ORIGINAL ARTICLE

Changes in Water Quality Parameters in Different Processes of Surface Water Treatment Plant (Case study: Tehranpars Water Treatment Plant)

Yalda Hashempour[1],
Fatemeh Mortezazadeh[2]

[1] Assistant Professor, Department of Environmental Health, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[2] MSc Student in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Received March 1, 2020 ; Accepted August 2, 2020)

Abstract

Background and purpose: Water treatment is of great importance in human life, due to the contamination of water resources. Therefore, continuous evaluation of the performance of water treatment plants is necessary to minimize contamination within the treatment plant in order to create optimal conditions.

Materials and methods: A cross-sectional descriptive analytic study was performed in Tehranpars water treatment plant. Water samples were collected at different stages (Pre-chlorination, Pulsator, Filtration and Post-chlorination) during 30 months. The samples were randomly taken one day per week and pH, water temperature, turbidity, dissolved organic carbon (DOC), and chlorophyll a contents were measured.

Results: Average turbidity removal in pre-chlorination, pulsator, filtration, and final chlorination units were approximately (9%±1.74), (39%±0.77), (44% ±0.23), and (4%±0.1.74), respectively and the overall efficiency of the treatment plant was 96%. The mean concentrations of DOC in effluent of Tehranpars water treatment plant were 2.37±0.16, 2.94±0.32, 1.74±0.07, and 2.17±0.16 mg/L in spring, summer, fall, and winter, respectively. Mean DOC values were higher than limits (2 mg/L) in all seasons except fall. Chlorophyll a concentrations in water entering the treatment plant were higher in summer and spring than other two seasons.

Conclusion: Tehranpars water treatment plant showed considerable efficiency in reducing water turbidity. Pre-chlorination and final chlorination processes had the greatest effect on minimizing DOC concentration due to the high affinity of organic compounds with chlorine and formation of disinfectant by-products. Therefore, pre-ozonation is recommended as a solution to reduce the production of these hazardous organic compounds rather than pre-chlorination.

Keywords: DOC, turbidity, chlorophyll a, Tehranpars, water treatment plant

J Mazandaran Univ Med Sci 2020; 30 (189): 107-116 (Persian).

* **Corresponding Author: Fatemeh Mortezazadeh** - Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran (E-mail: fmortezazade0098@gmail.com)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-02]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره سی ام شماره 189 مهر سال 1399 (116-107)

ارزیابی تغییرات پارامتر های کیفی آب در فرایند های مختلف تصفیه خانه آب سطحی (مطالعه موردی: تصفیه خانه آب تهران پارس)

یلدا هاشم پور[1]
فاطمه مرتضی زاده[2]

چکیده

سابقه و هدف: امروزه به دلیل آلودگی منابع آب، تصفیه آب جایگاه مهمی در زندگی انسان دارد. لذا ارزیابی مداوم عملکرد تصفیه‌خانه‌های آب ضروری بوده تا برای ایجاد شرایط بهینه بتوان این مواد را در داخل تصفیه خانه به حداقل رساند.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش مقطعی- توصیفی- تحلیلی طی مدت 30 ماه، نمونه‌گیری از آب واحدهای مختلف تصفیه خانه تهران پارس (پیش‌کلرزنی، پولساتور، فیلتراسیون و کلرزنی نهایی) انجام گرفت. به این ترتیب که در هر هفته یک روز را به صورت تصادفی انتخاب کرده، نمونه برداشت شد و pH، دمای آب، کدورت، DOC (کربن آلی محلول) و کلروفیل a نمونه‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد.

یافته‌ها: میانگین درصد حذف کدورت توسط واحدهای پیش‌کلرزنی، پولساتور، فیلتراسیون و کلرزنی نهایی به ترتیب تقریبا برابر (1/74±9)، (0/77±39)، (0/23±44) و (1/74±4) درصد و راندمان کلی تصفیه‌خانه برابر 96 درصد بود. میانگین غلظت DOC در آب خروجی از تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس در فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب برابر (0/16±2/37)، (0/32±2/94)، (0/07±1/74) و (0/16±2/17) mg/L بود که این مقادیر (به غیر از مقدار DOC در فصل پاییز) بالاتر از حد مجاز توصیه شده (2 mg/L) است. غلظت کلروفیل a در آب ورودی به تصفیه‌خانه در فصل تابستان و بهار نسبت به دو فصل دیگر بالاتر بود.

استنتاج: تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس راندمان قابل ملاحظه‌ای در کاهش میزان کدورت آب دارد. فرآیندهای پیش‌کلرزنی و کلرزنی نهایی بیش‌ترین اثر را بر کاهش غلظت DOC داشته که به دلیل میل ترکیبی بالای ترکیبات آلی با کلر و تشکیل ترکیبات جانبی حاصل از گندزدایی است. بنابراین، پیش‌ازن‌زنی به عنوان یک راهکار در جهت کاهش تولید این ترکیبات آلی خطرناک به جای پیش‌کلرزنی توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی: DOC، کدورت، کلروفیل a، تهران پارس، تصفیه‌خانه آب

مقدمه

از پارامترهای مهم تعیین کیفیت آب در تصفیه خانه‌های آب سطحی، کدورت(1) و میزان مواد آلی ورودی به تصفیه‌خانه‌ها با تکیه بر شاخص بار آلی (TOC)(2) و همچنین pH (1) می‌باشد که در سال‌های اخیر اهمیت بیش‌تری یافته است.

