



<p>تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری:</p>	<p>دستور عمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی</p>	 <p>شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور</p>
--	---	---

شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
معاونت نظارت بر بهره‌برداری
دفتر نظارت بر بهداشت آب و فاضلاب

دستور عمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی


<p>نام خانوادگی تصویب‌کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور</p> <p>تاریخ و امضاء:</p>
--

<p>تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱ از ۳۲</p>	<p>دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی</p>	 <p>شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور</p>
---	--	---

تهیه کنندگان به ترتیب حروف الفبا

- ۱- محمد جواد ادیبی نیا
شرکت آب و فاضلاب شهری خراسان رضوی
- ۲- موسی پناهنده
شرکت آب و فاضلاب شهری بوشهر
- ۳- معصومه حجاری
شرکت رعد آب جنوب
- ۴- پریسا زارعی
شرکت آب و فاضلاب شهری هرمزگان
- ۵- علی محمد قول بیگی
شرکت رعد آب جنوب
- ۶- محمد رضا محبی
شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
- ۷- رویا منصوری
مشاور
- ۸- محمدرضا میربلوچ زهی
شرکت آب و فاضلاب شهری سیستان و بلوچستان
- ۹- عبدالصمد ناروئی
شرکت آب و فاضلاب شهری سیستان و بلوچستان

<p>نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:</p>

<p>تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲ از ۳۲</p>	<p>دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی</p>	 <p>شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور</p>
---	--	---

تایید کنندگان: شورای سیاست‌گذاری کنترل کیفیت آب


رئیس: کوشیار اعظم واقفی
کشور
مدیر دفتر نظارت بر بهداشت آب شرکت مهندسی آب و فاضلاب

دبیر: زهرا علیزاده
کارشناس دفتر بهداشت آب شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

اعضای شورای سیاست‌گذاری کنترل کیفیت آب به ترتیب حروف الفبا:

- ۱- غلامرضا احمدی
مدیر کنترل کیفیت و بهداشت آب شرکت آب و فاضلاب شهری استان مرکزی
- ۲- مهتاب باغبان
مدیر کنترل کیفیت و بهداشت آب شرکت آب و فاضلاب شهری استان تهران
- ۳- فیصل بدوی
مدیر کنترل کیفیت و بهداشت آب شرکت آب و فاضلاب روستایی آذربایجان غربی
- ۴- فریدون درناپور
مدیر کنترل کیفیت و بهداشت آب شرکت آب و فاضلاب شهری اردبیل
- ۵- سیده ضحی حجازی
مدیر کنترل کیفیت و بهداشت آب شرکت آب و فاضلاب شهری گیلان
- ۶- سهراب طالبی
مدیر کنترل کیفیت و بهداشت آب شرکت آب و فاضلاب شهری آذربایجان غربی
- ۷- ابوذر غفاری
مدیر کنترل کیفیت و بهداشت آب شرکت آب و فاضلاب روستایی فارس
- ۸- حسن مسعودی
مدیر کنترل کیفیت و بهداشت آب شرکت آب و فاضلاب روستایی خراسان رضوی


<p>نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:</p>

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۳ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
---	---	---

فهرست مطالب


۳	پیش‌گفتار.....	
۳	هدف.....	
۳	دامنه کاربرد.....	
۶	معرفی کلی فرآیند نمک‌زدایی.....	۱
۷	تعاریف و قراردادهای.....	۲
۸	فرآیندهای پیش‌تصفیه.....	۳
۸	پارامترهای لازم جهت کنترل در پیش‌تصفیه.....	۳,۱
۸	کدورت.....	۳,۱,۱
۸	SDI.....	۳,۱,۲
۹	میکروب‌ها.....	۳,۱,۳
۹	آهن و منگنز.....	۳,۱,۴
۱۱	مواد آلی.....	۳,۱,۵
۱۱	pH.....	۳,۱,۶
۱۱	دما.....	۳,۱,۷
۱۲	سولفید هیدروژن.....	۳,۱,۸
۱۳	فرآیندهای پس‌تصفیه (تصفیه نهایی).....	۴
۱۳	تثبیت شیمیایی آب نمک‌زدایی شده.....	۴,۱
۱۴	pH.....	۴,۱,۱
۱۴	قلیائیت.....	۴,۱,۲
۱۶	سختی.....	۴,۱,۳
۱۷	اکسیژن محلول.....	۴,۱,۴

نام خانوادگی تصویب‌کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۴ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
---	---	---

۱۷.....	ملاحظات پس تصفیه.....	۴,۱,۵
۱۷.....	ملاحظات پس تصفیه آبهای لب شور.....	۴,۱,۵,۱
۱۸.....	دی کریناسیون.....	۴,۱,۵,۱,۱
۱۸.....	ملاحظات پس تصفیه آب دریا.....	۴,۱,۵,۲
۱۹.....	ملاحظات نظارتی.....	۴,۱,۵,۳
۱۹.....	ملاحظات مربوط به اختلاط.....	۴,۱,۵,۴
۱۹.....	نسبت های اختلاط.....	۴,۱,۵,۴,۱
۲۰.....	کنترل خوردگی در سیستمهای توزیع.....	۴,۲
۲۱.....	شاخص های خوردگی.....	۴,۲,۱
۲۱.....	شدت بافر.....	۴,۲,۱,۱
۲۱.....	شاخص اشباع لانژلیه (LSI).....	۴,۲,۱,۲
۲۲.....	پتانسیل رسوبگذاری کربنات کلسیم (CCPP).....	۴,۲,۱,۳
۲۲.....	شاخص اشباع کلسیم (CSI).....	۴,۲,۱,۴
۲۲.....	شاخص کاسیل (CI).....	۴,۲,۱,۵
۲۲.....	نسبت لارسون.....	۴,۲,۱,۶
۲۲.....	شاخص رایزنر.....	۴,۲,۱,۷
۲۳.....	استراتژی های کنترل خوردگی.....	۴,۲,۲
۲۳.....	تثبیت شیمیایی آب.....	۴,۲,۲,۱
۲۳.....	استفاده از بازدارنده های خوردگی.....	۴,۲,۲,۲
۲۴.....	گندزدایی.....	۴,۳
۲۵.....	محصولات جانبی گندزدایی.....	۴,۳,۱

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

<p>تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۵ از ۳۲</p>	<p>دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی</p>	 <p>شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور</p>
---	--	---

پیش‌گفتار:

دسترسی به آب شیرین سالم همواره به عنوان یکی از دغدغه‌های اساسی انسان مطرح بوده است. با افزایش سریع جمعیت، فراهم نمودن آب شیرین کافی برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت به یکی از موضوعات اساسی مورد توجه دولت‌ها تبدیل شده است. در کشورهای خشک و کم باران با منابع آب شیرین محدود، مانند ایران، تولید آب شیرین با استفاده از نمک‌زدایی آب‌های شور سطحی و زیرزمینی از اقبال ویژه‌ای برخوردار شده و این صنعت به سرعت در حال پیشرفت است. طبیعتاً آب تولید شده از روش‌های گوناگون نمک‌زدایی، تفاوت‌هایی از نظر کیفی با آب شیرین طبیعی جاری در سفره‌های زیرزمینی یا منابع سطحی همچون رودخانه‌ها و دریاچه‌های آب شیرین دارد. نمک‌زدایی از آب‌های شور و لب‌شور منجر به تولید آبی با مقادیر کمتر از حد استاندارد املاح و مواد معدنی محلول (سختی) می‌گردد. تحقیقات نشان می‌دهد که مصرف آب آشامیدنی با مقادیر بسیار کم املاح و مواد معدنی حتی اگر رژیم غذایی مورد استفاده به مقدار کافی دارای مواد معدنی مورد نیاز باشد، علاوه بر ایجاد طعم نامناسب، می‌تواند منجر به اثرات سوء فراوانی بر سلامت انسان گردد. همچنین چنانچه آب تولید شده حاوی اکسیژن محلول کافی نباشد از نظر کیفیت طعم و مزه نامطلوب خواهد بود. مطالعات جامع روی آب حاصل از آب شیرین کن‌ها نشان می‌دهد که اگر این آب مستقیماً برای شرب استفاده شود بیماری‌هایی همچون پوکی استخوان، بیماری‌های قلبی-عروقی، سندرم متابولیک و مشکلات گوارشی را در بدن ایجاد می‌نماید. خوشبختانه با کنترل دقیق آب نمک‌زدایی شده و اتخاذ تمهیدات مناسب در اصلاح آب تولیدی می‌توان از اثرات مخرب ذکر شده جلوگیری نمود. علاوه بر موارد مذکور در مورد سلامت و کیفیت آب، آب نمک‌زدایی شده به دلیل دارا بودن مواد محلول کم‌دارای هدایت الکتریکی پایین بوده و قابلیت واکنش آن با هوا و فلزات بالاست که این امر می‌تواند باعث خوردگی لوله و اتصالات شبکه توزیع آب گردد و علاوه بر مشکلات خوردگی و پوسیدگی خطوط لوله، بر رنگ، بو و مزه آب تحویلی به مصرف‌کننده تأثیر نامطلوب گذارد.

سازمان جهانی بهداشت (WHO)^۱، تأکید زیادی روی رعایت مقادیر مجاز کلسیم و منیزیم در آب‌های تصفیه شده دارد. همچنین به دلیل وجود مقادیر فراوان عنصر بُر در آب دریا، آب حاصل از آبشیرینکن‌هایی که با روش اسمز معکوس آب دریا را طی فرآیندهای غشایی فرآوری می‌نمایند می‌تواند در صورت عدم استفاده از روش‌های مناسب از حد مجاز بیشتر شود^۲. همچنین چنانچه آب نمک‌زدایی شده حاوی مقادیر غیر مجاز بُر برای اهداف آبیاری مورد استفاده قرار گیرد می‌تواند در محصولات کشاورزی که با این آب آبیاری شده اند ایجاد سمیت نماید. بعلاوه مناسب بودن آب برای آبیاری می‌تواند تحت تأثیر پایین بودن غلظت یون‌هایی مثل کلسیم و منیزیم قرار گیرد که برای رشد گیاه ضروری هستند. در نتیجه، پس از تصفیه غشایی و قبل از ذخیره و توزیع آب برای مصارف شهری نیاز است که آب مناسب شرب گردد.


هدف:

هدف از ارائه این دستورالعمل، فرآوری محصول نهایی تولیدی در سیستم‌های نمک‌زدایی به روش اسمز معکوس جهت ارتقاء کیفیت آب تولیدی به منظور اطمینان از سلامت آب جهت شرب و جلوگیری از صدمه به تاسیسات آبرسانی است.

^۱ World Health Organization ویرایش ۲۰۱۷

^۲ بر اساس استاندارد آب آشامیدنی ایران (استاندارد ۱۰۵۳) حد مجاز بُر (Boron) در آب ۰/۵ ppm و بر اساس استاندارد سازمان جهانی بهداشت (WHO) ۲/۴ ppm است.

<p>نام خانوادگی تصویب‌کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:</p>

<p>تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۶ از ۳۲</p>	<p>دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی</p>	 <p>شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور</p>
---	--	---

دامنه کاربرد:

این دستورالعمل برای ساماندهی واحد‌های تصفیه و نمک‌زدایی با ظرفیت ۵۰۰ متر مکعب در شبانه روز و بالاتر که توسط بخش خصوصی و دولتی ایجاد و بهره‌برداری می‌شود کاربرد دارد. بدیهی است مسئولیت کنترل سامانه نمک‌زدایی آب با بهره‌بردار بوده و نظارت آن با دفتر کنترل کیفیت آب و فاضلاب می‌باشد.

