



ارزیابی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان جهت استفاده مجدد در آبیاری کشاورزی با استفاده از مدل CWQI

علی اکبر رودباری^۱، الله بخش جاوید^۲، نیلوفر قمی مقصد^{۳*}

۱- دانشگاه علوم پزشکی شاهرود- مرکز تحقیقات علوم رفتاری و اجتماعی در سلامت- استادیار.

۲- دانشگاه علوم پزشکی شاهرود- مرکز تحقیقات سلامت محیط و کار- استادیار.

۳- دانشگاه علوم پزشکی شاهرود- دانشکده بهداشت- گروه مهندسی بهداشت محیط- کارشناس.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۷/۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۱۱

چکیده

مقدمه: هدف این مطالعه، کاربرد مدل *CWQI* (Canadian water quality index) برای ارزیابی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان جهت استفاده مجدد از آن در آبیاری کشاورزی بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه از نوع مطالعه توصیفی-تحلیلی بوده و به مدت ۴۸ ماه بر روی پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان انجام شد. به‌منظور تعیین کیفیت پساب جهت استفاده در بخش کشاورزی با استفاده از شاخص *CWQI*، مقدار ۲۲ شاخص فیزیکیوشیمیایی و ۳ شاخص میکروبی در طی چهار فصل و به‌صورت هفته‌ای یک نمونه (و در مجموع ۵۴ نمونه) اندازه‌گیری شد. نتایج حاصله سپس وارد برنامه *CWQI Calculator* گردید تا تناسب کیفیت پساب این تصفیه‌خانه برای آبیاری کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد.

نتایج: مقدار *CWQI* پساب این تصفیه‌خانه برای آبیاری کشاورزی برابر با ۵۶ به‌دست آمد که به مفهوم فاصله‌داشتن کیفیت پساب از سطح مطلوب خود می‌باشد. براساس نتایج برنامه، مقدار *CWQI* برای آشامیدن، پرورش آبزیان و تغذیه دام و طیور نیز به‌ترتیب برابر با ۳۰، ۳۸ و ۵۳ به‌دست آمد. همچنین بهترین کاربرد این پساب با توجه به مقدار *CWQI*، تغذیه دام و طیور می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه نشان داد که کیفیت پساب این تصفیه‌خانه برای آبیاری کشاورزی مناسب است ولی در حد کیفیت مرزی قرار دارد. مهمترین عوامل پایین بودن مقدار *CWQI*، کدورت و جیوه می‌باشند. با توجه به نتایج مطالعه، می‌توان از پساب این تصفیه‌خانه برای آبیاری کشاورزی استفاده کرد و از به‌کارگیری آب‌های زیرزمینی باکیفیت خودداری کرد.

واژه‌های کلیدی: استفاده مجدد، پساب، مدل *CWQI*، کشاورزی.

*نویسنده مسئول: شاهرود، میدان هفتم تیر، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، دانشکده بهداشت، تلفن: ۰۲۳۳۲۳۹۴۴۹۹، شماره: ۰۰۴، Email: n.ghomi1993@gmail.com

ارجاع: رودباری علی اکبر، جاوید الله بخش، قمی مقصد نیلوفر. ارزیابی کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان جهت استفاده مجدد در آبیاری کشاورزی با استفاده از مدل *CWQI*. مجله دانش و تندرستی ۱۳۹۶؛ ۱۲(۳): ۲۵-۳۴.

مقدمه

رشد جمعیت و صنعتی شدن جامعه جهانی از یک سو و گسترش خشکسالی حاصل از تغییرات آب و هوایی از سوی دیگر مهمترین متغیرهای محدودکننده منابع آب به منظور امنیت تولیدات غذایی در کشورهای در حال توسعه واقع در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می آیند (۱). کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا با یک درصد از منابع آب شیرین، خشکترین منطقه جهان به شمار می روند (۲). بحران کم آبی هیچ یک از شهرهای کشور ما را نیز در امان نگذاشته است (۳). باتوجه به کمبود منابع آب شیرین در اکثر نقاط دنیا، استفاده از فاضلاب تصفیه شده توسط این جوامع می تواند یک راه حل واقع گرایانه برای کاهش کمبود منابع آب باشد و تا به امروز بیشترین و محبوبترین استفاده مجدد از فاضلاب، در امر آبیاری کشاورزی می باشد (۴ و ۵). استفاده مجدد از فاضلاب موضوع جدیدی نمی باشد. به عنوان مثال نشانه های استفاده مجدد از فاضلاب در امر کشاورزی تقریباً به سه هزار سال پیش و به تمدن می نوان (Minoan) واقع در کرت یونان باز می گردد (۶). در مکزیک، بیست و پنج هزار هکتار زمین با فاضلاب آبیاری می شوند. در پاکستان برای سال های متمادی است که از فاضلاب خانگی در آبیاری استفاده می شود (۷). سابقه استفاده مجدد از پساب در ایران به عهد صفویه (۱۵۰۱-۱۷۲۲) جایی که در اصفهان، فاضلاب بسیاری از خانه های قدیمی شهر به نهرهایی موسوم به مادی تخلیه می شد برمی گردد که این نهرها برای آبیاری زمین های کشاورزی به کار می رفته اند (۸). تصفیه فاضلاب، امکان بهره برداری از پساب را بدون آن که از لحاظ بهداشتی و زیست محیطی نگرانی وجود داشته باشد فراهم می کند و آبیاری، مؤثرترین و بهترین شکل مصرف فاضلاب به حساب می آید. برای آن که بتوان از پساب، مجدداً استفاده نمود فاضلاب باید طی مراحل مورد تصفیه قرار بگیرد. تصفیه خانه فاضلاب باید به گونه ای طراحی شود که پساب حاصل از لحاظ میکروبی، شیمیایی و فیزیکی مطابق استانداردهای موجود باشد. از سوی دیگر از نظر بهره برداری و تعمیر و نگهداری نیز دارای کمترین هزینه اولیه و جاری باشد (۷ و ۹). مهمترین مزیت استفاده از پساب تصفیه خانه های شهری، بشمار آمدن آن به عنوان یک منبع ثابت و در دسترس و ارزان قیمت برای آبیاری زمین های کشاورزی یا به بیان دیگر حل مشکل کمبود آب می باشد (۱۰ و ۱۱). از دیگر مزایای استفاده مجدد از پساب می توان به امکان بازیابی مواد مغذی موجود در پساب و کاهش استفاده از کودها (۱۲)، رفع مشکلات مربوط به دفع پساب و شارژ مجدد آب های زیرزمینی اشاره نمود (۱۳). از این رو شاخص های متعددی برای تعیین کیفیت پساب خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب و تعیین بهترین کاربرد آن توسعه یافته است که یکی از دقیق ترین و توسعه یافته ترین شاخص ها، CWQI

