

بررسی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و امکان بازگشت به چرخه حیات آب های سطحی شهر کرج

عباس محمدی اشناری، علی اصغر محمدی*

ایران، تهران، بلوار پژوهش، پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران

Email: aliamohammadi@ccerci.ac.ir

چکیده

در این مقاله آلودگی های فیزیکی و شیمیایی آب های سطحی شهر کرج مورد بررسی قرار گرفته است. خشک سالی متوالی و گرمایش زمین باعث می شود که بازیافت رواناب های شهری به عنوان منبعی با ارزش که قابلیت احیا و استفاده مجدد را دارند، مورد توجه بسیاری قرار گیرند. در این تحقیق پارامترهای متعدد از جمله: دما، مواد جامد محلول، اکسیژن محلول، کدورت، هدایت الکتریکی، اسیدیته، کربن آلی و ۳۴ عنصر از جمله ۳۱ فلز و ۴ یون مورد بررسی قرار گرفته است. با مقایسه داده ها با استانداردهای سازمان محیط زیست ایران و استاندارد ۱۰۵۳ آب شرب کیفیت این آب ها برای کشاورزی و آب شرب مورد مقایسه قرار گرفت. با استفاده از این اطلاعات می توان آلودگی های عمده در این آب ها را شناسایی و با اصلاح و استفاده از آب های سطحی به بهبود سطح آب های زیر زمینی از طریق تزریق به آب های زیر زمینی و یا بهره برداری از آن در جهت استفاده کمتر از منابع آب های زیر زمینی، کمک کرد. دشت کرج به لحاظ آماری با افت شدید سطح آب زیر زمینی و بیلان منفی سفره آب زیر زمینی رو به رو است، این مسئله در طول سالیان متمادی ممکن است سبب کاهش کیفیت منابع آب، بالا رفتن هزینه های برداشت آب و نابودی مخازن آب زیر زمینی در اثر نشست زمین شود. حل این بحران نیازمند یافتن راه حلی علمی و عملی و بکار بردن آن از طرف نهادهای مسئول است، تا با مدیریت صحیح در سطح کلان شاهد بالاترین بهره وری همراه با کمترین آسیب به این منابع بود.

پس از جمع آوری پارامترهای مختلف داده ها روند کمی و کیفی آن مورد بررسی و داده ها با استفاده از نرم افزار R و ضریب همبستگی پیرسون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بین برخی از پارامترها روابط آماری معناداری در حد اطمینان $P < 0.05$ وجود دارد. نتایج: مقادیر pH این آب ها از محدوده خنثی تا نسبتاً اسیدی متغیر است. که بین آب مناطق شهری مورد آزمایش به طور کلی آب ها کیفیت مناسبی برای استفاده در کشاورزی را دارا بودند. با توجه به آلودگی در منطقه سیاه جو، نیاز به تصفیه آب وجود دارد. آب تصفیه شده نیز از کیفیت لازم برای کشاورزی برخوردار است. این تحقیق تنها به بررسی شیمیایی آب ها پرداخته است.

واژگان کلیدی: آب سطحی، شهر کرج، آلودگی های شیمیایی، فلزات سنگین، نرم افزار R.

مقدمه

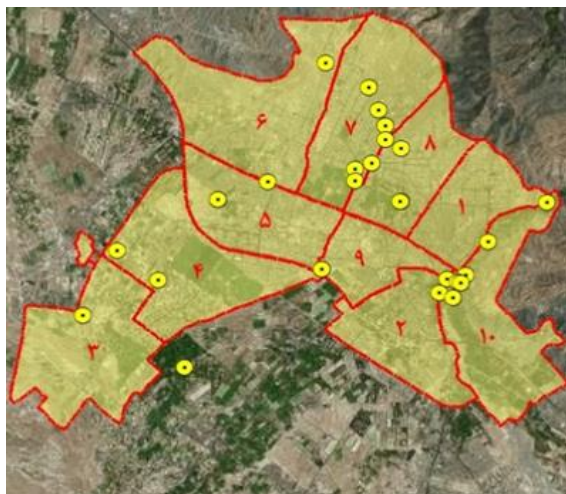
آب سطحی یکی از منابع ارزشمند برای محیط زیست و جوامع بشری است، و کیفیت این آب‌ها متأثر از عوامل طبیعی مختلفی از جمله بارش، فرسایش، پوشش گیاهی، روابط بین موجودات زنده، حل شدن مواد مختلف در آب و همچنین عوامل انسانی است [۲،۱]. با توجه به عوامل ذکر شده حساسیت و امکان آلودگی آب‌های سطحی از سایر منابع آبی بیشتر است.

در بسیاری از نقاط خشک و نیم خشک، رواناب‌های شهری می‌توانند به عنوان یکی از منابع با ارزش که قابلیت احیا و استفاده مجدد را دارند بشمار آیند. در بسیاری از شهرهای ایران آب سطحی حاصل از بارندگی و همچنین آب جاری در انهار و جوی‌های شهر بدون بهره برداری مناسب از این آب از سطح شهر جمع آوری شده و به بیرون از مناطق شهری انتقال داده می‌شوند. با توجه به تولید حجم بالای رواناب‌های شهری از یکسو و بحران کم آبی پیش رو از سوی دیگر، می‌توان با مدیریت صحیح و استفاده بهینه از امکانات و توانمندی‌های موجود، سهم چشمگیری از منابع تأمین آب مورد نیاز فعالیت‌های شهری را از رواناب حاصل از بارندگی‌ها و آب سطحی شهر تأمین کرد. استفاده مجدد از رواناب‌های شهری می‌تواند جزئی از برنامه‌های حفاظت از منابع آب باشد. شکل استفاده از رواناب‌های شهری می‌تواند شامل جمع آوری، تصفیه، ذخیره سازی و استفاده مجدد از رواناب‌های شهری و یا تزریق آن به منابع زیر زمینی باشد.