۱ معرفی کلی فرآیند نمک‌زدایی

روش‌های تصفیه متعددی برای نمک‌زدایی از آب دریا ارائه شده است که می‌توان آنها را در دو گروه اصلی فرآیندهای غشایی و فرآیندهای حرارتی طبقه‌بندی نمود. این تقسیم‌بندی بر مبنای ساز و کارهای مورد استفاده در جداسازی جامدات محلول از آب انجام شده است. در فرآیندهای غشایی (اسمز معکوس، نانوفیلتراسیون و الکترودیالیز) برای جداسازی نمک‌های محلول و تولید آب شیرین، از نیروی محرکه الکتریکی یا مکانیکی استفاده می‌شود و در فرآیندهای حرارتی (تقطیر ناگهانی، تقطیر چند مرحله‌ای و تقطیر با تراکم بخار) از فرآیند تبخیر برای تبدیل آب به بخار استفاده شده و با میعان بخار تولیدی، آبی کم‌نمک تولید می‌گردد. به دلیل راندمان بالاتر فرآیندهای غشایی در مصرف انرژی و بهره‌برداری تاسیسات، کاربرد این فرآیندها در مقایسه با فرآیندهای حرارتی، با استقبال بیشتری برای آب شرب همراه بوده است.


در فرآیند نمک‌زدایی به روش اسمز معکوس از یک غشای نیمه تراوا جهت جداسازی آب شور از شیرین استفاده می‌شود. به طور طبیعی، به دلیل وجود « فشار اسمزی » در دو طرف غشاء، جهت حرکت عادی آب از محلول با غلظت پایین تر به سمت محلول با غلظت بالاتر می‌باشد. با اعمال فشار مصنوعی بر روی آب شور، جهت این حرکت عوض شده و نتیجتاً آب شور و نمک در یک طرف غشای نیمه تراوا باقی‌مانده و در طرف دیگر، آب شیرین شده تولید می‌شود. فشار مصنوعی بسته به میزان شوری آب (که بوجود آورنده فشار اسمزی است) تا ۸۰ بار بوده و جنس غشای نیمه تراوا، معمولاً سلولز استات، پلی‌آمید یا پلی‌سلفون می‌باشد. به علت احتمال گرفتگی غشای مورد استفاده، آب خام شوری که وارد دستگاه RO^۱ می‌شود باید عاری از هرگونه مواد معلق، سختی و باکتری بوده و لذا باید فرآیند پیش تصفیه بر روی آن انجام شده باشد. از مزایای سیستم RO می‌توان به مواردی از این قبیل نام برد: در مقایسه با MSF به انرژی کمتری نیاز دارد، به آب خام کمتری نیاز دارد، در واحدهای کوچک‌تر قابل ساخت است، به سرمایه‌گذاری کمتری برای نصب نیاز دارد، عملکرد آن آسان و راه‌اندازی آن سریع است، طراحی آن ساده است، در اکثر موارد تعمیرات و سرویس آن نیاز به خاموشی کل سیستم ندارد. از معایب این سیستم می‌توان به مواردی مانند: نیاز به فرآیند پیش تصفیه تخصصی تر و نیاز به جایگزینی غشاها پس از گذشت چند سال از بهره‌برداری که هزینه بالایی دارد را اشاره نمود.

در یک دیدگاه کلی فرآیند غشایی تبدیل آب خام (آب لب شور و یا شور) به آب شیرین قابل استفاده برای مصرف کننده، به ترتیب شامل مراحل زیر است:

- ۱- بخش پیش تصفیه
در این قسمت آب خام از منبع تامین کننده آن (دریا، چاه ساحلی، چاه لب شور، استخر پساب و ...) استحصال شده و تحت عملیات‌های خاص آماده ورود به مرحله نمک‌زدایی می‌گردد.
- ۲- فرآیند نمک‌زدایی
در این مرحله، آب شیرین از آب شور جدا شده و آماده ورود به مرحله بعد که آماده سازی برای شرب است می‌گردد.
- ۳- فرآیندهای پس تصفیه (تصفیه نهایی)
در بخش پس تصفیه، پارامترهای موثر در کیفیت آب شیرین کنترل شده و با تعدیل املاح معدنی آب و افزودن مواد لازم برای اصلاح کیفیت آن، این آب آماده مصرف می‌شود.

^۱ Reverse Osmosis

<p>نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:</p>

<p>تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۷ از ۳۲</p>	<p>دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی</p>	 <p>شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور</p>
---	--	---


در هر سه قسمت مذکور، رعایت پیش شرط‌های کنترل کیفی و ملاحظات خاص هر بخش به منظور تامین کیفیت محصول نهایی الزامی است.

در بخش‌های آینده، ابتدا تعدادی از اصطلاحات به کار رفته در متن این استاندارد را تعریف می‌نماییم، سپس پارامترهای مهمی که در تامین کیفیت بخش پیش تصفیه که متضمن تولید با کیفیت و پیوسته آب شیرین در فرآیندهای غشایی است مطرح شده و در نهایت به معرفی پارامترهای موثر بر کیفیت آب تولیدی و حدود مجاز آنها و روش‌های دستیابی به استانداردهای مطرح شده می‌پردازیم.

۲ تعاریف و قراردادهای

- (۱) **آب خام^۱**: آب استحصال شده از منبع آب خام قبل از ورود به بخش پیش تصفیه را آب خام می‌نامیم. منابع آب خام عبارتند از: آب دریا، آب‌های سطحی مانند رودخانه‌ها، آب چاه‌های لب شور و ...
- (۲) **محصول^۲**: به آبی که از بخش اصلی فرآیند نمک‌زدایی حاصل شده است قبل از انجام هرگونه فرآیند اصلاح کیفیت و افزودن مواد، محصول گفته می‌شود.
- (۳) **پساب^۳**: به آب بسیار شور تغلیظ شده که پس از استحصال محصول نمک‌زدایی شده باقی می‌ماند پساب گفته می‌شود.
- (۴) **آب شرب^۴**: محصول خروجی از بخش نمک‌زدایی تحت یک سری فرآیندهای اصلاح کیفیت قرار گرفته و املاح و مواد مورد نیاز جهت تامین کیفیت به آن افزوده می‌شود. به آب شیرین نهایی که پس از افزایش مواد لازم مناسب شرب شده آب شرب می‌گوییم.
- (۵) **ثبیت^۵**: به فرآیندهای پس تصفیه انجام شده بر روی محصول جهت دستیابی به آب شرب، ثبیت می‌گوییم. در واقع آب تولیدی نهایی که به کارفرما تحویل می‌گردد آب ثبیت شده یا شرب نام دارد.
- (۶) **فلاکس^۶ (شار)**: میزان آب عبوری از غشاء برحسب متر مکعب در ساعت بر متر مربع.

^۱ Raw water
^۲ Permeate
^۳ Concentrate
^۴ Drinking water
^۵ Stabilization
^۶ Flux

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۸ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
---	--	---

۳ فرایندهای پیش تصفیه

بطور کلی مرحله پیش تصفیه جهت آماده نمودن آب برای ورود به مرحله نمک‌زدایی و با اهداف زیر طراحی می‌گردد:

الف) کاهش مواد معلق و کلئیدی به کمک روشهای انعقاد، لخته‌سازی و فیلتراسیون از قبیل فیلتر بستر دانه‌ای، یا میکرو فیلتر (MF) یا اولترا فیلتر (UF):

ب) اصلاح pH آب

ج) کاهش املاح شیمیایی که میل به رسوب گذاری بالا روی ممبران دارند تا بتوان مدت زمان بهره‌برداری بین دو شستشو را افزایش داده، از کاهش عمر مفید ممبران جلوگیری نمود.

در مواردی فقط افزودن اسید و یا نوعی "بازدارنده ترسیب"^۱ (آنتی اسکالانت) و نصب فیلترهای کارتریج بعنوان پیش تصفیه کفایت می‌نماید و در برخی موارد فرایندهای متعارف تصفیه آب شرب شامل زلال‌سازی به کمک منعقدکننده و ته نشینی، فیلتراسیون مانند فیلترهای چند لایه و یا مخلوط ضرورت پیدا می‌کند. به هرحال آب خام مناسب ممبران اسمز معکوس و نانو فیلتر باید از نظر سیلت^۲، مواد آلی، میکروپها و ترکیبات شیمیایی در شرایط مطلوب باشد تا بتوان بهره‌برداری پیوسته در ظرفیت‌های مورد نظر را تضمین نمود.

۳،۱ پارامترهای لازم جهت کنترل در پیش تصفیه

۳،۱،۱ کدورت

تعریف: کدورت عبارت است از تیرگی یا مبهم بودن یک مایع که توسط جامدات معلق ایجاد شده است که حتی می‌توانند برای چشم غیر مسلح نامرئی باشند. این پارامتر از طریق سنجش میزان نور عبوری از محلول بوسیله دستگاه کدورت سنج اندازه‌گیری می‌شود.

حد مجاز: کدورت مجاز برای ورود به آب شیرین کن باید کمتر از یک NTU ^۳ باشد.

۳،۱،۲ SDI

تعریف: شاخص SDI ^۴ معیاری برای تعیین غلظت کلئیدهای آب خام است که باعث گرفتگی ممبران می‌شود و به همین جهت شاخص گرفتگی هم گفته می‌شود. این شاخص از میزان گرفتگی فیلتر دستگاه سنجش SDI که دارای روزه‌های $۰/۴۵$ میکرومتر است حاصل می‌شود. امروزه دستگاههای تعیین SDI به صورت یک ابزار آزمایشگاهی و یا به صورت نصب و اندازه‌گیری خودکار در تاسیسات آب‌شیرینکن مورد استفاده قرار می‌گیرند.

حد مجاز: SDI آب خام ورودی به فرایند اسمز معکوس باید کمتر از ۲ و برای نانو فیلتر کمتر از ۳ باشد. در تصفیه خانه‌های متعارف که از روشهای پیش تصفیه ساده تری مانند فیلترهای مولتی مدیا (چند بستری) یا روشهای انعقاد و لخته‌سازی و سپس فیلترهای شنی استفاده میکنند، این شاخص می‌تواند به حدود ۵، در آب شیرین کن هایی که از میکرو فیلترها استفاده می‌کنند حدود ۲ و در اولترا فیلترها به حدود $۰/۵$


^۱ Anti-Scalant

^۲ Silt

^۳ Nephelometric Turbidity Unit

^۴ Silt Density Index

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۹ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
---	--	---

می‌رسد. به همین دلیل، در مواردی که کیفیت آب خام نا مطلوب است، استفاده از میکرو فیلترها و اولترا فیلترها برای پیش تصفیه اسمز معکوس مورد توصیه است.

۳،۱،۳ میکروب‌ها

تعریف: رشد میکروب‌ها که نامی کلی‌تر از باکتری‌ها است باعث گرفتگی ممبران‌ها شده و عملکرد آن‌ها را کاهش می‌دهد. به علاوه بعضی از ممبران‌های مورد استفاده در اسمز معکوس و نانو فیلترها که از استات سلولز ساخته می‌شوند تحت تأثیر آنزیم‌های بیولوژیکی تجزیه می‌شوند. مبارزه با این پدیده به نوع ممبران و کیفیت آب خام بستگی دارد زیرا بعضی از اکسیدکننده‌های مصرفی در این مبارزه، مانند کلر، دارای اثرات نامطلوبی روی ممبران بوده و استفاده از آنها فقط در صورتی ممکن است که درست قبل از ورود آب به ممبران تمام کلر باقیمانده در آب با استفاده از مواد خنثی کننده (مانند $SMBS^1$ و SBS^2) از بین رود. برای انتخاب گندزدای مناسب لازم است با سازنده ممبران مشورت شود. در استفاده از اکثر منابع آب زیر زمینی، به دلیل محدودیت تعداد میکروب‌ها در آنها مشکل انسداد بیولوژیکی رخ نمی‌دهد، اما در آب‌های سطحی کاربرد مستمر و متناوب گندزدا برای مبارزه با رشد میکروب‌ها در روی ممبران‌ها ضروری است. گرفتگی ناشی از رشد باکتری‌ها که در گروه گرفتگی‌های فیزیکی قرار دارد مانند انواع دیگر گرفتگی، باعث کاهش و در نهایت کاهش تولید آب شده و نیاز به شستشوی ممبران به دفعات بیشتر را موجب می‌شود.

۳،۱،۴ آهن و منگنز

تعریف: آهن و منگنز اگر به صورت محلول در آب خام باقی بمانند مشکلی در نمک زدایی ایجاد نمی‌کنند ولی در حضور اکسیژن و یا اکسید کننده‌های دیگر (مانند کلر) و در pH های بالا اکسید شده و روی ممبران ترسیب می‌شوند. به علاوه حضور آنها باعث ترسیب بیشتر سیلیس می‌شود. وجود آهن در آب ورودی به RO به سرعت فشار مورد نیاز برای فرآیند اسمز معکوس را افزایش داده و علاوه بر آن TDS محصول را بالا می‌برد.