(Canadian water quality index) می باشد. این شاخص یک ابزار ارتباطی دانش بنیاد می باشد که در آن، داده های حاصل از چند متغیر مربوط به کیفیت آب یا فاضلاب در برابر استانداردهایی که توسط کاربر مشخص می شود سنجیده شده و در نهایت، عددی به عنوان نمره کیفیت ارائه می شود، همچنین بهترین کاربرد پساب نیز مشخص می شود.

این شاخص با هدف ایجاد ابزاری برای راحت تر ساختن گزارش دهی کیفیت آب و پساب یک منطقه توسعه یافته است و خلاصه معنی داری از کیفیت آب مورد نظر برای افراد خبره و افراد عامه که تخصصی در مسائل کیفیت آب ندارند ارائه می دهد (۱۴ و ۱۵). استفاده از پساب تصفیه خانه های فاضلاب شهری در بخش کشاورزی ممکن است به واسطه مواد باقیمانده ای که در آن وجود دارد دارای اثرات زیست محیطی و بهداشتی باشد. (۱۶). از این رو در تحقیقات مختلف سعی شده است که امکان استفاده از پساب در بخش کشاورزی و اثرات مختلف آن بر محصولات کشت شده و محیط زیست مورد ارزیابی قرار گیرد (۱۷). به عنوان مثال در مطالعات جداگانه سوردایک و همکاران (۱۸)، وانگ و همکاران (۱۹) و کائو و همکاران (۲۰) به این نتیجه رسیدند که آبیاری با پساب تأثیر منفی بر روی محصولات مختلف کشاورزی ندارد اما در برخی مطالعات که به بررسی آثار بلند مدت آبیاری با پساب بر روی خاک پرداخته است آلودگی به فلزات سنگین و کاهش کیفیت خاک محل تحت آبیاری، گزارش شده است (۲۱). در مطالعه ای که توسط بابک جاهد و همکاران تحت عنوان ارزیابی کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر شیراز جهت استفاده مجدد در آبیاری کشاورزی با استفاده از مدل CWQI انجام گرفت نتایج مقادیر محاسبه شده شاخص، به خوبی نشان داد که کیفیت فیزیکی شیمیایی پساب تصفیه خانه شیراز جهت آبیاری در فصل گرم و سرد و مجموع دو فصل خوب می باشد اما با اعمال شاخص های میکروبی، کیفیت پساب مذکور به شدت کاهش یافته و در فصل گرم و سرد و مجموع دو فصل، کیفیت آن مرزی بود (۱۷). براساس مطالعات انجام گرفته توسط مؤسسه بین المللی مدیریت آب، ایران در سال ۲۰۲۵ بر اثر رشد جمعیت، کشاورزی، صنعت و توسعه شهرنشینی جزو کشورهای دارای کمبود فیزیکی آب دسته بندی خواهد شد که این امر باعث به خطر افتادن امنیت غذایی خواهد شد (۲۲). هدف از این مطالعه، ارزیابی کیفیت پساب تصفیه خانه فاضلاب شهر تهران جهت استفاده مجدد در آبیاری کشاورزی و همچنین تعیین بهترین کاربرد آن با استفاده از مدل CWQI است.

مواد و روش ها

تصفیه خانه فاضلاب اکباتان با سیستم تصفیه لجن فعال از سال ۱۳۶۳ مورد بهره برداری قرار گرفته و وظیفه تصفیه فاضلاب صد هزار

تشکیل شده است: اولین عامل، F1 می‌باشد که درصد متغیرهای تخطی کرده از مقدار رهنمودی را نشان می‌دهد (تعداد متغیرهای شکست خورده) و از رابطه شماره یک به دست می‌آید. عامل دوم، F2 می‌باشد که تعداد دفعاتی است که یک متغیر نتوانسته استاندارد تعریف شده را برآورد کند (تعداد آزمون شکست خورده) و از رابطه شماره دو به دست می‌آید.

$$F1 = \left(\frac{\text{Number of failed variables}}{\text{Total of number variables}} \right) \times 100 \quad \text{معادله ۱}$$

$$F2 = \left(\frac{\text{Number of failed tests}}{\text{Total of number variables}} \right) \times 100 \quad \text{معادله ۲}$$

عامل سوم، F3 می‌باشد و نشان‌دهنده میزان انحرافی است که متغیرهای شکست خورده، از استاندارد تعریف شده داشته‌اند و به وسیله یک فرآیند سه مرحله‌ای محاسبه می‌شود (معادله‌های ۳ و ۴ و ۵ و ۶). مرحله اول، محاسبه Excursion است که اگر مقدار شاخص‌ها از استاندارد تعیین شده بیشتر باشد مقدار آن از معادله ۳ به دست می‌آید اما در مواردی که شاخص مورد اندازه‌گیری از میزان استاندارد پایین‌تر باشد از رابطه ۴ به دست می‌آید.

$$\text{Excursion}_i = \left(\frac{\text{failed tests value } i}{\text{objective } i} \right) - 1 \quad \text{معادله ۳}$$

$$\text{Excursion}_i = \left(\frac{\text{failed tests value } i}{\text{Objective } i} \right) - 1 \quad \text{معادله ۴}$$

مرحله دوم، محاسبه جمع میزان انحراف شاخص‌های مختلف (nse : Net standard error) مورد اندازه‌گیری می‌باشد که از معادله ۵ به دست می‌آید. کاربرد این معادله، طبیعی نمودن میزان انحرافات ایجاد شده از استانداردها می‌باشد.

$$Nse = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \text{Excursion}_i}{\text{number of tests}} \right) \quad \text{معادله ۵}$$

مرحله سوم، محاسبه F3 با معادله ۶ می‌باشد. این معادله، مجموع طبیعی شده انحرافات به وجود آمده را از ۱۰۰ تا ۰ درجه بندی می‌کند.

$$F3 = \frac{nse}{0.01 nse + 0.01} \quad \text{معادله ۶}$$

در نهایت، شاخص CWQI از معادله ۷ محاسبه می‌شود.

$$\text{CWQI} = 100 - \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \quad \text{معادله ۷}$$

شاخص محاسبه شده سپس به جدول ۱ برده می‌شود و درجه مطلوبیت پساب برای کاربرد مورد نظر تعیین می‌شود.

