دانشگاه تهران
پردیس فنی
دانشکده محیط زیست

مدیریت پساب های تصفیه شده و کاربرد آنها

نگارش:

احمد رضا عباسی

www.civiltect.com

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت، آلودگی آبهای سطحی و زیر زمینی، توزیع ناهمگون منابع آب و خشکسالی های دوره ای، سازمانهای تامین کننده آب را مجبور به جستجو برای یافتن منابع جدید آب کرده است. استفاده از پساب های تصفیه شده که از تصفیه خانه های فاضلاب به محیط زیست تخلیه می شوند، توجه بیشتری را به عنوان یک منبع آب قابل اطمینان بدست آورده است. هم اکنون در بسیاری از کشورها استفاده از پساب تصفیه شده (کاربرد مجدد از آب) یک گزینه مهم در برنامه ریزی منابع آب است. استفاده موثر از منابع آب موجود، توسعه منابع جدید آب وصرفه جویی در مصرف آب از سایر گزینه های می باشند که باید در تامین منابع آب بررسی شوند.

تاریخچه استفاده از پساب تصفیه شده

از اوایل قرن بیستم کاربرد فاضلاب به صورت برنامه ریزی شده در ایالات متحده امریکا و در کالیفرنیا آغاز شد و اولین مقررات در زمینه استفاده فاضلاب در آبیاری در سال 1918 در این ایالت تدوین شد. در دهه 1920 بر اساس این ضوابط پروژه هایی در کالیفرنیا و آریزونا برای آبیاری به اجرا در آمد. در دهه 1940 در مریلند پساب کلر زنی شده، در فرآوری فولاد مجدداً مورد مصرف قرار گرفت. در شروع سال 1962 اولین پروژه تغذیه مصنوعی سفره های آب زیر زمینی با استفاده از فاضلاب تصفیه شده شهری، در لوس آنجلس صورت گرفت. در آخرین ربع قرن بیستم مزایای کاربرد پساب تصفیه شده به عنوان گزینه ای در توسعه منابع آب رسماً تایید گردید و توسط همه ایالات آمریکا و اتحادیه اروپا قانونی شد.[1]

www.civiltect.com

میزان مصرف آب بازیافتی در ایران و چندین کشور جهان

جدول یک حجم متوسط آب بازیافت شده برای استفاده مجدد، میزان کل مصرف آب و درصد آب بازیافتی به کل میزان مصرف سالانه آب را در ایران و چند کشور نشان می دهد.

همانگونه که از این جدول بر می آید کشورهای حوزه خلیج فارس در سالیان گذشته توجه بیشتری را به استفاده از آب بازیافت شده معطوف ساخته اند. به طور مثال در سال 1997 درکشور کویت 15 درصد کل آب مصرفی را آبهای بازیافت شده تشکیل می دهند.[2]

جدول یک: حجم متوسط آب بازیافت شده و میزان کل مصرف آب در ایران و چند کشور[2]

Country	Total Annual Water Withdrawal			Annual Reclaimed Water Usage			Reclaimed Water as Percent of Total
	Year	Mm^3	MG	Year	Mm^3	MG	
Algeria	1990	4,500	1,188,900	-	-	-	-
Bahrain	1991	239	63,144	1991	15	3,963	6%
Cyprus	1993	211	55,746	1997	23	6,077	11%
Egypt	1993	55,100	14,557,420	2000	700	184,940	1%
Iran	2001	81,000	21,400,200	1999	154	40,667	0.20%
Iraq	1990	42,800	11,307,760	-	-	-	-
Israel	1995	2,000	528,400	1995	200	52,840	10%
Jordan	1993	984	259,973	1997	58	15,324	6%
Kuwait	1994	538	142,140	1997	80	21,136	15%
Kyrgyzstan	1990	11,036	2,915,711	1994	0.14	37	0%
Lebanon	1994	1,293	341,611	1997	2	528	0.20%
Libya	1994	4,600	1,215,320	1999	40	10,568	1%
Morocco	1991	11,045	2,918,089	1994	38	10,040	0.30%
Oman	1991	1,223	323,117	1995	26	6,869	2%
Qatar	1994	285	75,297	1994	25	6,605	9%
Saudi Arabia	1992	17,018	4,496,156	2000	217	57,331	1%
Syria	1993	14,410	3,807,122	2000	370	97,754	3%
Tajikistan	1989	12,600	3,328,920	-	-	-	-
Tunisia	1990	3,075	812,415	1998	28	7,398	1%
Turkey	1992	31,600	8,348,720	2000	50	13,210	0%
Turkmenistan	1989	22,800	6,023,760	-	-	-	-
U. A. Emirates	1995	2,108	556,934	1999	185	48,877	9%
Yemen	1990	2,932	774,634	2000	6	1,585	0%

www.civiltect.com

در ایران پتانسیل تولید فاضلاب در همه مناطق شهری و روستایی کشور در سال 1994 در حدود 3100 میلیون متر مکعب تخمین زده شده است و پیش بینی شده است که تا سال 2021 با توجه به رشد جمعیت و افزایش سطح زیر پوشش شبکه های فاضلاب به 5900 میلیون متر مکعب در سال افزایش یابد. که این ارقام تنها مربوط به فاضلاب خانگی است و فاضلاب های صنعتی و کشاورزی در آن منظور نشده است. این حجم وسیع از فاضلاب هم اکنون عمدتاً در محل تولید بوسیله چاههای جاذب بدون تصفیه دفع می شوند. که می تواند پاسخگوی بخش عمده ای از نیازهای رو به رشد بخش های شهری، تفریحی و صنعتی باشند. در سال 1999 تنها در حدود 154 میلیون متر مکعب یا 0/2 درصد از کل آب مورد نیاز کشور در سال، از طریق استفاده مجدد از آب بازیافتی تامین شده است. و به این ترتیب در رده آخرین کشورها در منطقه خاورمیانه قرار داریم.[2]