به طور کلی، کدورت از سه جنبه مطلوب بودن،

مولف مسئول: فاطمه مرتضی زاده: ساری: کیلومتر18جاده خزرآباد، مجتمع دانشگاهی پیامبر اعظم،دانشکده بهداشت E-mail: fmortezazade0098@gmail.com
1. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
2. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
تاریخ دریافت : 1398/12/11 تاریخ ارجاع جهت اصلاحات :1398/12/13 تاریخ تصویب : 1399/5/12

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-02]

قابلیت صاف شدن و گندزدایی دارای اهمیت است و از کدورت می‌توان به عنوان شاخصی غیرمستقیم در تعیین بازده حذف و یا میزان حضور این عوامل استفاده کرد(3). برای حذف کدورت از آب از فرایندهای متداول تصفیه آب چون انعقاد و لخته‌سازی و روش‌های نوینی چون اسمزمعکوس استفاده می‌شود که کارایی همه آن‌ها اثبات شده است(4). همچنین بهینه کردن فرایند انعقاد و لخته سازی با استفاده از پودر کربن فعال می‌تواند تا حدود زیادی راندمان حذف مواد آلی را افزایش دهد(2). کاهش کیفیت منابع آبی و وقوع پدیده اتروفیکاسیون در منابع آبی منجر به افزایش بار آلی (TOC) ورودی به تصفیه‌خانه‌های آب و در نتیجه مشکلات تصفیه می‌شود. این ترکیبات در حین گندزدایی آب (کلرزنی و ازن‌زنی) می‌توانند محصولات جانبی حاصل از گندزدایی (DBP_s) از جمله تری‌هالومتان‌ها (THM_s) و هالواستیک‌اسیدها (HAA_s) را ایجاد کنند(3) که هر دو به عنوان ترکیبات سرطان‌زا شناخته شده‌اند(5). از دیگر پارامترهای تعیین کیفیت آب، غلظت کلروفیل a است که نشان‌دهنده سطح تروفیکی (Trophic level) منابع آبی می‌باشد(6). در اکوسیستم‌های آبی مواد مغذی (یون‌هایی چون فسفات و نیترات و آمونیوم و ...) وجود دارد که در محیط آب‌های طبیعی متحمل تغییراتی شده و طی عمل فتوسنتز به مواد معدنی تبدیل می‌شوند که این مواد منشا تغذیه و زندگی سایر موجودات هستند. بنابراین تعبیه سیستم پالایش آب در تصفیه‌خانه جهت حفظ تعادل بیولوژیک ارگانیسم‌های زنده ضروری است(6). با توجه به این‌که کلر در بین گندزداهای دیگر آب ارزان‌تر و استفاده از آن آسان‌تر و همچنین به علت این‌که به عنوان یک گندزدای مناسب برای حذف بیماری‌های انسانی قابل انتقال از آب مانند وبا و تیفوئید مؤثر عمل می‌کند، در اکثر شهرهای ایران از کلر به عنوان گندزدا برای تصفیه آب استفاده می‌کنند(7). امروزه مشخص شده که کلر با مواد آلی درون آب ترکیب می‌شود، واکنش نشان داده و با تشکیل THM_s چیزی حدود 850 ترکیب کارسینوژن (سرطان‌زا) پدید می‌آورد(8). صفری و همکاران در تحقیق خود نشان دادند که کارایی واحد فیلتراسیون در حذف مواد آلی محلول در اکثر فصول سال بیش‌تر از واحد زلال‌ساز است. البته آزمون آماری فردمن این اختلاف را معنی‌دار نشان نداد. این نتیجه در مورد کدورت نیز، با درصد بیش‌تری، صادق می‌باشد(9).

زززولی و همکاران (1388)، بیان نمودند غلظت کربن آلی محلول(DOC) در چهار نقطه از شبکه توزیع آب شرب تهران در تمام نمونه‌ها کم‌تر از 0/7 mg/L بوده است و استنباط نمودند که تصفیه‌خانه‌های آب تهران قادر به حذف کامل مواد آلی نمی‌باشند(10).

عبدالله زاده و همکاران (1389)، به ترتیب متوسط و ماکزیمم سالانه TOC رودخانه کرج (آب خام ورودی به تصفیه‌خانه کن) را 3 mg/L و 10 mg/L، DOC 2/5 mg/L و 6 mg/L و کدورت را 6 mg/L و 1000mg/L بیان نمودند(11).

سلیمی و همکاران (1393) در مطالعه‌ای مقدار کلروفیل‌های a و b از سدهای کرج، طالقان و لتیان را با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا شناسایی و اندازه‌گیری نمودند. میانگین مقدار کلروفیل a و b طی چهار فصل سال در سد کرج به ترتیب 4/5 ppb و 0/028 ppb، طالقان 2/4 ppb و 0/04 ppb و لتیان 3 ppb و 0/03 ppb به‌دست آمد، که نشان می‌دهد وضعیت تغذیه‌ای این سدها در فصل بهار و تابستان در حالت مزوتروپیک و در فصل‌های پاییز و زمستان در حالت الیگوتروپیک است(12).