یکی از مهمترین مزایای برنامه CWQI Calculator، تعیین بهترین کاربرد پساب می‌باشد. در این برنامه، با ورود مشخصات پساب و معرفی استانداردهای مربوطه کاربردهای مختلف، بهترین کاربرد پساب مشخص و معرفی می‌گردد و بدین ترتیب، امکان استفاده بهتر از پساب فراهم می‌گردد. در این مطالعه نیز استانداردهای مربوط به کاربردهای مختلف از منابع و سازمان‌های مرتبط دریافت و سپس وارد برنامه می‌گردد تا بهترین کاربرد پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان تعیین گردد.

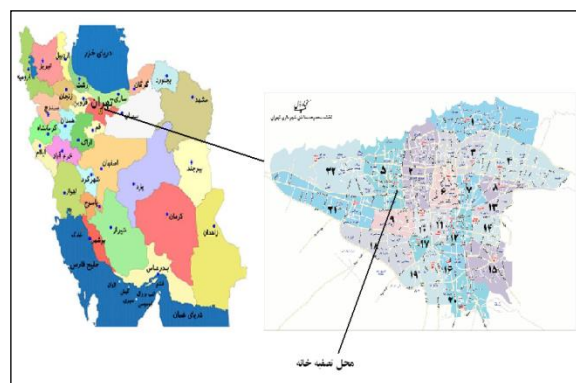
نفر از جمعیت پایتخت را همراه با فاضلاب بیمارستان صارم بر عهده دارد (شکل ۱). دبی فاضلاب ورودی، ۴۵۰۰ متر مکعب در روز و BOD₅ آن ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر است و راندمان تصفیه‌خانه در حذف BOD₅ برابر با ۷۰ درصد می‌باشد. نوع فرآیند این تصفیه‌خانه، A₂O و محل تخلیه پساب آن در حال حاضر، نهر بزرگ فیروزآباد می‌باشد (۲۳).

این مطالعه از نوع مطالعه توصیفی-تحلیلی بوده و به مدت ۴۸ ماه بر روی پساب خروجی از تصفیه‌خانه اکباتان انجام شد. به منظور تعیین کیفیت پساب جهت استفاده در بخش کشاورزی با استفاده از شاخص CWQI، مقدار ۲۲ شاخص فیزیکوشیمیایی و ۳ شاخص میکروبی در طی چهار فصل و به صورت ماهی یک نمونه طی چهار سال اندازه‌گیری شد. برای این منظور، ابتدا نسبت به آماده‌سازی ظروف نمونه برداری شیمیایی و میکروبی بر طبق دستورالعمل کتاب استاندارد متد ۲۰۰۸ اقدام شد. سپس مقادیر شاخص pH و EC در محل خروجی پساب از حوض گندزدایی (آخرین واحد) تصفیه‌خانه، اندازه‌گیری شد و مقدار سایر شاخص‌های مورد نیاز برای تعیین شاخص CWQI یعنی Fe, Hg, Mn, Na, Mg, Ca, SO₄, Cl, HCO₃, TDS, TSS, NO₃, As, Cd, DO, COD, BOD₅، کل کلیفرم، کلیفرم مدفوعی و تخم انگل در آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب استان تهران با استفاده از روش‌های ذکر شده در کتاب استاندارد متد ۲۰۰۸ اندازه‌گیری گردید. مقدار EC با EC meter Metrohm (model 856) با pH، pH، Flame photometer Jenway (model PFP7) با SO₄ و COD با Spectrophotometer HACH (model DR/2500) با Fe، Hg، Cd، As، Mn با Absorption spectrometer GBS و اکسیژن محلول توسط DO meter HACH (model 850045) مقدار NO₃ با Spectrophotometer PG Instruments Ltd (model T80) و BOD₅ با manometric respirometer HACH (model BOD Track II) اندازه‌گیری شد. همچنین از روش تخمیر چند لوله‌ای برای شناسایی کل کلیفرم و کلیفرم‌های مدفوعی و از روش بیلنجر با لام شمارش مک مستر برای شمارش تخم انگل‌ها استفاده شد (۲۴). نتایج حاصله سپس وارد برنامه CWQI Calculator گردید تا تناسب کیفیت پساب این تصفیه‌خانه برای آبیاری کشاورزی مورد بررسی قرار گیرد و همچنین بهترین کاربرد پساب نیز مشخص شود. بعد از کد بندی وارد نرم‌افزار CWQI شاخص کیفیت آب کانادا می‌باشد که براساس شاخص آب ارایه شده توسط دانشگاه بریتیش کلمبیا در سال ۱۹۹۵ پایه‌گذاری شده است و یکی از مزایای آن، استفاده از تعداد زیادی متغیر کیفی آب جهت محاسبه می‌باشد (۲۵). این شاخص از سه عامل

جدول ۱- درجه مطلوبیت کیفیت پساب بر حسب مقدار CWQI

رتبه بندی	مقدار CWQI	توصیف
عالی	۹۵-۱۰۰	هیچ گونه تهدیدی از نظر کیفیت منبع آب مورد ارزیابی وجود ندارد و کیفیت آب نزدیک به حالت طبیعی خود می باشد. این حالت تنها زمانی به وجود می آید که در تمام اوقات نمونه برداری، نمونه های گرفته شده، استانداردهای تعریف شده را رعایت نماید.
خوب	۸۰-۹۴	کیفیت آب تنها با مقدار بسیار کمی تهدیدات مواجه می باشد. در این شرایط کیفیت آب به ندرت از شرایط مطلوب تخطی می کند.
مطلوب	۶۵-۷۹	کیفیت منبع آب مورد نظر اغلب اوقات مطلوب است ولی گهگاهی تهدیدآمیز می شود و شرایط آن گاهی اوقات از سطح مطلوب خود فاصله دارد.
مرزی	۴۵-۶۴	کیفیت آب منبع مورد نظر به صورت پیاپی برای مصرف در نظر گرفته شده تهدیدآمیز می شود و کیفیت آب اغلب اوقات از سطح مطلوب خود فاصله دارد.
ضعیف	۰-۴۴	کیفیت منبع آب مورد نظر تقریباً تهدیدآمیز می باشد و شرایطی وجود دارد که در آن معمولاً کیفیت آب مورد نظر کمتر از سطح مطلوب خود می باشد.