آب کشاورزی دارای شاخص‌های خاصی برای آبیاری زمین می‌باشد، عواملی از قبیل هدایت الکتریکی، شوری، غلظت مواد آلی و... که در کشاورزی بسیار مهم است. چنان چه غلظت آلاینده جهت استفاده در آب‌های کشاورزی بیش از استانداردها و مقررات زیست محیطی باشد. ضرورت تصفیه روان آب‌های سطحی قبل از استفاده مجدد آن‌ها جهت حفظ بهداشت و محیط زیست و اجرای طرح‌های مناسبی جهت جایگزینی این منابع با آب با کیفیت مناسب و یا بهبود کیفیت روان آب‌ها، لازم است. [۵،۴،۳]

بررسی کیفی رواناب‌های شهری در گذشته نیز صورت پذیرفته است. این بررسی‌ها طیف گسترده‌ای از آلاینده‌های مختلف از جمله فلزات سنگین، مواد معلق و... را شامل شده است. اثرات انتقال آب‌های سطحی از شرق به غرب تهران بر کیفیت آب-های زیرزمینی در قالب موضوع پایان نامه توسط رازقی خمسه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش کیفیت انهار فیروزآباد و سرخه حصار بررسی و کیفیت این آب‌ها با آب توصیه شده برای مصارف آبیاری کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج حاصل نشان دادند که از نظر پارامترهای شوری، کلور و نیتروژن فاضلاب‌های فوق در گروه‌های محدودیت کم تا متوسط و گاهی شدید قرار می‌گیرند. از نظر میزان pH در فاضلاب نهر فیروز آباد فاقد محدودیت اما نهر سرخ حصار در دو ماه دی و اسفند دارای pH بالا بوده است [۳]. نی‌زاده و همکاران به بررسی غلظت فلزات سنگین در رواناب‌های شهری تهران پرداخته است. نتایج نشان دادند که غلظت آلاینده‌ها از شمال به جنوب افزایش می‌یابد [۴]. مردانی و همکاران در مطالعه‌ای، آلودگی به فلزات سنگین را در خاک‌های مناطق جنوبی تهران که در مسیر روان آب‌های سطحی قرار دارند، مورد بررسی قرار دادند. بر اساس این گزارش که به بررسی غلظت برخی از فلزات سنگین از جمله سرب، روی، مس، کادمیم و نیکل در بافت خاک‌های جنوب تهران می‌پرداخت، بررسی‌ها نشان دادند که گرادیان غلظت کلیه پارامترهای مورد مطالعه از شمال به جنوب و غرب به شرق منطقه رو به افزایش است [۶]. آذری و همکاران در شهر شاهرود، ارزیابی آلودگی رواناب‌های شهری به فلزات سنگین آرسنیک، کبالت و کروم را انجام داد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مقادیر هدایت الکتریکی رواناب‌های شهریار متغیر بوده است که بیانگر پایین بودن نسبی املاح محلول در آب است. مقادیر pH اندازه گیری شده نیز بین ۷-۸/۵ متغیر می‌باشد که نشان دهنده این است که رواناب‌های سطح شهر در محدوده اسیدی تا خنثی قرار می‌گیرند [۷].

منطقه قرار گرفته است. موقعیت مکانی ایستگاه‌های اندازه‌گیری در نقشه ۱ و جدول ۱ مشخص شده است.



نقشه ۱- نقاط نمونه برداری شده

شهر کرج یکی از کلان شهرهای کشور ایران و چهارمین شهر پر جمعیت کشور است و همچنین رودخانه کرج به دلیل تأمین آب شرب تهران و برقراری امنیت پایدار تأمین آب این شهر نقش بسیار مهمی را بر عهده دارد [۱].

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر کرج مرکز استان البرز و یکی از کلان شهرهای پر جمعیت کشور است که در نزدیکی پایتخت واقع شده است. این شهر در ۳۶ کیلومتری غرب تهران، در کرانه غربی رود کرج و در دامنه جنوبی رشته کوه البرز گسترده شده است. شهر کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه خاوری و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی، در ارتفاع ۱۲۹۷ متر از سطح دریا قرار گرفته است. این شهر با مساحتی معادل ۱۷۵/۴ کیلومتر مربع و حریمی به وسعت ۱۷۸/۹ کیلومتر مربع مرکز شهرستان کرج می‌باشد [۹،۸].

این پژوهش با هدف بررسی میزان آلودگی‌های فیزیکی و شیمیایی در آب‌های سطحی شهر کرج طراحی شده است. سنجش کیفیت آب به منظور استفاده بهینه و یا بازگشت به طبیعت آب‌های سطح شهر کرج، می‌تواند به حفظ سطح آب منطقه کمک شایانی انجام دهد. امید است که با بهره‌گیری درست از این آب‌ها و حفظ و نگهداری آن، در بهبود وضعیت زیستی کشور مفید واقع گردد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای دستیابی به نتایج آزمایشگاهی از ۲۳ نقطه در ۵ نوبت نمونه برداری صورت گرفته است. این نمونه برداری‌ها از تاریخ ۱۴۰۰/۲/۳۰ تا ۱۴۰۰/۶/۳۰ به صورت ماهانه انجام گرفته است (ماه اول: اردیبهشت، ماه دوم: خرداد، ماه سوم: تیر، ماه چهارم: مرداد، ماه پنجم: شهریور). در این پژوهش ۱۹ نقطه از سطح شهر کرج (کد K) و ۴ نقطه از تصفیه خانه‌های شماره یک و دو کرج (آب ورودی و آب خروجی از این تصفیه خانه‌ها) (کد KT) مورد نمونه برداری

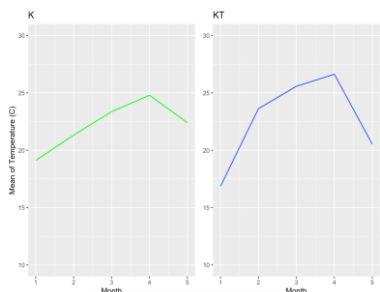
موقعیت جغرافیایی						کد ایستگاه	ردیف
عرض جغرافیایی (شمالی)			طول جغرافیایی (شرقی)				
°	'	''	°	'	''		
۳۵	۴۹	۵۵٫۴	۵۰	۵۹	۱۶٫۴	K1	۱
۳۵	۴۶	۵۶	۵۰	۵۹	۱۴٫۱	K2	۲
۳۵	۵۰	۲۳٫۱	۵۰	۵۸	۱۷٫۱	K3	۳
۳۵	۵۰	۱۷٫۷	۵۰	۵۸	۱۶٫۵	K4	۴
۳۵	۵۰	۵۲٫۱	۵۰	۵۹	۱۶٫۷	K5	۵
۳۵	۵۱	۱۵٫۳	۵۰	۵۸	۵۶٫۷	K6	۶
۳۵	۵۱	۵۵٫۸	۵۰	۵۸	۳۴٫۴	K7	۷
۳۵	۵۱	۳۲٫۴	۵۰	۵۸	۴۷٫۹	K8	۸
۳۵	۵۱	۰۰٫۶	۵۰	۵۸	۵۶٫۸	K9	۹
۳۵	۵۰	۳۵٫۶	۵۰	۵۸	۲۸٫۸	K10	۱۰
۳۵	۵۲	۲۱٫۵	۵۰	۵۷	۳۷٫۹	K11	۱۱
۳۵	۵۰	۱۶٫۵	۵۰	۵۶	۲۳٫۱	K12	۱۲
۳۵	۴۹	۰۲٫۹	۵۰	۵۳	۰۷٫۰	K13	۱۳

