

پیش‌نویس

راهنمای تصفیه‌ی آب آشامیدنی

(شماره‌ی دو: انتخاب فرآیندهای تصفیه‌ی آب آشامیدنی بر پایه‌ی کیفیت آب خام)

(بر اساس رهنمود سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۷)



پیش نویس

راهنمای تصفیه آب آشامیدنی

(شماره دو: انتخاب فرآیندهای تصفیه آب آشامیدنی بر پایه کیفیت آب خام)

(بر اساس رهنمود سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۷)

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از به کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی - تخصصی واگذار شده است. با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب و آبفا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این رو طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور وزارت نیرو با همکاری سازمان برنامه و بودجه کشور به منظور تامین اهداف زیر اقدام به تهیه استانداردهای صنعت آب و آبفا نموده است:

- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرحها
 - پرهیز از دوباره کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
 - تدوین استانداردهای صنعت آب و آبفا با در نظر داشتن موارد زیر صورت می‌گیرد:
 - استفاده از تخصصها و تجارب کارشناسان و صاحب نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
 - استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین المللی
 - بهره‌گیری از تجارب دستگاههای اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
 - توجه به اصول و موازین مورد عمل سازمان ملی استاندارد ایران و سایر موسسات معتبر تهیه کننده استاندارد
- استانداردها ابتدا به صورت پیش نویس برای نظرخواهی منتشر شده و نظرات دریافتی پس از بررسی تیم تهیه کننده و گروه نظارت در نسخه نهایی منظور خواهد شد.
- امید است کارشناسان و صاحب نظرانی که فعالیت آنها با این رشته از صنعت آب و آبفا مرتبط می باشد، با توجهی که مبذول می فرمایند این پیش نویس را مورد بررسی دقیق قرار داده و با ارائه نظرات و راهنمایی های ارزنده خود به دفتر طرح، این دفتر را در تنظیم و تدوین متن نهایی یاری و راهنمایی فرمایند.

تهیه و کنترل «راهنمای تصفیه‌ی آب آشامیدنی

(شماره‌ی دو: انتخاب فرآیندهای تصفیه‌ی آب آشامیدنی بر پایه‌ی کیفیت آب خام)

(بر اساس رهنمود سازمان جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۷) « [نشریه شماره ۴۵۵ - الف]

مؤلف اصلی: مجید قنادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط

اعضای گروه نظارت و تایید کننده (کمیته‌ی تخصصی آب طرح تهیه‌ی ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور):

کارشناسی ارشد هیدرولوژی و مهندسی آب	کارشناس آزاد	نعمت‌الله الهی‌پناه
کارشناسی ارشد راه و ساختمان	شرکت مهندسی مشاور ایراناب	ابوالقاسم توتونچی
کارشناسی ارشد مدیریت صنایع	کارشناس آزاد	عباس حاج‌حریری
کارشناسی ارشد مهندسی عمران	شرکت تهران میراب	حسن صادقی‌پور
کارشناسی مهندسی عمران - بهره‌برداری از سد و شبکه‌های آبیاری	شرکت مدیریت منابع آب ایران	سیدعباس صادقیان
کارشناسی ارشد میکروبیولوژی	طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی صنعت آب کشور - وزارت نیرو	الهام عزیززاده آرائی
کارشناسی ارشد تبدیل انرژی	کارشناس آزاد	سید احمد علوی
دکترای مهندسی محیط زیست	کارشناس آزاد	مجتبی فاضلی
کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	مجید قنادی

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	مقدمه
۳	فصل اول - کلیات
۷	فصل دوم - اثرگذاری فرآیندها
۱۱	پیوست ۱
۱۵	منابع و مراجع