آهن می‌تواند به دو صورت Fe^{3+} (فریک) و Fe^{2+} (فرو) در آب وجود داشته باشد. فرم محلول آهن، آهن دو ظرفیتی Fe^{2+} (فرو) است که در pH پایین تر از ۶ و عدم حضور اکسیژن قابلیت ترسیب کمی دارد. در اکثر چاههای لب شور، یون آهن به فرم محلول آن وجود دارد که استخراج آب و ورود آن به مخازن ذخیره آب خام باعث اکسید شدن آهن دو ظرفیتی به سه ظرفیتی شده و بدین ترتیب قابلیت رسوب آن روی ممبران افزایش می‌یابد. در آبهای سطحی و آب دریا نیز وجود هوا در آب اجتناب ناپذیر است و یون آهن به فرم اکسید آهن سه ظرفیتی یا هیدروکسید آهن $Fe(OH)_3$ وجود دارد که به شدت باعث گرفتگی فیزیکی ممبرانهای ابتدایی و سل‌های RO^3 می‌گردد. همچنین در مواردی که کلرید فریک ($FeCl_3$) به عنوان منعقد کننده در پیش تصفیه استفاده می‌شود، چنانچه در مراحل قبل از ورود به RO ، حذف آن توسط فیلترهای مسیر پیش تصفیه کامل انجام نشده باشد احتمال ورود آن به بخش نمک زدایی و رسوب آن روی ممبران‌ها بسیار زیاد است. در برخی موارد نیز، وجود آهن باعث رشد و تغذیه باکتریایی با نام باکتری کاهنده آهن^۴ می‌شود که به مرور روی ممبرانها جمع شده و باعث گرفتگی بیولوژیکی^۵ ممبران‌ها می‌گردد.

حد مجاز: حد مجاز ورود آهن و منگنز به ممبران در جدول زیر مشخص شده است:


^۱ Sodium Meta BiSulfide
^۲ Sodium Bisulfide

^۳ Vessels

^۴ Iron-Reducing Bacteria

^۵ Biofouling

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱۰ از ۳۲	دستور عمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

یون	واحد	حد مجاز	توضیحات
<i>Ferrous iron (Fe^{۲+})</i>	mg/L	۰,۵	$pH < ۷$
<i>Ferric iron (Fe^{۳+})</i>	mg/L	۰,۰۵	
<i>Total iron</i>	mg/L	۰,۰۵	
<i>Manganese</i>	mg/L	۰,۰۵	

روش‌های کنترل:

- ۱) کاربرد اکسید کننده مناسب مانند هوادهی، کلر زنی، ازن، و مانند آن و سپس عبور آب از فیلترهای با بستر دانه‌ای متداول و یا کاربرد اکسید کننده پرمنگنات پتاسیم و سپس عبور آب از فیلترهای دارای ماسه‌های سبز^۱ فرآوری شده. در این مورد باید دقت داشت که پرمنگنات پتاسیم خود یک اکسند قوی است که در صورت عبور از پیش تصفیه و رسیدن به ممبرانها، هر ممبران پلی آمیدی را تخریب می‌نماید.
- لذا در انتخاب نوع اکسیدکننده باید نهایت دقت و مطالعه به عمل آمده و بدون عملیات پایلوت هیچگونه تصمیم گیری انجام نشود.
- ۲) انعقاد با استفاده از پلی الکترولیت ها و سپس عبور از فیلترهای شنی چند مرحله ای^۲.
- در این مورد نیز باید احتیاط لازم را به کار برد، چرا که پلی الکترولیت های کاتیونی به دلیل داشتن بار مثبت، گرفتگی بازگشت ناپذیری را در ممبران‌های پلی آمید (که دارای بار منفی ذاتی هستند) موجب می شوند.
- ۳) تنظیم pH بوسیله تزریق اسید و یا باز.
- برای pH ورودی به RO بسته به نوع ممبران باید با کارخانه سازنده ممبران مشورت شود.
- ۴) افزودن انواع ضد رسوبها (آنتی اسکالانت) به عنوان بازدارنده ترسیب آهن و منگنز.
- ۵) سختی گیری کاتیونی و آنیونی که همزمان کلسیم و منیزیم آب را نیز کاهش می‌دهد.
- ۶) کمپلکس های آهن و منگنز، برای مثال کمپلکس آنها با هیومیک اسیدها^۳ بسیار سخت حذف می‌شوند و در صورت وجود چنین ترکیباتی در آب خام ورودی به سیستم، پیش تصفیه مشکل و سختی پیش بینی میشود که شاید حتی با به کارگیری سیستم اولترا فیلتراسیون نیز نتواند حذف کامل این ترکیبات را موجب شود و کنترل SDI نیز سخت گردد. در این موارد نادر، اکسیداسیون آب خام با ازن یک راه حل مناسب خواهد بود.

*** توجه شود که اگر در ساخت تاسیسات بالا دست ممبران‌ها از مصالح فلزی قابل زنگ زدن استفاده شود، با توجه به قدرت خوردگی آب‌های شور، خطر خوردگی و انتقال محصولات حاصل از خوردگی از جمله اکسید آهن به روی ممبران‌ها وجود خواهد داشت. لذا از کاربرد مصالح مستعد به خورده شدن در بالا دست ممبران‌ها باید اجتناب نمود. جنس مواد توصیه شده برای استفاده در لوله و اتصالات انتقال آب شور به واحدهای نمک زدایی FRP ^۴، پلیمری یا استیل ضد زنگ می‌باشد.


^۱ Manganese Green-sand Filters

^۲ Multi-Media Filters

^۳ Humic Acids

^۴ Fiber Reinforced Polymer

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱۱ از ۳۲	دستور عمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

۳،۱،۵ مواد آلی

تعریف: ترکیبات آلی چنانچه به حالت معلق و کلوئیدی باشند می‌توانند با ایجاد گرفتگی، فلاکس^۱ ممبران را کاهش داده و تعداد دفعات شستشو را افزایش دهند و در حالت های شدیدتر باعث افت عملکرد ممبرانها به طور بازگشت ناپذیر گردند. این در حالی است که مواد آلی محلول کمتر روی این ممبران‌ها اثر دارند تا جایی که در برخی صنایع، حتی از ممبران‌های نانو و اسمز معکوس برای حذف مواد آلی محلول در آب مانند رنگ های طبیعی استفاده می‌شود. پارامتر تعریف شده رایج برای اندازه گیری مواد آلی معلق TOC می‌باشد. این پارامتر در اصل مقدار کل کربن موجود در ترکیبات آلی را اندازه گیری می نماید. معمولاً در آبهای طبیعی، مقدار TOC بین ۰/۵ تا ۲۰ میلی گرم بر لیتر است که شامل ترکیبات هیومیک می‌باشد.

حد مجاز: حد مجاز مواد آلی آب بر حسب TOC ۳ میلی گرم در لیتر است.

روش‌های کنترل: در تصفیه متعارف آب‌ها با کاربرد مواد منعقدکننده مانند هیدروکسیدها یا سایر منعقد کننده ها و سپس لخته سازها و در نهایت رسوب دهی می‌توان مواد آلی آب خام را کاهش داد. در موارد تخصصی تر، استفاده از اولترا فیلترها و یا فیلترهای کربن فعال که ویژه حذف مواد آلی هستند توصیه می‌گردد. کاربرد کلر نیز به صورت $HOCl, OCl^-$ و حفظ آن در آب تحت شرایطی می‌تواند بسیار موثر باشد. اما با توجه به اینکه اغلب ممبرانهای اسمز معکوس نسبت به دو اکسید کننده بالا آسیب پذیر هستند، توصیه اکید می‌شود با توجه به مشخصات فنی اعلام شده توسط سازنده در مورد کاربرد کلر و یا هرگندزای دیگر تصمیم گیری شود.

۳،۱،۶ pH

ممبرانهای ساخته شده از پلی آمیدها در آب با pH حدود ۱۰-۴ صدمه نمی بینند. این ممبران ها حتی تغییرات بیشتر pH را به صورت کوتاه مدت و مقطعی تحمل می‌کنند. اما ممبران‌های ساخته شده از استات سلولز معمولاً برای آب با pH در حدود ۷/۲-۴ ساخته شده اند و در صورت تغییر pH در خطر تجزیه قرار می‌گیرند. بسیاری از ممبران‌های ساخته شده از پلی سولفون و پروپیلن طیف وسیع‌تری از pH را تحمل می‌کنند^۳. کارایی میکروفیلترها و اولترا فیلترهای غیر آلی تحت تاثیر pH قرار نمی‌گیرد.

۳،۱،۷ دما

تعریف: دمای آب خام ورودی به فرایند اسمز معکوس روی عملکرد ممبران ها تاثیرات متعدد زیر را دارد:

- عمر مفید و خصوصیات مواد آن را دچار تغییر می‌کند؛
- بدلیل تغییر ویسکوزیته و دانسیته آب، عملکرد هیدرولیکی ممبران تغییر می‌یابد.
- بدلیل تاثیر روی درجه حلالیت عناصر فلزی و سیلیس، انتخاب درصد بازیافت را تحت تاثیر قرار می‌دهد.


لذا توصیه کارخانه سازنده در مورد درجه حرارت آب خام باید رعایت گردد. در واقع دما از اولین اطلاعاتی است که باید به سازنده و یا فروشنده ممبران داده شود تا پیشنهاد معقولی دریافت گردد. لذا مطالعات مربوط به تغییر درجه حرارت آب خام یکی از مهمترین بخش های کار طراحی واحدهای آب شیرین کن است. در بسیاری از ممبران‌های ساخته شده از استات سلولز با افزایش دمای آب خام نرخ هیدرولیز و یا تجزیه ممبران ها افزایش یافته و لذا عمر مفید ممبران کاهش می‌یابد. به علاوه با افزایش دمای آب فرایند فشردگی ممبران هم در دماهای بالاتر کمتر شده و نرخ فلاکس افزایش می‌یابد.

^۱ Flux

^۲ Total Organic Carbon

^۳ pH عملیاتی برای ممبرانهای پلی سولفون ۱-۱۳ و برای ممبرانهای پلی پروپیلن ۲-۱۴ است.

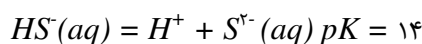
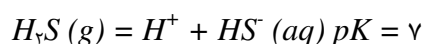
نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱۲ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

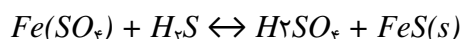
محدوده مجاز: حداکثر گرمای قابل تحمل ممبران‌های استات سلولز مورد استفاده در اسمز معکوس آب‌های شور دریا حدود ۴۰-۳۵ درجه سانتیگراد است. ممبرانهای پلی آمیدی مورد استفاده در اسمز معکوس دماهای ۵۰-۴۰ درجه سانتیگراد را تحمل می‌کنند اما عمر مفید آنها به سرعت کاهش می‌یابد. هم چنین تجربه شده است که با کاهش درجه حرارت به دلیل افزایش ویسکوزیته و دانسیته آب سطح بیشتری از ممبران برای تولید آب به میزان لازم، مورد نیاز است. علاوه بر آن، در دماهای پایین تر میزان شوری آب تولیدی کمتر خواهد بود.