در این قسمت یافته های حاصل از مطالعه در جداول ۲ تا ۶ نمودار ۱ و شکل های ۲ تا ۳ ارائه شده است. جداول ۱ تا ۶ نتایج حاصل از اندازه گیری مقدار شاخص های ۲۲ گانه پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب اکباتان را در سال های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۳ نشان می دهد. شکل ۲ و ۳ نتایج حاصل از ورود داده ها به نرم افزار CWQI را نشان می دهد. نمودار ۱ نیز نتایج حاصل از خروجی نرم افزار CWQI می باشد.



شکل ۱- موقعیت تصفیه خانه در ایران و تهران

نتایج

جدول ۲- نتایج اندازه گیری مقدار شاخص های ۲۲ گانه پساب خروجی از تصفیه خانه فاضلاب اکباتان در سال ۱۳۹۰

شاخص	واحد	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
pH	-	۷/۴۱	۷/۸۶	۸/۲۶	۸/۱۱
هدایت الکتریکی	μmho/cm	۲۲۱۴	۱۷۷۶	۱۸۹۶	۲۱۱۳
کدورت	JTU	۱/۲	۱	۱/۱	۱/۵
رنگ	TCU	۱۹	۲۰	۱۷	۲۷
سدیم	mg/l	۲۳	۳۸	۴۲	۳۲
آلومینیم	mg/l	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۲۵	۰/۳۵
فسفر	mg/l	۱۰	۱۲	۱۷	۲
کلرور	mg/l	۲۸۶	-	۲۴۸	۲۹۷
سولفات	mg/l	۱۷۲	۲۵۶	-	۳۲۶
کلسیم	mg/l	۱۷۳	۹۲	۱۴۶	۱۵۹
منیزیم	mg/l	۹۸	۳۳	۴۲	۹۱
منگنز	mg/l	۰/۰۴۴	-	۰/۰۴۴	۰/۰۰۲۵
آهن	mg/l	۰/۰۳	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۳۸
جیوه	mg/l	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۲
آرسنیک	mg/l	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۰۶
کادمیوم	mg/l	۰	۰/۰۰۳۱	۰	۰/۰۰۳۴
اکسیژن محلول	mg/l	۳/۲	۴/۶	-	۳/۱
COD	mg/l	۱۵	۸۵	۲۳	۱۲۴
BOD ₅	mg/l	۲۱	-	۵۶	۳۲
ازت بر حسب	mg/l	۱۲۳	۳۵	۸۵	۱۰۶

۱۵۶	-	۱۲۷	۲۶۸	MPN/100ml	کل کلیفرم
۴۹	۲۳	۴۳	۲۸	MPN/100ml	کلیفرم مدفوعی
-	۶۵	۲۳	۴۸	Number/L	تخم انگل

جدول ۳- نتایج اندازه‌گیری مقدار شاخص‌های ۲۲ گانه پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان در سال ۱۳۹۱

شاخص	واحد	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
pH	-	۷/۳۲	۷/۶۵	۷/۸۹	۸/۰۲
هدایت الکتریکی	µmho/cm	۲۰۱۴	۱۸۹۷	-	۲۰۱۶
کدورت	JTU	۱/۵	۱	۰/۷	۱/۲
رنگ	TCU	۱۳	-	۱۵	۲۴
سدیم	mg/l	۳۲	۴۶	۲۸	۵۲
آلومینیم	mg/l	۰/۳۵	-	۰/۳۵	۰/۳۶
فسفر	mg/l	۲	-	۹	۱۴
کلرور	mg/l	۲۷۴	۲۶۵	-	۲۸۹
سولفات	mg/l	۱۶۸	۲۴۲	۳۶۹	۳۶۹
کلسیم	mg/l	۱۲۶	۱۰۸	۱۲۴	۱۳۶
منیزیم	mg/l	۸۷	۴۵	۳۶	۶۷
منگنز	mg/l	۰/۰۳۵	-	۰/۰۳۵	۰/۰۰۳۶
آهن	mg/l	۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۰۵	۰/۲۶
جیوه	mg/l	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱
آرسنیک	mg/l	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۵
کادمیوم	mg/l	۰	۰/۰۰۲۳	۰	۰/۰۰۱۶
اکسیژن محلول	mg/l	۲/۶	۳/۵	۳/۹	۴/۵
COD	mg/l	۳۵	۵۶	-	۸۷
BOD ₅	mg/l	۲۶	۳۶	۵۵	۴۶
ازت بر حسب نیترات	mg/l	۱۰۶	-	۶۹	۸۷
کل کلیفرم	MPN/100ml	۲۱۳	۱۰۹	۱۵۷	۱۴۲
کلیفرم مدفوعی	MPN/100ml	۲۱	۳۱	-	۳۹
تخم انگل	Number/L	۲۹	-	۴۵	۴۹

جدول ۴- نتایج اندازه‌گیری مقدار شاخص‌های ۲۲ گانه پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان در سال ۱۳۹۲

