

# ارزیابی کارایی واحدهای مختلف تصفیه‌خانه آب تهرانپارس در حذف TOC

نادر سلمانی خاص<sup>۱\*</sup>، غلامرضا نبی بید هندی<sup>۲</sup>

۱- کارشناس ارشد محیط‌زیست دانشگاه تهران، عضو هیئت علمی دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور

۲- دانشیار و رئیس دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۰۴/۲۵، تاریخ تصویب: ۱۳۸۵/۰۶/۲۳)

## چکیده

از آنجایی که بخش اعظم آب شرب تهران از منابع آب‌های سطحی بوده و عمل تصفیه آب توسط تصفیه‌خانه‌هایی که دارای فرآیند متعارف می‌باشند صورت گرفته و در طراحی و ساخت اینگونه تصفیه‌خانه‌ها اصولاً واحدهایی برای حذف مواد ریز آلاینده‌های آلی در نظر گرفته نشده است. بنابراین، آگاهی از وضعیت فعلی تصفیه‌خانه در خصوص میزان حذف مواد آلی امری لازم و ضروری است بنابراین میزان مواد آلی ورودی به تصفیه‌خانه‌ها با تکیه بر شاخص TOC و همچنین درصد حذف آن در هر واحد به طور جداگانه در طی مدت نمونه‌برداری از اردیبهشت تا مهر ماه اندازه‌گیری شد و براساس نتایجی که از این تحقیق به دست آمد مشخص شد که درصد حذف TOC در واحد زلال‌ساز نسبت به سایر واحدها بیشتر است. که این مسئله نشان می‌دهد که بخش عمده مواد مولد TOC به صورت معلق و یا وابسته به مواد معلق است که در واحد زلال‌ساز توانسته‌اند از آب جدا شوند علیرغم این موضوع، با توجه به میانگین غلظت مواد آلی خروجی از تصفیه‌خانه باید تغییراتی در تصفیه‌خانه‌های متعارف صورت پذیرد با توجه به اینکه در اغلب تصفیه‌خانه کشور منجمله همین تصفیه‌خانه عمل گندزدایی اولیه به صورت پیش کلرزی صورت می‌گیرد. تشکیل فرآورده‌های جانبی حاصل از گندزدایی متغی نیست بنابراین راه‌حلی در این خصوص ارائه شده است. همچنین مقایسه‌ای بین میزان TOC در پس‌آب حاصل از شستشوی صافی‌ها و آب خام صورت گرفته است.

## کلید واژه

تصفیه‌خانه آب، کل کربن آلی TOC، کلرزی، ترکیبات جانبی حاصل از فرآیند گندزدایی DBP.

## سر آغاز

در آنها طراحی نشده است اهمیت موضوع را دو چندان می‌کند در این تحقیق ابتدا سعی شده کارایی هر واحد به طور جداگانه و در ادامه کارایی کل تصفیه‌خانه در حذف مواد آلی مورد ارزیابی قرار گیرد که در نهایت با انجام آزمایشاتی که صورت گرفت نشان داده شد که واحد ته‌نشینی کارایی بیشتری نسبت به سایر واحدها دارد و این هم دلیلی بر این موضوع است که بخش اعظم مواد آلی ورودی به شکل مواد معلق و یا وابسته به مواد معلق بوده که توانسته‌اند در واحد انعقاد و لخته‌سازی در حین تشکیل فلوک‌ها در لخته‌ها قرار گیرند و سپس در واحد ته‌نشینی از آب جدا شوند.

## ضرورت انجام تحقیق

در سه دهه اخیر رشد بی‌رویه جمعیت و مهاجرپذیری شهر و استان تهران و در نتیجه توسعه چشمگیر جمعیت حوالی تهران و ایجاد شهرک‌های اقماری جدید، مراکز تفریحی و اجتماعات، ساخت ویلاها و ... در حریم منابع حیاتی آب منطقه و تخلیه روزانه هزاران مترمکعب فاضلاب شهری، زهاب کشاورزی، فاضلاب صنعتی - زباله و نظایر آنها به منابع پذیرنده از جمله رودخانه‌ها، تهدیدی جدی در جهت نابودی کیفی این منابع ارزشمند شده و تحقیقات انجام شده اخیر نشان می‌دهد که اگر

استفاده بی‌رویه از منابع آبی و تخلیه بخش اعظم پس‌مانده‌های حاصل از فعالیت انسانی به داخل این منابع باعث آلودگی‌های مختلف آن شده است و گسترش روزافزون صنایع شیمیایی و ورود مواد آلی مقاوم به محیط، منابع آبی و در نتیجه سلامت مصرف‌کنندگان آبی را تهدید می‌کند.