به دلیل اهمیت بسیار زیاد تصفیه خانه‌ها در تأمین آب آشامیدنی، مدیریت و کنترل کیفیت آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین آگاهی از وضعیت موجود تصفیه‌خانه و بررسی تأثیر تغییرات پارامترهای کیفی بر راندمان تصفیه‌خانه آب ضروری به نظر می‌رسد. از این‌رو هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی آب (pH، دمای آب، کدورت، DOC

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-02]

و کلروفیل a) و تأثیر آن‌ها بر راندمان تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس در سال 1398 بوده است.

مواد و روش‌ها

2-1- معرفی محدوده مورد مطالعه

در این پژوهش، راندمان تصفیه‌خانه آب تهران پارس از لحاظ پارامترهای کدورت، دمای آب، pH، DOC و کلروفیل a مورد مطالعه قرار گرفت. علت انتخاب این تصفیه خانه، وجود مشکلات فراوان از نقطه نظر وقوع پدیده اتروفیکاسیون در منابع آب خام ورودی و مشکل این تصفیه‌خانه در حذف آلاینده‌های مرتبط با این پدیده و مشکلات طعم و بو در آب تصفیه شده بود. تصفیه‌خانه تهران‌پارس (تصفیه‌خانه‌های شماره 3 و 4) در شمال شرقی تهران واقع شده است. ظرفیت این تصفیه‌خانه $4\ m^3/s$ است. واحدهای مختلف تصفیه‌خانه شامل پیش‌کلرزنی، حوضچه پولساتور، فیلتراسیون و کلرزنی نهایی می‌باشد.

2-2- نمونه‌برداری، آنالیز نمونه‌ها، کنترل کیفیت (QC) و تضمین کیفیت (QA) آزمایشات

پژوهش حاضر از نوع مطالعات مقطعی-توصیفی-تحلیلی است. عمل نمونه‌برداری به صورت هفتگی و به صورت لحظه‌ای از واحدهای مختلف تصفیه‌خانه (مطابق شکل شماره1 شامل ورودی آب خام، خروجی از واحد پیش‌کلرزنی، خروجی از واحد پولساتور، خروجی از واحد صافی‌ها و خروجی از واحد کلرزنی نهایی) انجام شد. نمونه‌ها از ماه فروردین سال 1396 تا شهریور سال 1398 (در مجموع 30 ماه) انجام شد و مجموعا تعداد 120 نمونه از هر کدام از واحدهای این تصفیه‌خانه برداشت شد. نمونه‌ها در ظروف شیشه‌ای استریل تیره جمع‌آوری و در دمای 4 درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه منتقل و به دور از نور در یخچال نگه‌داری شد و در کم‌تر از یک هفته مورد آنالیز قرار گرفتند. کلر موجود در نمونه با تیوسولفات سدیم (80 mg/L) خنثی شد(13). دمای آب و pH بلافاصله پس از نمونه‌برداری و در محل با دستگاه پرتابل (pH meter, WTW, inolab 720) و کدورت با دستگاه (Turbidimeter, HACH, 2100 AN) اندازه‌گیری و ثبت شد. برای اندازه‌گیری DOC، نمونه‌ها از فیلتر سلولزی 0/45 میکرون عبور داده شدند و سپس به روش احتراق توسط دستگاه سنجش DOC (مدل Multi N/C, 3100 ساخت کشور آلمان) مستقر در محل دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران اندازه‌گیری شدند. حد تشخیص این دستگاه 0/5 µg/L بود. کلروفیلa با روش EPA-447 (14) و با دستگاه HPLC مدل Cecil CE4200 ساخت کشور انگلیس مجهز به دتکتور UV مستقر در محل دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران اندازه‌گیری شد. میزان جریان این دستگاه 2 mL/m بوده که دارای تزریق کننده با فشار بالا و مجهز اتوسمپلر و لوپ تزریق نمونه به میزان 100 µL است. ستون HPLC از نوع C18 با سایز 4×0/5 cm و اندازه ذرات 3 میکرومتر مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ها توسط آشکارساز از نوع UV-Vis (با سل به طول 6 میلی‌متر و حجم 9 میلی‌لیتر) در طول موج 440 نانومتر شناسایی و اندازه‌گیری شدند. فاز متحرک شامل متانول/آمونیوم استات به نسبت 20 به 80، استونیتریل/آب به نسبت 10 به 90 و اتیل استات 100 درصد بود. حداقل غلظت قابل سنجش با دستگاه HPLC (IDL)[1] که برابر است با سه برابر انحراف استاندارد یک سیگنال پس زمینه در طول موج، جرم، زمان ماند و خط جذب انتخابی. حد تشخیص روش (MDL) برابر با حداقل غلظت بالای صفر آنالیت که با اطمینان 99 درصد توسط دستگاه شناسایی، اندازه‌گیری و گزارش شد.

