

وزارت نیرو

شرکت آب و فاضلاب کشور

شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان

گزارش نهایی پروژه

بررسی آب شیرین کن های اسمز معکوس استان هرمزگان و ارائه راهکارهای

ارتقاء روش های پیش تصفیه موجود، مطالعه موردی سایت های درگهان، فین

و جزیره هرمز

مجری

دانشگاه هرمزگان

بهمن ماه ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

فصل اول کلیات تحقیق..... ۹

- ۱-۲- کليدواژه ها..... ۱۱
- ۱-۳- هدف ۱۲
- ۱-۴- ضرورت تحقیق..... ۱۲
- ۱-۵- فرضیه های تحقیق ۱۳
- ۱-۶- شرح خدمات طرح ۱۴
- ۱-۷- مروری بر ادبیات موضوع..... ۱۵

فصل دوم ساز و کار آب شیرین کن های اسمز معکوس..... ۱۷

- ۱-۲- بررسی ساز و کار اسمز معکوس ۱۷
- ۱-۱-۲- اساس اسمز معکوس..... ۱۷
- ۱-۱-۱-۲- تعاریف مهم در اسمز معکوس..... ۱۹
- ۲-۱-۲- تکنولوژی اسمز معکوس..... ۲۱
- ۲-۱-۳- دبی جریان های عبوری از غشاء..... ۲۳
- ۲-۱-۴- مقایسه اسمز معکوس با فیلتراسیون معمولی..... ۲۵
- ۲-۱-۵- غشای اسمز معکوس ۲۸
- ۲-۲- بررسی انواع غشاها و عملکرد آنها ۳۱
- ۱-۲-۲- سلولز استات (CA) ۳۱
- ۲-۲-۲- پلی آمید ۳۵
- ۳-۲-۲- غشای پلی آمید برای آب دریا..... ۳۸
- ۴-۲-۲- پلی سولفان باردار..... ۴۰
- ۵-۲-۲- آرایش غشاء پلی آمیدی ۴۲

۴۶	۶-۲-۲- مشخصات المنت کامل چند نمونه غشای قابل استفاده در آب دریا
۴۶	۶-۲-۱- Film TEC™ SW30 HRLE-400
۴۷	۶-۲-۲- TORAY TM820-400
۴۸	۳-۲- کاربرد اسمز معکوس
۵۰	۴-۲- چالش های کاربری اسمز معکوس
۵۰	۴-۱- پلاریزاسیون غلظتی روی سطح غشاء
۵۱	۴-۲- شست و شوی غشاءها
۵۵	فصل سوم بررسی روشهای مختلف و معمول پیش تصفیه RO
۵۵	۳-۱- فرایندهای پیش تصفیه در دید کلی
۵۵	۳-۱-۱- آشغال گیری
۵۶	۳-۱-۲- صاف کردن
۵۶	۳-۱-۳- حذف ماسه
۵۶	۳-۱-۴- کلر زنی آب خام
۵۷	۳-۱-۵- پیش ته نشینی
۵۸	۳-۲- اهمیت پیش تصفیه در سیستم RO
۶۲	۳-۳- کنترل درجه حرارت
۶۲	۳-۴- کنترل رسوب گذاری
۶۲	۳-۴-۱- تزریق بازدارنده های رسوب
۶۴	۳-۴-۲- تزریق اسید
۶۶	۳-۵- کنترل مواد اکسید کننده
۶۹	۳-۶- کنترل مواد معلق و کلوئیدی
۶۹	۳-۶-۱- منعقد کننده (Coagulant)
۷۰	۳-۶-۲- فیلترهای شنی
۷۰	۳-۶-۳- فیلتر کارتریج (فشنگی)
۷۲	۳-۷- کنترل مواد شیمیایی نامطلوب
۷۳	۳-۷-۱- سختی زدایی