Sr	۳۰	K	۱۶	Ag	۲
Ti	۳۱	Li	۱۷	Al	۳
Tl	۳۲	Mg	۱۸	As	۴
F	۳۳	Mn	۱۹	B	۵
Cl	۳۴	Mo	۲۰	Ba	۶
Br	۳۵	Na	۲۱	Bi	۷
T	۳۶	Ni	۲۲	Ca	۸
pH	۳۷	Pb	۲۳	Cd	۹
Con.	۳۸	V	۲۴	Co	۱۰
DO	۳۹	P	۲۵	Cr	۱۱
Turbidity	۴۰	Sb	۲۶	Zn	۱۲
TDS	۴۱	Se	۲۷	Cu	۱۳
		Si	۲۸	Fe	۱۴

جدول ۲- پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه

بحث و بررسی

نتایج حاصل از اندازه گیری‌ها با استانداردهای ۱۰۵۳ آب شرب [۱۱] و استاندارد سازمان محیط زیست ایران [۱۲] و استاندارد سازمان محیط زیست آمریکا (EPA) [۱۳] مقایسه شد که نتایج زیر حاصل گردید (در این تحقیق به ترتیب ماه اول اردیبهشت و ماه پنجم شهریور است):
تحلیل پارامتر دما (Temperature)
نمودار دما در ایستگاه‌ها:



۳۵	۴۸	۳۱.۹	۵۰	۵۴	۰.۱۱	K14	۱۴
۳۵	۴۷	۰۰.۳	۵۰	۵۴	۳۴.۹	K15	۱۵
۳۵	۴۸	۱۸.۸	۵۱	۰۰	۰۵.۹	K16	۱۶
۳۵	۴۹	۵۴.۷	۵۱	۰۲	۲۷.۰	K17	۱۷
۳۵	۴۷	۵۴.۳	۵۰	۵۲	۲۱.۹	K18	۱۸
۳۵	۴۸	۳۳.۲	۵۱	۰۰	۱۶.۶	K19	۱۹
۳۵	۴۹	۵۷.۵	۵۰	۵۵	۱۸.۴	KT11	۲۰
۳۵	۴۹	۵۷.۵	۵۰	۵۵	۱۸.۴	KT12	۲۱
۳۵	۴۸	۴۳.۷	۵۰	۵۷	۳۲.۹	KT21	۲۲
۳۵	۴۸	۴۳.۷	۵۰	۵۷	۳۲.۹	KT22	۲۳

جدول ۱- موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه برداری

روش‌های نمونه برداری طبق استاندارد روش ۱۰۶۰ انجام شده است [۱۰]. تعدادی از پارامترها از جمله درجه حرارت، مواد جامد محلول، اکسیژن محلول، کدورت، هدایت الکتریکی و پی اچ در محل انجام نمونه برداری مورد سنجش قرار گرفت. نمونه‌ها تحت شرایط استاندارد در ظروف ویژه نگهداری برای اندازه گیری بقیه پارامترها به آزمایشگاه منتقل شده است. پس از آماده سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه سایر پارامترها که در جدول ۲ به آن‌ها اشاره شده است در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه‌های مورد نیاز برای هر آنالیز اندازه گیری شد. در این تحقیق برای اندازه گیری مقادیر فلزات محلول از دستگاه ICP مدل Arcos Spectro، برای اندازه گیری TOC از دستگاه TOC-VCHP Shimadzu، برای اندازه گیری یون‌ها از دستگاه یون کروماتوگرافی مدل Metrohm (100X column) و برای اندازه گیری کدورت از دستگاه HACH 2100AN استفاده شده است. اندازه‌گیری پارامترهای دما، pH، اکسیژن محلول، کدورت و هدایت الکتریکی نیز با استفاده از دستگاه قابل حمل Lutron WA-2017SD Multi Water Quality Meter در محل نمونه برداری انجام شده‌اند.

Sn	۲۹	Hg	۱۵	TOC	۱
----	----	----	----	-----	---

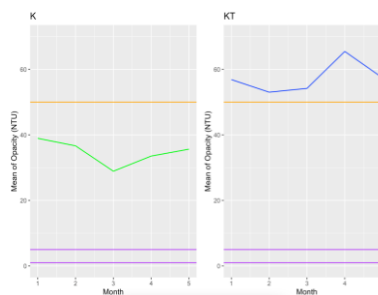
نمودار ۱- تحلیل دما

تحلیل:

دما در ایستگاه‌های شهری (K) تا ماه چهارم تقریباً به طور یکنواخت روند صعودی داشته و در ماه آخر نزدیک به ۵ درجه سانتی گراد کاهش دما داشته است. در طرف دیگر دما در ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) مثل ایستگاه‌های شهری عمل کرده است و در ماه آخر روند کاهشی داشته است. بیشترین میزان دما در ماه چهارم ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) است.

تحلیل پارامتر کدورت (Turbidity)

نمودار کدورت ایستگاه‌ها:



نمودار ۲- تحلیل کدورت

تحلیل:

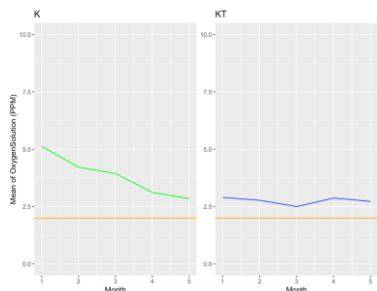
کدورت در ایستگاه‌های شهری (K) تا ماه سوم روند نزولی داشته و از ماه سوم به بعد روند افزایشی داشته است. در طرف دیگر کدورت در ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) در ماه اول و سوم روند نزولی و در ماه‌های دوم و چهارم روند صعودی داشته است.