برای تهیه منحنی کالیبراسیون از مواد استاندارد استفاده شد و ضریب کالیبراسیون در ≤ 0/99حفظ شد.

1. Instrument Detection Limit (IDL)

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-02]

صحت روش‌های آنالیز در برابر ماده استاندارد مرجع NIST SRM1640 (آب طبیعی) تأیید و دقت آنالیز در CV کم‌تر از 5 درصد مشاهده شد. نمونه‌های شاهد و استاندارد پس از سه بار قرائت برای کالیبراسیون مورد استفاده قرار گرفت. صحت نتایج از طریق تکرار آنالیز نمونه در برابر یک استاندارد مرجع تأمین شد (تصویر شماره 1).

2-3- آنالیزهای آماری

از آنالیز Repeated measure ANOVA برای تعیین میزان حذف پارامترها در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس استفاده شد. این آنالیزها با استفاده از نرم‌افزار SPSS مدل 23 انجام شد.

یافته ها

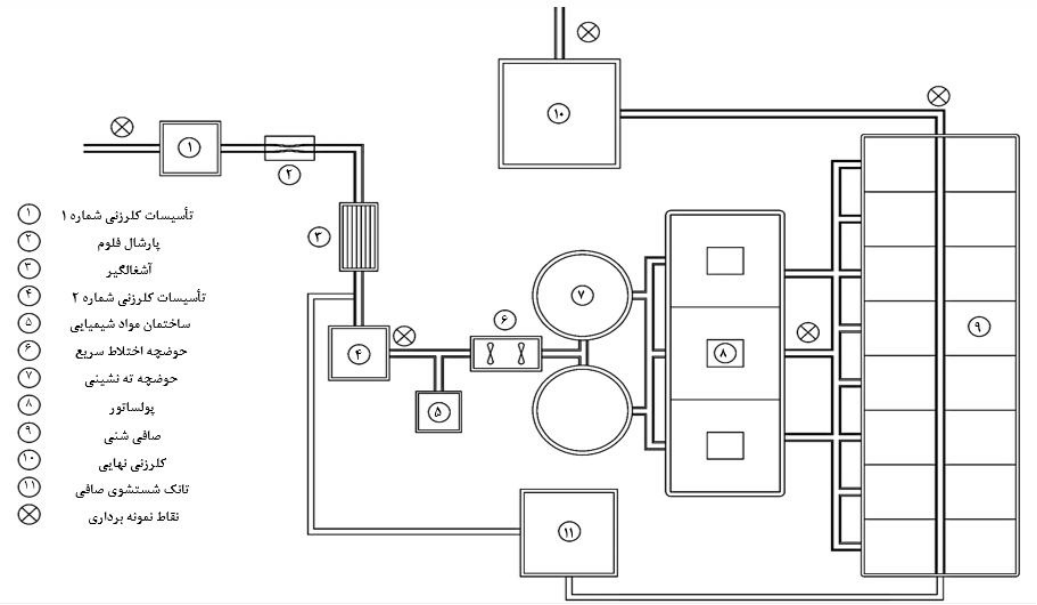
پارامترهای بررسی شده درتصفیه‌خانه آب تهران‌پارس شامل دمای آب، pH، کدورت، DOC و کلروفیل a بود. پارامترهای دما و pH به عنوان پارامترهای زمینه‌ای در نظر گرفته شدند. میانگین و انحراف معیار این پارامترها در نمونه‌های تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس در جدول شماره 1 آورده شده است.

جدول شماره 1: میانگین و انحراف‌معیار پارامترهای بررسی شده در نمونه‌های تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس

ردیف	واحد تصفیه‌خانه	pH	کدورت (NTU)	DOC (mg/L)	کلروفیلa (µg/L)
1	آب خام	7/95 ± 0/07	8/29 ± 2/13	8/87 ± 2/11	3/22 ± 1/48
2	پیش‌کلرزنی	7/77 ±0/09	7/49 ± 1/78	6/05 ± 1/63	1/64 ± 0/72
3	پولساتور	7/5 ± 0/07	4/23 ± 0/81	5/33 ± 1/22	0/78 ± 0/34
4	فیلتراسیون	8/06 ± 0/06	0/6 ± 0/23	4/22 + 0/91	0/75 ± 0/31
5	کلرزنی نهایی	7/4 ± 0/07	0/29 ± 0/15	2/92 ± 0/38	0/41± 0/17

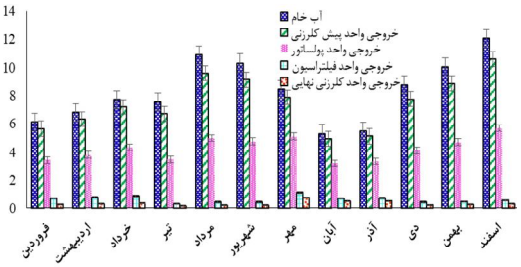
3-1- تغییرات کدورت در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه

همان‌طور که در نمودار شماره 1 مشاهده می‌شود، میزان کدورت آب ورودی به تصفیه‌خانه در فصل تابستان و زمستان بالاتر بود. از طرف دیگر، واحدهای مختلف تصفیه‌خانه قادر به حذف مؤثر کدورت بودند. میانگین درصد حذف کدورت توسط واحدهای پیش‌کلرزنی، پولساتور، فیلتراسیون و کلرزنی نهایی به ترتیب تقریبا برابر (1/74± 9) درصد، (0/77± 39) درصد، (0/23± 44) درصد و (1/74± 4) درصد و راندمان کلی تصفیه‌خانه در حذف کدورت برابر 96 درصد بود.