فهرست جدول‌ها

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۶	جدول ۱-۲- اثرپذیری عامل‌های طبیعی از فرآیندهای تصفیه‌ی آب
۶	جدول ۲-۲- اثرپذیری عامل‌های خارجی ناشی از فرآیندهای صنعتی و سکونتگاه‌های انسانی از فرآیندهای تصفیه‌ی آب
۸	جدول ۳-۲- اثرپذیری عامل‌های خارجی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی از برخی فرآیندهای تصفیه‌ی آب
۹	جدول ۴-۲- اثرپذیری سموم مورد استفاده در بهداشت عمومی از برخی فرآیندهای تصفیه‌ی آب
۱۰	جدول ۵-۲- اثرپذیری سیانوباکتری‌ها و سیانوتوکسین‌ها از برخی فرآیندهای تصفیه‌ی آب
۱۵	جدول پ.۱-۱- درصد حذف مجموع مواد آلی (TOC) لازم در تصفیه‌خانه‌های آب آشامیدنی بر اساس میزان TOC و قلیائیت آب خام

مقدمه

سازمان جهانی بهداشت، در سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱ عامل‌های شیمیایی آلاینده‌ی آب را بر اساس منشأ راهیابی آن‌ها به آب، به هفت گروه: (۱) طبیعی، (۲) صنعتی و سکونتگاه‌های انسانی، (۳) کشاورزی، (۴) لوله و اتصالات، (۵) گندزدایی، (۶) فرآیندهای تصفیه و (۷) سموم شیمیایی طبقه‌بندی کرده و کارآمدی فرآیندهای گوناگون تصفیه‌ی آب را در زدایش و تقلیل آلاینده‌های آب، بر اساس تجربه‌های به دست آمده از پایلوت‌های تحقیقاتی و عملکرد تعدادی از تصفیه‌خانه‌های بزرگ آب ارائه داده است.

این نوشتار، اثرگذاری فرآیندهای کلرزنی، انعقاد و لخته‌سازی، تبادل یون، هوادهی، اکسیداسیون پیشرفته، سختی‌گیری و ترسیب، آلومینیوم فعال، کربن فعال، ازن زنی، صافی‌های غشایی، تصفیه‌ی بیولوژیک و پرتو تابی با اشعه‌ی فرابنفش را در تقلیل و زدایش آلاینده‌های گوناگون آب که در رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی سازمان جهانی بهداشت در سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱ درج و در آخرین رهنمود این سازمان در سال ۲۰۱۷، به روز شده است، بیان می‌دارد.

- هدف

هدف از تدوین این نشریه، تعیین و انتخاب فرآیندهای لازم تصفیه آب آشامیدنی، بر اساس نوع آلاینده‌های آب خام است.

- دامنه‌ی کاربرد

این نشریه، برای تمام سامانه‌های تصفیه‌ی آب که آب آشامیدنی اجتماعات انسانی را تامین می‌کنند، کاربرد دارد.

- یادآوری مهم

این نشریه، برای دستگاه‌های خانگی تصفیه‌ی آب، کاربرد ندارد.

فصل ۱

کلیات

تغییر ویژگی‌های کیفیت آب از حالتی که در بسترهای آبی یافت می‌شود، به همخوانی با معیارها و شاخص‌های مندرج در استانداردها، اغلب نیازمند اعمال فرآیندهای تصفیه است. در حقیقت تصفیه‌ی آب، پلی بین کیفیت موجود و کیفیت مطلوب آب است که در سازه‌هایی ویژه و به کمک فرآیندهایی خاص به انجام می‌رسد. معیارهای انتخاب و یا تغییر در واحدها و فرآیندهای تصفیه‌ی آب، افزون بر جنبه‌های اقتصادی و راهبری، متاثر از عامل‌های زیر است:

- نوع و غلظت آلاینده‌ها در آب خام
 - توانایی و دقت لوازم و تجهیزات شناسایی و تعیین مقدار کیفیت آب
 - نوع منبع آب (سطحی و یا زیرزمینی) و حضور نوع و میزان مواد آلی با منشأ طبیعی و اولیه در آن
 - فرآیندها و تاسیسات تصفیه‌ی که در گذشته احداث و بهره‌برداری شده است
- در یک نگاه کلی، فرآیندهای تصفیه‌ی آب، از دیدگاه پیچیدگی در احداث و راهبری، به شش گروه طبقه‌بندی می‌شوند:

گروه	واحدها و فرآیندها
۱	- کلرزنی - صاف‌سازی ساده
۲	- کلرزنی مقدماتی به همراه صاف‌سازی - هوادهی
۳	- انعقاد و لخته‌سازی - فرآیندهای کنترل و زدایش فرآورده‌های جانبی گندزدایی
۴	- صافی گرانول کربن فعال - تبادل یون
۵	- ازن زنی
۶	- اکسیداسیون پیشرفته - فرآیندهای غشایی

فصل ۲

اثرگذاری فرآیندها

سازمان جهانی بهداشت به منظور آگاهی طراحان، تصمیم‌گیران و مجریان طرح‌های تصفیه‌ی آب، در رهنمود کیفیت آب آشامیدنی در سال‌های ۲۰۰۶، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱ توانایی فرآیندهای رایج و پیشرفته‌ی تصفیه‌ی آب را در زدایش و یا تقلیل آلاینده‌های آب بیان و در آخرین رهنمود کیفیت آب آشامیدنی خود در سال ۲۰۱۷، مطابق جدول‌های شماره‌ی ۱ تا ۴، آن‌ها را بازنگری کرده است. در این جدول‌ها، افزون بر آن که حداقل مقادیر مشاهده شده‌ی هر آلاینده در آب تصفیه شده، در شرایط بهینه‌ی کارکرد هر فرآیند (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) درج شده است، از علامت‌های مثبت (+) نیز برای بیان سطح کارآمدی فرآیندها، به شرح زیر استفاده شده است.

زدایش محدود	+
زدایش ۵۰ درصد و یا بیش‌تر	++
زدایش ۸۰ درصد و یا بیش‌تر	+++

خانه‌های خالی جدول‌ها، نشانه‌ی عدم تاثیرگذاری فرآیندها بر آلاینده‌ی هدف و یا فقدان اطلاعات کافی و متقن از تاثیرپذیری آلاینده از آن‌ها می‌باشد.

داده‌های مندرج در این جدول‌ها بر اساس آخرین یافته‌های علمی تا سال ۲۰۱۶ حاصل از تجربه‌های آزمایشگاهی، پایلوت‌های تحقیقاتی و در برخی موارد، از مطالعه‌ی انجام شده بر روی عملکرد تعدادی از تصفیه‌خانه‌های بزرگ آب به دست آمده است. از این رو سازمان جهانی بهداشت یادآور شده است که اطلاعات این جدول‌ها، تنها به عنوان رهنمود کلی است و به موارد زیر توجه داده است:

- فرآیندهای مندرج در این جدول‌ها، اغلب در تصفیه‌خانه‌های بزرگ پیش‌بینی و تعبیه می‌شوند و به الزام برای تصفیه‌ی مقادیر اندک آب و تصفیه‌ی انفرادی خانگی آب مناسب نیستند. در این موارد، انتخاب فرآیند و فناوری مناسب برای زدایش آلاینده‌های هدف، بر پایه‌ی مطالعه‌های محلی و یا الگوبرداری از موارد مشابه باید انجام شود.
- به دلیل آن که داده‌های این جدول‌ها از تجربه‌های آزمایشگاهی و یا در مناسب‌ترین حالت کارکرد تصفیه‌خانه‌های آب به دست آمده است، همواره باید به عنوان «بهترین حالت ممکن» انگاشته شود.
- بسیاری از آلاینده‌ها، در واحدها و فرآیندهای گوناگون تصفیه، با کارآمدی مناسب از آب جدا می‌شوند. در این حالت، انتخاب فرآیند مناسب، با رویکرد به جوانب اقتصادی و راهبری تاسیسات باید انجام شود. به عنوان نمونه، فرآیندهای غشایی قادر به زدایش گسترده‌ی وسیعی از آلاینده‌های آب، با کارآمدی مناسب هستند و حال آن که ممکن است فرآیندهای ساده‌تر و ارزان‌تر نیز در زدایش همان آلاینده‌ها، از کارآمدی مشابه برخوردار باشند.
- در شرایط متعارف تصفیه‌خانه‌ی آب، واحدها و فرآیندهای گوناگونی هم چون انعقاد و لخته‌سازی، ته‌نشینی، صاف‌سازی، صافی گرانولی کربنی^۱ (GAC) و کلرزنی به کار گرفته می‌شوند. هر یک از این واحدها، در تقلیل