گزینه های استفاده از پساب تصفیه شده

بیش از 85 درصد فاضلاب شهری و بخش اعظم فاضلابهای صنعتی را آب تشکیل داده از این رو فاضلاب تصفیه شده می تواند در هر بخش از فعالیت ها که نیازمند آب باشد به کار گرفته شود. مهمترین کاربرد های فاضلاب تصفیه شده عبارت است از: کشاورزی، شهری، صنعتی، زیست محیطی و تفریحی، تغذیه سفره های آب زیر زمینی، توسعه منابع آب آشامیدنی.

استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی

قدیمی ترین و بیشترین کاربرد فاضلاب تصفیه شده با پیشینه حدود چند هزار ساله در کشاورزی و آبیاری مزارع می باشد. اگر چه تنها در قرن اخیر شکل صحیح و بهداشتی آن مطرح گردیده است. در سه

دهه اخیر استفاده از فاضلاب برای آبیاری فضای محصولات به ویژه در مناطق خشک در خاورمیانه و در کشورهای در حال توسعه افزایش قابل ملاحظه ای داشته است.

هدف کلی از استفاده پساب های تصفیه شده در کشاورزی بهینه سازی و حفظ منابع آب از طریق برگشت دادن جریانهای زهاب به زمین و استفاده منطقی از منابع آب شیرین است. مهمترین عوامل موثر در توسعه کاربرد فاضلاب تصفیه شده عبارت اند از:

- کمبود منابع آب برای کشاورزی و تشدید آن در اثر رشد جمعیت که به افزایش نیازهای آب شیرین در بخش آب شرب منجر شده است.
- بالا بودن هزینه های تصفیه پیشرفته فاضلاب ها برای رسانیدن آنها به حد استاندارد برای تخلیه به آبهای پذیرنده
- بالا بودن هزینه مصرف کود های شیمیایی، شناسایی ارزش مواد مغذی موجود در فاضلاب و تاتیر قابل توجه آن در افزایش میزان تو لید محصولات .

بانک جهانی تخمین زده است که مواد مغذی طبیعی در پساب تصفیه خانه های فاضلاب شهری (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) که برای آبیاری محصولات کشاورزی استفاده می شوند ارزشی حدود 3 سنت در هر متر مکعب فاضلاب دارد که از این طریق کشاورزان می توانند در حدود سالی 130 دلار در هر هکتار صرفه جویی در مصرف کود های شیمیایی داشته باشند.[3]

- جلوگیری از آلودگی آب های سطحی، رودخانه ها و خاک در اثر تخلیه مستقیم فاضلاب تصفیه نشده
- کنترل بیابان زایی، حفاظت از خاک و بهبود کیفیت آن از طریق رشد گیاهان و جلوگیری از فرسایش خاک

www.civiltect.com

- بهبود وضعیت شهرها، گسترش فضای سبز و مناظر زیبا
- رشد و توسعه کشاورزی، افزایش اشتغال و مقبولیت فرهنگی-اجتماعی
- کاهش مهاجرت روستاییان به شهرها با زیر کشت بردن زمین های جدید و بی آب

در جدول شماره دو تاثیر کاربرد انواع فاضلاب بر میزان تولید محصولات مختلف نشان داده شده است . دو عامل مهم برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری محصولات کشاورزی، مقدار مصرف مورد نیاز و کیفیت آب مورد نیاز می باشد. از آنجا که آب مورد نیاز محصولات کشاورزی با تغییر شرایط آب و هوایی تغییر می کند نیاز برای آب کشاورزی از هر ماه به ماه دیگر متفاوت است. تغییرات فصلی تابعی از بارندگی، درجه حرارت، نوع محصولات، دوره رشد گیاه، روش آبیاری مورد استفاده و سایر فاکتورهاست. مقدار فاضلاب تصفیه شده باید به اندازه ای باشد تا بتواند این تغیرات تقاضای فصلی را پوشش دهد.

جدول شماره دو: تاثیر کاربرد انواع فاضلاب ها بر میزان تولید محصولات مختلف (تن در هکتار در سال)

آب آبیاری	گندم	حبوبات	برنج	سیب زمینی	پنبه
فاضلاب خام	3/34	0/9	2/97	23/11	2/56
فاضلاب ته نشین شده	3/45	0/87	2/94	20/78	2/3
پساب برکه تثبیت	3/45	0/78	2/98	22/31	2/41
آب	2/70	0/72	2/03	17/16	1/70

اجزای اصلی دخیل در کیفیت فاضلاب تصفیه شده برای مصارف کشاورزی شامل میزان سدیم، شوری، عناصر کمیاب، کلر باقی مانده، نیترات ها و میکرو ارگانسم ها می باشند. فاضلاب تصفیه شده عموماً دارای غلظت بیشتری از مواد و عناصر مذکور نسبت به آبهای سطحی و زیر زمینی می باشد.

www.civiltect.com

مصارف صنعتی

مصرف پساب های تصفیه شده در صنعت اساساً از اوایل سال 1990 افزایش یافته است. و موارد استفاده آن در صنعت شامل خنک کننده ها، تغذیه بویلرها، نیروگاه های برق، پالایشگاه های نفت، کارخانه های تولید مواد شیمیایی و فلزات می باشد.