۷۵	 جذب سطحی (فیلتر کربن فعال)
۷۶	 جذب ۱-۲-۷-۳
۷۹	 واجذبی (احیا) ۲-۲-۷-۳
۸۰	 حذف گازهای همراه آب ۳-۷-۳
۸۳	 کنترل آلودگی بیولوژیکی و بیوفولینگ ۸-۳
۸۳	 کلر ۱-۸-۳
۸۶	 شیمی کلرزنی ۱-۱-۸-۳
۸۷	 کلر زنی آب دریا ۲-۱-۹-۳
۸۷	 حذف کلر ۳-۱-۸-۳
۸۹	 اوزون ۲-۸-۳
۹۰	 مقایسه اوزون زنی و کلرزنی ۱-۲-۸-۳
۹۱	 انواع ژنراتورهای گاز اوزون ۲-۲-۸-۳
۹۲	 عوامل مؤثر بر بازده دستگاههای تولید گاز اوزون ۳-۲-۸-۳
۹۲	 روشهای مختلف ازوناسیون آب ۴-۲-۸-۳
۹۳	 اشعه فرابنفش ۳-۸-۳
۹۴	 اصول کلی به کارگیری UV ۱-۳-۸-۳
۹۶	فصل چهارم دستورالعمل های اجرایی و فنی در بهره وری تاسیسات RO
۹۶	 عوامل مؤثر در فیلتراسیون اسمز معکوس ۱-۴
۹۷	 عوامل مؤثر بر حذف مواد آلاینده ۱-۱-۴
۹۹	 عوامل مؤثر بر بازده ۲-۱-۴
۱۰۱	 ابزار دقیق مورد نیاز جهت کنترل ۲-۴
۱۰۳	 بازیافت انرژی ۳-۴
۱۰۴	 نصب و راه اندازی سامانه پیش تصفیه RO ۴-۴
۱۰۴	 موازن عمومی ۱-۴-۴
۱۰۶	 هماهنگی راه اندازی ۲-۴-۴
۱۰۷	 آزمون نهایی ۳-۴-۴

۱۰۷	۴-۴-۴- اتصالات برقی
۱۰۷	۴-۴-۵- بهداشتی سازی سامانه
۱۰۸	۴-۴-۶- مواد بستر صافی ها
۱۰۹	۴-۴-۷- محفظه های صافی کارتریج
۱۱۰	۴-۴-۸- پمپ های تزریق مواد شیمیایی
۱۱۲	۴-۴-۹- واسنجش و صحه گذاری قرائتهای ابزار دقیق RO
۱۱۳	۴-۴-۱۰- بارگیری المان های غشایی جدید
۱۱۵	۴-۴-۱۱- بارگذاری سامانه RO
۱۱۶	۴-۴-۱۲- راه اندازی سامانه RO
۱۱۷	۴-۴-۱۳- جمع آوری داده
۱۱۸	۴-۵-۵- پایش ابزار دقیقی
۱۱۹	۴-۵-۱- پایش روزانه پارامتر های کلیدی
۱۲۰	۴-۵-۲- پایش دستگاه پیش تصفیه
۱۲۲	۴-۵-۳- پایش سامانه اسمز معکوس
۱۲۵	۴-۵-۴- کالیبراسیون دستگاه های اندازه گیری و ابزار دقیق
۱۲۷	۴-۵-۵- عادی سازی داده ها
۱۲۹	۴-۵-۵-۱- دفع نمک
۱۳۱	۴-۵-۵-۲- دفع یون های تکی
۱۳۳	۴-۵-۵-۳- اختلاف فشار هیدرولیکی
۱۳۴	۴-۵-۵-۴- اختلاف فشار سامانه
۱۳۵	۴-۶-۶- تمیزکاری
۱۴۲	۴-۶-۱- تمیز کننده های متفاوت برای آلودگی های مختلف
۱۴۸	۴-۶-۲- مکانیسم های تمیزکاری
۱۴۸	۴-۶-۲-۱- pH تمیز کننده
۱۵۴	۴-۶-۲-۲- دما و زمان محلول تمیزکاری
۱۵۶	۴-۶-۳- رسوب گذاری (فولینگ ها)