تصویر شماره 1: شماتیک کلی از تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس ومحل های نمونه‌برداری

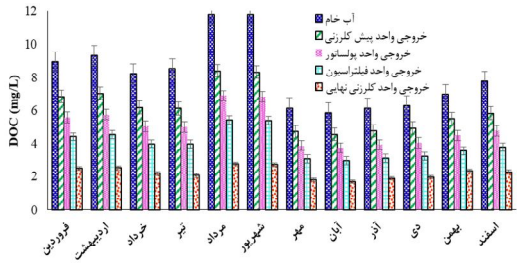
[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-02]



نمودار شماره 1: میانگین غلظت کدورت در ماه‌های مختلف و در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس

3-2- *تغییرات TOC در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه*

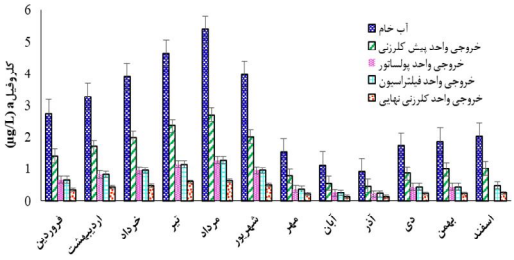
همان‌طورکه در نمودار شماره 2 دیده می‌شود، غلظت DOC در آب ورودی به تصفیه‌خانه در فصل تابستان بالاتر و واحدهای مختلف تصفیه‌خانه قادر به حذف مؤثر DOC بود. میانگین درصد کاهش غلظت DOC توسط واحدهای پیش‌کلرزنی، پولساتور، فیلتراسیون و کلرزنی نهایی به‌ترتیب تقریبا برابر (25±1/27)درصد، (13±1/04) درصد، (12±0/82) درصد و (22±0/34) درصد و راندمان کلی تصفیه‌خانه در حذف DOC برابر 72 درصد بود.



نمودار شماره 2: میانگین غلظت DOCدر ماه‌های مختلف و در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس

3-3- *تغییرات کلروفیل a در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه*

همان‌طور که در نمودار شماره 3 دیده می‌شود، غلظت کلروفیل a در آب ورودی به تصفیه‌خانه در فصل تابستان و بهار بالاتر بود. هم‌چنین، واحدهای مختلف تصفیه خانه قادر به حذف مؤثر کلروفیل a بود. میانگین درصد حذف کلروفیل a توسط واحدهای پیش‌کلرزنی، پولساتور، فیلتراسیون و کلرزنی نهایی به ترتیب تقریبا برابر (49±0/71) درصد، (27±0/34) درصد، (1±0/34) درصد و (12±0/17) درصد و راندمان کلی تصفیه‌خانه در حذف کلروفیل a برابر 89 درصد بود.



نمودارشماره 3: میانگین غلظت کلروفیلa در ماه های مختلف و در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس

3-4- *نتایج آنالیز ANOVA جهت مقایسه عملکرد واحدهای مختلف تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس*

نتایج آنالیز ANOVA برای تعیین عملکرد واحدهای مختلف تصفیه‌خانه درکاهش کدورت، DOC و کلروفیلa پس از تعدیل پارامترهای زمینه‌ای در جدول شماره 2 نشان داده شده است. در این آنالیز ابتدا اثر پارامترهای زمینه‌ای (دمای آب و pH) تعدیل شده و به عنوان متغیر کووریت (Covariate) در نظر گرفته شدند.

همان طور که در جدول شماره 2 مشاهده می‌شود، تمام واحدهای مختلف تصفیه‌خانه در کاهش کدورت، DOC و کلروفیلa اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (P-< 0/001). با توجه به این‌که در تحلیل تک‌متغیره (univariate) بین تغییرات دمایی آب و pH با پارامترهای کدورت، DOC و کلروفیلa ارتباط مشاهده شد، برای تعیین اثر تعاملی دمای آب و pH در عملکرد تصفیه‌خانه در کاهش این 3 پارامتر از آنالیز repeated measure ANOVA استفاده شد. P-value در کدورت، برای پارامتر دما و pH به ترتیب برابر 0/612 و 0/122 به دست آمد که معنی‌دار نبود. از طرف دیگر، مقدار اتا که اثر دو متغیر بر عملکرد تصفیه‌خانه را نشان می‌دهد، برای هر دو پارامتر دما و pH بسیار ناچیز بود. بنابراین کاهش کدورت تنها تابع واحدهای مختلف تصفیه‌خانه بود. در پارامترDOC ، P-value برای هر دو

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-02]

جدول شماره 2: نتایج آنالیز ANOVA برای مقایسه عملکرد واحدهای مختلف تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس در کاهش کدورت، DOC و کلروفیل a

