

## بررسی تأثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه فاضلاب در فضای سبز شهری به

منظور توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهرک غرب تهران)

لیلا نعیمی\*<sup>۱</sup>

[LA.naimi32@gmail.com](mailto:LA.naimi32@gmail.com)

امیر حسین جاوید<sup>۲</sup>

سید احمد میر باقری<sup>۳</sup>

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه شهرک قدس در آبیاری فضای سبز شهری می باشد. پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی بر اساس کتاب استاندارد متد (۲۰۰۵) از فروردین ماه تا آذرماه سال ۹۱ مورد آزمایش قرار گرفته است. نتایج به دست آمده از تعیین پارامترهای مذکور با استفاده از روش CCME-WQI میزان انحراف کیفیت پساب را نسبت به استانداردهای سازمان محیط زیست، EPA، WHO و FAO مقایسه می نماید. نتایج به دست آمده در ارتباط با پارامترهای مورد نظر نشان می دهد که استفاده از پساب این تصفیه خانه در آبیاری فضای سبز در مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست، EPA و WHO با محدودیت رو به رو است یعنی کاربرد آن نیاز به مدیریت و برنامه ریزی دقیق دارد، در غیر این صورت در طولانی مدت می تواند اثرات زیست محیطی مخربی را ناشی گردد. همچنین در مقایسه با استانداردهای FAO این پساب مناسب برای آبیاری فضای سبز نمی باشد.

**کلمات کلیدی:** فاضلاب شهری، استفاده مجدد، CCME، استاندارد سازمان محیط زیست، EPA، WHO، FAO

---

۱- کارشناس ارشد محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران\* (مسئول مکاتبات)  
۲- دانشیار، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران  
۳- استاد، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

## مقدمه

با افزایش روز افزون جمعیت، مشکل تأمین آب برای تأمین احتیاجات بشر مانع و محدودیتی مهم در پیشرفت نواحی مختلف و جوامع ساکن در آن و توسعه پایدار محسوب می شود. با روند فعلی ازدیاد جمعیت در ایران پیش بینی می شود تا ۲۰ سال آینده تنها ۷۰ درصد از آب مورد نیاز در دسترس باشد پس می توان گفت کمبود آب مهمترین محدودیت در توسعه پایدار کشور در طی سال های آتی است. یکی از موارد اصلی مصرف آب شهری، آبیاری فضای سبز می باشد. حدوداً یک سوم آب استفاده شده شهری صرف آبیاری فضای سبز می شود از طرفی ۹۹/۹ درصد از فاضلاب را آب تشکیل می دهد (۱). بهره گرفتن از این فاضلاب تصفیه شده، می تواند در فضای سبز شهری جای گزینی برای سایر منابع متعارف برای آبیاری باشد. در این تحقیق از شاخص آماری CCME-WQI که توسط شورای وزیران محیط زیست کانادا در سال ۱۹۹۷ به تصویب رسیده، استفاده شده است. در نقاط مختلف کشور در این زمینه مطالعاتی صورت گرفته است. در این کار تحقیقاتی پساب یکی از تصفیه خانه های شهر مشهد (تصفیه خانه اولنگ) از نظر پارامترهای مهم کشاورزی از قبیل SAR، EC، pH، غلظت یون های سدیم، کلسیم، بور، بی کربنات و جامدات معلق و نیز جمعیت کل کلی فرم ها و کلی فرم های مدفوعی به مدت یک سال مورد پایش و ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده دلالت بر این دارد که کیفیت پساب تصفیه خانه مذکور از نظر تراکم کل کلی فرم ها، تراکم کلی فرم های مدفوعی و غلظت بی کربنات در مقایسه با ضوابط زیست محیطی دارای محدودیت شدید است. همچنین نتایج به دست آمده در ارتباط با پارامترهای SAR، EC، غلظت یون سدیم و یون کلر نشان می دهد که استفاده از این پساب در آبیاری با محدودیت روبه رو است و هر چند که این محدودیت در دامنه کم تا متوسط طبقه بندی می شود (۲).