۱۵۶	۴-۶-۳-۱- محاسبه پتانسیل تشکیل رسوب
۱۵۷	۴-۶-۳-۲- مکانیسم شکل گیری رسوب
۱۵۸	۴-۶-۳-۳- رسوبات معدنی
۱۶۵	۴-۶-۳-۴- رسوبات (مواد فولینگ) آلی
۱۷۱	۴-۶-۴- پاکسازی رسوبات
۱۷۱	۴-۶-۱- محلول های تمیز کاری
۱۷۳	۴-۶-۲- دستورالعمل شستشوی رسوب و حذف گرفتگی ها
۱۷۸	۴-۷-۷- دستورالعمل های رفع مشکلات سامانه های RO
۱۷۸	۴-۷-۱- دفع نمک
۱۹۳	۴-۷-۲- علل و راههای جلوگیری از کاهش دفع نمک سر جلویی
۱۹۴	۴-۷-۲-۱- عوامل کاهش دفع نمک
۲۰۳	۴-۷-۲-۲- روش جلوگیری از کاهش دفع نمک
۲۱۵	۴-۷-۳- جلوگیری از کاهش دفع نمک یکنواخت و مجزا
۲۱۵	۴-۷-۳-۱- علل کاهش دفع نمک مجزا
۲۲۲	۴-۷-۳-۲- علل کاهش دفع یکنواخت
۲۲۶	۴-۷-۴- علل و راههای جلوگیری از افزایش اختلاف فشار
۲۲۸	۴-۷-۴-۱- افزایش فشار در سر جلویی
۲۳۲	۴-۷-۴-۲- افزایش اختلاف فشار قسمت انتهایی
۲۳۶	۴-۷-۴-۳- افزایش یکنواخت اختلاف فشار
۲۳۶	۴-۷-۵- عیب یابی سامانه RO
۲۳۶	۴-۷-۵-۱- بازرسی چشمی سطح دارای اشکال
۲۳۸	۴-۷-۵-۲- آزمایش المان های مورد شک
۲۳۸	۴-۷-۵-۳- روشهای تجزیه ای برای رفع مشکل RO
۲۴۵	فصل پنجم بررسی آب شیرین کن های RO موجود در سطح استان
۲۴۵	۵-۱- منطقه مورد مطالعه استان هرمزگان
۲۴۵	۵-۱-۱- اطلاعات جغرافیایی استان هرمزگان

۲۴۶	۵-۱-۲- موقعیت آب در استان هرمزگان
۲۴۹	۵-۲- منابع تأمین آب مورد نیاز آب شیرین کن های RO
۲۵۵	۵-۳- گزارش بازدید میدانی و داده های فنی و اجرایی به تفکیک سایت های RO
۲۵۵	۵-۳-۱- تاسیسات آب شیرین کن RO شهر فین
۲۶۴	۵-۳-۲- تاسیسات آب شیرین کن RO شهر بندر لنگه
۲۷۸	۵-۳-۳- تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هرمز
۲۹۰	۵-۳-۴- تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره لارک
۲۹۸	۵-۳-۵- تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هنگام
۳۰۸	۵-۳-۶- تاسیسات آب شیرین کن RO سوزا
۳۱۹	۵-۳-۷- تاسیسات آب شیرین کن RO درگهان
۳۳۰	فصل ششم بررسی تخصصی سایت های RO فین، درگهان و هرمز
۳۳۰	۶-۱- سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر فین
۳۳۰	۶-۱-۱- آزمایشات تخصصی
۳۳۱	۶-۱-۲- نمونه برداری
۳۳۲	۶-۱-۳- نتایج آزمایشات
۳۳۷	۶-۱-۴- تحلیل نتایج آزمایشات سایت فین
۳۳۹	۶-۲- سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر هرمز
۳۳۹	۶-۲-۱- آزمایشات تخصصی
۳۴۰	۶-۲-۲- نمونه برداری
۳۴۱	۶-۲-۳- نتایج آزمایشات
۳۵۲	۶-۲-۴- تحلیل نتایج آزمایشات سایت هرمز
۳۵۶	۶-۳- سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر درگهان
۳۵۶	۶-۳-۱- آزمایشات تخصصی
۳۵۷	۶-۳-۲- نمونه برداری
۳۵۸	۶-۳-۳- نتایج آزمایشات
۳۶۵	۶-۳-۴- تحلیل نتایج آزمایشات سایت درگهان