1- Granular Activated Carbon (GAC)

و یا زدایش بخشی از آلاینده‌ها از آب سهمیم هستند. از این رو به دلایل فنی و اقتصادی، ترکیب دو یا چند فرآیند در زدایش آلاینده‌ها مؤثرتر خواهد بود.

- ارزیابی اثرگذاری هر فرآیند بر هر آلاینده، بر پایه‌ی نتایج آزمایشگاهی و یا پایلوت‌های مرتبط که در هر دوی آن‌ها، آب خام تصفیه‌خانه جریان دارد، باید انجام شود. در آزمون‌های یاد شده، زمان کافی برای تاثیر عامل‌های جوی و تغییرات موقت بار آلاینده و سایر عامل‌های اثرگذار بر عملکرد فرآیند باید لحاظ شود.

جدول ۲-۱- اثرپذیری عامل‌های طبیعی از فرآیندهای تصفیه‌ی آب* (WHO، ۲۰۱۷)

عامل	کلر زنی	انعقاد و لخته‌سازی	تبادل یون	سختی‌گیری و ترسیب	آلومینیوم فعال	کربن فعال	ازن زنی	فرآیندهای غشایی
آرسنیک**		+++ <۰/۰۰۵	+++ <۰/۰۰۵	+++ <۰/۰۰۵	+++ <۰/۰۰۵	+++ <۰/۰۰۵		+++ <۰/۰۰۵
فلوراید		++			+++ <۱	+++ <۱		+++ <۱
سلنیوم		++	+++ <۰/۰۱		+++ <۰/۰۱			+++ <۰/۰۱
اورانیوم		++	+++ <۰/۰۰۱	++	+++ <۰/۰۰۱			

* این جدول شامل عامل‌هایی است که اطلاعات آن‌ها موجود بوده است. خانه‌های خالی جدول، به معنای آن است که فرآیند، هیچ‌گونه تاثیری بر حذف عامل مورد نظر ندارد و یا اطلاعات کافی از میزان اثرگذاری آن در دسترس نیست. در بهترین و کارآمدترین حالت اثرگذاری فرآیند، غلظت عامل آلاینده در آب خروجی از فرآیند، در شرایط ایده‌ال (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) درج شده است.
** صافی‌های با بستر اکسید آهن و یا هیدروکسید آهن، در زدایش آرسنات و آرسنیت از آب، بسیار کارآمد هستند.
*** فرآیند اسمز معکوس، آرسنات را در مقایسه با آرسنیت، با کارآمدی بیش‌تری از آب حذف می‌کند.

جدول ۲-۲- اثرپذیری عامل‌های خارجی ناشی از فرآیندهای صنعتی و سکونتگاه‌های انسانی از فرآیندهای تصفیه‌ی آب* (WHO، ۲۰۱۷)