بزرگترین مورد استفاده از فاضلاب تصفیه شده در بخش صنعت مربوط به کاربردهای خنک سازی است. زیرا پیشرفته های صورت گرفته در فرآیندهای تصفیه به صنایع اجازه داده تا بصورت موفقیت آمیز از آب های با کیفیت پایین استفاده نمایند. مهمترین مسایل در رابطه با کیفیت آب در سیستم های خنک سازی، فرسایش، رشد بیولوژیکی و رسوب گذاری می باشند. کیفیت آب مورد نیاز در بویلرها بستگی به فشار کار آنها دارد. معمولاً در فشارهای بالاتر به آب با کیفیت بیشتری نیاز است. آب های مورد استفاده در بویلرها باید برای کاهش سختی تا نزدیک صفر، تصفیه شوند.

بسته به صنعت و فرآیندهای صنعتی کیفیت و میزان فاضلاب تصفیه شده در صنایع مختلف ، متفاوت می باشد. در صنایع الکترونیک نیاز به آب با کیفیت است در حالیکه در صنایع نفت و ذغال سنگ آب با کیفیت تقریباً پایین جوابگو می باشد.

مصارف شهری

سیستم های مصرف در قسمت شهری، از فاضلاب تصفیه شده برای مقاصد غیر از شرب شامل مصارف ذیل استفاده می نمایند:

- آبیاری پارکها ، میادین ورزشی، زمین های بازی، وسط و شانه بزرگراه ها و چشم اندازهای ساختمانهای عمومی

www.civiltect.com

- مصارف تجاری از جمله شستشوی ماشین ها، تاسیسات لباسشویی و کودهای مایع
- کنترل گرد و غبار و استفاده در پروژه های عمرانی
- کنترل حریق
- فلاش تانک توالت ها در ساختمانهای تجاری، صنعتی و مسکونی

در سیستم های توزیع دوتایی، فاضلاب تصفیه شده از طریق شبکه های موازی جدا از شبکه های توزیع آب شرب به مصرف کنندگان منتقل می گردد. این سیستم های توزیع، همانند شبکه های توزیع آب شهری نگهداری و بهره برداری می شوند. یکی از قدیمی ترین این سیستم ها در ایالت فلوریدا موجود بوده که از سال 1977 در حال بهره برداری می باشد.[2]

تجهیز کردن مناطق شهری با سیستم های توزیع آب دوگانه می تواند بسیار پر هزینه باشد. بهرحال در مواردی صرفه جویی در مصرف آب آشامیدنی می تواند این هزینه ها را توجیه نماید. به طور مثال در مواردی که استفاده از این سیستم ها بتواند موجب حذف موارد ذیل گردد.

- بدست آوردن منابع آب اضافی از مناطق با فاصله قابل ملاحظه
- تصفیه و تامین آب از منابع با کیفیت پایین (نمک زدایی آب دریا)
- نیاز به تصفیه فاضلاب تا حد زیاد برای تخلیه به منابع آب سطحی

در طراحی یک سیستم شهری توزیع فاضلاب تصفیه شده مهمترین ملاحظات قابلیت اطمینان در سرویس دهی و حفاظت از سلامت عمومی است. بدین لحاظ موارد ذیل در رابطه با مسایل مذکور باید در هر سیستم دوتایی در نظر گرفته شوند.

- تضمین اینکه فاضلاب تصفیه شده که قرار است به مصرف مشترکین برسد ملزومات کیفی آب را با توجه به هدف استفاده از آن تامین نماید

www.civiltect.com

- جلوگیری از بهره برداری نامناسب از سیستم
- ممانعت از تقاطع شبکه با انشعابات آب آشامیدنی
- جلوگیری از مصرف نامناسب آب غیر آشامیدنی

سیستم های شهری مصرف پساب تصفیه شده ، دارای دو مولفه اصلی هستند :

- تاسیسات تصفیه فاضلاب
- تاسیسات توزیع فاضلاب تصفیه شده شامل مخازن و تاسیسات پمپاژ و خطوط لوله

تاسیسات تصفیه فاضلاب باید تصفیه لازم برای رسیدن به استانداردهای کیفیت آب مقتضی برای مصارف مختلف را فراهم آورند. از آنجا که احتمال تماس با فاضلاب تصفیه شده در مصارف شهری زیاد است بنابراین فاضلاب تصفیه شده باید کیفیت بالاتری نسبت به سایر موارد مصرف آن داشته باشد. ذخیره کافی برای پوشش دادن به نوسانات روزانه جریان برای بهره برداری از سیستم های توزیع فاضلاب تصفیه شده ضروری است. طراحی سیستم های شهری توزیع فاضلاب تصفیه شده همانند سیستم های توزیع آب شرب است. با این تفاوت که این سیستم های نیازمند قابلیت اطمینان به اندازه شبکه های توزیع آب شرب نیستند.