خط نارنجی نشان دهنده خط استاندارد کشاورزی است که باید اعداد به طور مطلوب باید کمتر از این عدد باشد در اینجا می‌بینیم آب‌ها ایستگاه‌های تصفیه‌خانه به علت کدورت بالا نسبت به سایر ایستگاه‌ها مناسب برای کشاورزی نیستند. خط بنفش نشان دهنده استاندارد شرب است که باید اعداد در بازه مشخص شده باشند خط پایین به معنای حد مطلوب و خط بالا به معنای حداکثر این پارامتر برای این استاندارد است.

همان طور که در نمودارها مشخص است هیچ کدام از دو ایستگاه مناسب آب شرب نیستند.

تحلیل پارامتر اکسیژن محلول (Oxygen Solution)

نمودار اکسیژن محلول نمودار ایستگاه‌ها:



نمودار ۳- تحلیل اکسیژن محلول در آب

تحلیل:

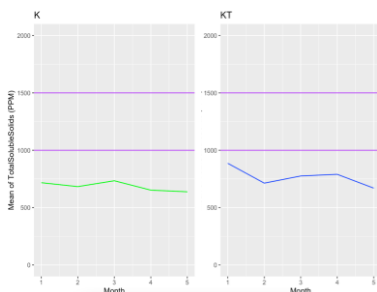
اکسیژن محلول در ایستگاه‌های شهری (K) روند نزولی داشته است.

کمترین میزان اکسیژن محلول به ماه سوم ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) اختصاص می‌یابد. ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) کمترین مقدار را نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارد.

خط نارنجی نشان دهنده خط استاندارد کشاورزی است که باید اعداد به طور مطلوب باید کمتر از این عدد باشد در اینجا می‌بینیم آب‌های همه ایستگاه‌ها به علت اکسیژن محلول بالا برای کشاورزی مناسب نیستند.

تحلیل پارامتر کل جامدات محلول (Total Soluble Solids)

نمودار کل جامدات محلول نمودار ایستگاه‌ها:



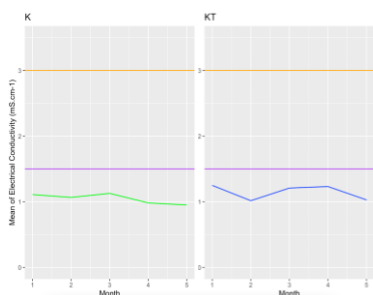
نمودار ۴- تحلیل کل جامدات محلول

تحلیل:

خط نارنجی نشان دهنده خط استاندارد کشاورزی است که باید اعداد به طور مطلوب بین این بازه باشد در اینجا می‌بینیم آب‌های همه ایستگاه‌ها به علت pH بالا برای کشاورزی مناسب نیستند.

خط بنفش نشان دهنده استاندارد شرب است که باید اعداد در بازه مشخص شده باشند خط پایین به معنای حد مطلوب و خط بالا به معنای حداکثر این پارامتر برای این استاندارد است. همان طور که در نمودارها مشخص است در همه ایستگاه‌ها عدد این پارامتر بین دو خطوط است و این به معنای مناسب بودن تقریبی آب برای شرب است.

تحلیل پارامتر هدایت الکتریکی (Electrical Conductivity) نمودار هدایت الکتریکی نمودار ایستگاه‌ها:



نمودار ۶- تحلیل هدایت الکتریکی

تحلیل:

هدایت الکتریکی در هر دو نوع ایستگاه روند نسبتاً یکنواختی داشته است.

به طور کلی پارامتر هدایت الکتریکی در ایستگاه‌های رودخانه-ای (KR) دارای مقدار بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها است. خط نارنجی نشان دهنده خط استاندارد کشاورزی است که باید اعداد به طور مطلوب پایین‌تر از این خط باشد در اینجا می‌بینیم آب‌ها همه ایستگاه‌ها برای کشاورزی مناسب هستند. خط بنفش نشان دهنده استاندارد شرب است که باید اعداد به طور مطلوب پایین‌تر از این خط باشد همان طور که در نمودارها مشخص است در همه ایستگاه‌ها عدد این پارامتر پایین‌تر است و این به معنای مناسب بودن آب برای شرب است.

تحلیل پارامتر کربن آلی کل (TOC)

نمودار TOC نمودار ایستگاه‌ها:

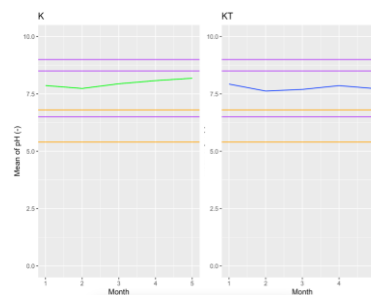
کل جامدات محلول در ایستگاه‌های شهری (K) تقریباً به طور یکنواخت روند داشته است در حالی که این پارامتر در ایستگاه‌های رودخانه‌ای (KR) مثل ایستگاه‌های شهری عمل کرده است با این تفاوت که مقادیر آن کمتر است در طرف دیگر کل جامدات محلول در ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) در ابتدا روند کاهشی داشته است و تا آخر به طور یکنواخت ادامه پیدا کرده است.

بیشترین میزان کل جامدات محلول در ماه اول ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) است که به حدود عدد ۹۰ می‌رسد و در مقابل کمترین میزان کل جامدات محلول به ماه دوم ایستگاه‌های رودخانه‌ای (KR) اختصاص می‌یابد.

خط بنفش نشان دهنده استاندارد شرب است که باید اعداد در بازه مشخص شده باشند خط پایین به معنای حد مطلوب و خط بالا به معنای حداکثر این پارامتر برای این استاندارد است. همان طور که در نمودارها مشخص است در همه ایستگاه‌ها عدد این پارامتر پایین‌تر از استاندارد شرب است و این به معنای مناسب بودن برای شرب است.