عامل	هوادهی	انعقاد و لخته‌سازی	تبادل یون	سختی‌گیری و ترسیب	کربن فعال	ازن زنی	اکسیداسیون پیشرفته	فرآیندهای غشایی	تصفیه‌ی بیولوژیک**	پرتو تابشی با اشعه‌ی فرابنفش
کادمیوم		+++ <۰/۰۰۲	+++ <۰/۰۰۲	+++ <۰/۰۰۲				+++ <۰/۰۰۲		
جیوه		+++ <۰/۰۰۱		+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۱			+++ <۰/۰۰۱		
بنزن	+++ <۰/۰۱				+++ <۰/۰۱	+++ <۰/۰۱				
تترا کلرید کربن	+++ <۰/۰۰۱				+++ <۰/۰۰۱			+++ <۰/۰۰۱		
۱و۲- دی کلرو بنزن	+++ <۰/۰۱				+++ <۰/۰۱	+++ <۰/۰۱				
۱و۴- دی کلرو بنزن	+++ <۰/۰۱				+++ <۰/۰۱	+++ <۰/۰۱				
۱و۲- دی کلرو اتان	+				+++ <۰/۰۱	+	++			

ادامه جدول ۲-۲- اثرپذیری عامل‌های خارجی ناشی از فرآیندهای صنعتی و سکونتگاه‌های انسانی از فرآیندهای تصفیه‌ی آب* (WHO، ۲۰۱۷)

عامل	هوادهی	انعقاد و لخته‌سازی	تبادل یون	سختی‌گیری و ترسیب	کربن فعال	ازن زنی	اکسیداسیون پیشرفته	فرآیندهای غشایی	تصفیه‌ی بیولوژیک**	پرتو تابشی با اشعه‌ی فرابنفش
۲و۱- دی کلرو اتن	+++ <۰/۰۱				+++ <۰/۰۱	+++ <۰/۰۱				
۴و۱- دی اکساین					+		+++ ۰/۰۵			
اسید ادتیک					++ <۰/۰۱	++ <۰/۰۱				
اتیل بنزن	+++ <۰/۰۰۱	+			+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۱	+	+	++	
هگزاکلرو بوتادین					+++ <۰/۰۰۱			+		
اسید نیتروتری استیک					++				++	
ان نیتروزیو دی متیل آمین					+		+		+	
پنتاکلرو فنول					+++ <۰/۰۰۰۴				++	
پرکلرات								بله***	بله***	
استیرین	+++ <۰/۰۲				+++ <۰/۰۲	++		+	+	
تتراکلرو اتن	+++ <۰/۰۰۱				+++ <۰/۰۰۱			+		
تولون	+++ <۰/۰۰۱				+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۱			
تری کلرو اتن	+++ <۰/۰۲				+++ <۰/۰۲	+++ <۰/۰۲	+++ <۰/۰۲			
گزیلن	+++ <۰/۰۰۵				+++ <۰/۰۰۵		+++ <۰/۰۰۵		++	

* این جدول شامل عامل‌هایی است که اطلاعات آن‌ها موجود بوده است. خانه‌های خالی جدول، به معنای آن است که فرآیند، هیچ گونه تأثیری بر حذف عامل مورد نظر ندارد و یا اطلاعات کافی از میزان اثرگذاری آن در دسترس نیست. در بهترین و کارآمدترین حالت اثرگذاری فرآیند، غلظت عامل آلاینده در آب خروجی از فرآیند، در شرایط ایده‌ال (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) درج شده است.

** تصفیه‌ی بیولوژیک شامل صافی ماسه‌یی کند و صاف‌سازی از طریق لایه‌ی بستر خاکی حد فاصل منبع آب و محل برداشت (Bank Filtration) است.

*** واژه‌ی «بله»، به معنای آن است که اثرگذاری فرآیند تایید شده و یا به احتمال زیاد، موثر است، ولی میزان آن هنوز کمی نشده است.

**** احتمال اثرگذار است ولی استفاده از سایر فرآیندها، به دلیل هزینه‌های کم‌تر، ترجیح داده می‌شود.

جدول ۲-۳- اثرپذیری عامل‌های خارجی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی از برخی فرآیندهای تصفیه‌ی آب* (WHO، ۲۰۱۷)