واحد تصفیه‌خانه		کدورت			DOC			کلروفیل a		
		سطح معنی داری	حدود اطمینان 95 درصد		سطح معنی داری	حدود اطمینان 95 درصد		سطح معنی داری	حدود اطمینان 95%	
			حد پایین	حد بالا		حد پایین	حد بالا		حد پایین	حد بالا
1	2	< 0/001	0/726	0/884	< 0/001	2/166	2/390	< 0/001	1/474	697/1
	3	< 0/001	3/765	4/363	< 0/001	3/259	3/637	< 0/001	2/296	2/585
	4	< 0/001	7/212	8/164	< 0/001	4/388	4/729	< 0/001	2/291	2/580
	5	< 0/001	7/531	8/463	< 0/001	6/259	6/712	< 0/001	2/656	2/981
2	3	< 0/001	3/037	3/482	< 0/001	1/057	1/282	< 0/001	0/815	0/899
	4	< 0/001	6/482	7/284	< 0/001	2/188	2/372	< 0/001	0/812	0/889
	5	< 0/001	6/800	7/584	< 0/001	4/067	4/347	< 0/001	1/171	1/294
3	4	< 0/001	3/438	3/809	< 0/001	0/988	1/233	-	-	-
	5	< 0/001	3/751	4/114	< 0/001	2/888	3/187	< 0/001	0/355	0/400
4	5	< 0/001	0/729	0/340	< 0/001	1/841	2/013	< 0/001	0/346	0/389

*اختلاف میانگین بر اساس سطح معنی‌داری 0/05 است.

1= آب خام ورودی به تصفیه‌خانه؛ 2= پیش‌کلرزنی؛ 3= حوضچه پولساتور؛ 4= فیلتراسیون؛ 5= کلرزنی نهایی

پارامتر دما و pH به ترتیب برابر < 0/0001 و 0/004 به دست آمد. مقدار اتا نیز برای دما 31/6 درصد و برای pH برابر 10/7 درصد بود. برای کلروفیل a نیز P-value برای هر دو پارامتر دما و pH برابر < 0/0001 به دست آمد و مقدار اتا برای دما 54/2 درصد و برای pH برابر 16/8 درصد بود، که این نتایج نقش مهم‌تر دما را در دو پارامتر DOC و کلروفیل a نشان داد.

بحث

با توجه به نمودار شماره 1، میزان کدورت آب ورودی به تصفیه‌خانه در فصل تابستان و زمستان نسبت به دو فصل دیگر بالاتر بود. همان‌طور که از این اعداد مشخص شد، بالاترین میزان کدورت در فصل زمستان و کم‌ترین آن در فصل بهار مشاهده شده بود. با توجه به این‌که راندمان کلی تصفیه‌خانه در حذف کدورت برابر 96 درصد بود، بنابراین برای افزایش راندمان تصفیه‌خانه در ماه‌هایی با بارندگی بالا باید از روش‌هایی مانند انعقاد تشدید یافته، اکسیداسیون شیمیایی، جذب سطحی، روش‌های غشایی و ... استفاده نمود که از بین این روش‌ها، انعقاد تشدید یافته متداول‌تر و اقتصادی‌تر است که سازمان محیط زیست آمریکا نیز این روش را مناسب‌تر از بقیه روش‌ها معرفی کرده است(2). در مطالعه‌ای معصومی و همکاران در سال 96 بیان نمودند که میانگین راندمان واحد پیش‌ازن‌زنی در حذف کربن آلی کل با میانگین دوز ازن kg/hr 3 و مدت زمان تماس 18 دقیقه 20/52 درصد می‌باشد(15). به‌طوری‌که در مطالعه حاضر، بیش‌ترین راندمان حذف DOC دربهمن ماه (35/7±1/59) درصد و کم‌ترین راندمان حذف (14/08±2/3) درصد در اردیبهشت بود. میانگین راندمان حذف کدورت نیز 61 درصد بود، که بیش‌ترین و کم‌ترین درصد حذف به ترتیب در بهمن ماه با (85/2±4/09) درصد و در تیرماه با (30±1/30) درصد بوده است. علاوه بر این، آنالیز آماری ANOVA نیز معنی‌دار بودن کاهش میزان کدورت در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس را تأیید کرده است. از بین واحدهای مختلف تصفیه‌خانه، واحد پولساتور و فیلتراسیون در مقایسه با سایر واحدها راندمان قابل ملاحظه در کاهش میزان کدورت داشت. براساس استاندارد ملی، کدورت آب خروجی از صافی‌ها در تصفیه‌خانه‌های آب سطحی به منظور تضمین سلامت مصرف‌کنندگان می‌باید کم‌تر از NTU 1 باشد(1). در صورتی که این غلظت از این حد اضافه‌تر شود، باید تمهیدات مدیریتی ویژه‌ای اجرا شود. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، میزان کدورت در آب خروجی از تصفیه‌خانه تهران‌پارس در فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب برابر (0/03±0/3)، (0/02±0/17)، (0/12±0/59) و (0/03±0/24) mg/L بود که در تمامی موارد زیر حد استاندارد بوده است.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-02]