آب‌های طبیعی دست نخورده حاوی مواد آلی می‌باشند که این مواد ماحصل تجزیه گیاهان و دیگر موجودات زنده است. مهم‌ترین این ترکیبات عبارتند از مواد هیومیک، تانن‌ها، لینگین‌ها، فنلیک‌ها، آمینو اسیدها، هیدروکربن‌ها و اسیدهای چرب که از این میان مواد هیومیک به عنوان مواد پیش‌ساز تری‌هالومتان‌ها به ویژه در مواردی که روی آب خام ورودی عمل ضد عفونی اولیه توسط کلر صورت می‌گیرد مورد توجه زیادی است (Degremont, 1997).

آگاهی از وضعیت فعلی یا موجود تصفیه‌خانه به منظور حذف مواد آلی خصوصاً زمانی که این آب‌ها به منظور انجام عمل تصفیه به تصفیه‌خانه‌هایی می‌رسد که متعارف بوده و یا بر پایه حذف کدورت طراحی شده‌اند و یا اصولاً واحدهایی صرفاً به منظور حذف مواد آلی

## روش تحقیق

طی مدت ۶ ماه (از اردیبهشت تا مهر ماه سال ۱۳۸۰) در تصفیه‌خانه چهارم تهرانپارس با انجام آزمایشات TOC روی نمونه‌های ورودی و خروجی هر واحد و همچنین آب خام ورودی و خروجی از تصفیه‌خانه جهت ارزیابی عملکرد واحدها و همچنین تصفیه‌خانه در حذف TOC صورت پذیرفت و ضمناً اندازه‌گیری آن هم (TOC) براساس روش استاندارد ۵۳۱۰B به به طریق جذب CO<sub>2</sub> توسط اشعه فرو سرخ غیر قابل پراکنش انجام شد. به همین منظور محل‌های نمونه‌برداری در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصله کارایی هر واحد و در کل تصفیه‌خانه مذکور در حذف TOC مورد بررسی قرار گرفته است.

## نتایج تحقیق

نتایج آزمایشات انجام شده در این پروژه برای رسیدن به اهداف تحقیق در شکل‌های شماره ۲ تا ۶ و جداول شماره ۱ و ۲ قرار گرفته است.

## بحث

با توجه به نتایج ملاحظه می‌شود محدوده غلظت TOC آب خام ورودی از ۵/۰۴ تا ۹/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر در مدت زمان نمونه‌برداری متغیر می‌باشد و این خود بیانگر این موضوع است، که منابع آب تأمین‌کننده این

حرکتی سریع و بسیار جدی برای نگهداری و محافظت از منابع آب یاد شده آغاز نشود، مشکلی جدی برای محیط‌زیست به ویژه رودخانه‌ها و منابع آب تهران به وجود می‌آید.

بنابراین، تحقیقی جدی در تعیین میزان آلاینده‌های ورودی و درصد حذف آنها در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه و همچنین مقایسه کیفیت خروجی با استانداردهای موجود آب شرب لازم به نظر می‌رسید.

## اهداف تحقیق

اهداف تحقیق را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱- تعیین غلظت مواد آلی ورودی به تصفیه‌خانه با تکیه بر شاخص

TOC.

۲- تعیین کارایی واحدهای موجود در حذف TOC.