۳،۱،۸ سولفید هیدروژن

تعریف: سولفید هیدروژن گازی است بی رنگ با بوی بسیار نامطبوع شبیه به تخم مرغ گندیده که در بسیاری از آب‌های زیرزمینی لب شور یافت می‌شود. سولفید هیدروژن در آب با توجه به معادلات زیر تفکیک می‌شود:




پیش تصفیه معمولی (افزودن اسید، بازدارنده های رسوب (آنتی اسکالانت)، فیلتراسیون و کارتریج) سولفید هیدروژن را حذف نخواهد کرد و همینطور فرآیند غشایی قادر به این کار نخواهد بود و سولفید هیدروژن از غشاء به عنوان یک گاز نفوذ خواهد کرد. در pH های پایین تر از ۵/۵ تمامی سولفید هیدروژن موجود در آب به صورت گاز می باشد. در این حالت سولفید هیدروژن آسیدی به ممبرانها نمی‌زند و می‌توان پس از تولید، آن را از آب شیرین نهایی حذف نمود. هوادهی و اکسیداسیون دو روش اصلی برای حذف سولفید هیدروژن هستند. چنانچه قبل از ورود آب حاوی یونهای گوگرد به RO این یونها از آب جدا نشوند و pH نیز به اندازه کافی پایین نباشد ترکیبات پیچیده پلی سولفیدی (گوگرد کلونیدی) و گوگرد عنصری بوجود آمده طبق معادلات فوق می توانند خود را به صورت کدورت نشان داده و به دلیل قابلیت چسبندگی بالا به سطح ممبرانها موجب گرفتگی بازگشت ناپذیر غشاء گردند. همچنین نمک‌های فلزی از قبیل سولفات آهن می توانند در حضور سولفید هیدروژن طبق واکنش زیر موجب تشکیل سولفیدهای فلزی شده و رسوبات سیاه رنگی را در لوله و اتصالات و روی ممبران‌ها بر جای گذارند. گرفتگی ممبران‌ها بر اثر سولفیدهای فلزی موجب کاهش تولید و افزایش شوری محصول می‌شود.



محدوده مجاز: حد مجاز ورود سولفید هیدروژن به RO در pH های بالای ۵/۵ برابر 0.1 ppm می باشد.

روش های کنترل: از آنجا که در pH برابر ۷ فقط ۵۰ درصد سولفید هیدروژن در شکل گاز وجود دارد، برای حذف بیشتر سولفید هیدروژن، تنظیم pH به طور معمول برای بهبود بهره وری حذف این ماده انجام می‌گردد. pK ، برای سولفید هیدروژن ۷ است به طوری که گاز سولفید هیدروژن را می‌توان به طور کامل با pH های زیر ۶/۳ بدون ایجاد کدورت (گوگرد عنصری) حذف نمود. در این حالت، تمام دی اکسید کربن در آب تصفیه شده نیز حذف خواهد شد. برای این کار، با پایین آوردن pH و سپس هوادهی یا کلر زنی (یا استفاده از سایر اکسید کننده ها از قبیل ازن یا پرمنگنات) و یا تلفیقی از این دو شرایط اکسیداسیون سولفید هیدروژن و تبدیل آن به کدورت را فراهم آورده و سپس با استفاده از فیلترهای کربن فعال یا اولترافیلتراسیون جداسازی کلونیدهای تشکیل شده را انجام داد.

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱۳ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

۴ فرایندهای پس تصفیه (تصفیه نهایی)

طبق آنچه مطرح گردید، محصول فرآیندهای غشایی RO ، NF ^۱ و EDR ^۲ که برای تامین آب آشامیدنی استفاده می‌شود، با استانداردهای آب آشامیدنی مانند رهنمود WHO یا استانداردهای (1053^3) ، (20704^4) و (20705^5) مطابقت نداشته و با توجه به پایین بودن TDS و سختی آب تولیدی، این آب نامطلوب برای شرب و خورنده بوده و معمولاً نیاز به نوعی پس تصفیه یا تصفیه نهایی دارد. این تصفیه اضافی می‌تواند شامل چندین فرآیند مختلف باشد. قبل از انجام طراحی و انتخاب فرآیندهای پس تصفیه، درک کاملی از استانداردها و دستورالعمل‌های کاربرد خاص آب مورد نظر لازم است. نیاز به تصفیه پس از فرآیندهای غشایی به طور کلی بستگی به عوامل متعددی دارد که می‌تواند با توجه به کیفیت آب به سه دسته کلی تقسیم شود:

- اثرات سلامت عمومی، قابلیت شرب و مطلوبیت برای مصرف کننده (رنگ، بو، طعم و مزه)
- پایداری شیمیایی
- ثبات میکروبیولوژی

دو عامل اول مربوط به کنترل پارامترها و مواد شیمیایی موجود در آب است که طی فصل حاضر تحت عنوان دو بخش تثبیت شیمیایی آب و کنترل خوردگی بررسی می‌گردد. باید توجه داشت که چنانکه خواهیم دید مبحث کنترل خوردگی ارتباط مستقیمی با مبحث ثبات شیمیایی آب داشته و برخی از پارامترهای مطرح جهت تنظیم مواد موجود در آب در واقع به منظور کنترل خوردگی آب نیز مورد توجه قرار می‌گیرند. در انتها، ثبات میکروبیولوژی به عنوان عامل سوم در قالب مبحث گند زدایی مطرح می‌گردد.

در هنگام بررسی پس تصفیه، شرایط پیش تصفیه و منبع آب خام مورد استفاده نیز باید مورد بررسی قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود چگونه پیش تصفیه (مانند افزودن اسید یا حذف گازهای محلول در آب) کیفیت آب آشامیدنی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. فرایندهای پس تصفیه برای تامین کیفیت آب آشامیدنی به طور کلی شامل تنظیم پارامترهای شیمیایی آب از طریق حذف یا جلوگیری از تشکیل مواد سمی یا نامطلوب در آب، تغییر کیفیت آب برای کنترل خوردگی و افزودن مواد شیمیایی برای گندزدایی است. موارد مورد توجه هنگام اقدام به فرایند پس تصفیه عبارتند از pH (که بستگی به ظرفیت بافر و قلیابیت بی کربنات دارد)، قلیابیت، کلسیم، سولفات، کلرید، اکسیژن محلول، بور، کل مواد جامد محلول و شاخص‌های خوردگی برای پس تصفیه، که بسته به نوع کاربرد و منبع آب تنظیم می‌شوند.

همچنین، پیوست ۱ خلاصه ای از فعالیت‌های رایج اعمال شده در پس تصفیه محصول فرآیند نمک زدایی غشایی را بر اساس منبع آب خام مورد استفاده ارائه نموده است.

۴.۱ تثبیت شیمیایی آب نمک زدایی شده

جریانهای آب تولید شده از فرایندهای نمک زدایی آب لب شور و آب دریا در درجه اول یک محلول رقیق از کلرید سدیم هستند. برای تامین سلامت و ثبات شیمیایی آب و جلوگیری از خوردگی^۶ سیستم‌های انتقال و توزیع و نیز لوله کشی داخلی ساختمان‌ها، پس از نمک زدایی، بازگرداندن مقداری از یونهای لازم همچون سختی کلسیم و قلیابیت بی کربنات به آب ضروری است. در بسیاری از موارد، پس از

^۱ Nano-Filtration

^۲ Electrodialysis-Reversal


^۳ استاندارد ملی آب آشامیدنی ایران، ویرایش سوم، سال ۱۳۸۹

^۴ استاندارد ملی آب آشامیدنی نمک زدایی شده در سامانه‌های صنعتی و خانگی - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، ویرایش اول، سال ۱۳۹۴

^۵ استاندارد ملی آب آشامیدنی نمک زدایی شده در سامانه‌های صنعتی و خانگی - ویژگی‌های میکروبی، ویرایش اول، سال ۱۳۹۴

^۶ انحلال فلزات سازنده لوله‌ها در آب

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱۴ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

تصفیه، همچنین حذف دی اکسید کربن به منظور بالا بردن pH حذف سولفید هیدروژن در صورت لزوم و اضافه کردن فلوراید، که در طول فرایند نمک زدایی حذف می شوند، لازم است.

یکی دیگر از روش های استفاده شده، ترکیب آب نمک زدایی شده با منبع آب شور است. تنها تثبیت جزئی می تواند از طریق اختلاط آب نمک زدایی شده با آب های معدنی غنی از یون از قبیل آب های زیرزمینی یا دریایی به دست آید. این موضوع می تواند به بهبود کیفیت آب از لحاظ طعم، رنگ و بو آب کمک کند.

در این بخش کلیه پارامترهای مطرح در بحث تثبیت شیمیایی آب و مواد لازم جهت افزودن یا حذف از آب بررسی می گردد.

۴.۱.۱ pH

تعریف: مطالعات مختلفی برای وابستگی اثر pH بر خوردگی لوله ها انجام شده است. pH در یک سیستم به طور مستقیم با قلیائیت، Ca_2 و پتانسیل رسوب کربنات کلسیم یا $CCPP$ ^۱ ارتباط دارد. pH ظرفیت بافری منابع آب را تعیین می کند. هنگامی که آب های منابع مختلف اختلاط می یابند، پایداری شیمیایی این مخلوط به طور قابل توجهی با ظرفیت بافر بودن آب های اصلی تعیین می شود.

حد مجاز: محدوده مجاز pH بر اساس استاندارد ۲۰۷۰۴ ایران بین ۷ تا ۸٫۵ می باشد.

روش های کنترل: تنظیم pH با افزودن مواد شیمیایی مانند آهک، کربنات سدیم، هیدروکسید سدیم، هیدروکسید پتاسیم و دی اکسید کربن انجام می شود. تنظیم pH اغلب مناسب برای آب های منبع با سختی کم و متوسط و قلیائیت (از ۸۰ تا ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر $CaCO_3$) است. این روش تصفیه اغلب به جای ترسیب کربنات کلسیم استفاده می شود. بعضی از نگرانی ها در مورد تنظیم pH عبارتند از:

- پتانسیل بالا برای تشکیل تری هالو متان ها^۲ در pH با مقادیر بالاتر از ۸٫۱
- افزایش تولید سایر محصولات گند زدایی در مقادیر pH بالاتر از ۷٫۸
- کاهش کارایی گندزدایی کلرآمین با pH کمتر از ۷٫۸
- پتانسیل بالا برای ترسیب کربنات کلسیم در سیستم های توزیع در pH بالاتر از ۷٫۹

۴.۱.۲ قلیائیت

تعریف: قلیائیت در آب، عبارت است از قابلیت خنثی سازی یک محلول با افزودن اسید. مزیت اصلی تنظیم قلیائیت، افزایش ظرفیت بافری آب است. این امر به جلوگیری از نوسانات گسترده در pH در سراسر سیستم توزیع و کاهش میزان خوردگی کمک می کند.

شبهه تاثیر قلیائیت بر pH آب در معادله زیر نشان داده شده است:


$$Alkalinity = 2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [OH^-] + [H^+]$$

با دقت در معادله فوق در می یابیم که قلیائیت به سه پارامتر غلظت بیکربنات، کربنات و هیدروکسید (pH) بستگی دارد. تاثیر پذیری قلیائیت و pH از هم به این صورت است که برای مقدار pH مشخص، هرچه قلیائیت بالاتر رود، توانایی آب برای مقاومت در برابر تغییر

^۱ Calcium carbonate precipitation potential

^۲ Trihalomethans

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

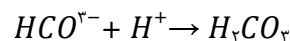
تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱۵ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

pH در اثر ورود یون های H و OH به آب بالاتر می‌رود. در قلیائیت بالاتر، غلظت کربن محلول معدنی^۱ بیشتر به سمت گونه های کربناته نزدیک می‌گردد. آب محصول نمک زدایی قبل از تثبیت قلیائیت (چه خاصیت رسوبگذاری داشته باشد و چه خورنده باشد) می تواند در سیستم توزیع دچار نوسانات pH شود. به ویژه اگر کلر به عنوان گندزدا در سیستم وجود داشته باشد و با اجزای موجود در آب واکنش بدهد. در نتیجه چنانچه قلیائیت تثبیت شود، با تغییرات pH پس از تصفیه، از وقوع آب قرمز^۲ در خطوط لوله (که نشان از خوردگی خطوط توزیع است) جلوگیری می‌شود.

معایب افزایش قلیائیت:

- سرمایه و هزینه عملیات و نگهداری
- قلیائیت بیش از حد در جایی که کلسیم حضور دارد می‌تواند باعث افزایش ترسیب کربنات گردد.
- قلیائیت بیش از حد، در سطوح بالاتر pH می‌تواند آزاد سازی فلز سرب و مس (که در ساخت لوله ها به کار می‌روند) را در خطوط لوله تسریع کند.