شاخص	واحد	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
pH	-	۷/۳۲	۷/۱۱	۷/۷۸	۷/۶۹
هدایت الکتریکی	µmho/cm	۲۰۱۴	۱۹۸۶	۱۷۹۶	۲۱۱۲
کدورت	JTU	۰/۹	-	۱/۶	۱/۸
رنگ	TCU	۱۵	۱۳	۱۶	۲۳
سدیم	mg/l	۴۵	۳۹	۵۳	۴۵
آلومینیم	mg/l	۰/۳۲	-	۰/۳۵	۰/۲۱
فسفر	mg/l	۲	-	۱۱	۱۴
کلرور	mg/l	۲۴۹	۲۲۴	۲۱۳	۲۶۹
سولفات	mg/l	۲۴۶	-	۳۴۸	۲۸۹
کلسیم	mg/l	-	۱۰۵	۱۲۳	۱۴۵
منیزیم	mg/l	۶۷	۴۵	۵۶	۷۸
منگنز	mg/l	۰/۰۳۲	-	۰/۰۳۶	۰/۰۰۲۱
آهن	mg/l	۰/۰۵	۰/۳۲	۰/۰۵	۰/۲۸
جیوه	mg/l	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱۲
آرسنیک	mg/l	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۱۳
کادمیوم	mg/l	۰	۰/۰۰۳۱	۰	۰/۰۰۳۱
اکسیژن محلول	mg/l	۴/۶	۴/۱	-	۴/۵

۸۷	۴۳	۵۶	۴۵	mg/l	COD
۴۵	۵۵	۲۳	۲۲	mg/l	BOD ₅
۸۹	۷۵	-	۱۱۴	mg/l	ازت بر حسب نیترات
۱۲۸	۶۸	۱۴۶	۲۱۲	MPN/100ml	کل کلیفرم
۳۶	-	۳۸	۳۶	MPN/100ml	کلیفرم مدفوعی
۴۵	۴۵	۲۲	۲۴	Number/L	تخم انگل

جدول ۵- نتایج اندازه‌گیری مقدار شاخص‌های ۲۲ گانه پساب خروجی از تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان در سال ۱۳۹۳

شاخص	واحد	بهار	تابستان	پائیز	زمستان
pH	-	-	۷/۳۴	۷/۸۹	۷/۶۵
هدایت الکتریکی	µmho/cm	۲۱۴۵	-	۱۸۸۳	۲۰۱۳
کدورت	JTU	۱/۲	۱	۳	۰/۸۵
رنگ	TCU	۱۵	۱۵	۱۳	۱۶
سدیم	mg/l	۵۲	۳۵	۴۶	۲۸
آلومینیم	mg/l	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۳۳	۰/۴
فسفر	Mg/l	۲	-	۱۱	-
کلرور	mg/l	۲۹۷	-	۲۱۲	۲۵۶
سولفات	mg/l	۱۴۶	۲۰۳	۲۲۵	-
کلسیم	mg/l	۱۵۲	۱۱۲	۱۲۴	۱۳۶
منیزیم	mg/l	۱۲۵	۸۶	۷۸	۹۰
منگنز	mg/l	۰/۰۳۲	۰/۰۲۲	۰/۰۳۳	۰/۰۲۲
آهن	mg/l	۰/۰۲۸	۰/۳۱	۰/۰۲۶	۰/۳۱
جیوه	mg/l	۰/۰۰۰۱	-	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۳
آرسنیک	mg/l	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۰۳
کادمیوم	mg/l	۰	۰/۰۰۲۲	-	۰/۰۰۳۱
اکسیژن محلول	mg/l	۲/۷	۳/۸	۴/۵	۴/۳
COD	mg/l	۴۳	۷۴	۳۶	۷۸
BOD ₅	mg/l	۲۵	۳۹	۴۷	۴۶
ازت بر حسب نیترات	mg/l	۱۱۳	۵۶	۷۹	۱۱۲
کل کلیفرم	MPN/100ml	۲۳۶	-	۱۲۵	۱۷۸
کلیفرم مدفوعی	MPN/100ml	-	۳۵	۳۸	۴۲
تخم انگل	Number/L	۲۵	۲۷	۴۵	۳۴

جدول ۶- استانداردهای استفاده مجدد از پساب برای کاربردهای مختلف

شاخص	واحد	آشامیدنی	آبیاری	دام و طیور	آبزیان
pH	...	۸/۵_۶/۵	۸/۵_۶/۵	۸_۶	۶/۵
هدایت الکتریکی	uS/cm	۱۸۰۰	ds/m.۰/۷	۴۰۰۰	۱۸۰۰
کدورت	JTU	۵	۵۰	-	۱-۵
رنگ	TCU	۱۵	۷۵	۱۵۰۰	۱۵۰۰
سدیم	mg/L	۲۰۰	۳	۳۰۰	۳۰۰
آلومینیم	mg/L	۰/۲_۰/۱	۵	۵	۰/۰۰۵
کلر	mg/L	۴۰۰_۲۵۰	۶۰۰	۳۰۰	۴۰۰
سولفات	mg/L	۴۰۰_۲۵۰	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰
کلسیم	mg/L	۳۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۳۰۰
منیزیم	mg/L	۳۰	۱۰۰	۱۰۰	۳۰
فسفر	mg/L	۱/۵	۱۰	۱	۱/۲
آهن	mg/L	۰/۳	۳	۰/۳	۰/۳
جیوه	mg/L	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۱	۱

۰/۰۰۵	۰/۲	۰/۱	۰/۰۱	mg/L	آرسنیک
۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۰۵_۰/۰۵	۰/۰۰۳	mg/L	کادمیوم
۵	-	۲	۷/۴	mg/L	اکسیژن محلول
۸	-	۲۰۰	۷/۵	mg/L	COD
۵	-	۱۰۰	۵	mg/L	BOD ₅
۴۵	۲۵	۳۰	۵۰	mg/L	ازت بر حسب نیترات
۱۰۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱	MPN/100ml	کل کلیفرم
۴۰۰	۵۰	۴۰۰	۰	MPN/100ml	کلیفرم مدفوعی
۰	-	۱	۰	Number/L	تخم انگل