۳- تعیین غلظت مواد آلی خروجی و مقایسه آن با استانداردهای

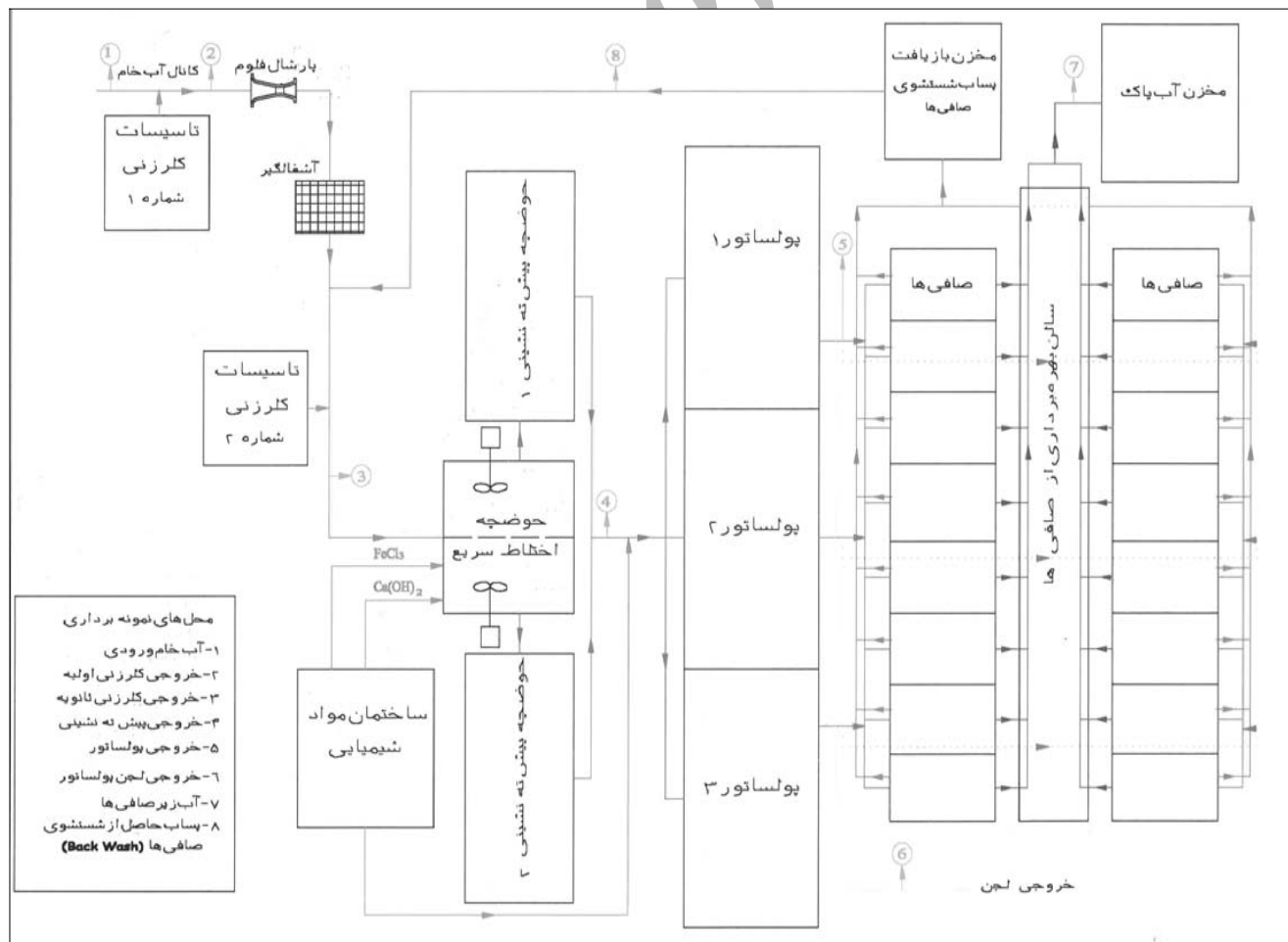
موجود.

۴- ارائه پیشنهادات مناسب در جهت کاهش غلظت مواد آلی.