مصارف زیست محیطی و تفریحی

مصرف پساب های تصفیه شده در فعالیت های زیست محیطی عمدتاً به منظور ایجاد و بازسازی مرداب ها [1] به منظور ایجاد محیط زیست و پناهگاه برای حیات وحش می باشد. علاوه بر این مرداب ها نقش ارزنده ای در کاهش اثرات زیانبار سیل، تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی و افزایش کیفیت آب را دارا می

[1] Wetland

www.civiltect.com

باشند. موارد مصرف فاضلاب تصفیه شده برای مقاصد تفریحی شامل ایجاد چشم اندازها و آب نما های مصنوعی، ماهیگیری، قایق رانی، شنا و غواصی می باشد. در کالیفرنیا حدود 10 درصد از کل فاضلاب تصفیه شده در طرح های زیست محیطی و تفریحی استفاده می شود.[2]

استفاده از پساب های تصفیه شده در تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی

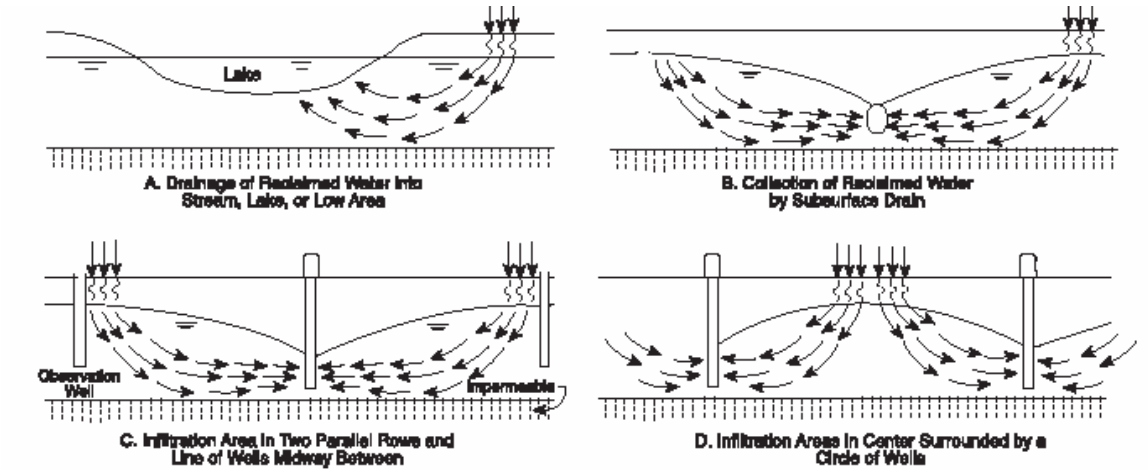
در مناطقی که شرایط خاک و سفره های آب زیرزمینی برای تغذیه مصنوعی مناسب باشد، با وارد کردن فاضلابی که تا حدی تصفیه شده است و با نفوذ و عبور آن در داخل ناحیه اشباع تا رسیدن به آبخوان، فرآیند تصفیه کاملتر می شود و ذرات معلق، مواد تجزیه پذیر بیولوژیکی، باکتری ها، ویروس ها و سایر میکروارگانیسم ها به نحو موثری جدا می شوند. همچنین کاهش قابل ملاحظه ای در غلظت کلر، فلزات سنگین، ازت و فسفر اتفاق می افتد. پس از ورود فاضلاب به داخل آبخوان و در مسیر آب، تصفیه بیشتری در بخش ترسیب و جذب سطحی مواد آلی انجام می شود. این فرآیند را اصطلاحاً "تصفیه در خاک و آبخوان"SAT[2] می نامند. در این فرآیند خاک و آبخوان به عنوان یک سیستم طبیعی تصفیه عمل می کنند که در حقیقت نوعی سیستم تصفیه پیشرفته با بهره گیری از فن آوری پایین است. در شکل یک شمای کلی این سیستم ها نشان داده شده است. مهمترین پارامتر کیفی که لازم است در فاضلاب خام قبل از کاربرد در سیستم های SAT کنترل شود جامدات معلق (SS) است. تجارب انجام شده در صدها سیستم SAT در کشورهای مختلف نشان دهنده آن است که قبل از این سیستم ها استفاده از عملیات تصفیه اولیه می تواند کفایت کند و اگرچه میزان BOD و SS در خروجی فرایندهای تصفیه اولیه بسیار بیشتر از پساب تصفیه ثانویه است اما حذف عملیات تصفیه ثانویه و اجرای آن در خاک به صورت طبیعی زمینه صرفه جویی قابل توجهی را در کل هزینه های تصفیه فراهم می آورد.

[2] Soil Aquifer Treatment

www.civiltect.com

بطور کلی اهداف تغذیه مصنوعی با فاضلاب تصفیه شده عبارت است از:

- ایجاد یک مانع برای دخول آب شور به آبخوان های ساحلی
- تامین تصفیه بیشتر برای استفاده های ثانویه از فاضلاب تصفیه شده
- تقویت آبخوان های آب آشامیدنی و غیر آشامیدنی
- ایجاد یک محل ذخیره فاضلاب تصفیه شده برای استفاده در آینده
- کنترل و جلوگیری از نشست زمین



شکل یک: نمای کلی سیستم های SAT

روشهای تغذیه مصنوعی

تغذیه مصنوعی سفره های آب زیر زمینی می تواند بوسیله پخش سطحی، چاه های تزریق آب و تزریق مستقیم صورت گیرد.

www.civiltect.com

استفاده از پساب های تصفیه شده در تهیه آب آشامیدنی

فاضلاب تصفیه شده می تواند به منابع آب سطحی یا سفره های آب زیرزمینی تخلیه شده و سپس مورد استفاده قرار گیرد که به استفاده غیر مستقیم موسوم است یا آنکه به طور مستقیم وارد شبکه های آب شود. در روش غیر مستقیم فاضلاب تصفیه شده به منابع آب سطحی یا زیرزمینی تخلیه می شود و سپس مخلوط حاصل قبل از ورود به شبکه آب آشامیدنی تصفیه می گردد. در این حالت از غلظت آلاینده ها در نتیجه فرآیند های خودپالایی منابع پذیرنده کاسته می شود. مشخصات کیفی فاضلاب تصفیه شده برای تخلیه به منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است و باید استاندارد های موجود در این زمینه را کاملاً رعایت نماید.