عامل	کلر زنی	انعقاد و لخته‌سازی	تبادل یون	هوادهی	اکسیداسیون پیشرفته	کربن فعال	ازن زنی	فرآیندهای غشایی	تصفیه‌ی بیولوژیک**
نیترات			+++ <۵					+++ <۵	+++ <۵
نیتريت	+++ <۰/۱							+	+++
آلاکلر					+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۱	++	+++ <۰/۰۰۱	
آلدیکارب						+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۱	
آلدین‌دی‌آلدین		+				+++ <۰/۰۰۰۰۲	++ <۰/۰۰۰۰۲	+++ <۰/۰۰۰۰۲	
آترازین و متابولیت‌های کلرو اس تری آزین		+			+++ <۰/۰۰۰۱	+++ <۰/۰۰۰۱	بله*** <۰/۰۰۰۱	+++ <۰/۰۰۰۱	+++*** <۰/۰۰۰۱
کربوفوران	+					+++ <۰/۰۰۱	بله***	+++ <۰/۰۰۱	
کلردان						+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۰۱	بله***	
کلرو تولورون						+++ <۰/۰۰۰۱	+++ <۰/۰۰۰۱		
سیانازین						+++ <۰/۰۰۰۱	+	+++ <۰/۰۰۰۱	
۴و۲ دی (۴د۲- دی کلروفونوکسی استیک اسید)						+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۱	بله***	
۲و۱ دی برومو- ۳- کلرو پروپان				++ <۰/۰۰۱		+++ <۰/۰۰۱			
۲و۱ دی برمواتان				+++ <۰/۰۰۰۱		+++ <۰/۰۰۰۱			
۲و۱ دی کلرو پروپان				بله***		+++ <۰/۰۰۱	+		
دی متوات	+++ <۰/۰۰۱					++	++		
اندین		+	+			+++ <۰/۰۰۰۲		بله***	
هیدروکسی آترازین					+++ <۰/۰۰۱			بله***	
ایزو پروترون	++				+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۰۱	+++ <۰/۰۰۱	+++ <۰/۰۰۰۱	+

ادامه جدول ۲-۳- اثرپذیری عامل‌های خارجی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی از برخی فرآیندهای تصفیه‌ی آب* (WHO، ۲۰۱۷)

عامل	کلر زنی	انعقاد و لخته‌سازی	تبادل یون	هوادهی	اکسیداسیون پیشرفته	کربن فعال	ازن زنی	فرآیندهای غشایی	تصفیه‌ی بیولوژیک**
لیندان						+++ <۰/۰۰۰۱	++	بله***	++
مکوپروپ						+++ <۰/۰۰۰۱	+++ <۰/۰۰۰۱		+++ <۰/۰۰۰۱
متوکسی کلر			++			+++ <۰/۰۰۰۱	+++ <۰/۰۰۰۱	بله***	
متالو کلر						+++ <۰/۰۰۰۱	++	بله***	
سیمازین					+++ <۰/۰۰۰۱	+++ <۰/۰۰۰۱	++	+++ <۰/۰۰۰۱	
۴ و ۵ - T						+++ <۰/۰۰۱		بله***	
تربوتیل آزین (TBA)		+				+++ <۰/۰۰۰۱	++		
تری فلورالین						+++ <۰/۰۰۰۱		+++ <۰/۰۰۰۱	

* این جدول شامل عامل‌هایی است که اطلاعات آن‌ها موجود بوده است. خانه‌های خالی جدول، به معنای آن است که فرآیند، هیچ گونه تاثیری بر حذف عامل مورد نظر ندارد و یا اطلاعات کافی از میزان اثرگذاری آن در دسترس نیست. در بهترین و کارآمدترین حالت اثرگذاری فرآیند، غلظت عامل آلاینده در آب خروجی از فرآیند، در شرایط ایده‌ال (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) درج شده است.

** تصفیه‌ی بیولوژیک شامل صافی ماسه‌یی کند و صاف‌سازی از طریق لایه‌ی بستر خاکی حد فاصل منبع آب و محل برداشت (Bank Filtration) است.

*** واژه‌ی «بله»، به معنای آن است که اثرگذاری فرآیند تایید شده و یا به احتمال زیاد، موثر است، ولی میزان آن هنوز کمی نشده است.