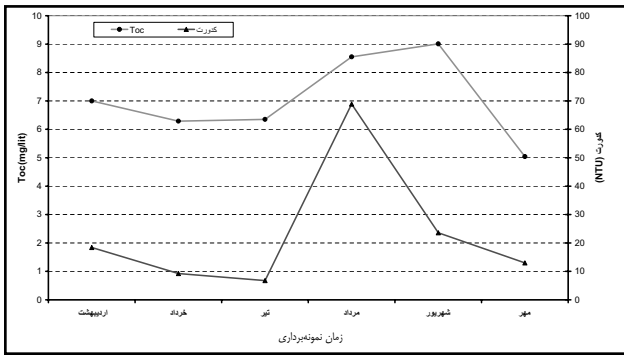
جهت ارزیابی کارایی واحدهای مختلف تصفیه‌خانه‌های متعارف آب

در حذف TOC تصفیه‌خانه چهارم تهرانپارس به عنوان گزینه مورد

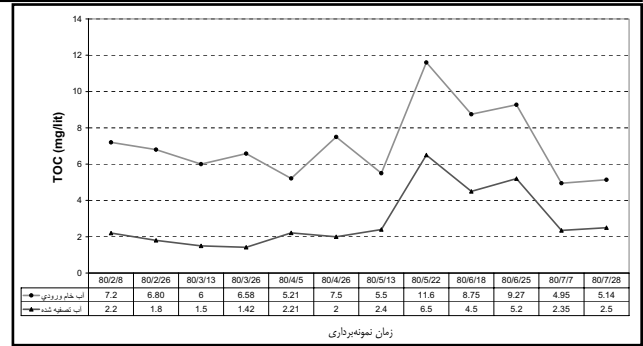
بررسی انتخاب شد.



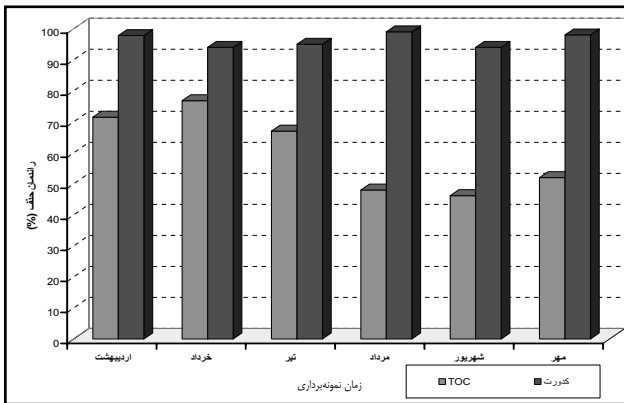
شکل شماره ۱- نمودار جریان آب و محل‌های نمونه‌برداری از تصفیه‌خانه چهارم تهرانپارس



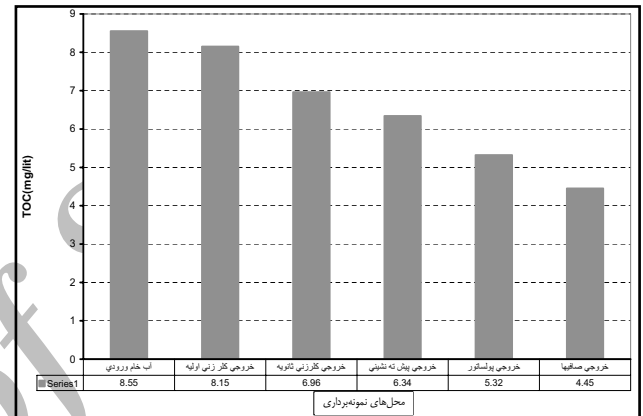
شکل شماره ۵- مقایسه کدورت و TOC در آب خام ورودی به تصفیه‌خانه در ماه‌های نمونه‌برداری



شکل شماره ۲- تغییرات غلظت TOC در آب خام ورودی و آب خروجی تصفیه شده در مدت زمان نمونه‌برداری



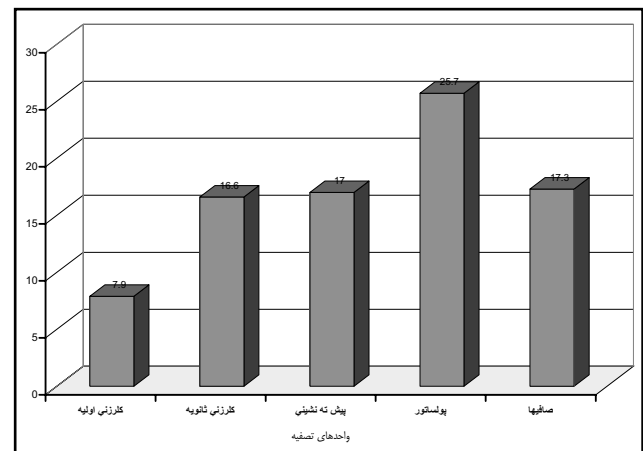
شکل شماره ۶- میانگین راندمان حذف کدورت و TOC در تصفیه‌خانه در ماه‌های نمونه‌برداری