استفاده مستقیم از فاضلاب تصفیه شده برای تامین منابع آب شرب در مطالعات متعددی مورد بررسی قرار گرفته است. در خلال دهه 1980 فاز مطالعاتی پروژه استفاده از پساب تصفیه شده برای آب شرب در شهر دنور در ایالت کلرادو آغاز شد. در سال 1985 تصفیه خانه پیشرفته فاضلاب (به ظرفیت 3785 متر مکعب در روز) برای تحقیق در مورد امکان سنجی تامین کیفیت مناسب در پساب این تصفیه خانه برای آب آشامیدنی راه اندازی شد. که عملیات تصفیه مشتمل بر فرآیندهای زیر بود.[2]

پس از زلال سازی با آهک، فیلتراسیون و جذب توسط کربن فعال، دو مسیر موازی شامل فرآیندهای تصفیه پیشرفته به شرح زیر در نظر گرفته شدند:

مسیر یک: اسمز معکوس، ازناسیون و کلریناسیون

مسیر دو: اولترافیلتراسیون (UF) ، ازناسیون و کلریناسیون

آب تصفیه شده نهایی از هر دو مسیر بر روی حیوانات آزمایشگاهی از نقطه نظر سمیت و سرطان زایی مورد تحقیق قرار گرفت و هیچگونه اثرات سویی در سلامت آنها مشاهده نشد.

www.civiltect.com

مشابه این تحقیقات در مناطق دیگر نیز انجام شده و ارزیابی نتایج آن بر اساس آنالیزهای آماری و ضرایب اعتماد عملکرد تجهیزات فنی نشان داده است که خطرات بهداشتی استفاده از آب تولید شده از فاضلاب تصفیه شده با سیستم های پیشرفته معادل یا کمتر از خطر آب های سطحی منطقه بوده است. علیرغم نتایج حاصل مسایلی از قبیل پذیرش مردم، جنبه های اقتصادی و دسترسی به سایر گزینه های آبی در تصمیم گیری برای این کاربرد نقش اساسی دارند.

اقتصاد استفاده از پساب تصفیه شده

مسایل اقتصادی می تواند مهمترین عامل در تعیین پتانسیل استفاده از فاضلاب تصفیه شده باشد. عوامل زیر از مهمترین فاکتورهای اقتصادی در زمینه استفاده از پساب های تصفیه شده است.

- سطح تصفیه مورد نیاز فاضلاب
- قیمت فروش فاضلاب تصفیه شده
- موقعیت جغرافیایی مصرف کنندگان نسبت به محل تصفیه فاضلاب
- اندازه تصفیه خانه فاضلاب مورد لزوم
- حذف مسایل مربوط به دفع فاضلاب
- هزینه های تهیه آب از منابع و گزینه های مختلف

علاوه بر هزینه های مربوط به تاسیسات تصفیه فاضلاب، مخازن ذخیره، خطوط انتقال و شبکه های توزیع فاضلاب تصفیه شده، هزینه های نگهداری، تامین انرژی، مونیتورینگ کیفی آب و هزینه های راهبری سیستم نیز باید در برسی تامین آب از طریق استفاده از پساب تصفیه شده مد نظر قرار گیرند. فاکتور دیگری که بطور غیر مستقیم بر هزینه های این روش تامین منابع آب موثر می باشد، کاهش عواید حاصل

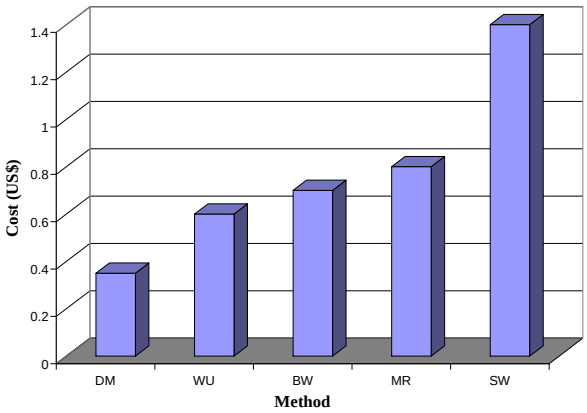
www.civiltect.com

از فروش آب آشامیدنی به علت کم شدن میزان مصرف آن پس از اجرای این طرح هاست. این عامل زمانی تشدید می شود که سیستم های توزیع آب و جمع آوری فاضلاب دارای اداره کنندگان متفاوتی باشند. بنابر این برای سرمایه گذاری در طرح های استفاده از پساب های تصفیه شده باید گزینه های اقتصادی مختلف بررسی شوند.