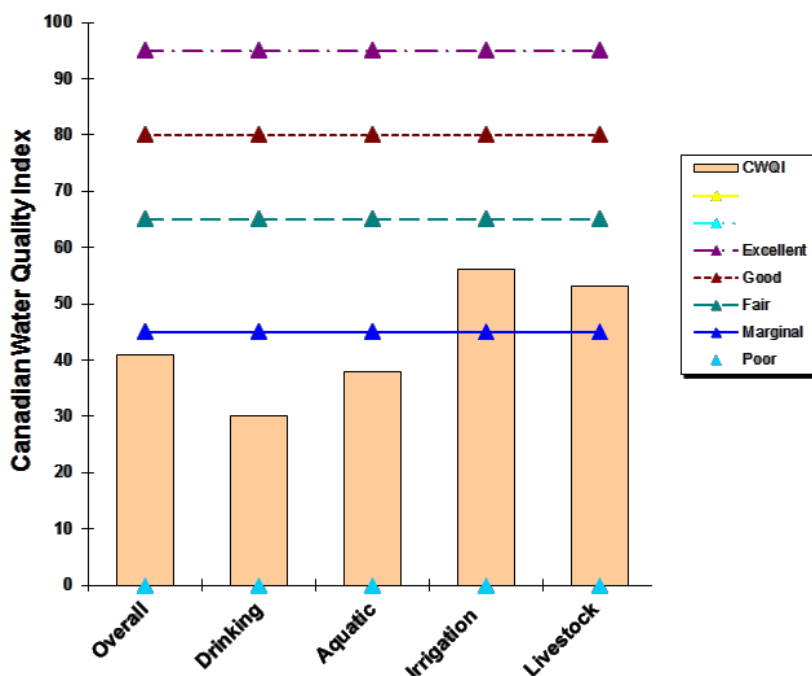
File Used: C:\WINDOWS\Desktop\testdata1.xls

Date	Group	Cond	Color	Turb	DO	PH	Total	Coliform	Ca	Na	Mg	Sulphate	Chloride	P	Ntrate	Al	As	Cd	COD	BOD ₅	Fe	Hg	Feca	Coiform	Nematode	eggs	
		(uS/cm)	(TCU)	(JTU)			MPN/100ml	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	MPN/100ml	Number/L			
1	2011	spring	1	2214	16	1.2	3.2	7.41	268	173	23	98	172	236	10	39	0.44	0.002	15	21	0.03	0.0002	28	48			
2	2011	summer	1	1776	20	1	4.6	7.86	127	92	38	33	256			52	0.0004	0.0021	35		0.34	0.001	42	23			
3	2011	autumn	1	1096	17			0.26	146	12	42	42		210	12	34	0.44	0.0025	23	66	0.03	0.001	20	66			
4	2011	winter	1	2113	27	1.1	3.1	8.11	156	159	32	91	326	237	17	41	0.25	0.0003	0.0024	124	32	0.38	0.0002	49			
5	2012	spring	1	2041	13	1.5	2.6	7.32	243	126	32	87	158	274	2	34	0.36	0.003	35	26	0.01	0.0006	21	29			
6	2012	summer	1	1857		1	3.5	7.65	109	108	46	45	242	235		46	0.0003	0.0023	58	36	0.21	0.004	31				
7	2012	autumn	1		15	0.7	3.9	7.89	157	124	28	36	369		9	36	0.36	0.0021		55	0.05	0.003		45			
8	2012	winter	1	2046	24	1.2	4.5	8.02	142	136	52	67	359	239	14	38	0.36	0.0005	0.0016	37	46	0.26	0.0001	38	49		
9	2013	spring	1	2044	16	0.9	4.6	7.32	212		45	67	246	249	2	32	0.32	0.001	0.001	45	22	0.05	0.001	36	24		
10	2013	summer	1	1966	13			4.1	7.11	146	105	39	45		224		39	0.0005	0.0005	56	23	0.32	0.0008	38	22		
11	2013	autumn	1	1796	16	1.5		7.78	68	123	53	56	310	213	11		0.36	0.0035	0.0026	46	65	0.05	0.002		45		
12	2013	winter	1	2142	23	1.3	4.5	7.69	120	145	45	70	239	259	14	36	0.21	0.0013	0.0013	37	45	0.20	0.0012	30	45		
13	2014	spring	1	2145	15	1.2		2.7	236	152	52	125	146	237	2		0.32	0.003	0.003	43	25	0.028	0.0001		25		
14	2014	summer	1		15	1	3.0	7.34		112	35	86	233			44	0.22	0.0003	0.0003	74	39	0.31		30	27		
15	2014	autumn	1	1863	13	1.3	4.5	7.89	125	124	46	78	225	212	11	32	0.33	0.0021	0.0021	36	47	0.026	0.002	38	45		
16	2014	winter	1	2043	16	0.05	4.3	7.65	170	136	20	90		256		12	0.4	0.22	0.0003	0.0003	70	46	0.0003	42	34		

شکل ۲- صفحه ورود اطلاعات به نرم افزار CWQI

Data Summary	Overall	Drinking	Aquatic	Irrigation	Livestock
CWQI	41	30	38	56	53
Categorization	Poor	Poor	Poor	Marginal	Marginal
F1 (Scope)	47	68	55	25	64
F2 (Frequency)	29	41	36	19	34
F3 (Amplitude)	86	91	86	70	37
Minimal Dataset Requirement of 4 Variables	Met	Met	Met	Met	Met
Contaminant Analysis of Last Sample	Not Tested	Not Tested	Not Tested	Not Tested	Not Tested

شکل ۳- صفحه نتایج حاصل از اجرای برنامه



نمودار ۱- نمودار شاخص CWQI برای کاربردهای مختلف

بحث

که مقدار آن از حد استاندارد تجاوز کرده است. در مطالعه بابک جاهد و همکاران (۱۷) نیز مقدار این شاخص بیش از حد استاندارد بوده است. تعداد کلیفرم مدفوعی در پساب خروجی بین ۱۳۸/۵ تا ۱۸۳ در هر ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد که کمترین مقدار آن در سال ۹۲ و بیشترین مقدار آن در سال ۹۰ می‌باشد.