شکل شماره ۳- تغییرات غلظت TOC در روند پیشرفت فرآیند تصفیه در مرداد ماه به عنوان نمونه

مواد به عنوان پیش‌ساز ترکیبات آلی خطرناک از قبیل THM ها بوده و همچنین سرطان‌زایی اینگونه ترکیبات نیز به اثبات رسیده، بنابراین باید تمهیدات خاصی در جهت افزایش کارایی واحدهای تصفیه‌خانه در حذف TOC انجام شود. به طور کلی تصفیه‌خانه مذکور همانند سایر تصفیه‌خانه‌های موجود در کشور در زمره تصفیه‌خانه‌های متعارف دسته‌بندی شده و بهره‌برداری می‌شود. با مشاهده شکل‌های شماره ۵ و ۶ نتیجه می‌گیریم که در مواقعی که کدورت آب خام ورودی بالاست غلظت TOC هم افزایش می‌یابد منتهی به دلیل اینکه تصفیه‌خانه‌های متعارف بر پایه حذف کدورت طراحی و بهره‌برداری شده‌اند راندمان حذف کدورت به مراتب بالاتر از حذف TOC می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که در فصل تابستان (مرداد و شهریور ماه) غلظت TOC در آب خام ورودی افزایش یافته و راندمان تصفیه‌خانه در حذف TOC در حد مطلوب نمی‌باشد.

همچنین با نتیجه‌گیری به عمل آمده مشاهده می‌شود که بیشترین درصد حذف مواد آلی را در واحد زلال‌ساز (پولساتور) داریم که این خود نشان می‌دهد بیشتر مواد آلی موجود در آب به صورت معلق بوده که در واحد انعقاد و لخته‌سازی توانسته آنها را به لخته‌ها یا فلوک‌های درشت‌تر تبدیل کند تا در واحد زلال‌ساز ته‌نشین و از سیستم حذف شود که مقدار



شکل شماره ۴- میانگین درصد حذف TOC در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه

تصفیه‌خانه در معرض آلودگی مواد آلی می‌باشد که این آلودگی عمدتاً ناشی از مواد آلی طبیعی و تخلیه فاضلاب‌های شهری، خانگی، صنعتی به دلیل عدم وجود سیستم شبکه جمع‌آوری و دفع بهداشتی فاضلاب مناطق مسکونی حاشیه رودخانه جاجرود است و همچنین میانگین غلظت خروجی TOC از تصفیه‌خانه ۲/۸۸ میلی‌گرم بر لیتر است که این مقدار بالاتر از حد مجاز توصیه شده است که در برخی از منابع منجمله EPA مقدار ۲ میلی‌گرم بر لیتر را توصیه می‌کند، می‌باشد و از آنجایی که این

جدول شماره ۱- بررسی کارایی تصفیه‌خانه در حذف TOC (متوسط ماهانه)

ردیف	زمان نمونه‌برداری	TOC ورودی (میلی‌گرم بر لیتر)	TOC خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)	راندمان حذف (درصد)
۱	اردیبهشت	۷	۲	۷۱/۵
۲	خرداد	۶/۲۹	۱/۴۶	۷۶/۸
۳	تیر	۶/۳۵	۲/۱	۶۷
۴	مرداد	۸/۵۵	۴/۴۵	۴۸
۵	شهریور	۹/۰۱	۴/۸۵	۴۶
۶	مهر	۵/۰۴	۲/۴۲	۵۲
	میانگین	۷/۰۴	۲/۸۸	۶۰

جدول شماره ۲- مقایسه میزان TOC در آب خام ورودی و پس‌آب حاصل از شستشوی صافی‌ها و لجن خروجی پولساتور