در پژوهشی دیگر که جهت ارزیابی اثر آبیاری با فاضلاب شهری بر ویژگی های شیمیایی خاک و رشد زیتون در فضای سبز شهر تهران به انجام رسید. جهت انجام پژوهش

حاضر، عرصه جنگل کاری شده ای با گونه زیتون، در تهران با دو تیمار آب چاه (شاهد) و فاضلاب شهری در طول هفت سال آبیاری شد. نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری با فاضلاب شهری سبب افزایش معنی دار رشد درختان زیتون می شود. همچنین باعث افزایش معنی دار غلظت عناصر غذایی و فلزات سنگین (Pb, Cr, Ni و Zn) در خاک و برگ درخت زیتون می گردد. اما استفاده از فاضلاب شهری تأثیر معنی داری در غلظت فلزات سنگین میوه های زیتون نداشت (۳).

## مواد و روش ها

تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس قطعه زمینی به مساحت ۱۳ هکتار است که این قطعه زمین از شمال به بزرگراه همت و از شرق به بزرگراه شیخ فضل الله نوری و از غرب به انبار وزارت مسکن و شهرسازی و پارک پردیسان و از جنوب به دره حد فاصل اتوبان شهید حکیم و پارک پردیسان محدود می باشد.

روش تصفیه فاضلاب در تصفیه خانه شهرک قدس از نوع لجن فعال متداول با هوادهی ممتد می باشد. این تحقیق به صورت یک مطالعه توصیفی - مقطعی انجام شده است که جامعه مورد مطالعه نتایج آزمایش های ۹ ماهه پساب تصفیه خانه فاضلاب شهرک غرب است که توسط آزمایشگاه شرکت آب و فاضلاب تهران و بر طبق دستورالعمل استاندارد متد صورت پذیرفته است. نحوه نمونه برداری و روش انجام آزمایش ها در جدول (۱) ارائه گردیده است. در این تحقیق به طور میانگین ۲۰ آزمایش در هر ماه و مجموعاً ۱۸۰ آزمایش مورد آنالیز و ارزیابی قرار گرفته است. نمونه برداری به صورت لحظه ای و بین ساعات ۸/۳۰ تا ۹/۳۰ صبح و زمانی که ورودی به تصفیه خانه تقریباً حداکثر مقدار خود را داشته، انجام شده است. آزمایش مورد بررسی عبارتند از: COD، BOD، PO<sub>4</sub>، NO<sub>3</sub>، TSS، pH، TDS، توتال کلی فرم، فکال کلی فرم و تخم انگل. در بخش آمار توصیفی میانگین پارامترهای مورد تصفیه محاسبه گردید و با روش CCME-WQI با استفاده از نرم افزار Excel به منظور بررسی استفاده مجدد از پساب تصفیه خانه شهرک

قدس در فضای سبز شهری با استاندارد سازمان محیط زیست  
 ایران، EPA، WHO و FAO در مورد آبیاری فضای سبز که  
 کاربرد پساب تصفیه خانه است صورت پذیرفت (جدول ۲).

جدول ۱- روش نمونه برداری و آزمایش و نگهداری نمونه ها (۶)

پارامتر	روش نمونه برداری	روش آزمایش	روش نگهداری	توضیحات
pH	۲۱ <sup>St</sup> Edition ۲۰۰۵	B ۴۵۰۰	۲۱ <sup>St</sup> Edition ۲۰۰۵	الکترومتری
BOD <sub>۵</sub>	"	B ۵۲۱۰	"	روش وینکلر
COD	"	B ۵۲۲۰	"	روش هضم برگشتی باز
TS	"	B ۲۵۴۰	"	وزنی
TSS	"	D ۲۵۴۰	"	وزنی
TDS	"	D ۲۵۴۰	"	محاسباتی
PO <sub>۴</sub> -P	"	PC ۴۵۰۰-	"	رنگ سنجی با اسید وانادومولیدو فسفریک
نیترات	"	۳۸۴۰۵ DIN	"	DR ۵۰۰۰ اسپکتروفتومتر
توتال کلیرم	"		"	تخمیر ۱۵ لوله ای
فکال کلیرم	"		"	تخمیر ۱۵ لوله ای
تخم انگل	"		"	سانتریفوژ

جدول ۲- پارامترهای موجود در استانداردهای کیفی فاضلاب تصفیه شده در آبیاری (۵، ۹-۷)