شکل ۳ نتایج مقدار CWQI حاصله از نرم‌افزار را نشان می‌دهد. بر این اساس، مقدار CWQI برای آشامیدن، پرورش آبزیان، آبیاری کشاورزی و تغذیه دام و طیور به ترتیب برابر با ۳۰، ۳۸، ۵۶ و ۵۳ به دست آمد. مقایسه این نتایج با جدول ۱ نشان می‌دهد که کیفیت پساب خروجی این تصفیه‌خانه برای آبیاری کشاورزی و تغذیه دام و طیور، در حد مرزی می‌باشد (بین ۴۵ تا ۶۴) یعنی کیفیت پساب موردنظر به صورت پیاپی برای مصرف در نظر گرفته شده تهدیدآمیز می‌شود و کیفیت آب اغلب اوقات از سطح مطلوب خود فاصله دارد. همچنین کیفیت این پساب برای استفاده شرب و پرورش آبزیان نیز در حد ضعیف می‌باشد یعنی کیفیت پساب موردنظر تقریباً تهدیدآمیز می‌باشد و شرایطی وجود دارد که در آن معمولاً کیفیت آب موردنظر کمتر از سطح مطلوب خود می‌باشد.

نمودار ۱، مقدار شاخص CWQI برای کاربردهای مختلف را نشان می‌دهد. براساس این نمودار، ترتیب بهترین کاربردهای پساب خروجی این تصفیه‌خانه، برای تغذیه دام و طیور، آبیاری کشاورزی، پرورش آبزیان و آشامیدن می‌باشد هر چند که در حال حاضر کیفیت پساب این تصفیه‌خانه فقط استانداردهای تغذیه دام و طیور را برآورده می‌کند

جدول ۱ الی ۵ مقدار شاخص‌های اندازه‌گیری شده از پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این جدول قابل مشاهده است:

الف: مقدار شاخص کدورت در سال‌های ۹۰ الی ۹۳ به ترتیب برابر با ۱/۲، ۱/۱، ۱/۴، ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که مقایسه آن با جدول ۶ نشان می‌دهد که مقدار آن از حد استاندارد تجاوز نکرده است.

ب: مقدار سولفات در سال‌های ۹۰ الی ۹۳ به ترتیب برابر با ۲۸۷، ۲۵۱/۳، ۲۹۴/۳ و ۱۹۱/۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که بیشترین مقدار آن مربوط به فصل پاییز سال ۹۲ و کمترین مقدار آن مربوط به فصل بهار سال ۹۳ می‌باشد. در مطالعه بابک جاهد و همکاران نیز مقدار سولفات اندازه‌گیری شده برابر با ۱۷۱ تا ۲۵۶ میلی‌گرم بر لیتر بوده است که با مقادیر مطالعه حاضر همخوانی دارد. همچنین مقایسه نتایج حاصله با مقادیر استاندارد مندرج در جدول ۶ نشان می‌دهد که مقدار سولفات در پساب خروجی از حد استاندارد تجاوز نکرده است (۲۷).

ج: مقدار آرسنیک اندازه‌گیری شده در هر سه سال برابر ۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که مقایسه آن با جدول ۶ نشان می‌دهد که مقدار آن از حد استاندارد تجاوز نکرده است.

د: مقدار نترات در پساب خروجی از تصفیه‌خانه بین ۸۷/۲۵ تا ۹۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که کمترین مقدار آن در سال ۹۱ و بیشترین مقدار آن در سال ۹۳ می‌باشد و مقایسه آن با جدول ۶ نشان می‌دهد

10. Cassano A, Rastogi NK, Basile A. Membrane technologies for water treatment and reuse in the food and beverage industries. *Adv Mem Technol Water Treat* 2015;551-80. doi: 10.1016/B978-1-78242-121-4.00018-6
11. Ji Y. Membrane technologies for water treatment and reuse in the gas and petrochemical industries. *Adv Mem Technol Water Treat* 2015;519-36. doi: 10.1016/B978-1-78242-121-4.00016-2
12. Pratima B. Water reuse, Wastewater treatment and closed-cycle operation. *Rec Deink Recov Paper* 2014;251-69.
13. Taylor P.A. Physical, chemical, and biological treatment of groundwater at contaminated nuclear and NORM sites, *Environ Remed Restor Cont Nuc Norm Sit* 2015;237-56. doi: 10.1016/B978-1-78242-231-0.00010-7
14. Hurley T, Sadiq R, Mazumder A. Adaptation and evaluation of the canadian council of ministers of the environment water quality index (CCME WQI) for use as an effective tool to characterize drinking source water quality. *Water Res* 2012;46:3544-52. doi: 10.1016/j.watres.2012.03.061
15. Mohebbi MR, Saeedi R, Montazeri A, Azam Vaghefi K, Labbafi Sh, Oktaiee S, et al. Assessment of water quality in groundwater resources of Iran using a modified drinking water quality index (DWQI). *Ecol Indic* 2013;30:28-34. doi: 10.1016/j.ecolind.2013.02.008
16. Gong T, Zhang X. Detection, identification and formation of new iodinated disinfection byproducts in chlorinated saline wastewater effluents. *Water Res* 2015;68:77-86. doi: 10.1016/j.watres.2014.09.041
17. Agrafioti E, Diamadopoulos E. A strategic plan for reuse of treated municipal wastewater for crop irrigation on the Island of Crete. *Agr Water Manag* 2012;105:57-64. doi: 10.1016/j.agwat.2012.01.002
18. Cary L, Surdyk N, Psarras G, Kasapakis G, Chartzoulakis K, Sandei L, et al. Short-term assessment of the dynamics of elements in wastewater irrigated mediterranean soil and tomato fruits through sequential dissolution and lead isotopic signatures. *Agr Water Manag* 2015;155:87-99. doi: 10.1016/j.agwat.2015.03.016
19. Cao X, Wang Y, Wu P, Zhao X, Wang J. An evaluation of the water utilization and grain production of irrigated and rain-fed croplands in China. *Sci Total Environ* 2015;529:10-20. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.05.050
20. Cao X, Wang Y, Wu P, Zhao X. Water productivity evaluation for grain crops in irrigated regions of China. *Ecol Indic* 2015;55:107-17. doi: 10.1016/j.ecolind.2015.03.003
21. Zheng J, Chen K, Yan X, Chen SJ, Hu GC, Peng XW, et al. Heavy metals in food, house dust, and water from an e-waste recycling area in South China and the potential risk to human health. *Ecotox Environ Saf* 2013;96:205-12. doi: 10.1016/j.ecoenv.2013.06.017
22. Baghapour M, Nasserli S, Djahed B. Evaluation of Shiraz wastewater treatment plant effluent quality for agricultural irrigation by Canadian water quality index (CWQI). *Iranian J Environ Health Sci Eng* 2013;10:27-31. doi: 10.1186/1735-2746-10-27
23. Miranzadeh MB, Babamir SS. Efficacy of Ekbatan sewage treatment plant, 2000-01. *Feyz* 2003;7:40-7. [Persian].
24. Vyas A, Jethoo AS. Diversification in measurement methods for determination of irrigation water quality parameters. *Aqua Proc* 2015; 4:1220-6. doi:10.1016/j.aqpro.2015.02.155
25. Akkoyunlu A, Muhammed E. Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's sapanca lake basin, *Ecol Indic* 2012;18:501-11. doi:10.1016/j.ecolind.2011.12.018