تحلیل پارامتر pH

نمودار pH نمودار ایستگاه‌ها:

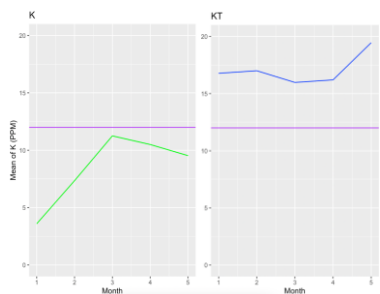


نمودار ۵- تحلیل pH

تحلیل:

pH در ایستگاه‌های شهری (K) در ماه اول کمی روند نزولی داشته است اما از ماه دوم تا آخر تقریباً به طور یکنواخت روند صعودی داشته است. ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) تقریباً مثل ایستگاه‌های شهری عمل کرده است و در ماه آخر روند کاهشی داشته است.

کمترین میزان pH به ماه دوم ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) اختصاص می‌یابد.



نمودار ۸- تحلیل پتاسیم

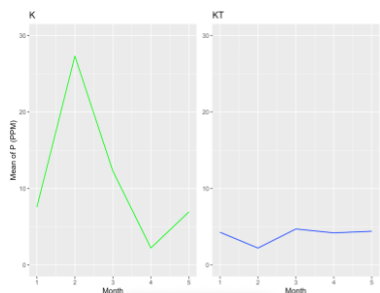
تحلیل:

K در ایستگاه‌های شهری (K) تا ماه سوم تقریباً به طور یکنواخت روند صعودی داشته و در ماه‌های بعدی روند نزولی داشته است در حالی که این پارامتر در ایستگاه‌های رودخانه‌ای (KR) تقریباً روند یکنواخت دارد. در طرف دیگر K در ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) بالاتر از خط استاندارد است.

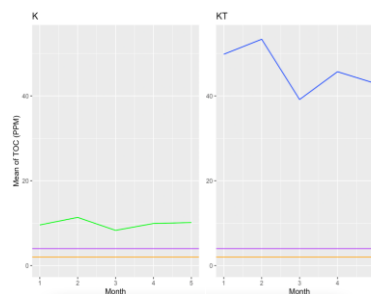
خط بنفش هم که داخل نمودار هست نشان دهنده استاندارد شرب است و می‌بینیم که در تمامی ایستگاه‌ها به جز ایستگاه تصفیه خانه (KT) اعداد پایین‌تر از این استاندارد هستند و این به معنای مناسب بودن آب برای شرب است اما در ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) به دلیل اینکه اعداد بالاتر از این استاندارد است آب‌های این ایستگاه‌ها مناسب برای شرب نیستند.

تحلیل پارامتر P

نمودار P نمودار ایستگاه‌ها:



نمودار ۹- تحلیل فسفر



نمودار ۷- تحلیل کربن آلی کل

تحلیل:

TOC در ایستگاه‌های شهری (K) و ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) تقریباً روند یکنواختی داشته است. به طور کلی پارامتر TOC در ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) دارای مقدار بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها است.

خط نارنجی و بنفش هم که داخل نمودار هست نشان دهنده استاندارد‌های شرب و کشاورزی است و می‌بینیم که در تمامی ایستگاه‌ها به جز ایستگاه رودخانه‌ای (KR) اعداد بالاتر از این استاندارد هستند و این به معنای مناسب نبودن آب برای شرب و مصارف کشاورزی است و تنها در ایستگاه‌های رودخانه‌ای آب برای کشاورزی و شرب مناسب است.

استاندارد کشاورزی قرار دارند و نمودارهای خطی و یکسانی زیر خط استاندارد مربوط به آب کشاورزی دارند.

Ag, Al, Bi, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Cl⁻ و روند رندهای غیر خطی دارند و در محدوده آب کشاورزی قرار دارند.

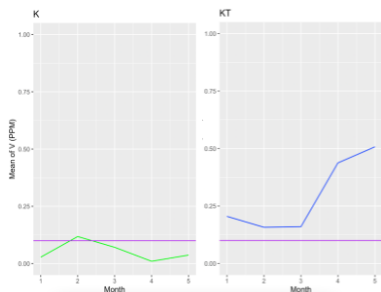
Ca, Hg, Na, Sb, Sr و Ti تنها دارای استاندارد شرب هستند که متوسط آن‌ها در ایستگاه‌ها مناسب برای آب شرب است.

Sn و Tl بدون مقادیر استاندارد هستند که روند خطی دارند. در ادامه برخی از فلزات و یون‌ها که روندی غیر خطی دارند به همراه نمودارهای آن‌ها به نمایش در آمده‌اند.

تحلیل پارامتر K

نمودار K نمودار ایستگاه‌ها:

تحلیل:



نمودار ۱۲- تحلیل وانادیم

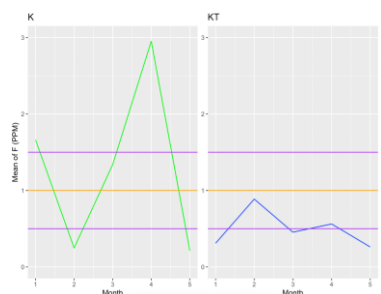
تحلیل:

V در ایستگاه‌های شهری (K) در ماه‌های اول و آخر روند صعودی داشته و در ماه‌های وسط دارای روند نزولی یکنواخت است در حالی که این پارامتر در ایستگاه‌های رودخانه‌ای (KR) دارای روند یکنواخت به جز در ماه سوم است. در طرف دیگر V در ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) دارای روند متفاوتی نسبت به سایر ایستگاه‌ها است.

خط نارنجی و بنفش هم که داخل نمودار هست نشان دهنده استانداردهای شرب و کشاورزی است و اگر اعداد ایستگاه‌ها اعداد پایین‌تری نسبت به استاندارد شرب و کشاورزی باشند این به معنای مناسب بودن آب برای شرب و مصارف کشاورزی است. (در اینجا هر دو خط روی هم افتاده‌اند).