همان‌طور که در نمودار شماره 2 دیده می‌شود، غلظت DOC ورودی به تصفیه‌خانه در فصل‌های مختلف یکسان نبوده است. به طوری که میانگین غلظت DOC در آب ورودی به تصفیه‌خانه در فصل تابستان بالاتر و برابر (10/7±2/07) mg/L و در فصل پاییز کم‌ترین و برابر (6/03±1/44) mg/L بود. این اعداد بیانگر این موضوع است که منابع آب تأمین‌کننده این تصفیه‌خانه در معرض آلودگی آلی است که این آلودگی عمدتا ناشی از مواد آلی طبیعی و تخلیه فاضلاب‌های شهری، خانگی، صنعتی به دلیل عدم وجود سیستم شبکه جمع‌آوری و دفع بهداشتی فاضلاب مسکونی حاشیه رودخانه جاجرود است. راندمان کلی تصفیه‌خانه در حذف DOC برابر (72±2/07) درصد بود. در مطالعه‌ای مشابه نجف پور در سال 92 به این نتیجه دست یافت، زمانی که میزان TOC ورودی بیش‌ترین مقدار خود را دارد، راندمان تصفیه‌خانه برابر با 80 درصد می‌باشد که با افزایش میزان مواد منعقدکننده و یا استفاده از مواد کمک منعقدکننده می‌توان میزان TOC خروجی را کاهش و راندمان را افزایش داد(16). همچنین در مطالعه‌ای دیگر سلمانی‌خاص و نبی‌بیدهندی نیز بیان نمودند که درصد حذف TOC در واحد زلال‌ساز نسبت به سایر واحدها بیش‌تر است که به معنی جدا شدن بخش عمده مواد مولد TOC به صورت معلق و یا وابسته به مواد معلق است که در واحد زلال‌ساز توانسته‌اند از آب جدا شوند(17). در صورتی که در مطالعه حاضر، درصد حذف DOC در واحد کلرزنی نهایی نسبت به سایر واحدها بیش‌تر بوده است. میانگین غلظت DOC در آب خروجی از تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس در فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب برابر (2/37±0/16)، (2/94±0/32)، (1/74±0/07) و (2/17±0/16) mg/L بود که این مقادیر (به غیر از مقدار DOC در فصل پاییز) بالاتر از حد مجاز توصیه شده در برخی از منابع (که مقدار 2 mg/L را توصیه می‌کنند) بود. علاوه بر این، در این پژوهش مشخص شده است که فرآیند پیش‌کلرزنی و کلرزنی نهایی بیش‌ترین اثر را بر کاهش غلظت DOC داشت. علت کاهش غلظت DOC در این واحد را می‌توان به خاصیت اکسیدکنندگی ترکیبات آلی توسط کلر نسبت داد. بنابراین احتمال تشکیل ترکیبات جانبی حاصل از گندزدایی در این واحدها بالاست(18).

کلروفیل a به عنوان یک ماده رنگی مهم فتوسنتزی در جلبک‌ها و سایر گیاهان مطرح است و به عنوان یکی از متغیرهای مهم در زمان تخمین ظرفیت فتوسنتز یک اکوسیستم مطرح می‌شود که می‌تواند روی کربن آلی آب اثر گذارد(14). نمودار شماره 3 غلظت کلروفیل a در تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این اعداد مشخص شده است، بالاترین میزان کلروفیل ورودی به تصفیه‌خانه در فصل تابستان و کم‌ترین آن در فصل پاییز مشاهده شده بود. راندمان کلی تصفیه‌خانه در حذف کلروفیل a برابر (89±2/16) درصد بود. نتایج این پژوهش نشان داد که واحد پیش‌کلرزنی در مقایسه با سایر واحدها راندمان قابل ملاحظه‌ای در کاهش میزان کلروفیل a دارد. علاوه بر این، آنالیز آماری ANOVA نیز معنی‌دار بودن کاهش میزان کلروفیل a در واحدهای مختلف تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس را تأیید کرد. همان‌طورکه در جدول شماره 2 مشاهده می‌شود، واحدهای مختلف تصفیه‌خانه دو به دو با یکدیگر مقایسه شدند. در تمامی موارد بین واحدهای مختلف، اختلاف آماری معنی‌داری در کاهش میزان کلروفیل a مشاهده شده است (P-<0/001).