چنانچه در محصول CO_2 کافی وجود داشته باشد، قلیائیت بی کربنات مورد نظر در محصول نهایی با تبدیل دی اکسید کربن (که از یون بی کربنات تشکیل شده)، حاصل خواهد شد. از آنجایی که دی اکسید کربن از طریق غشا عبور می‌کند، مقدار مورد نظر قلیائیت در آب محصول را می‌توان به وسیله اسیدی کردن مقدار مورد نظر، عبور آن از طریق غشاء و اضافه کردن مقدار مطلوب باز برای تبدیل دی اکسید کربن به شکل اولیه بی کربنات، بهبود بخشید. واکنش ها در معادلات ذیل نشان داده شده است.



حد مجاز: حفظ قلیائیت در آب شرب بین یک تا یک و نیم میلی اکی والان یا معادل قلیائیت، ۳۰ تا ۶۰ میلی گرم بر لیتر برحسب کربنات کلسیم، مطلوب می‌باشد^۳.

حتی با افزایش قلیائیت هیدروکسید لازم است که پارامترهایی همچون pH ، قلیائیت غیر کربناتی، قلیائیت کربنات و بیکربنات تغییر یابند. به گونه ای که شرایطی فراهم شود که در آن کربنات کلسیم رسوب کرده و یک محیط بافری مناسب برای جلوگیری از تغییرات pH در داخل سیستم ایجاد شود.

روش‌های کنترل: روشهای پس تصفیه که برای بازیافت یا افزایش قلیائیت در آب نمک زدایی شده استفاده می‌شود عبارتند از:


- افزودن هیدروکسید سدیم یا آهک به آب حاوی اسید کربنیک.
- اضافه کردن اسید کربنیک و سپس اضافه کردن هیدروکسید سدیم یا آهک
- اضافه کردن کربنات سدیم

^۱ Dissolved Inorganic Carbon که شامل گونه های کربن به فرم های دی اکسید کربن، اسید کربنیک، آنیون های کربنات و بی کربنات است و با نام total inorganic carbon نیز شناخته می‌شود.

^۲ Red Water: آبی که رنگ آن به دلیل وجود زنگار متمایل به قرمز شده است.

^۳ هر میلی اکی والان قلیائیت معادل ۵۰ میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم است.

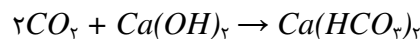
نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱۶ از ۳۲	دستور عمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	---	---

- افزودن بی‌کربنات‌های کلسیم و سدیم
- افزودن کربنات کلسیم از طریق استفاده از کنتاکتورهای آهکی
- اضافه نمودن هیدروکسید پتاسیم
- افزودن دی‌اکسید کربن (کربناته کردن مجدد)^۱

در این میان افزودن بی‌کربنات سدیم برای تنظیم قلیاییت ترجیح داده می‌شود. کربناته کردن مجدد نیز به فرآیند افزودن قلیاییت بی‌کربناتی و کربناتی به منظور تثبیت آب اشاره دارد. این فرایند برای تولید LSI^2 مثبت به منظور جلوگیری از خوردگی در لوله‌ها است.

تجزیه آهک توسط دی‌اکسید کربن در معادله زیر نشان داده شده است:



روش متداول برای افزودن مجدد یون‌ها در صورت انحلال سنگ آهک توسط دی‌اکسید کربن براساس معادله زیر است:



این روش، که عمدتاً به دلیل مزایای اقتصادی بیشتر استفاده می‌شود، آبی با pH برابر pH_s^3 تولید می‌کند. استفاده از سنگ آهک به جای آهک به طور کلی ارزان‌تر است.

نگرانی‌ها در تنظیم کربنات کلسیم عبارتند از:

- رسوب یک فیلم حفاظتی یکنواخت در سراسر سیستم توزیع برای جلوگیری از خوردگی
- کاهش ظرفیت هیدرولیک خطوط آب
- ترسیب در سیستم‌های مکانیکی، مانند دیگهای بخار و آب گرم کن‌ها.

۴.۱.۳ سختی

تعریف: سختی آب عمدتاً به دلیل وجود دو ماده کلسیم و منیزیم که از مواد معدنی مهم لازم برای سلامت انسان هستند می‌باشد. همچنین به دلیل تاثیر کلسیم بر رسوب فیلم کربنات کلسیم در سطوح لوله‌های سیستم توزیع آب این پرامتر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

ارتباط بین کلسیم، بی‌کربنات و pH طبق معادله زیر بیان می‌شود:


$$pH_s = pK_2 + pK_{sp} + pCa + pHCO_3^-$$

که در آن، p تابعی است که به صورت $-log$ هر پارامتر تعریف می‌گردد و باقی پارامترها عبارتند از:

^۱ Recarbonation

^۲ Langelier Saturation Index این پارامتر در بخش خوردگی تشریح خواهد شد
^۳ pH اشباع

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره‌برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱۷ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

$$pH = pH_s \text{ اشباع} -$$

$$K_2 \text{ ثابت اسیدی مرحله دوم اسید کربنیک} -$$

$$K_{sp} \text{ ثابت حاصلضرب حلالیت کربنات کلسیم} -$$

حد مجاز: حداکثر مطلوب سختی طبق استاندارد ۱۰۵۳ برابر ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر و حد اکثر مجاز برابر ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر است.

روش‌های کنترل: مخلوط کردن با منابع آب محلی شیرین یا استفاده از سیستم کنارگذر^۱ آب خام در فرآیند غشایی می‌تواند به افزایش سختی آب محصول کمک کند، با این حال، هنگامی که غلظت کلرید یا سدیم در آب مخلوط خام یا سایر منابع بالا باشد، توانایی اختلاط آن محدود است. در این موارد بهترین گزینه افزودن آهک به آب نمک زدایی شده است تا علاوه بر تنظیم pH ، کلسیم و قلیائیت را به صورت هیدروکسید فراهم نماید. اگر آهک برای افزایش سختی در پس تصفیه مورد استفاده قرار گیرد، ممکن است نیاز به انحلال مجدد آهک باقی مانده وجود داشته باشد. این امکان وجود دارد که انحلال مجدد آهک رسوب کرده در انتهای سیستم تصفیه رخ دهد که این موضوع باید مدنظر قرار گیرد.

۴،۱،۴ اکسیژن محلول

غلظت اکسیژن آب می‌تواند اثرات متفاوتی بر خوردگی آهن داشته باشد. میزان خوردگی با افزایش اکسیژن محلول افزایش می‌یابد. اکسیژن محلول در مقادیر پایین می‌تواند به فرآیندهای میکروبی بی‌هوازی در خطوط لوله منجر شود و ایجاد بوی های نامطلوب نماید. اکسیژن حل شده همچنین عامل بافری کردن یون ها، از جمله فسفات ها برای مهار خوردگی است. یکی از دلایل بالا بودن اکسیژن محلول در آب محصول نمک زدایی استفاده از روشهای هوادهی در پیش تصفیه است. در صورتی که در پیش تصفیه از روشهایی مانند هوادهی در ستون آب جهت اکسیداسیون یونهای خورنده استفاده شود، یا جهت حذف کدورت از سیستم های DAF ^۲ با قابلیت تولید حباب های ریز استفاده شده باشد، آب ورودی به بخش نمک زدایی می‌تواند آب سفید^۳ باشد. این آب زمانی مشکل ساز می‌شود که بر اثر تحت فشار قرار گرفتن در پمپ، اکسیژن آن اشباع شده و این اکسیژن اشباع در محصول آزاد شده، در لوله اتصالات پایین دست سبب خوردگی شود.

۴،۱،۵ ملاحظات پس تصفیه

۴،۱،۵،۱ ملاحظات پس تصفیه آبهای لب شور

در مورد آب تولیدی در سیستم های RO و F ، گازهای نفوذی مانند دی اکسید کربن، سولفید هیدروژن و متان (در صورت وجود) در مرحله قبل از تنظیم نهایی pH و گند زدایی حذف می‌شوند. حذف این گازها به طور معمول توسط عاری سازی^۴ در ستون آکنده^۵ انجام می‌شود. در اکثر موارد، دی اکسید کربن باید به منظور تثبیت آب محصول RO حذف گردد. اگر سولفید هیدروژن موجود باشد، معمولاً برای کنترل بو و کاهش مقدار گندزدایی کننده (به عنوان مثال کلر) عمل هوازدایی آب محصول انجام می‌شود.

پس تصفیه آبهای لب شور پس از نمک زدایی به قرار زیر می‌باشد:


^۱ By-pass

^۲ Dissolved Air Flootation

^۳ White Water: منظور آبی است که بر اثر دمیدن هوا یا اکسیژن دارای حباب های ریز معلق گردیده که رنگ آب را به سفید تغییر داده اند.

^۴ Stripping

^۵ Packed Column

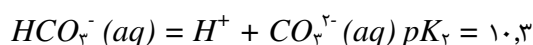
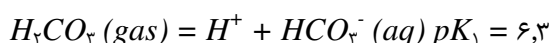
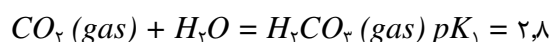
تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱۸ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

۱. حذف دی اکسید کربن (*degasification* یا *decarbonation*)

۲. حذف سولفید هیدروژن (عاری سازی) و کنترل بو
۳. بازیابی قلیابیت، تنظیم *pH*، تثبیت و کنترل خوردگی
۴. گندزدایی

۴،۱،۵،۱،۱ دی کربناسیون:

دی اکسید کربن حل شده (یا " CO_2 " آزاد") به طور طبیعی در بسیاری از منابع آب، به ویژه در آب های زیرزمینی وجود دارد. دی اکسید کربن آزاد فشار بار یونی را بر روی روش های حذف یونی مانند بستر رزین آنیونی، سیستم های یون زدایی پیوسته^۱ افزایش می دهد و اگر به درستی حذف نشود، می تواند عامل خوردگی داخلی در سیستم های توزیع فلزی باشد. دی اکسید کربن به راحتی از آب حاصل از سیستم های تصفیه آبهای لب شور با استفاده از هوادهی حذف می شود که اغلب به عنوان *degasification* یا *decarbonation* یاد می شود. *pH* آب محصول تعیین می نماید که چه مقدار دی اکسید کربن برای حذف از آب در دسترس است. تعادل بین یون های بی کربنات و دی اکسید کربن تابعی از *pH* است. در *pH* تقریباً ۴/۵، تمام دی اکسید کربن محلول در آب به صورت یک گاز موجود است. در *pH* برابر با ۸/۵، تمام دی اکسید کربن یونیزه می شود. به همین علت، دی کربناسیون در هوا تنها در *pH* پایین (با کاهش *pH* ناشی از فرایند قبلی (یا افزودن اسید) موثر است. دی اکسید کربن در تعادل با دیگر گونه های کربنات موجود در معادلات زیر تعریف شده است:



۴،۱،۵،۲ ملاحظات پس تصفیه آب دریا


آب محصول تثبیت نشده حاصل از تاسیسات نمک زدایی آب دریا برای سیستمهای لوله کشی، انتقال، منابع ذخیره و تاسیسات بسیار مهاجم و خورنده است. راههای زیادی برای افزایش مواد معدنی و ظرفیت بافری آب تولیدی از آب شیرین کن های آب دریا با هدف تولید یک آب با خاصیت بافری و *pH* مناسب که *LSI* اندکی مثبت را ایجاد کند وجود دارد. فیلتر آهک و سنگ آهک و نیز استفاده از دی اکسید کربن اغلب به منظور دی کربناسیون آب استفاده می شود. با این حال، استفاده از آهک هیدراته می تواند منجر به تشکیل بیش از حد کدورت آب محصول شود.

بعلاوه استفاده از آهک هیدراته برای آب محصولی که دارای پتانسیل بافری پایینی است فرایند را با مسائل دیگری روبرو می سازد از جمله تغییرات در *pH* و *LSI* در سیستمهای توزیع آب. استفاده از ۳ درصد محلول آهکی در این مورد مفید گزارش شده است. در صورتی که به عنوان یک بخشی از پیش تصفیه، آب خوراک ورودی به آب شیرین کن اسیدی گردد در این حالت دی اکسید کربن در آب وجود خواهد داشت و فرض می شود که اسیدی کردن برای کنترل ترسیب کربنات کلسیم استفاده شده است. بنابر این انتخاب نوع پس تصفیه بستگی به نوع روش نمک زدائی و شرایط کاری سایت دارد.