بر اساس اطلاعات بانک جهانی هزینه تصفیه فاضلاب خانگی از 0/1 تا 0/5 دلار برای هر متر مکعب آب بسته به اندازه تصفیه خانه، سیستم تصفیه و سطح تصفیه فاضلاب (تصفیه ثانویه یا پیشرفته) متغیر است[3]. در نمودار شکل دو هزینه های تامین آب هر متر مکعب آب از گزینه های غیر متعارف مختلف در سال 1998 مقایسه شده است. از این نمودار مشاهده می شود که هزینه های استفاده از پساب تصفیه شده بطور قابل ملاحظه ای کمتر از نمک زدایی آب شور (0/45 تا 0/7 دلار در هر متر مکعب) است و نیز بسیار کمتر از نمک زدایی آب دریا بوسیله روشهای MSF[3] (1تا 1/5 دلار در هر متر مکعب) می باشد. ضمناً به این نکته باید توجه نمود که صرفه نظر از کاربردهای فاضلاب تصفیه شده در تامین منابع آب به هر حال به منظور حفاظت از محیط زیست، فاضلاب ها باید تصفیه شوند. بعلاوه صرفه جویی در مصرف منابع آب در کشاورزی با استفاده از بکارگیری فاضلاب تصفیه شده، می تواند موجب افزایش سطح زیر کشت با استفاده از منابع آب صرفه جویی شده گشته و بر مشکلات کمبود مواد غذایی غلبه نماید.

[3] Multi-Stage Flash

www.civiltect.com



شکل دو: هزینه های روشهای مختلف تامین آب در سال 1998 [3]

DM: demand management, WR: water reuse, BW: brackish water

MR: marginal resource, SW: seawater

استاندارد ها و معیارهای مربوط به استفاده پساب های تصفیه شده

استانداردهادستور العمل های واقعی هستند که بصورت قانونی تصویب شده باشند و بوسیله سازمانهای دولتی لازم اجرا می باشند. اما رهنمودها [4] ضمانت اجرایی نداشته ولی می توانند برای توسعه برنامه ریزی های مصرف پساب تصفیه شده بکار روند.

یکی از این رهنمود ها که در مورد استفاده از پساب تصفیه شده در سراسر دنیا بکار گرفته شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست امریکا[5]تدوین شده است. و برای فاضلاب های خانگی که ورود فاضلاب های صنعتی به داخل آنها محدود می باشد بکار می رود. و استفاده از آن برای کشورها و ایالتی از آمریکا که فاقد استاندارها و قوانین لازم در زمینه استفاده از فاضلاب تصفیه شده می باشند، توصیه شده است.

[4] Guideline
[5] Environmental Protection Agency

www.civiltect.com

ضمناً شرایط اجتماعی، اقتصادی، قانونی، تکنولوژیکی و .... می تواند کاربرد آن را در پاره ای از کشورها محدود نماید.

جدول شماره سه پیشنهادات این رهنمود را برای فرآیندهای تصفیه فاضلاب، کیفیت فاضلاب تصفیه شده، سیستم های پایش و فاصله مورد نیاز تا منابع آب آشامیدنی را با توجه به اهداف مختلف استفاده ازپساب های تصفیه شده ، نشان می دهد.

در این رهنمود موارد استفاده از پساب تصفیه شده به صورت زیر گروه بندی می شوند:

- مصارف بخش شهری
- مصارف آبیاری مناطق با دسترسی محدود (مناطقی که تماس انسان با آب بازیافتی کنترل شده است)
- مصارف کشاورزی- محصولات غذایی
- مصارف کشاورزی- محصولات غیر غذایی
- مصارف تفریحی
- مصارف عمرانی
- مصارف صنعتی
- مصارف زیست محیطی
- تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی
- مصارف شرب- غیر مستقیم

www.civiltect.com

جدول سه: راهنمای EPA در مورد کیفیت فاضلاب تصفیه شده برای استفاده مجدد [2]

نوع مصرف	تصفیه	کیفیت فاضلاب تصفیه شده	پایش فاضلاب تولید شده	فاصله تا منابع آب آشامیدني
مصارف شهري	ثانویه فیلتراسیون گندزدایي	PH=6-9 BOD≤10mg/l NTU≤2 No detectable fecal coli/100ml 1mg/l cl_2 residual (minimum)	PH-weekly BOD-weekly Turbidity-continuous Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	50 ft to potable water supply wells
آبیاري مناطق با دسترسي محدود	ثانویه گندزدایي	PH=6-9 BOD≤30mg/l TSS≤30mg/l fecal coli/100ml≤200 1mg/l cl_2 residual (minimum)	PH-weekly BOD-weekly TSS-daily Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	300 ft to potable water supply wells . 100 ft to area accessible to public (if spray irrigation)
کشاورزي- محصولات غذایي	ثانویه فیلتراسیون گندزدایي	PH=6-9 BOD≤10mg/l NTU≤2 No detectable fecal coli/100ml 1mg/l cl_2 residual (minimum)	PH-weekly BOD-weekly Turbidity-continuous Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	50 ft to potable water supply wells
کشاورزي- محصولات غیر غذایي	ثانویه گندزدایي	PH=6-9 BOD≤30mg/l TSS≤30mg/l fecal coli/100ml≤200 1mg/l cl_2 residual (minimum)	PH-weekly BOD-weekly TSS-daily Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	300 ft to potable water supply wells 100 ft to area accessible to public (if spray irrigation)
تفریحي	ثانویه فیلتراسیون گندزدایي	PH=6-9 BOD≤10mg/l NTU≤2	PH-weekly BOD-weekly Turbidity-continuous	500 ft to potable water supply wells(minimum) if