تحلیل پارامتر F^-

نمودار F^- نمودار ایستگاه‌ها:



نمودار ۱۳- تحلیل یون فلور

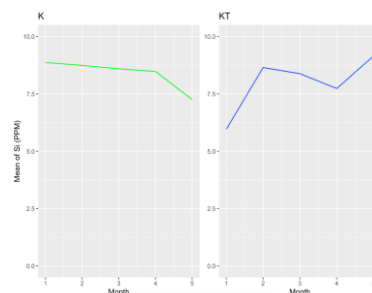
تحلیل:

خط نارنجی نشان دهنده خط استاندارد کشاورزی است که باید اعداد به طور مطلوب کمتر از این عدد باشد. می‌بینیم که

P در ایستگاه‌های شهری (K) در ماه اول و آخر تقریباً روند صعودی داشته و در ماه وسط روند کاهشی داشته است در حالی که این پارامتر در ایستگاه‌های رودخانه‌ای (KR) تا ماه سوم روند افزایشی و از ماه سوم به بعد روند کاهشی داشته است. در طرف دیگر P در ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT) تقریباً روند یکنواخت داشته است.

تحلیل پارامتر Si

نمودار Si نمودار ایستگاه‌ها:



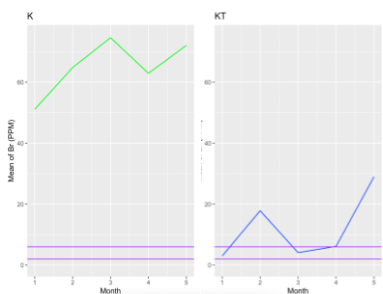
نمودار ۱۱- تحلیل سیلیسیم

تحلیل:

Si در ایستگاه‌های شهری (K) تا ماه چهارم تقریباً به طور یکنواخت روند نزولی داشته و در ماه آخر نمودار شیب بیش‌تری کاهش داشته است در حالی که این پارامتر در ایستگاه‌های رودخانه‌ای (KR) در ماه‌های اول و سوم روند کاهشی و در ماه‌های دوم و چهارم روند افزایشی داشته است. در طرف دیگر Si در ماه‌های اول و آخر روند افزایشی و در ماه‌های دوم و سوم روند کاهشی داشته است. به طور کلی پارامتر Si در ایستگاه‌های رودخانه‌ای (KR) دارای مقدار کمتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها است.

تحلیل پارامتر V

نمودار V نمودار ایستگاه‌ها:



نمودار ۱۵- تحلیل یون برم

تحلیل:

خط بنفش نشان دهنده استاندارد شرب است که باید اعداد در بازه مشخص شده باشند خط پایین به معنای حد مطلوب و خط بالا به معنای حداکثر این پارامتر برای این استاندارد است. همان طور که در نمودارها مشخص است فقط به طور کل ایستگاه‌های رودخانه‌ای (KR) پایین‌تر از خطوط است و این به معنای مناسب بودن آب برای شرب است.

به طور کلی ایستگاه‌های شهری (K) دارای مقادیر بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها هستند.

روند تغییرات دما در تا ماه چهارم اندازه گیری (مردادماه) افزایشی بوده و با کاهش نسبی دما در آخر تابستان (شهریور) کاهش یافته است که این موارد در نمودارهای مربوط به نقاط شهری و تصفیه خانه‌ها نسبت به رودخانه ملموس‌تر است.

میزان کدورت در ایستگاه‌های رودخانه و شهری با توجه به کاهش بارندگی‌ها در فصل تابستان روند که باعث کاهش ورود رسوبات به آب‌های سطحی می‌گردد، روندی کاهشی دارند.

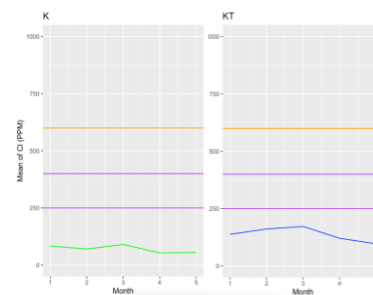
اکسیژن محلول یک عامل بسیار مهم است که در تعیین میزان آلودگی اهمیت پیدا می‌کند [۱۴]. با افزایش دما و کاهش باران در فصول گرم میزان املاح موجود در آب افزایش یافته و میزان حلالیت گاز در نیز آب کاهش می‌یابد، که باعث کاهش سطح اکسیژن می‌شود، این روند در ایستگاه‌های مربوط به رودخانه ملموس‌تر است و در شهریور ماه با کم شدن دوباره دما مقادیر اکسیژن بالاتر می‌رود، در نقاط شهری عوامل متعددی مانند وارد شدن آلودگی‌های نقطه‌ای و سایر عوامل محیطی علاوه بر موارد ذکر شده بر روی مقدار اکسیژن محلول در آب مؤثر هستند.

همه ایستگاه‌ها به جز ماه اول و سوم و چهارم ایستگاه‌های شهری (K) مناسب برای کشاورزی هستند.

خط بنفش نشان دهنده استاندارد شرب است که باید اعداد در بازه مشخص شده باشند خط پایین به معنای حد مطلوب و خط بالا به معنای حداکثر این پارامتر برای این استاندارد است. همان طور که در نمودارها مشخص است فقط ماه سوم ایستگاه‌های شهری (K) و ماه دوم و چهارم ایستگاه‌های تصفیه‌خانه (KT) بین دو خطوط است و این به معنای مناسب بودن تقریبی آب برای شرب است.

تحلیل پارامتر Cl^-

نمودار Cl^- نمودار ایستگاه‌ها:



نمودار ۱۴- تحلیل یون کلر

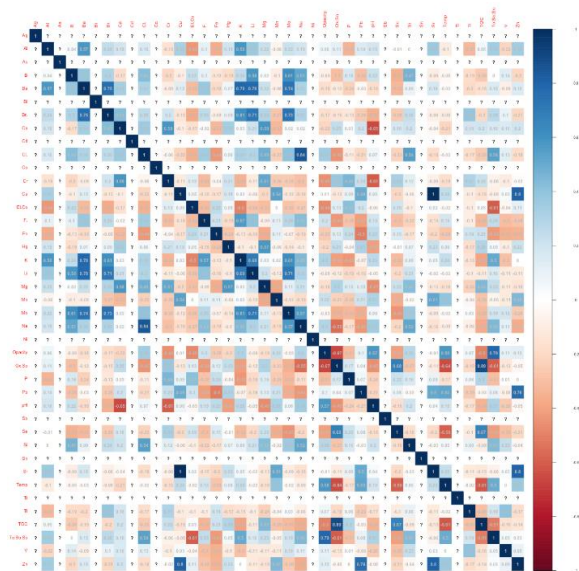
تحلیل:

Cl^- در هر دو ایستگاه روند تقریباً یکنواخت داشته است. خط نارنجی نشان دهنده خط استاندارد کشاورزی است که باید اعداد به طور مطلوب کمتر از این عدد باشد. می‌بینیم که همه ایستگاه‌ها مناسب برای کشاورزی هستند.