روش های دیگری نیز برای پس تصفیه آب نمک زدایی شده دریا به شرح زیر توصیه شده است:

^۱ Continues di-ionization

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

<p>تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۱۹ از ۳۲</p>	<p>دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی</p>	 <p>شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور</p>
--	--	---

- اضافه کردن دی اکسید کربن و آهک بیش از حد؛
 - فیلتراسیون دی اکسید کربن به آب محصول به وسیله کنتاکتورهای بستر سنگ آهک.
 - کربنات سدیم و آهک هیدراته؛
 - استفاده از بی کربنات سدیم و سولفات کلسیم
 - استفاده از بی کربنات سدیم و کلرید کلسیم
 - مخلوط کردن با منبع آب با شوری کم یا مخلوط کردن با آب کنارگذر^۱
- کافی سازی مجدد را می‌توان به چهار گروه فرایندی زیر دسته بندی نمود:

- افزودن مواد شیمیایی بدون افزایش آهک یا سنگ آهک.
- افزایش دی اکسید کربن و به دنبال آن تماس با بستر سنگ آهک به منظور انحلال دولومیت.
- افزودن اسید کربنیک و به دنبال آن تزریق آهک،
- اختلاط با آب حاوی مقادیر زیاد مواد معدنی.

۴,۱,۵,۳ ملاحظات نظارتی

برای مثال آب شیرین کن باید غلظت نمک آب دریا را (حدود ۳۲ درصد شوری) به یک استاندارد قابل قبول آب آشامیدنی کاهش دهد^۲. علاوه بر این، مقررات مربوط به سیستم توزیع آب نیز باید مورد توجه قرار گیرد که شامل قاعده سرب و مس (LCR)^۳، ماده گندزدایی کننده، محصولات جانبی حاصل از گندزداها^۴ (DBP)، و قاعده توتال کلیرم^۵ (TCR) است.

بررسی کنترل سرب و مس در شبکه توزیع مصرف کنندگان کار ساده ای نیست زیرا که عوامل دیگری علاوه بر LCR (مانند اثر محصولات جانبی گندزدایی، کلیرم کل) وجود دارند که به طور همزمان اتفاق می افتد و می تواند روی میزان انحلال سرب و مس تاثیر داشته باشد.

۴,۱,۵,۴ ملاحظات مربوط به اختلاط :

اختلاط آب خام پیش تصفیه شده با آب محصول، می‌تواند به تثبیت آن کمک کند و در نتیجه تاثیر مسائل پیشتر ذکر شده را کاهش دهد. اما نیاز به گندزدایی آب خام پیش تصفیه شده قبل یا بعد از اختلاط وجود دارد. این روش یکی از روش های متداول تثبیت آب محصول است.

۴,۱,۵,۴,۱ نسبت های اختلاط :

نسبت های اختلاط را می‌توان با معادله موازنه جرم محاسبه کرد. هنگام ترکیب آب از منابع متعدد، بهتر است از یک روش چند منظوره برای ارزیابی ترکیب مطلوب برای یک سیستم توزیع خاص استفاده شود. آب مخلوط شده (کنار گذر) برای افزایش قلیابیت تا میزان مورد


^۱ By-pass : منظور از کنار گذر یا بای پاس نمودن، اختلاط مقداری از آب خام پیش تصفیه شده با آب محصول نمک زدایی جهت اصلاح کیفیت محصول نهایی است.

^۲ طبق استاندارد ۱۰۵۳ حد مطلوب TDS (کل مواد جامد محلول) برابر ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر است که این عدد میتواند بسته به قرارداد و نظر کارفرما برای هر سایت متفاوت باشد.

^۳ USEPA Lead and Copper Rule LCR توسط USEPA به عنوان یک روش برای کاهش سرب و مس در آب آشامیدنی اعلام شده است.

^۴ Disinfection By- Products
^۵ Total coliform Rule

<p>نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:</p>

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲۰ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

نیاز، باعث افزایش خوردگی اجزای مس و سرب می‌شود، اما خوردگی اجزای آهن را کاهش می‌دهد. در صورت افزایش سولفات به منظور کاهش خوردگی مس با افزایش خوردگی اجزای آهن مواجه می‌شویم. این خصیصه‌های متضاد نشان می‌دهد که ابزار حفظ سیستم توزیع نیاز به شناسایی مخلوط لازم برای سیستم خاص مورد نظر است.

علاوه بر این، مخلوط کردن آب محصول با آبهای بومی برای مقاصد پس تصفیه می‌تواند با مقدار غلظت آهن و منگنز موجود در آب بومی محدود شود، زیرا این ترکیبات می‌توانند طعم، بو و لکه ایجاد کنند. علاوه بر این، اگر آب بومی به عنوان منبع آب کنار گذر از مواد معدنی تشکیل شده باشد، می‌تواند بر تولید مواد جانبی حاصل از گند زدایی در آب شرب تاثیر بگذارد. آزمایشات لازم برای کنترل کیفیت آب کنار گذر و تواتر آنها در جدول پیوست ۲ آمده است

۴,۲ کنترل خوردگی در سیستمهای توزیع

بطور معمول آب می‌تواند خورنده و یا رسوبگذار باشد. به همین ترتیب سیستم های توزیع آب باید برای پتانسیل خوردگی ارزیابی شوند. خوردگی، با تخریب ساختارهای بلوری تشکیل دهنده قسمت های داخلی لوله و اتصالات سیستم توزیع آب شرب، کیفیت آب آشامیدنی را کاهش داده و خسارات فراوانی به شبکه های توزیع آب وارد می‌سازد. به طور معمول، خوردگی باعث تشکیل زنگار در آب، کاهش کلر باقی مانده، رشد دوباره باکتری ها و افزایش غلظت مس، سرب، روی و منگنز بر اثر انحلال این یونها از جداره لوله ها در آب می‌شود. خوردگی شدید می‌تواند باعث ایجاد تورم^۱ لوله ها، کاهش ظرفیت هیدرولیکی آنها و در نهایت شکست لوله ها شود.

خوردگی داخلی برای هر سیستم توزیع، بسته به مصالح بکار رفته در آن، متفاوت است. در واقع، علاوه بر تنظیم کیفیت آب که موضوع اصلی این دستورالعمل است، زمان ماند آب در لوله ها، نوع جوش مورد استفاده برای اتصالات و کیفیت نصب لوله کشی در میزان انحلال یونها از جداره داخلی لوله ها به درون آب و وقوع خوردگی موثر می‌باشد. مطابق نظر USEPA^۲، خوردگی می‌تواند توسط یکی از سه مکانیزم اصلی زیر ایجاد شود:

- ۱- انحلال^۳
- ۲- سایش^۴
- ۳- فعالیت متابولیک

بسته به نوع تصفیه شیمیایی و شرایط فیزیکی محل، خوردگی می‌تواند به صورت یکنواخت^۵، گالوانیک^۶، و یا صرفاً زدایش یک عنصر خاص مانند روی رخ دهد. به طور کلی عوامل اصلی مرتبط با خوردگی داخلی لوله و اتصالات عبارتند از:

- سرعت جریان
- خوردگی ناشی از کارکرد (سایشی)

^۱ Swelling

^۲ United States Environment Protection Agency


^۳ انحلال یک فرایند ترمودینامیکی است که در آن محلول به تعادل ناشی از شیب غلظت هدایت می‌شود. این خوردگی متأثر از عوامل شیمیایی موجود در آب یا کیفیت آب است.

^۴ - Errosion یا خوردگی ناشی از کارکرد

^۵ Uniform corrosion

^۶ Galvanic corrosion

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲۱ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

- خوردگی گالوانیک
- خوردگی میکروبی
- عوامل شیمیایی (کیفیت آب)
- جریان الکتریسیته^۱
- دما

که از این میان، آنچه می‌بایست تولید کنندگان آب شرب در جهت جلوگیری از خوردگی داخلی سیستم توزیع آب رعایت نمایند، تنظیم کیفیت شیمیایی و میکروبی آب است.

۴,۲,۱ شاخص‌های خوردگی

برای تعیین میزان خوردگی شاخص‌هایی تعریف شده‌اند که با تنظیم آنها در محدوده‌های مجاز، میتوان این پدیده را کنترل نموده، از آثار سوء خوردگی جلوگیری نمود. در واقع برای تعیین فرآیند مورد نیاز جهت اصلاح کیفیت آب در پس تصفیه، از این شاخص‌ها استفاده می‌گردد که عبارتند از: شدت بافر، LSI ^۲، $CCPP$ ، CSI ^۳، CI ^۴، نسبت لارسون و شاخص رایزنر که به ترتیب در زیر توصیف شده‌اند:

۴,۲,۱,۱ شدت بافر

این شاخص، توانایی آب آشامیدنی را برای مقاومت در برابر تغییرات pH که توسط افزودن اسید و باز ایجاد می‌شود اندازه می‌گیرد. این شاخص به صورت یک میلی لیتر یا مول در هر لیتر اسید یا باز قوی برای تغییر pH به اندازه یک واحد بیان می‌شود. آب با شدت بافر کم اغلب خورنده است. شدت بیش از ۰/۵ میلی اکی والان در هر واحد pH مطلوب بوده و نشان دهنده تعادل و تثبیت آب است. تغییرات گسترده در pH در سراسر سیستم توزیع، نشان دهنده آب با شدت بافر کم است. بی کربنات و کربنات‌ها ظرفیت بافری را با توجه به قلیائیت اندازه گیری شده آب تامین می‌کنند.

۴,۲,۱,۲ شاخص اشباع لانژلیه (LSI):

این شاخص پیش بینی می‌کند که آیا یک فیلم نازک از کربنات کلسیم بر روی دیواره تشکیل شده است. اگر LSI بزرگتر از صفر باشد، آب رسوب گذار است که عمدتاً با کربنات کلسیم فوق اشباع شده است. آبهای با LSI بیشتر از صفر، غیر خورنده‌اند. اگر LSI کمتر از صفر باشد، آب در حالت زیر اشباع کربنات کلسیم قرار داشته و به طور بالقوه مقادیر کربنات کلسیم را حل می‌کند و در معرض خوردگی قرار می‌گیرد. بدین معنی که فیلم حفاظتی کربنات کلسیم موجود در لوله‌ها شروع به حل شدن در آب آشامیدنی می‌کند. فرمول LSI مبتنی بر مقایسه pH اندازه گیری شده برای یک آب مشخص (pH_a) با pH مربوط به آبی است اگر در حالت اشباع با کربنات کلسیم (کلسیت) باشد با همان سختی و قلیائیت کلسیم دارا خواهد بود (pH_s). تحقیقات نشان داده است که LSI به تنهایی شاخصی قابل اعتماد از گرایش‌های خورنده آب آشامیدنی نیست و کلرید، سولفات، قلیائیت، اکسیژن محلول، ظرفیت بافر، کلسیم و مدت زمان در معرض قرار گرفتن، اطلاعاتی می‌دهند که قابل اعتمادترند. فرمول پایه برای LSI در معادله زیر نشان داده شده است:

$$LSI = pH_a - PH_s$$


^۱ Electerical Current

^۲ Langelier Saturation Index

^۳ Calcium Saturation Index

^۴ Casil Index

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲۲ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	---	---

۴,۲,۱,۳ پتانسیل رسوبگذاری کربنات کلسیم (CCPP)

این شاخص ظرفیت آب آشامیدنی را برای رسوب یا حل شدن کربنات کلسیم مورد بررسی قرار می‌دهد. کاهش pH و کلیاتیت باعث افزایش پتانسیل خوردگی آب می‌شود. همانطور که قبلاً اشاره شد، پتانسیل ترسیب کربنات کلسیم یک معیار کمی از پتانسیل دقیق یک محلول برای رسوبگذاری یا انحلال $CaCO_3$ است. در مقایسه با شاخص LSI ، که نمی‌تواند به تنهایی معیار سنجش میزان ترسیب باشد و تنها احتمال یا عدم احتمال ترسیب را نشان می‌دهد، $CCPP$ به راحتی قابل درک بوده و می‌تواند شدت ترسیب را نشان داده و در استانداردها و متن دستورالعمل‌ها و مقررات مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه سیستم‌هایی که از $CCPP$ یا LSI استفاده می‌کنند باید برای محاسبه خوردگی از هر دو استفاده کنند، زیرا LSI می‌تواند گرایش به ترسیب را نشان دهد و $CCPP$ می‌تواند نشان دهد که چقدر ترسیب توسعه خواهد یافت.