ردیف	پارامتر	واحد	WHO	EPA	FAO	IRNDOE
۱	کلر آزاد	Meq/l	-	۲۸	-	۰/۲
۲	نیترات	Mg/l	۰/۵	TN=۳۰	۰/۵	-
۳	فسفات	Mg/l	-	۱۰	-	-
۴	BOD	Mg/l	-	۳۰	-	۱۰۰
۵	COD	Mg/l	-	۱۲۰	-	۲۰۰
۶	TDS	Mg/l	۴۵۰	-	۴۵۰	-
۷	TSS	Mg/l	-	۵	-	۱۰۰
۸	pH		۵/۸ - ۶	۴/۸ - ۵/۶	۵/۶ - ۸	۵/۸ - ۶
۹	کدورت	NTU	-	۰/۲	-	۵۰
۱۰	رنگ		-	-	-	۷۵
۱۱	کلیرم گوارشی	MPN	۱۰۰۰	-	۱۰۰۰	۴۰۰
۱۲	کل کلیرم	MPN	۱۰۰۰	۲۰۰	-	۱۰۰۰
۱۳	تخم انگل	Mg/l	۱	۱	۱	۱

## روش محاسبه شاخص CCME-WQI

شاخص کیفیت آبی در بررسی کیفیت پساب فاضلاب یکی از روش های پرکاربرد و ساده در سطح دنیا می باشد با توجه به حجم زیاد اطلاعات حاصل از پایش های کیفی بسیار مناسب است که با روشی این حجم زیاد اطلاعات به صورت مختصر در آمده و وضعیت کیفی پساب را گزارش می نماید، در

شاخص کیفیت پساب، داده های چندین پارامتر کیفی در یک فرمول ریاضی که با یک عدد میزان سلامتی پساب را نشان می دهد، این عدد با یک مقیاس نسبی که گویای کیفیت پساب از بسیار بد تا عالی دسته بندی می شود(۴).

## جدول ۳- طبقه بندی آبها یا پساب به روش CCME-WQI (۱۰)

کیفیت	شاخص کیفی
خیلی خوب	۱۰۰ - ۹۵
خوب	۹۴ - ۸۰
متوسط	۷۹ - ۶۵
بد	۶۴ - ۴۵
خیلی بد	۴۴ - ۰

$$CCMEWQI = 100 - \left( \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1732} \right)$$

در این رابطه: F1 نشان دهنده درصد متغیرهایی که در مدت زمان با اهداف (استانداردها) مطابقت نمی کند تقسیم بر تعداد کل متغیرها:

$$F1 = \left\{ \frac{\text{Number of failed Variables}}{\text{Total number of Variable}} \right\} \times 100 \quad (1)$$

F2 نشان دهنده درصد آزمایشات انجام شده که بالاتر از حد استاندارد هستند نسبت به تعداد کل آزمایشات انجام گرفته می باشد:

$$F2 = \left\{ \frac{\text{Number of failed tests}}{\text{Total number of tests}} \right\} \times 100 \quad (2)$$

برای محاسبه F3 به ترتیب زیر عمل می شود:

Excursion نشان دهنده آزمایشاتی که بالاتر از استاندارد هستند تقسیم بر استاندارد منهای ۱ می باشد:

$$\text{excursion}_i = \left\{ \frac{\text{Failed Test Value}_i}{\text{Objective}_i} \right\} - 1 \quad (3)$$

مجموع آزمایش هایی که هر کدام از آنها جداگانه مقدار انحراف آنها نسبت به استانداردها محاسبه شده است تقسیم بر تعداد کل آزمونها:

$$nse = \frac{\sum_{i=1}^n excursion}{\# of tests} \quad (4)$$

F3 توسط یک تابع تقریبی محاسبه می شود که مقیاس مجموع Nse است.

$$F3 = \left\{ \frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right\} \quad (5)$$

هنگامی که این فاکتورها مشخص شد شاخص را می توان با مجموع این سه فاکتور محاسبه کرد.

عبارتند از pH, BOD, COD, TSS, توتال کلی فرم، فکال کلی فرم، تخم انگل، کدورت و کلر آزاد. دوره مورد بررسی در سال ۱۳۹۱ بوده و فرکانس نمونه گیری در این سایت به صورت ماهیانه برای اکثر متغیرها استفاده شده است. در جدول ۴ آمار کیفی پساب خروجی تصفیه خانه شهرک قدس در سال ۹۱ ذکر شده است.