خط بنفش نشان دهنده استاندارد شرب است که باید اعداد در بازه مشخص شده باشند خط پایین به معنای حد مطلوب و خط بالا به معنای حداکثر این پارامتر برای این استاندارد است. همان طور که در نمودارها مشخص است همه ایستگاه پایین‌تر از خطوط است و این به معنای مناسب بودن آب برای شرب است.

تحلیل پارامتر Br^-

نمودار Br^- نمودار ایستگاه‌ها:



نمودار ۱۶- ماتریس ضریب همبستگی پیرسون (مناطق شهری)

همان طور که در نمودار ۱۶ مشاهده می‌کنید، ارتباط بین داده‌ها با استفاده از نرم افزار R به دست آمده است.

Al با Ba رابطه نسبتاً خطی مستقیم دارد.

B با Li و Mo و Na و Si دارای رابطه نسبتاً خطی و مستقیم دارد.

Ba با Br و K و Li و Mo دارای رابطه نسبتاً خطی و مستقیم دارد.

Br با Al و K و Li و Mo دارای رابطه نسبتاً خطی و مستقیم دارد.

Ca با Cr و Mg دارای رابطه نسبتاً خطی و مستقیم و با pH رابطه معکوس نسبتاً خطی دارد.

Cl با Na دارای رابطه نسبتاً خطی و مستقیم دارد.

Cr با pH رابطه معکوس نسبتاً خطی دارد.

Cu با Sr رابطه خطی مستقیم کامل و با Zn رابطه معکوس نسبتاً خطی دارد.

هدایت الکتریکی با کل جامدات محلول رابطه معکوس نسبتاً خطی دارد.

کدورت با کل جامدات محلول رابطه نسبتاً خطی مستقیم دارد.

اکسیژن محلول با TOC رابطه نسبتاً خطی مستقیم دارد.

Pb با Zn دارای رابطه نسبتاً خطی و مستقیم دارد.

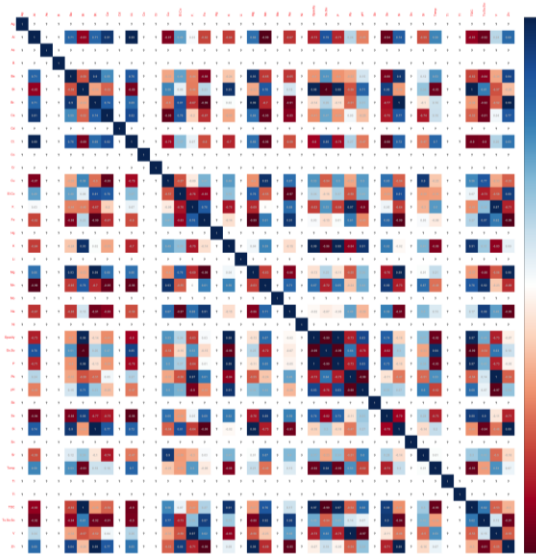
Sr با Zn دارای رابطه نسبتاً خطی و مستقیم دارد.

جامدات کل محلول روند تقریباً خطی را داراست که این تغییرات تحت تأثیر عوامل زیادی مانند بارندگی، بروز سیلاب، راهیابی روان آب‌های کشاورزی و شهری به آب سطحی مورد بررسی و در نتیجه بالا رفتن میزان آلودگی آب مورد مطالعه قرار دارند. هدایت الکتریکی با کاهش میزان بارندگی و دبی آب و افزایش تبخیر در ماه‌های تابستان افزایش می‌یابد که این روند در نمودار آب رودخانه قابل مشاهده است. در مناطق شهری علاوه بر بارندگی و تبخیر آب آلودگی‌های نقطه‌ای نیز تأثیرات تعیین کننده‌ای دارند.

کربن آلی کل یکی از پارامترهای مهم برای تعیین کیفیت آب است. افزایش بیش از اندازه کربن آلی محلول و معلق در آب باعث می‌شود تا به مرور اکسیژن موجود در آب تا حد زیادی کاهش پیدا کند. کاهش اکسیژن محلول در آب منجر به از بین رفتن آبزیان و میکروارگانیسم‌های هوازی خواهد شد که در روند تصفیه بیولوژیکی می‌توانند چالش‌های زیادی را به وجود آورند. عواملی مانند بارش و ورود برگ گیاهان به آب-های سطحی باعث افزایش مقادیر کربن آلی کل در آب‌های سطحی است. در ایستگاه‌های رودخانه و شهری روند این تقریباً خطی داشته‌اند که البته با توجه به وجود بارش در فصل بهار و ورود مقادیری از کربن آلی به آب مقادیر آن در این فصل کمی بالاتر است. هر چند در ایستگاه‌های شهری می‌توان این آلودگی‌ها را ناشی از مواد نفتی مورد استفاده در مواد و وسایل نقلیه شهری دانست. همچنین نتایج حاصل از بررسی روابط آماری پارامترهای اندازه گیری شده به این شرح است:

میانگین پارامترها در ایستگاه‌های شهری (K):

میانگین پارامترها در ایستگاه‌های تصفیه خانه (KT):



نمودار ۱۷- ماتریس ضریب همبستگی پیرسون (تصفیه خانه)

در نمودار ایستگاه تصفیه خانه همبستگی پیدا نشد. همان‌طور که در شکل مشخص هست در این ایستگاه‌ها رنگ-های تیره بیشتر از سایر ایستگاه‌هاست یعنی در این ایستگاه پارامترها با هم یا رابطه خطی و مستقیم نسبتاً قوی یا رابطه معکوس خطی نسبتاً قوی دارند و با سایر پارامترها ارتباط خطی ندارند.

رنگ قرمز تیره به معنای وجود رابطه معکوس خطی و رنگ آبی تیره به معنای وجود رابطه مستقیم خطی است. در مناطق شهری مورد آزمایش به طور کلی آب‌ها کیفیت مناسبی برای استفاده در کشاورزی را دارا بودند. با توجه به آلودگی در منطقه سیاه‌جو و نیاز به تصفیه آب وجود دارد. آب خروجی از تصفیه‌خانه‌ها نیز از کیفیت لازم برای کشاورزی برخوردار است. این تحقیق تنها به بررسی شیمیایی آب‌ها پرداخته است.