(بالاتر از خط آبی در نمودار ۱). مقدار CWQI در مطالعه جاهد و همکاران برای فصول سرد و گرم به ترتیب برابر با ۶۷ و ۶۴ به دست آمد که به معنای مرزی تا مطلوب بودن کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شیراز برای آبیاری کشاورزی می‌باشد.

در این مطالعه، کیفیت پساب تصفیه‌خانه فاضلاب اکباتان جهت استفاده مجدد در آبیاری کشاورزی با استفاده از مدل CWQI مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار CWQI در پساب خروجی از این تصفیه‌خانه برای آبیاری کشاورزی، ۵۳ می‌باشد در نتیجه این پساب برای آبیاری مناسب است ولی در حد کیفیت مرزی قرار دارد. همچنین بهترین کاربرد این پساب با توجه به مقدار CWQI، تغذیه دام و طیور می‌باشد. مهمترین عامل پایین بودن مقدار CWQI دو شاخص کدورت و جیوه است. با توجه به نتایج مطالعه، می‌توان از پساب این تصفیه‌خانه برای آبیاری کشاورزی استفاده کرد و از به کارگیری آب‌های زیرزمینی با کیفیت خودداری کرد.

References

1. Bakopoulou S, Emmanouil C, Kungolos A. Assessment of wastewater effluent quality in Thessaly region, Greece, for determining its irrigation reuses potential. *Ecotox Environ Saf* 2011;74:188-94. doi: 10.1016/j.ecoenv.2010.06.022
2. Caniani D, Masi S, Mancini IM, Trulli E. Innovative reuse of drinking water sludge in geo-environmental applications. *Waste Manag* 2013;33:1461-8. doi: 10.1016/j.wasman.2013.02.007
3. Nikouei A, Frank A, Ward. Pricing irrigation water for drought adaptation in Iran. *J Hydrol* 2013;503:29-46. doi: 10.1016/j.jhydrol.2013.08.025
4. Keshavarz M, Karami E, Vanclay F. The social experience of drought in rural Iran. *Land Use Policy* 2013;30:120-9. doi: 10.1016/j.landusepol.2012.03.003
5. Ashouri M. Water use efficiency, irrigation management and nitrogen utilization in rice production in the North of Iran. *APCBEE Procedia* 2014;8:70-4. doi: 10.1016/j.apcbee.2014.03.003
6. Duncan KJ, Davide M, Marcelo H, Garcia, Bruce W. Fouke. Travertine-based estimates of the amount of water supplied by ancient rome's anio novus aqueduct. *J Archaeol Sci* 2015;3:1-10. doi: 10.1016/j.jasrep.2015.05.006
7. Bunani S, Yörükoğlu E, Yüksel U, Kabay N, Yüksel M, Sert G. Application of reverse osmosis for reuse of secondary treated urban wastewater in agricultural irrigation. *Desalination* 2015;364:68-74. doi: 10.1016/j.desal.2014.07.030
8. Yazdanpanah M, Rahimi Feyzabad F, Forouzani M, Mohammadzadeh S, Rob JF. Burton. Predicting farmers' water conservation goals and behavior in Iran: A test of social cognitive theory. *Land Use Policy* 2015;47:401-7. doi: 10.1016/j.landusepol.2015.04.022
9. Caniani D, Masi S, Mancini IM, Trulli E. Innovative reuse of drinking water sludge in geo-environmental applications. *Waste Manag* 2013;33:1461-8. doi: 10.1016/j.wasman.2013.02.007



Evaluation of Effluent Quality of Ekbatan Wastewater Treatment Plant for Agricultural Irrigation with CWQI Model

Aliakbar Roudbari (Ph.D.)¹, Allahbakhsh Javid (Ph.D.)², Niloufar Ghomimaghsad (B.S.)^{3*}

1- Center for Health Related Social and Behavioral Sciences Research, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran.

2- Environmental and Occupational Health Research Center, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran.

3- Dept. of Environmental Health Engineering, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran.

Received: 27 September 2017, Accepted: 3 October 2017

Abstract:

Introduction: The aim of the study was to evaluate effluent quality of Ekbatan wastewater treatment plant for agricultural irrigation with CWQI model.

Methods: This study was a descriptive- analytical one and lasted for 48 months. In order to determine suitability of effluent quality for being reused in the agricultural irrigation, a total of 22 physicochemical parameters and 3 microbial parameters were measured during four seasons based on one weekly sample (a total of 54 samples). The results were entered into CWQI Calculator software to evaluate the effluent quality for agricultural irrigation.

Results: CWQI value for agricultural irrigation is 56, it means water quality is frequently threatened (conditions often depart from natural or desirable levels). The results also showed that CWQI values for other usage such as drinking, aquaculture and livestock feeding are 30, 38 and 53, respectively and the best possible usage is for livestock feeding.

Conclusion: The results showed that the effluent quality was appropriate for irrigation but was in boundary region. Turbidity and Mercury are the most important factors of low CWQI value. According to the study, the effluent can be used for agricultural irrigation and high quality drinking water usage will be avoided.

Keywords: Reuse, Effluent, CWQI, Agriculture.

Conflict of Interest: No

*Corresponding author: N. Ghomimaghsad, Email: n.ghomi1993@gmail.com

Citation: Roudbari A, Javid A, Ghomimaghsad N. Evaluation of effluent quality of Ekbatan wastewater treatment plant for agricultural irrigation with CWQI model. Journal of Knowledge & Health 2017;12(3):25-34.