۴,۲,۱,۴ شاخص اشباع کلسیم (CSI)

این شاخص بیانگر عملکرد اشباع کربنات کلسیم است. کاهش غلظت بی کربنات و pH باعث کاهش CSI می‌شود. کاهش CSI نشان می‌دهد که خوردگی آب بالاست و یا کربنات کلسیم کمتر از میزان اشباع است.

۴,۲,۱,۵ شاخص کاسیل (CI)

این شاخص معیاری از قابلیت خوردگی آب بر اساس تعادل کاتیون-آنیون است. با کاهش کاتیون، CI کوچکتر شده و شرایط خوردگی مساعد تر می‌گردد. به همین شکل، با افزایش آنیون‌ها، مجدداً این شاخص کاهش می‌یابد و احتمال خوردگی افزایش می‌یابد. باید توجه داشت که کاهش pH با افزایش آنیون منجر به کاهش شاخص کاسیل و در نتیجه افزایش خوردگی آب می‌گردد. شاخص کاسیل طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$CI = \frac{\text{آنیونها} + \text{یونهای سیلیکا} + \text{یونهای منیزیم} + \text{یونهای کلسیم}}{۲}$$

۴,۲,۱,۶ نسبت لارسون

این شاخص بر مبنای نسبت کل یون کلرید و سولفات به کل کلیاتیت آب محاسبه می‌شود. آنیون‌های غیر فعال، اسید قوی را در حفرات آنودیک^۱ ایجاد می‌کنند که در فلز متخلخل متبلور می‌شوند. بی کربنات و سایر اسیدهای ضعیف می‌توانند یک فیلم محافظ روی دیواره لوله فلزی در معرض خطر، ایجاد کنند. مقادیر شاخص بیش از ۰/۴ نشان دهنده آب با خوردگی بالا است و مقدار کمتر از ۰/۲ نشان می‌دهد که آب نسبتاً غیر خورنده است.

۴,۲,۱,۷ شاخص رایزنر


این شاخص مشابه LSI است و بصورت زیر تعریف می‌شود

$$RI = (2pH_s) - pH$$

شاخص رایزنر با مقدار کمتر از ۶ نشان می‌دهد که گرایش به رسوب گذاری وجود دارد. این شاخص، گرایش به حل شدن کربنات کلسیم در مقادیر بالاتر از ۶ را نشان می‌دهد. این شاخص برآورد خوبی از مقیاس پیش بینی شده حتی در حضور بازدارنده‌های پایه فسفات را تخمین می‌زند.

^۱ Anodic hole

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲۳ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

۴,۲,۲ استراتژی های کنترل خوردگی

استراتژی های کنترل خوردگی را می‌توان به دو رویکرد کلی تقسیم کرد که تفاوت آنها در مکانیسم ایجاد یک فیلم محافظ است:

۱. رویکرد اول شامل تشکیل رسوبات محافظ برای کنترل خوردگی است. خواص شیمیایی آب برای ایجاد یک ترکیب بر روی دیواره لوله تنظیم می‌شود و یک فیلم محافظ را تشکیل می‌دهد. موفقیت این روش بستگی به توانایی این رسوب دهنده و خصوصیات رسوبات ایجاد شده در دیواره های لوله دارد.
۲. رویکرد دوم مکانیسم غیر فعال سازی^۱ است که شامل واکنش آب آشامیدنی و مواد لوله برای ایجاد ترکیبات فلزی است که در این حالت یک فیلم محافظ از مواد نامحلول برای کنترل خوردگی ایجاد می‌کنند.

در عمل چند روش معمول برای کنترل خوردگی آب نمک زدایی شده وجود دارد که آنها را در دو گروه دسته بندی می‌نماییم:

۴,۲,۲,۱ تثبیت شیمیایی آب

تثبیت آب در فصل قبل به طور کامل تشریح گردید. در این جا استراتژی های کنترل خوردگی از طریق تثبیت آب به اختصار عنوان می‌گردند^۲:

- **تنظیم pH:** تنظیم pH برای ایجاد ترکیبات نامحلول بر روی دیواره داخلی لوله‌ها استفاده می‌شود.
- **تنظیم قلیائیت (تثبیت بی کربنات):** به طور معمول آب های تصفیه شده نهایی با ۱ تا ۳ میلی اکوی والان بر هر لیتر از قلیائیت بی کربنات بسیار مناسب برای کنترل خوردگی هستند.
- **تنظیم کلسیم:** این کار با کنترل سختی کلسیم آب امکان پذیر است.
- **تنظیم کربنات کلسیم:** هدف از این روش، رسوب گذاری یک فیلم محافظ کربنات کلسیم بر روی دیواره های لوله است. در عمل، برای این کار لازم نیست کلسیم مستقیماً اضافه یا حذف شود، بلکه با تنظیم pH و قلیائیت آب تولیدی می‌توان رسوب گذاری را کنترل نمود. کلید این تکنیک فراهم نمودن شرایط لازم برای رسیدن به اشباع کربنات کلسیم است.

ترسیب، معضل بزرگی برای سیستم های آب با مقادیر بالای سختی غیر کربنات و سولفات است. تنظیم pH برای ترسیب کربنات کلسیم و پایداری آهن ضروری است. برای آب های با قلیائیت پایین تر، سولفات نیز می‌تواند موجب رسوب کلسیم گردد.

پیوست ۳ جدول محاسباتی میزان مورد نیاز افزودنی های مجاز به آب محصول جهت تثبیت آن و تنظیم پارامترهای کیفی آب را ارائه میکند

۴,۲,۲,۲ استفاده از بازدارنده های خوردگی


بازدارنده ها، به عنوان یک روش کنترل خوردگی بطور گسترده ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. مهمترین شکل های بازدارنده ها عبارتند از پلی فسفاتها، فسفات روی و سیلیکاتها. داده های عملیاتی نشان می‌دهد که انتخاب بازدارنده ها بستگی به pH، قلیائیت، کلسیم، سختی کل، کلرید، سولفید، غلظت آهن و میزان اکسیژن محلول آب محصول دارد.

بازدارنده های خوردگی را به وسیله مکانیزم های مختلف کنترل می‌کنند، از جمله:

^۱ Passivation

^۲ به ویژه برای LCR، این روش ها می‌توانند بسیار موثر باشند.

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲۴ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

- جداسازی محصولات جانبی خوردگی، بویژه سرب و مس
- پیشگیری از ایجاد رسوب
- ایجاد یک فیلم پوششی بر روی دیوارهای لوله
- بافری کردن آب در pH مورد نظر.

عوامل موثر بر تعیین نوع بازدارنده عبارتند از:

- کیفیت آب محصول
- نوع و میزان تزریق بازدارنده
- جنس تاسیسات آبرسانی و شرایط آن

میزان خوردگی آهن و مس بستگی به عوامل متعددی دارد مانند کارکرد، سرعت جریان و غیره. فاکتورهای کیفیت خاص آب عبارتند از pH ، اکسیژن محلول، شاخص اشباع کلسیم، دی اکسید کربن و دما. نسبت نسبی کلرید ها، سولفات ها و بی کربنات ها نیز بر میزان خوردگی مواد تاسیسات آبرسانی تأثیر می‌گذارد. طیف متنوعی از فرمولاسیون بازدارنده خوردگی وجود دارد که توسط سازندگان به صورت تجاری عرضه می‌شوند.

انواع رایج بازدارنده های موجود عبارتند از:

- فسفات های مخلوط
- ارتو فسفاتها
- پلی فسفاتهای پیرو فسفات
- متافسفاتها
- فسفات روی
- سیلیکات

نوع بازدارنده ای که می‌تواند برای کنترل خوردگی استفاده شود، توسط کلسیم، قلیائیت، pH و دمای آب محصول تعیین می‌شود. عوامل دیگری نظیر آهن، منگنز، سختی کل، سولفات، کلرید، سدیم و TDS می‌توانند بر انتخاب بازدارنده و میزان تزریق آن تأثیر داشته باشند.


استفاده از بازدارنده ها برای کنترل خوردگی، مشابه نگهداری کلر موجود در سیستم توزیع است. میزان تزریق اولیه بعد از اینکه سیستم توزیع تثبیت می‌شود، کاهش می‌یابد. میزان تزریق معمول ۰/۵ تا ۱/۲۵ میلی گرم است.

پیوست ۴ جدول حداکثر مجاز تزریق بازدارنده های خوردگی بر اساس نوع فسفات و محدوده pH را ارائه می نماید

۴,۳ گندزدایی

آبهای نمک زدایی شده به علت کم بودن مقدار ذرات و TOC پایین بودن بار میکروبی و نیاز به حداقل اکسیدان پس از تصفیه، دارای چالش گندزدایی نسبتاً کمی هستند. از آنجایی که مقدار کدورت آبهای نمک زدایی شده پایین می‌باشد. به نظر می‌رسد که این عامل روی کارایی مواد گندزدا تأثیر چندانی نداشته باشد. تقریباً هیچ نیازی به کلر پس از فرایند اسمز معکوس یا فرآیند نانوفیلتراسیون باقی نمی‌ماند. اما آنچه گندزدایی را برای محصول تولیدی الزامی می‌نماید فاصله رسیدن آب شرب از محل تولید تا نقطه تحویل به دست مصرف کننده است. سیستم های توزیع و ذخیره آب شرب به دلیل امکان ورود هوا یا آلودگی های میکروبی محل مناسبی برای رشد میکروب ها در آب

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

<p>تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲۵ از ۳۲</p>	<p>دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی</p>	 <p>شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور</p>
--	--	---

بوده و گند زدایی باید به گونه ای انتخاب و طراحی شود که برای مواجهه با این آلودگی‌ها آماده باشد. تزریق گند زدها باید به گونه ای برنامه ریزی شود که همواره مقدار استاندارد از آن در آب در هر نقطه ای از مسیر توزیع و نقطه تحویل وجود داشته باشد تا از عدم وجود میکروب‌ها در آن اطمینان حاصل شود. استفاده از گندزدها در آب شرب به منظور غیر فعال نمودن میکرو ارگانیسم‌های پاتوژنیک^۱، جلوگیری از تشکیل بیوفیلم در لوله و مخازن آب شرب، اکسید نمودن و حذف ترکیبات سولفید و آهن است.

روش اصلی برای نظارت بر ثبات میکروبی آب شرب توزیع شده بر اساس قاعده توتال کلیفرم (TCR) و از طریق نظارت بر TC^2 به عنوان یک معادلی برای وجود میکرو ارگانیسم‌های پاتوژنیک است. یکی از روشهای رایج گندزدایی پس از تصفیه استفاده از مشتقات کلر مانند هیپوکلریت سدیم^۲ یا گاز کلر^۳ است. استفاده از کلرامین‌ها به جای کلر، در شرایطی که آب در سیستم انتقال و توزیع باید مسیره‌های طولانی (بالای ۱۰۰ کیلومتر) را طی نماید و یا در مواردی که مخازن نگهداری آب شرب برای نگهداری طولانی مدت (چندین روز) طراحی شده اند توصیه می‌شود. چرا که سرعت از بین رفتن کلر آمین نسبت به کلر کمتر است. علاوه بر این، در آبهای نمک زدایی شده که دارای سطوح بالایی از برمید هستند، استفاده از کلر آمین می‌تواند باعث حذف سریع تر باقی مانده گندزدا در سیستم‌های انتقال آب شود.

استفاده از ازن^۴ به عنوان گندزدا در آبهای نمک زدایی شده به دلیل قابلیت تشکیل برمات^۵ که محصول جانبی گند زدایی است توصیه نمی‌شود.