محاسبه پساب خروجی تصفیه خانه باشاخص کیفیت آب کانادایی و مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست: در این تحقیق روش محاسبه پساب خروجی تصفیه خانه شهرک قدس با استاندارد سازمان محیط زیست به عنوان مثال ذکر شده است. روش محاسبه سایر استانداردها هم به این صورت است. ۹ متغیری که در این محاسبه مورد بررسی قرار گرفته اند

جدول ۴- آمار کیفی پساب خروجی تصفیه خانه شهرک غرب در سال ۹۱

کلر آزاد	کدورت	تخم انگل	فکال کلی فرم	توتال کلی فرم	TSS	COD	BOD	pH	زمان
Meq/l	NTU	Mg/l	MPN	MPN	Mg/l	Mg/l	Mg/l		واحد
۱	۴۳	۰	۲	۱۳	۹/۵	۳۳/۸۳	۹/۳۳	۷/۱۵	فروردین
۱	۲۰	۰	۱۳۰۰	۲۴۰۰	۱۰/۵	۲۵/۹۱	۱۳/۰۵	۷/۶۹	اردیبهشت
۱/۲	۳۰	۰	۳۰۰۰	۳۰۰۰	۸/۵	۱۹/۸۶	۱۰/۷۸	۷/۵۷	خرداد
۱/۹۸	۲۲/۵	۰	۲۰	۲۰	۲۲/۰۸	۲۶/۳	۱۵/۳۳	۷/۶۵	تیر
۰/۵	۱۰	-	-	-	۱۱/۲۵	۱۸/۱۶	۱۰/۸۴	۷/۵۵	مرداد
۰/۵	۴۴	-	۸۰۰	۱۳۰۰	۶	۱۶	۷/۲۵	۷/۴۹	شهریور
۰/۵	۲۰	۰	۳۰	۷۰	۸/۴۳	۲۳/۸۲	۱۱/۷۲	۷/۶۷	مهر
۰/۵	۲۷	۰	۳۵۰	۳۵۰	۱۰	۲۷/۲۰	۱۴/۸۸	۷/۷۵	آبان
۰/۵	۶۹	۰	۱۷	۱۷	۱۷	۲۶/۳۴	۱۲/۴۰	۷/۷۸	آذر
۰/۲	۵۰	۱	۴۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۶-۸/۵	سازمان محیط زیست

## روش محاسبه

تعداد کل متغیرها که با استاندارد سازمان محیط زیست مطابقت نمی کند (بالاتر از استاندارد) ۴ هست و تعداد کل متغیرها (پارامترها) ۹

$$F1 = \left(\frac{4}{9}\right) \times 100 = 44.44 \quad (1)$$

تعداد آزمایش‌هایی که با استاندارد مطابقت نمی کند ۱۸ است و تعداد کل آزمایش‌هایی که در این دوره صورت گرفته است ۷۹ است ،

بنابراین:

$$F2 = \left(\frac{16}{99}\right) \times 100 = 16.16 \quad (2)$$

میزان انحراف از آزمایش‌های غیر طبیعی تقسیم بر استاندارد به دست می آید و F3 به شرح زیر محاسبه می گردد. بنابراین:

$$\text{Excursion} = \left( \frac{2400}{1000} \right) - 1 = 1.4 \text{ etc} \quad (3)$$

$$\text{nse} = \left( \frac{42.39}{99} \right) = 0.42 \quad (4)$$

$$F3 = \left( \frac{0.42}{0.01(0.42) + 0.01} \right) = 29.98 \quad (5)$$

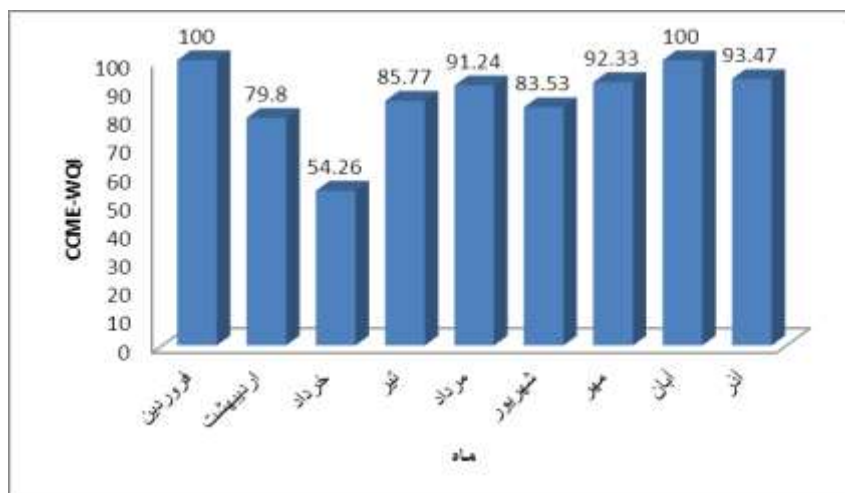
با این سه فاکتور در حال حاضر می توان مقدار شاخص را محاسبه کرد.

$$\text{CCME-WQI} = 100 - \left\{ \frac{\sqrt{44.442 + 361 + 899}}{1.732} \right\} = 67.66 \quad (6)$$

**بحث**

کلی فرم ، فکال کلی فرم و همچنین کدورت از حد استاندارد سازمان محیط زیست بوده است. بهترین پساب برای آبیاری نسبت با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست در ماه های مهر، آبان، مرداد و فروردین بوده است.