**** صاف‌سازی از طریق لایه‌ی بستر خاکی حد فاصل منبع آب و محل برداشت (Bank Filtration) و صافی ماسه‌یی کند بی‌تاثیر است.

***** احتمال اثرگذار است ولی استفاده از سایر فرآیندها، به دلیل هزینه‌های کم‌تر، ترجیح داده می‌شود.

جدول ۲-۴- اثرپذیری سموم مورد استفاده در بهداشت عمومی از برخی فرآیندهای تصفیه‌ی آب* (WHO، ۲۰۱۷)

عامل	کلر زنی	انعقاد و لخته‌سازی	کربن فعال	ازن زنی	فرآیندهای غشایی*	اکسیداسیون پیشرفته
DDT و متابولیت‌های آن		+	+++ <۰/۰۰۰۱	+	+++ <۰/۰۰۰۱	+++ <۰/۰۰۰۱

* در بهترین و کارآمدترین حالت اثرگذاری فرآیند، غلظت عامل آلاینده در آب خروجی از فرآیند، در شرایط ایده‌ال (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) درج شده است.

** ممکن است موثر باشد، اما استفاده از سایر فرآیندها، به دلیل اقتصادی، محتمل‌تر است.

جدول ۲-۵- اثرپذیری سیانوباکتری‌ها و سیانوتوکسین‌ها از برخی فرآیندهای تصفیه‌ی آب* (WHO، ۲۰۱۷)

تصفیه‌ی بیولوژیک**	فرآیندهای غشایی	اکسیداسیون پیشرفته	ازن زنی	کربن فعال	انعقاد و لخته‌سازی	کلر زنی	عامل
	+++				+++		سیانوباکتری‌ها
+++		+++	+++	+++		+++	سیانوتوکسین‌ها

* این جدول شامل عامل‌هایی است که اطلاعات آن‌ها موجود بوده است. خانه‌های خالی جدول، به معنای آن است که فرآیند، هیچ‌گونه تأثیری بر حذف عامل مورد نظر ندارد و یا اطلاعات کافی از میزان اثرگذاری آن در دسترس نیست.

** تصفیه‌ی بیولوژیک شامل صافی ماسه‌پی‌کنند و صاف‌سازی از طریق لایه‌ی بستر خاکی حد فاصل منبع آب و محل برداشت (Bank Filtration) است.

پیوست ۱

جدول پ.۱-۱- درصد حذف مجموع مواد آلی (TOC) لازم در تصفیه‌خانه‌های آب آشامیدنی بر اساس میزان TOC و قلیائیت آب خام

قلیائیت منبع آب خام (میلی‌گرم بر لیتر CaCO_3)			TOC منبع آب خام (میلی‌گرم بر لیتر)
قلیائیت < ۱۲۰	۶۰ < قلیائیت < ۱۲۰	۰ < قلیائیت < ۶۰	
%۱۵	%۲۵	%۳۵	۲ < TOC < ۴
%۲۵	%۳۵	%۴۵	۴ < TOC < ۸
%۳۰	%۴۰	%۵۰	۸ < TOC

منابع و مراجع

- 1- World Health Organization (2006) "Guidelines for Drinking Water Quality", the first addendum to third edition Volume 1, Recommendations, WHO, Geneva, P.P. 166-171
- 2- World Health Organization (2008) "Guidelines for Drinking Water Quality", third edition incorporating the first and second addendum Volume 1, Recommendations, WHO, Geneva, P.P. 166-171
- 3- World Health Organization (2011) "Guidelines for Drinking Water Quality", fourth edition incorporating the first addendum, WHO, Geneva, P.P. 494-500
- 4- World Health Organization (2017) "Guidelines for Drinking Water Quality", fourth edition incorporating the first addendum, WHO, Geneva, P.P. 494-500
- 5- Environmental Protection Agency (1998). "Fact Sheet on the Federal Register Notice for Stage 1, Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule" US EPA