ردیف	زمان نمونه‌برداری	TOC آب خام (میلی‌گرم بر لیتر)	TOC پس‌آب شستشوی صافی (میلی‌گرم بر لیتر)	TOC لجن خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)
۱	اردیبهشت	۷	۲۰/۵۱	۷۵۰/۸
۲	خرداد	۶/۲۹	۱۶/۶۹	۱۰۲۷/۵
۳	تیر	۶/۳۵	۲۲/۴۵	۹۳۰/۱۲
۴	مرداد	۸/۵۵	۲۷/۷۵	۱۳۲۴/۹
۵	شهریور	۹/۰۱	۲۶/۷۴	۱۰۹۸/۴
۶	مهر	۵/۰۴	۱۹/۶۲	۱۲۴۰/۲
	میانگین	۷/۰۴	۲۲/۲۸	۱۰۶۱/۹۸

که این پس‌آب به ابتدای کانال آب خام برگردانیده نشود و همچنین به جای استفاده از آب خام جهت آبیاری فضای سبز از این پس‌آب استفاده شود.

۴- با توجه به غلظت مواد آلی ورودی طی عمل کلرزنی اولیه پتانسیل تشکیل تری‌هالومتان‌ها افزایش می‌یابد. بنابراین پیش از ازن‌زنی به عنوان یک راهکار در جهت کاهش تولید ترکیبات آلی خطرناک به جای پیش‌کلرزنی، تغییر نقطه کلرزنی به انتهای تصفیه‌خانه توصیه می‌شود.

۵- با توجه به اینکه تری‌هالومتان‌ها خود بخشی از ترکیبات آلی می‌باشند بنابراین باید میزان آن در خروجی از تصفیه‌خانه به طور مستمر اندازه‌گیری و با مقدار استاندارد آن مقایسه شود.

۶- به منظور ارزیابی و کنترل بیشتر میزان TOC در آب شرب پیشنهاد می‌شود از شیرهای آب مورد استفاده در منازل مسکونی نمونه‌برداری انجام و میزان آن اندازه‌گیری شود.

#### منابع مورد استفاده

- واعظی، فروغ. ۱۳۷۱. "کنترل هالومتان‌ها در آب مشروب از طریق کنترل مخازن آب" سمینار سراسری بهداشت محیط کشور.  
- کفاش تهرانی، مریم. ۱۳۸۰. "حذف مواد آلی استفاده از فرآیند انعقاد و لخته‌سازی و ژودر کربن فعال" - پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده محیط‌زیست دانشگاه تهران.

Degremont. 1997. "Water Treatment Hand Book". VOL.1, 6th Edition.

بالای TOC در لجن خروجی از این واحد این مطلب را اثبات می‌کند. از جدول شماره ۲ نتیجه می‌گیریم که میزان غلظت TOC پس‌آب حاصل از شستشوی صافی‌ها در مقایسه با آب خام ورودی بسیار بالا است، اما متأسفانه این پس‌آب مجدداً به ابتدای کانال آب خام برگردانیده می‌شود و این عمل به نوبه خود می‌تواند میزان غلظت TOC را در آب خام افزایش دهد. با توجه به وضعیت موجود، واحدهای تصفیه‌خانه تاکنون نتوانسته‌اند در حذف TOC در حد قابل قبول عمل کنند. پیشنهادات لازم در خصوص کارایی بیشتر واحدها در حذف مواد آلی و همچنین جلوگیری از تولید ترکیبات THM (در این تصفیه‌خانه طی دو مرحله به آب خام قبل از انجام فرآیند انعقاد و لخته‌سازی کلر زده می‌شود که این امر باعث تولید THM می‌شود) در ادامه ارائه شده است.

#### پیشنهادات

۱- یکی از منطقی‌ترین راه‌های کنترل مواد آلی، حفاظت از منابع و مخازن می‌باشد (واعظی، ۱۳۷۱).

بنابراین لازم است با مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح از آلودگی و کاهش کیفیت آب این منابع جلوگیری شود. همچنین با پایش و نمونه‌گیری‌های مستمر وضعیت و کیفیت آب خام منابع و مخازن مشخص و ثبت شود.

۲- بهینه کردن فرآیند انتقال و لخته‌سازی با استفاده از پودر کربن فعال می‌تواند تا حد زیادی راندمان حذف مواد آلی را افزایش دهد (تهرانی، ۱۳۸۰).

۳- با توجه به کیفیت پس‌آب حاصل از شستشوی صافی‌ها پیشنهاد می‌شود