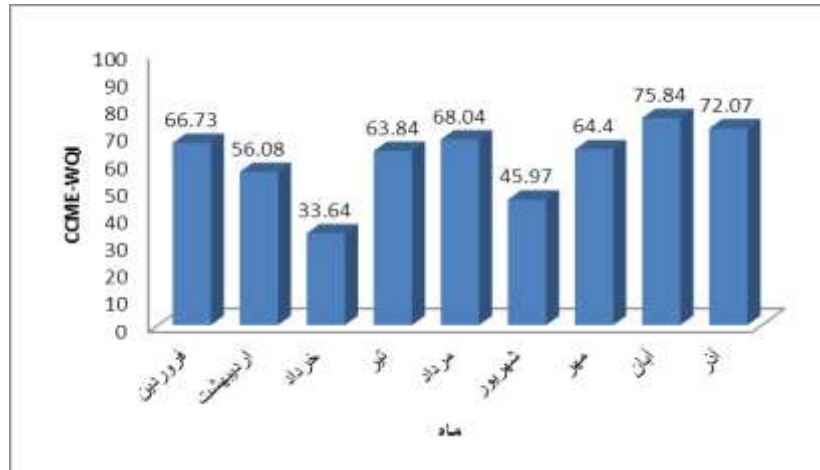
همان طور که در شکل ۱ مشاهده می کنید بیشترین مقدار انحراف در سال ۹۱ در مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست مربوط به پساب خروجی به ترتیب در خرداد ماه می باشد. دلیل میزان انحراف در خرداد ماه بالا بودن مقدار توتال



شکل ۱- نتایج حاصل از بررسی پارامترهای خروجی تصفیه خانه شهرک قدس در مقایسه با استاندارد سازمان محیط زیست

اساس استاندارد WHO در خصوص شاخص نیترات محدوده تعریف شده سخت گیرانه تر است به همین دلیل در تمام ماه های مورد آزمایش پارامترها بالاتر از حد استاندارد است. بهترین پساب برای آبیاری نسبت به استاندارد WHO در مرداد و آبان ماه بوده است

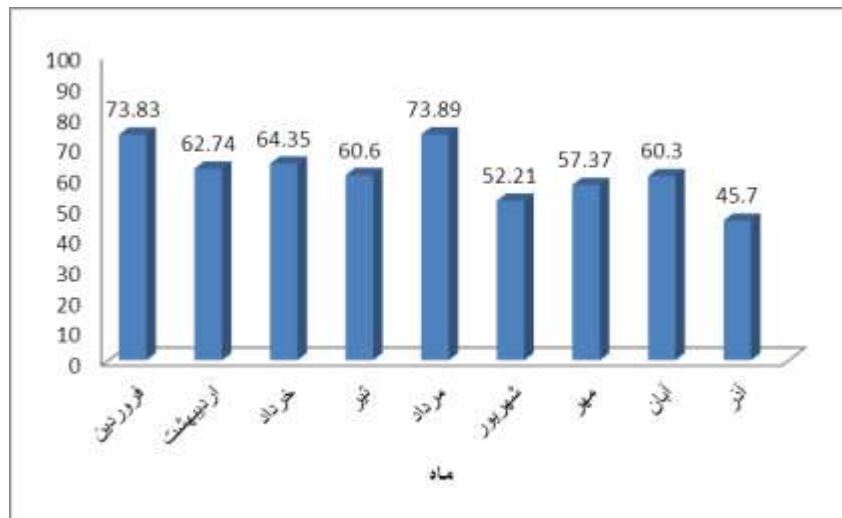
همان طور که در شکل ۲ مشخص است، بیشترین مقدار انحراف در سال ۹۱ در مقایسه با استاندارد WHO مربوط به پساب خروجی در خرداد و شهریور ماه می باشد. دلیل میزان انحراف در خرداد ماه بالا بودن مقدار نیترات، توتال کلی فرم و TDS می باشد. دلیل میزان انحراف در شهریور ماه بالا بودن مقدار توتال کلی فرم، فکال کلی فرم، نیترات و TDS بوده است. بر