www.civiltect.com

		No detectable fecal coli/100ml 1mg/l cl_2 residual (minimum)	Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	bottom not sealed
فضاي سبز	ثانويه گندزدايي	BOD≤30mg/l TSS≤30mg/l fecal coli/100ml≤200 1mg/l cl_2 residual (minimum)	PH-weekly TSS-daily Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	500 ft to potable water supply wells(minimum) if bottom not sealed
مصارف عمراني	ثانويه گندزدايي	BOD≤30mg/l TSS≤30mg/l fecal coli/100ml≤200 1mg/l cl_2 residual (minimum)	BOD-weekly TSS-daily Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	
مصارف صنعتي-خنك سازي	ثانويه گندزدايي	PH=6-9 BOD≤30mg/l TSS≤30mg/l fecal coli/100ml≤200 1mg/l cl_2 residual (minimum)	PH-weekly BOD-weekly TSS-daily Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	300 ft to area accessible to public
مصارف صنعتي-خنك سازي گردشي	ثانويه گندزدايي انعقاد فيلتراسيون	Variable depends on recirculation ratio PH=6-9 BOD≤30mg/l TSS≤30mg/l fecal coli/100ml≤200 1mg/l cl_2 residual (minimum)	PH-weekly BOD-weekly TSS-daily Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	300 ft to areas accessible to public. May be reduce or eliminated if high level disinfection is provided
مصارف زيست محيطي	ثانويه گندزدايي	BOD≤30mg/l TSS≤30mg/l fecal coli/100ml≤200 1mg/l cl_2 residual (minimum)	BOD-weekly TSS-daily Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	
تغذيه مصنوعي سفره هاي آب زير	اوليه براي پخش ثانويه براي	Site-specific and use dependent	Depends on treatment use	Site-specific

www.civiltect.com

زميني	تزريق			
شرب غير مستقيم از طريق تغذيه سفره هاي آب زير زميني به طريق تزريق	ثانويه گندزدايي فيلتراسيون پيشرفته	PH=6.5-8.5 NTU≤2 No detectable fecal coli/100ml 1mg/l cl_2 residual (minimum) TOC≤3mg/l TOX≤0.2mg/l Meet drinking water standards	PH-daily BOD-weekly Turbidity-continuous Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	2000 ft to extraction wells. May vary depending on site-specific conditions.
شرب غير مستقيم از طريق تغذيه سفره هاي آب زير زميني به طريق پخش	ثانويه گندزدايي فيلتراسيون پيشرفته	Secondary Disinfection Meet drinking water standards after vadose zone	PH-daily BOD-weekly Turbidity-continuous Coliform-daily Cl_2 residual-continuous	500 ft to extraction wells. May vary depending on treatment provided and site-specific conditions

استانداردهای استفاده از پساب تصفیه شده در کشور

هم اکنون هیچ استاندارد ملی برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشور وجود ندارد. تنها استاندارد موجود در رابطه با فاضلاب، استاندارد تخلیه پساب است که بوسیله سازمان حفاظت از محیط زیست و با همکاری وزارتخانه بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، نیرو، صنایع، معادن و فلزات، کشور و کشاورزی در سال 1994 تهیه و تدوین گردیده است. این استاندارد حدود مجاز کیفیت فاضلاب را برای تخلیه به آبهای سطحی، چاههای جاذب و آبیاری محصولات کشاورزی تعیین می نماید. در هر حال این استاندارد هیچ

www.civiltect.com

معیاری را برای استفاده از فاضلاب تصفیه شده در مصارف صنعتی، تفریحی زیست محیطی و... فراهم نمی کند. علاوه بر این معیارهای میکروبیولوژی در این استاندارد، ناکافی است. بنابراین استانداردهای جهانی قابل اطمینان از جمله آنهایی که بوسیله WHO و EPA تهیه شده اند، باید مورد استفاده قرار گیرند. جدول شماره چهاراستاندارد ملی تخلیه پساب را نمایش می دهد.

جدول چهار: استاندارد ملی تخلیه پساب

شماره	مواد آلوده کننده	تخلیه آبهای سطحی mg/1	تخلیه به چاه جاذب mg/1	مصارف کشاورزی و آبیاری mg/1
1	نقره	1	0/1	0/1
2	Ag	5	5	5
3	آلومینیم	0/1	0/1	0/1
4	Al	2	1	1
5	آرسنیک	5	1	1
6	As	0/1	1	0/5
7	بر	75	-	-
8	B	0/1	0/1	0/05
9	باریم	1	1	0/2
10	Ba بریلیوم Be	600 (تبصره 1)	600 (تبصره 1)	600
11	کلسیوم	1	1	1
12	Ca	1	ناچیز	1
13	کادمیوم	0/5	0/1	0/1
14	Cd	1	1	0/05
15	کلر آزاد	0/5	1	1
16	Cl	2	2	2
17	کلراید	1	1	0/2
18	Cl^- فرم آلدئید	2/5	2	2
19	CH2O	3	3	3
20	فنل	ناچیز	ناچیز	ناچیز
21	C6H5OH	2/5	2/5	2/5
22	سیانور	100	100	100
23	CN کبالت	1	1	1