آن‌ها از سطح شهر به کمک روش‌های زهکشی برای جلوگیری از به راه افتادن سیلاب در سطح شهرها طی بارندگی‌های بزرگ بوده است. در طراحی‌های نوین برخلاف روش‌های گذشته سعی بر استفاده صحیح و یا بازگرداندن این آب‌ها به چرخه آب با کمترین میزان آلودگی است. برخی از روش‌های نوین در دنیا از جمله جوی باغچه‌ها و زه کشی سبز، چاهک-های جذبی، ترانشه‌های نفوذ، باغچه‌های باران‌زاد، روکش‌های نفوذپذیر (تراوا) و مخازن ذخیره موقت رواناب (نظیر تالاب-های مصنوعی) [۱۷، ۱۶، ۱۵]، از جمله کارهایی است که می‌توان مورد استفاده قرار داد. احداث این تأسیسات شهری در بلندمدت علاوه بر کاهش آلودگی آب‌های سطحی باعث ایجاد فضایی مطلوب در شهرها و استفاده بهینه از آب خواهد شد. با توجه به نتایج حاصل شده در بررسی‌های فیزیکی و شیمیایی آب‌های سطحی شهر کرج و مقایسه آن‌ها با استاندارد کشاورزی، تنها آب موجود در منطقه سیاه‌جوی دارای آلودگی زیاد می‌باشد که برای استفاده مجدد نیاز به تصفیه دارد، و در سایر مناطق آب‌ها برای استفاده در کشاورزی مناسب هستند و می‌توان این آب‌ها را با روش‌های نوین اشاره شده به چرخه آب بازگرداند.

قدردانی

با تشکر از شهرداری کرج (معاونت محیط زیست و خدمات شهری و معاونت برنامه ریزی و توسعه سرمایه انسانی)، مرکز پژوهش و مطالعات راهبردی شورای اسلامی شهر کرج و پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران.

پی‌نوشت‌ها

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با عنوان "پایش آلودگی-های فیزیکی و شیمیایی آب‌های سطحی شهر کرج" به شماره قرارداد ۸۹/۵/۱۰۱۵۸۴ است.

مراجع

- 1- Yidana S. M, Ophori D, Banoeng-Yakubo B (2008), A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data-The Ankobra Basin, Ghana. Journal of Environmental Management, 86(1), 80-87.

نتیجه‌گیری

مطالعه چالش‌های زیست محیطی در مدیریت آب‌های سطحی شهرها و رواناب‌های شهری یکی از مباحث مهم در پروژه‌های مدیریت شهری است. در گذشته هدف اصلی مدیریت این دست از آب‌ها جمع‌آوری و دفع هر چه سریع‌تر

- ۱۲- سازمان محیط زیست ایران. ۱۳۹۵، استاندارد کیفیت آب‌های ایران.
- 13- United States Environmental Protection Agency (EPA), "Drinking water standards and health advisors, 2006", EPA 822-R-06-013.
- ۱۴- طاهری آزاد، لیلا و رفیعی، غلامرضا، بررسی کیفیت فیزیکی شیمیایی آب رودخانه کردان جهت کاربری های مختلف، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، ۱۳۸۶.
- 15- Revitt, M, Ellis, B, Scholes, L. (2003). Criteria relevant to the assessment of BMP performance. Adaptive Decision Support System (ADSS) for the Integration of Stormwater Source Control into Sustainable Urban Water Management Strategies.
- 16- Revitt, D. M, Scholes, L, Ellis, J. B, Thevenot, D. R. (2008). Assessment criteria for sustainable urban drainage systems (pp. 65-78). IWA Publishing, London, UK.
- 17- Upadhyaya, J. K, Biswas, N, Tam, E (2014). A review of infrastructure challenges: Assessing stormwater system sustainability. Canadian Journal of Civil Engineering, 41(6), 483-492.
- 2- Papatheodorou G, Demopoulou G, Lambrakis N (2006), A long-term study of temporal hydro chemical data in a shallow lake using multivariate statistical techniques. Ecological Modeling 193:759- 776.
- 3- Razeghi Khamsei, B, (1996). Effects of the transfer of surface water from the East to the West Tehran on groundwater quality. MSc thesis. Faculty of Medical Sciences. TMU.
- 4- Nabizadeh R, Mahvi A, Mardani G, Yunesian M. (2005). Study of heavy metals in urban runoff. International Journal of Environmental Science & Technology. Vol.1. No.4. 325-333.
- 5- El-Ouahmani, N, Chahouri, A, Zekhnini, A, Azim, K, Choukr-Allah, R, Yacoubi, B. (2021). Effects of irrigation with municipal treated wastewater on soil's heavy metals accumulation and turf leaves under drip and sprinkler systems (Case study: Agadir, Southern Morocco). International journal of recycling organic waste in agriculture, 10(3), 309-317.
- 6- Mardani G, Sadeghi M, Ahankoob M. (2008). Soil Pollution along the Surface Runoff in Southern Tehran. Journal of Water and Wastewater. No 3. 108-113.
- 7- Azari S, Karami Gh, Farghani G. (2013). Assessment of urban runoff pollution with heavy metals, arsenic, cobalt, chromium, Shahroud city (case study). Sixteenth National Conference on Environmental Health. Tabriz University of Medical Sciences and Health Services.
- ۸- "اطلس گردشگری شهر و شهرستان کرج، مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی". بایگانی شده از در ۸ آوریل ۲۰۱۴. دریافت شده در ۲۸ ژوئن ۲۰۱۲.
- ۹- ستوده، منوچهر، کردهای کنار رودخانه کرج. در: اباختر، فصلنامه علمی-پژوهشی، سال چهارم، شماره اول و دوم، پیاپی ۱۳ و ۱۴. بهار ۱۳۸۶. ص ۳۹.
- 10- Baird R. B., Eaton A. D., Rice E. W., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (ed. 23), APHA: US, 2017.
- 11- IoSaIRoI (1053). Drinking water physical and chemical specifications. 5th. Revision.