۴,۳,۱ محصولات جانبی گندزدایی

هر کدام از گندزدها می‌تواند با املاح موجود در آب واکنش داده و ترکیبات جدیدی تولید نماید که به آنها محصولات جانبی گندزدایی^۶ گفته می‌شود. این ترکیبات می‌توانند سلامت انسان و محیط زیست را به مخاطره بیندازند. بروماید و یدید دو یون موجود در آب‌های نمک زدایی شده هستند که می‌توانند ترکیبات سمی و سرطان زای جانبی حاصل از گند زدایی را بوجود بیاورند. تری هالومتان‌ها^۷ از جمله کلروفرم^۸ از محصولات جانبی رایج گند زدایی هستند که در صورت استفاده از مقادیر بالای کلر در آب شرب در سیستم توزیع تشکیل می‌شوند. استاندارد آب آشامیدنی ایران ۱۰۵۳، برای هر کدام از محصولات جانبی گندزدایی استاندارد و حد مجاز لازم را ارائه نموده است.

^۱ Pathogenic microorganisms

^۲ Total Coliform

^۳ Sodium hypochlorite

^۴ chlorine gas

^۵ Ozonation


^۶ Bromate

^۷ Disinfection by-products (DBPs)

^۸ Trihalomethanes

^۹ chloroform

<p>نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:</p>


تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲۶ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	---

پیوست ۱:

جدول فرآیندهای پس تصفیه بر اساس نوع آب خام:

مثالهایی از فرایندهای پس تصفیه قابل استفاده	نوع فرایند غشایی	نوع آب خام
کربناسیون مجدد افزودن آهک فیلتر بستر کلسیت تنظیم pH و قلیائیت افزایش بازدارنده های خوردگی گندزدایی اولیه و ثانویه اختلاط با سایر منابع آب شیرین	RO	آب دریا
تنظیم pH و قلیائیت افزایش بازدارنده های خوردگی گندزدایی اولیه و ثانویه اختلاط با سایر منابع آب شیرین	RO, NF, EDR	آب لب شور (سطحی)
دی کربناسیون حذف هیدروژن سولفید تنظیم pH و قلیائیت افزایش بازدارنده های خوردگی گندزدایی اولیه و ثانویه اختلاط با سایر منابع آب اختلاط با آب خام از طریق سیستم کنار گذر	RO, NF, EDR	آب لب شور زیرزمینی
دی کربناسیون حذف هیدروژن سولفید تنظیم pH و قلیائیت افزایش بازدارنده های خوردگی گندزدایی اولیه و ثانویه اختلاط با سایر منابع آب شیرین اختلاط با آب خام از طریق سیستم کنار گذر	NF, EDR	آب زیرزمینی


نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲۷ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	---	---

پیوست ۲ - تواتر پایش پارامترهای فیزیکی شیمیایی آب بر حسب نوع آب برای تاسیسات با ظرفیت تولید مساوی یا بزرگتر از ۵۰۰ متر مکعب در شبانه روز

پارامتر	آب خام	محصول	شرب	پساب	آب کنارگذر
باکتریولوژی	روزانه یا هفتگی		روزانه	-	روزانه
کلر باقیمانده	در خط	در خط	در خط		-
کدورت	در خط			-	در خط
قلیابیت	روزانه				روزانه
SDI	در خط		-		-
pH	در خط	روزانه	روزانه		در خط
TDS	روزانه				
EC	در خط	در خط	در خط		-
دما	در خط				-
TOC	هفتگی				
DO	-				
CO ₂	-				
کلسیم	هفتگی				-
منیزیم	هفتگی				
کلور	روزانه				
سختی کل			ماهانه		روزانه
فلوئور	هفتگی				
سیلیکات	روزانه		در خط		
نیترات					
نیتریت					
آمونیاک	هفتگی				
سدیم	هفتگی				
TSS					
بر	ماهانه				
برماید	ماهانه				
آهن	روزانه		ماهانه		
منگنز	ماهانه				
سولفات	هفتگی				
فسفات			هفتگی		
باریم	هفتگی				
استرانسیم	هفتگی				
سرب	هفتگی		هفتگی		
فلزات سنگین	هفتگی		ماهانه		
سولفید هیدروژن	هفتگی				
هتروتروفیک ها	ماهانه		ماهانه		
محصولات جانبی کلر و برومات و یدید	هفتگی		هفتگی		
بازدارنده های خوردگی	روزانه		روزانه		

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح
 معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
 تاریخ و امضاء:

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲۸ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	---	---


پیوست ۳

جدول محاسباتی میزان تاثیر افزودنی‌های مجاز به آب محصول بر پارامترهای موثر بر خوردندگی و کیفیت آب (بر حسب میلی گرم بر لیتر تغییر پارامتر کیفی به ازای افزایش یک گرم بر لیتر ماده افزودنی *)

بی کربنات کلسیم	کربنات پتاسیم	کلرید منیزیم	کربنات سدیم	بی کربنات سدیم	کلرید کلسیم	ماده افزودنی / پارامتر
۱۶۴/۴	۰	۵۷۴/۷	۰	۰	۶۷۱/۲۵	سختی کل (بر حسب میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم)
۶۵/۷۵	۰	۰	۰	۰	۲۶۸/۵	کلسیم (میلی گرم بر لیتر)
۰	۰	۱۳۷/۹۴	۰	۰	۰	منیزیم (میلی گرم بر لیتر)
۱۶۳/۹۴	۴۰۲/۰	۰	۱۰۱/۴	۵۸/۱	۰	قلیابیت کل (میلی گرم بر لیتر کربنات کلسیم)
۰	۴۸۲/۰	۰	۱۲۱/۷	۰	۰	کربنات (میلی گرم بر لیتر)
۲۰۰/۰	۰	۰	۰	۶۹/۷۱	۰	بی کربنات (میلی گرم بر لیتر)
۰	۰	۰	۹۳/۳	۲۶/۲۹	۰	سدیم (میلی گرم بر لیتر)
۰	۰	۴۰۸/۰	۰	۰	۴۷۶/۵	کلور (میلی گرم بر لیتر)
۰	۶۲۷/۴	۰	۰	۰	۰	پتاسیم (میلی گرم بر لیتر)

* مثال: به ازای افزودن هر گرم بی کربنات سدیم به یک لیتر آب (در صورتی که ماده دیگری به آب افزوده نشده باشد) قلیابیت کل آب به میزان ۵۸/۱ میلی گرم بر لیتر (بر حسب کربنات کلسیم) افزایش می یابد.

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--


تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۲۹ از ۳۲	دستور عمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	---	---

پیوست ۴

جدول حداکثر مجاز تزریق بازدارنده های خوردگی بر اساس نوع فسفات و محدوده pH

نوع فسفات	حداکثر مجاز تزریق (میلی گرم بر لیتر)	محدوده pH
ارتو فسفات‌ها دی پتاسیم دی سدیم مونو پتاسیوم مونوسدیم تری پتاسیم تری سدیم تری کلسیم فلز روی اسید فسفریک	۱۸-۳۶ ۱۴,۳ ۱۴,۹ ۱۲,۶ ۲۲,۴ ۱۷-۴۱,۵ ۱۲۰ ۲۰-۵۰ ۱۲-۱۴	۶,۰-۷,۸
پلی فسفات‌ها اسید پلی فسفریک پتاسیم تری پلی فسفات سدیم شیشه ای پلی فسفات سدیم تری پلی فسفات	۸,۹ ۱۵,۷ ۱۰ ۱۰-۱۲,۹ ۱۰-۱۲,۹	۷,۶-۸,۰
پیرو فسفات‌ها اسید سدیم تتراپتاسیوم تتراسدیم	۱۱,۷ ۱۶,۶-۲۹ ۱۰-۱۴	۷,۵-۸,۳
متافسفات‌ها هگزا متافسفات سدیم سدیم تری متا فسفات	۱۲ ۱۰,۷	۷,۰-۹,۰
سیلیکات‌ها سدیم پتاسیم	۲۵ ۲۵	۷,۰-۸,۰


نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح
 معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
 تاریخ و امضاء:

تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۳۰ از ۳۲	دستورعمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی	 شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
--	--	--

REFERENCES

۱. Agus, E., N. Vouthkov, and D.L. Sedlak. ۲۰۰۹. "Disinfection By-Products and Their Potential Impact on the Quality of Water Produced by Desalination Systems: A Literature Review. *Desalination*, ۲۳۷: ۲۱۴-۲۳۷.
۲. Al Arrayedhy, M. ۱۹۸۷. Pre- and Post-treatment at the RO Plant at RA "s Abu Jarjur Bahrain. *Desalination.*, ۶۳: ۸۱-۹۴.
۳. AWWA (American Water Works Association). ۱۹۹۲a. *Lead and Copper Rule Guidance Manual, Volume I: Monitoring*. Denver, Colorado: AWWA.
۴. AWWA (American Water Works Association). ۱۹۹۲b. *Lead and Copper Rule Guidance Manual, Volume II: Corrosion Control Treatment*. Denver, Colorado: AWWA.
۵. AWWA (American Water Works Association). ۲۰۰۷. *Reverse Osmosis and Nanofiltration Manual of Practice*. Denver, Colorado: AWWA.
۶. AWWA (American Water Works Association). ۱۹۹۹. *Water Quality and Treatment*. Fifth Edition, McGraw-Hill, New York, New York.
۷. AWWARF and DVGW-Forschungsstelle. ۱۹۸۵. "Internal Corrosion of Water Distribution Systems." Denver, CO: AWWA Research Foundation.
۸. Becker, W.C. et. al. ۱۹۹۳. "Complying with the Lead and Copper Rule Effect of Treatment Strategies - A Utility Engineer "s Perspective." Proceedings of the Joint CSCE-ASCE National Conference on Environmental Engineering. Montreal, Quebec., ۱۶۳۱-۱۶۳۸.
۹. Beltran, J.M., and S. Koo-Oshima. ۲۰۰۶. Eds., *Water Desalination for Agricultural Applications* (FAO, Rome, Italy).
۱۰. Bergman, Robert A., and Joseph R. Elarde. ۲۰۰۵. Post-treatment of Reverse Osmosis and Nano filtration Systems for Municipal Water Supply. AWWA Membrane Technology Conference, Phoenix, Arizona.
۱۱. Bick, Amos., and Gideon Oron. ۲۰۰۵. "Post-treatment Design of Seawater Reverse Osmosis Plants: Boron Removal Technology Selection For Potable Water Production and Environmental Control." *Desalination.*, ۱۷۸(۱-۳):۲۳۳-۲۴۶.
۱۲. Binnie, Chris., Martin Kimber, and George Smethurst. ۲۰۰۲. *Basic Water Treatment*. Heron Quay, London, England. Thomas Telford Publishing.
۱۳. Bichsel, Y., and U. Von Gunten. ۱۹۹۹. Oxidation of iodide and hypoiodous acid in the disinfection of natural waters. *Environ. Sci. Technol.* ۳۳: ۴۰۴۰-۴۰۴۵. ۱۸۴
۱۴. Peinemann K.V., Pereira Nunes S., *Mambranes for Water treatment*. ۲۰۱۰, vol. ۴, Wiley VCH Verlag GmbH & Co. KGaA Weinheim

نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:
--

<p>تاریخ صدور: شماره بازنگری: تاریخ بازنگری: صفحه ۳۱ از ۳۲</p>	<p>دستور عمل فرآیندهای فرآوری تصفیه و اصلاح کیفیت در سامانه‌های نمک‌زدایی آب به روش‌های غشایی</p>	 <p>شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور</p>
--	---	---

۱۵. Steven J. Duranceau, Rebecca J. Pfeiffer-Wilder, Susaye A. Douglas, Nancy Peña-Holt and Ian C. Watson, ۲۰۱۱, Post-Treatment Stabilization of Desalinated Water, Water Research Foundation.
۱۶. Zeman, L.J., Zydney A.L., Microfiltration and Ultrafiltration: Principles and Applications, ۱۹۹۶, MARCEL DEKKER INC.

۱۷. نمک‌زدایی از آبهای شور و لب شور - ناصر رازقی، رویا منصوری، نشر مولفان، چاپ اول، ۱۳۹۱

<p>نام خانوادگی تصویب کننده: شاهین پاکروح معاون راهبری و نظارت بر بهره برداری شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تاریخ و امضاء:</p>