www.civiltect.com

24	Co		0/01	0/01
25	کرم		2	2
26	Cr^{+6} کرم		2/5	1
27	Cr^{+3} مس		10	10
28	Cu		50	10
29	فلوراید		6	6
30	F		1	1
31	آهن		1	0/1
32	Fe		3	3
33	جیوه		1	1
34	Hg		400(تبصره 1)	400 (تبصره 1)
35	لیتیوم		0/1	0/1
36	Li		2	2
37	منیزیم		10	10
38	Mg		1/5	0/5
39	منگنز		30(لحظه ای 50)	30(لحظه ای 50)
40	Mn	Mo	60(لحظه ای 100)	60(لحظه ای 100)
41	مولیبدن		2	-
42	نیکل		(تبصره 1)	(تبصره 2)
43	Ni		40 (لحظه ای 60)	-
44	آمونیوم بر حسب		0	
45	NH4		6/5-8/5	5-9
46	نیتریت بر حسب		0	0
47	NO2	NO3	50	-
48	نیترات بر حسب		75	75
49	فسفات بر حسب فسفر		(تبصره 4)	-
50	سرب		400	400
51	Pb		1000	1000
52	سلنیم		-	-
	Se			
	سولفید			
	SH2			
	سولفیت			
	SO3			
	سولفات			
	SO4			
	وانادیم	V		

www.civiltect.com

	روی Zn چربی روغن دترجنت ABS بی،او،دی (تبصره 3) BOD5 سی ، او (تبصره 3) COD اکسیژن محلول (حداقل) DO مجموع مواد جامدمحلول TDS مجموع مواد جامد معلق TSS مواد قابل ته نشینی SS پ – هاش (حدود) pH مواد رادیواکتیو کدورت (واحد کدورت) رنگ (واحد رنگ) درجه حرارت T کلیفرم گوارشی (تعداد در 100 میلی لیتر) کل کلیفرم (تعداد در 100 میلی لیتر) MPNتخم انگل			

تبصره 1 – تخلیه با غلظت بیش از میزان مشخص شده در جدول در صورتی مجاز خواهد بود که پساب خروجی، غلظت کلراید، سولفات و مواد محلول منبع پذیرنده را در شعاع 200 متری بیش از ده درصد افزایش ندهد.

تبصره 2 – تخلیه با غلظت بیش از میزان مشخص شده در جدول در صورتی مجاز خواهد بود که افزایش کلراید، سولفات، و محلول پساب خروجی نسبت به آب مصرفی بیش از ده درصد نباشد.

تبصره 3 – صنایع موجود مجاز خواهند بود BOD5 و COD را حداقل 90 درصد کاهش دهند.

تبصره 4 – درجه حرارت باید به میزانی باشد که بیش از 3 درجه سانتیگراد در شعاع 200 متری ورود آن، درجه حرارت منبع پذیرنده را افزایش یا کاهش ندهد.

تبصره 5 –تعداد تخم انگل (نماتد) در فاضلاب تصفیه شده شهری، در صورت استفاده از آن جهت آبیاری محصولاتی که به صورت خام مورد مصرف قرار می گیرد نباید بیش از یک عدد در لیتر باشد.

www.civiltect.com

برنامه ریزی و مدیریت طرح های استفاده از پساب های تصفیه شده

علاوه بر مسایل اقتصادی، سیاست های دولت در زمینه استفاده از فاضلاب تصفیه شده در تامین منابع آب نقش تعیین کننده ای در موفقیت و انجام این طرح ها دارد. همچنین ایمن سازی این پروژه ها در مقابل خطرات بهداشتی و اثرات زیست محیطی آنها نیز از دیگر مسایل مهم مربوط به این طرح ها می باشند. بطور کلی این طرح ها می توانند در مراحل زیر صورت گیرند:

- بررسی و ضعیت منابع
  - توپوگرافی و اقلیم
  - میزان نیاز های آبی
  - منابع آب (کمیت و کیفیت)
  - مشخصات زمین
- مطالعه شرایط و عوارض بعد از استفاده مجدد
- بررسی گزینه های مختلف برای استفاده از پساب تصفیه شده (بصورت مجزا یا مرکب)
- مطالعه اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی طرح ها
- نتایج نهایی

خلاصه و نتیجه گیری

با توجه به مشکلات تامین آب بخصوص در آینده نچندان دور به نظر می رسد استفاده از پساب تصفیه شده از لحاظ اقتصادی و فنی توجه پذیرتر از سایر گزینه ها بوده و از طرفی نیز راهکاری را برای دفع فاضلاب های تولیدی و جلوگیری از آلودگی محیط زیست فراهم می آورد. در کشور ما با توجه به دیدگاه

www.civiltect.com

اخیر و مساله جمع آوری و تصفیه فاضلاب های شهری و صنعتی، پتانسیل مورد نیاز برای استفاده از پساب تصفیه شده فراهم می باشد. اما با توجه به لزوم توجه به مسایل بهداشتی استفاده از فاضلاب های تصفیه شده نیاز به تدوین استانداردهای جامعی در این زمینه در کشور ضروری به نظر می رسد.

مراجع و منابع

[1] Tchobanoglous, G., L.Burton, F., (2004), "Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse", McGraw-Hill, Inc.

[2] "Guidelines for water reuse", (2004), U.S. Environmental Protection Agency.

[3] F.Hamoda, M., (2004), "Water Strategies and potential of water reuse in the sought Mediterranean countries", Desalination 165(2004) 31-41, www.elsevier.com\locate\desal.

[4] F.Hamoda, M., (2001), "Desalination and water resource management in Kuwait" Desalination 138(2001) 385-393, www.elsevier.com\locate\desal.

[5] B.Deam, R., Lund, E., (1981), "Water reuse, Problems and Solutions", Academic Press Inc.