شکل ۲- نتایج حاصل از بررسی پارامترهای خروجی تصفیه خانه شهرک قدس در مقایسه با استاندارد WHO

ماه بالا بودن مقدار توتال کلی فرم، کدورت، کلر، نیترات و TSS از حد استاندارد EPA می باشد. بهترین پساب برای آبیاری نسبت به استاندارد EPA در مرداد ماه بوده است.

همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده، بیشترین مقدار انحراف در سال ۹۱ در مقایسه با استاندارد EPA مربوط به پساب خروجی به آذر ماه می باشد. دلیل میزان انحراف در آذر



شکل ۳- نتایج حاصل از بررسی پارامترهای خروجی تصفیه خانه شهرک قدس در مقایسه با استاندارد EPA

کلی فرم، فکال کلی فرم، نیترات و TDS می باشد. دلیل میزان انحراف در شهریور ماه بالا بودن مقدار توتال کلی فرم، فکال کلی فرم و نیترات می باشد. بهترین پساب برای آبیاری نسبت به استاندارد FAO در مرداد ماه بوده است.

همان طور که در شکل ۴ مشاهده می شود بیشترین مقدار انحراف در سال ۹۱ در مقایسه با استاندارد FAO مربوط به پساب خروجی در آذر، خرداد و شهریور ماه می باشد. دلیل میزان انحراف در آذر و خرداد ماه بالا بودن مقدار توتال





شکل ۴- نتایج حاصل از بررسی پارامترهای خروجی تصفیه خانه شهرک قدس در مقایسه با استاندارد FAO

### نتیجه گیری

۳. آقا برانی، محسن ، ۱۳۸۵، «اثر آبیاری با پساب شهری بر ویژگی های شیمیایی خاک و رشد زیتون در فضای سبز شهر ری» پایان نامه کارشناسی ارشد . دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۴ صفحه.
۴. بابائی، ف. ترا بیان، ع. حسینی، ا. کرباسی، ع. « بررسی ساختار ریاضی شاخص کیفیت آب و نقش آن در مدیریت و توسعه منابع ایران»، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز، مهرماه، ۱۳۸۷
۵. «استاندارد خروجی فاضلابها»، ۱۳۷۱، معاونت تحقیقاتی سازمان حفاظت محیط زیست، انتشارات دفتر آموزش زیست محیطی.

با توجه به نتایج تجزیه تحلیل صورت گرفته بر روی آزمایش های خروجی تصفیه خانه شهرک غرب تهران و نمودارهای ارایه شده و در این تحقیق می توان چنان نتیجه گیری نمود که بر اساس اصلاحات صورت گرفته در فرایند تصفیه پساب در سال ۹۱، پساب حاصل حداقل پارامترهای لازم در استانداردهای سازمان محیط زیست و WHO را کسب کرده اما همچنان با محدودیت روبه رو است یعنی کاربرد آن نیاز به مدیریت و برنامه ریزی دقیق دارد، در غیر این صورت در طولانی مدت می تواند اثر زیست محیطی مخربی را ناشی گردد و همچنین بر اساس استانداردهای EPA و FAO فاقد قابلیت استفاده مجدد می باشد .

### منابع

6. (Standard Method Edition, 20050)
7. W.H.O., (2006). Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Grey water, Vo1.2: Wastewater use in Agriculture, World Health Organization. France.
8. EPA.(1977) Process design manual for land treatment of municipal

۱. نجبایی ، محمد، «سد و محیط زیست»، ناشر وزارت نیرو، نشریه شماره ۵۵، کمیته ملی سدهای بزرگ ایران ص ۲.
۲. قاسمی، سیدعلی، ۱۳۸۹. «ارزیابی برخی از پارامترهای مهم کیفی پساب در کاربرد کشاورزی»

- agriculture and aquaculture Report of a WHO Scientific Group.
10. Canadian Council of Ministers of Environment, 2001, Canadian water quality guideline for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index.
- wastewater. Report 625/1-77-008. Us Environment Protection Agency, Cincinnati, Ohio.
9. FAO (1989). Wastewater quality guidelines for agricultural use. Irrigation and Drainage paper. Health guideline for the use of wastewater in