در این پژوهش، ارزیابی کارایی فرایندهای مختلف تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس در حذف کدورت، DOC و کلروفیل a مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان دادند که میزان کدورت در آب خروجی از تصفیه‌خانه تهران‌پارس در تمامی فصول زیر حد استاندارد بود. غلظت DOC در آب ورودی به تصفیه‌خانه در فصل تابستان بالاتر بود و واحدهای مختلف تصفیه‌خانه قادر به حذف مؤثر DOC بود. میانگین غلظت DOC در آب خروجی از تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس در فصول سال

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-02]

نیز (به غیر از مقدار DOC در فصل پاییز) بالاتر از حد مجاز توصیه شده (2 mg/L) بود. غلظت کلروفیل a در آب ورودی به تصفیه‌خانه در فصل تابستان و بهار بالاتر بود. به‌طور کلی، تصفیه‌خانه آب تهران‌پارس راندمان قابل ملاحظه‌ای در کاهش میزان کدورت آب داشته، زیرا تصفیه‌خانه‌های متعارف بر پایه حذف کدورت طراحی و بهره‌برداری می‌شوند. فرآیند پیش‌کلرزنی و کلرزنی نهایی بیش‌ترین اثر را بر کاهش غلظت DOC داشته که به دلیل میل ترکیبی بالای ترکیبات آلی با کلر و تشکیل ترکیبات جانبی حاصل از گندزدایی است. بنابراین، پیش‌ازن‌زنی به عنوان یک راهکار در جهت کاهش تولید ترکیبات آلی خطرناک به جای پیش‌کلرزنی و یا تغییر نقطه کلرزنی به انتهای تصفیه‌خانه توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله ازمعاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی که حمایت مالی تحقیق طی طرح شماره 8656 و کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1395.6 را بر عهده داشتند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Isanloo H, Mohseni SM, Nazari S, Sarkhosh M, Alizadeh Matboo S. Efficiency of electrical coagulation process in reduction of water turbidity. J Health 2014; 5(1): 67-74 (Persian).
2. Akoto O, Gyamfi O, Darko G, Barnes VR. Changes in water quality in the Owabi water treatment plant in Ghana. Applied Water Science 2017; 7(1): 175-186.
3. Fang J, Yang X, Ma J, Shang C, Zhao Q. Characterization of algal organic matter and formation of DBPs from chlor (am) ination. Water Research 2010; 44(20): 5897-5906.
4. Beltrán FJ, Pocostales JP, Alvarez PM, Jaramillo J. Mechanism and kinetic considerations of TOC removal from the powdered activated carbon ozonation of diclofenac aqueous solutions. Journal of Hazardous Materials 2009; 169(1-3): 532-538.
5. Zazouli MA, Nasseri S, Mahvi AH, Mesdaghinia AR, Younecian M, Gholami M. Determination of hydrophobic and hydrophilic fractions of natural organic matter in raw water of Jalalieh and Tehranspars water treatment plants (Tehran). J Appl Sci 2007; 7(18): 2651-2655 (Persian).
6. Abedini A, Bagheri S, Moradi M, Khodaparast H, Imani O. Water quality and fish status in chitgar lake.Journal of Breeding and Aquacul Sciences Quarterly 2017; 4(13): 61-74 (Persian).
7. Jafari MA, Taghavi K, Hasani H. Survey the THMs value in drinking water in lahijan and suggestions in order to product control after disinfection. Guilan Uni Med Sci 2009; 17(68): 1-6 (Persian).
8. Hua LC, Chao SJ, Huang C. Fluorescent and molecular weight dependence of THM and HAA formation from intracellular algogenic organic matter (IOM). Water Research 2019; 148: 231-238.
9. Amin MM, Safari M, Maleki A, Ghasemian M, Rezaee R, Hashemi H. Feasibility of humic substances removal by enhanced coagulation process in surface water. International Journal of Environmental Health Engineering 2012; 1(1): 29.
10. Zazouli M, Nasseri S, Mahvi A, Mesdaghinia A. Organic carbon concentration and formation potential of disinfection by-products in drinking water of Tehran water distribution network at

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-02]

some times of the year. Scientific Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research 2009; 7(3): 51-59 (Persian).

11. Hasani A, Torabian A, Abdollahzadeh M. Comparison of coagulant performance with advanced coagulation conditions in turbidity and organic matter removal in Karaj River. Environmental Science 2010; 36(55): 111-118 (Persian).
12. Jalilzadeh E, Salimi M, Roozbehnia P. Detection and Determination of Chlorophylls a and b in Karaj, Taleghan and Latian Reservoirs by High Performance Liquid Chromatography (HPLC/UV-VIS). Journal of Water and Wastewater 2013; 25(4): 21-26 (Persian).
13. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater: American Public Health Association Washington, DC; 2012.
14. Bidigare RR, Van Heukelem L, Trees CC. Analysis of algal pigments by high-performance liquid chromatography. Algal Culturing Techniques 2005: 327-345.
15. Masoumi B, Jafarzade N, Tabatabaei T, Kohgardi E, Jorfi S. Evaluation of pre-ozonation efficiency in turbidity removal and TOC (Case Study: Green Mountain Water Treatment Plant). Guarterly Journnal on Water Engineering 2017; 5(2): 91-100 (Persian).
16. Najafpour A, mahvi A, Kiashemshaki H. Performance evaluation of various water treatment processes for the removal of TOC and NOM Jlalyh. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences 2015; 7(1): 189-198 (Persian).
17. Salmanikhas N, Nabibidhendi G. Performance evaluation of various water treatment Tehranpars remove TOC. Journal of Enviromental Ecology 2006; 33(41): 1-4 (Persian).
18. He J, Wang F, Zhao T, Liu S, Chu W. Characterization of dissolved organic matter derived from atmospheric dry deposition and its DBP formation. Water Research 2019; 171: 115368.

[Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-02]