فصل هفتم ارائه روش های ارتقاء پیش تصفیه در سایت های فین، درگهان و هرمز .. ۳۶۸

۱-۷- شناسایی عوامل موثر در راندمان پیش تصفیه و موانع موجود ۳۶۸

۱-۱-۷- مسئله خوردگی آب خام (مشکل بارز در سایت فین)..... ۳۶۸

۱-۱-۱-۷- عوامل موثر بر خوردگی ۳۷۰

۱-۱-۲- باز دارنده های خوردگی ۳۷۳

۱-۱-۳- عوامل موثر در باز دارندگی ۳۷۴

۱-۲- مساله رسوب گذاری (مشکل خاص در سایت هرمز)..... ۳۷۷

۱-۳-۱- علل ایجاد Foulant در منطقه ۳۷۹

۲-۷- ارائه روش های پیشنهادی به منظور ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه ۳۸۲

۳-۷- امکان سنجی فنی و اقتصادی روشهای پیشنهادی و انتخاب بهترین راهکارها ۳۸۶

۱-۳-۷- پیشنهادات پیش تصفیه سایت فین..... ۳۸۶

۲-۳-۷- پیشنهادات پیش تصفیه سایت هرمز ۳۸۷

۳-۳-۷- پیشنهادات پیش تصفیه سایت درگهان ۳۹۲

فصل هشتم نتیجه گیری و پیشنهادات ۴۰۳

۱-۸- نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۴۰۳

۲-۸- پیشنهاد استاندارد های کیفی آب شرب تولیدی سامانه های RO..... ۴۰۵

منابع و مراجع ۴۱۰

کلیات تحقیق

۱-۱- پیشگفتار

هنگامی که آب دریا تحت فرایند اسمز معکوس واقع می شود ، طراح سامانه بایستی مراقبت خاصی را اعمال کند. اهداف ممکن است مشابه با دیگر کاربردهای RO باشد ، اما نمک زدایی آب دریا مسائل خاص خود را دارد تمرکز بر این بخش یک سیمای ناب از سامانه های RO است که برای نمک زدایی آب دریا طراحی شده است. آب خام ورودی به سیستم اسمز معکوس (RO) باید صاف و زلال و عاری از مواد کلوییدی و آلی و میکرو ارگانیسم ها و نظایر آنها باشد و باید واحد پیش تصفیه مناسب برای سیستم در نظر گرفته شود اگر یون های آهن و منگیزی که در آب موجود است و یا مقدار کلر باقیمانده به میزان ۰/۱ میلیگرم بر لیتر در آب ورودی به دستگاه موجود باشد، سبب تخریب غشا و کاهش بازده دستگاه بیش از خواهد شد.

نمک زدایی آب دریا به روش اسمز معکوس از نظر اینکه نیاز به اضافه نمودن مواد شیمیایی به آب نیست و از طرفی در این روشهای تصفیه حتی مواد مفید برای آب آشامیدنی حذف می گردد، لذا

بیشتر در صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد و کاربرد آن در مصارف شهری اخیراً در استان های جنوبی کشور بالاخص استان هرمزگان مورد توجه قرار گرفته است.

پدیده اسمزی در گیاه و حیوان بیش از 200 سال است که شناخته شده است. این پدیده عبارت است از عبور خود به خودی حلال از داخل غشای نیمه تراوایی که دو محلول با غلظتهای مختلف (یا یک محلول با حلال خالص آن) را از همدیگر جدا می‌کنند. در حالت ایده آل غشاء فقط برای حلال تراواست. انتقال حلال همیشه و به طور طبیعی از محلول رقیق به طرف محلول غلیظ است و این پدیده آنقدر ادامه می‌یابد تا تعادل اسمزی برقرار شود نیروی محرکه این انتقال، اختلاف پتانسیل شیمیایی پیل بین دو محلول که در اثر آن به تدریج آب خالص وارد آب نمک می‌شود و این کار تا زمانی انتقال می‌یابد که فشار محلول آب نمک تا حد مشخصی از فشار آب خالص بیشتر شود و پتانسیل دو طرف غشاء برابر گردد، این فشار به نام «فشار اسمزی» معروف است. توضیحات مربوط به فشار اسمزی و روابط مربوط به آن و انواع غشاء در فصل ۲ ارائه شده است.

با اجرای طرح بررسی روش های پیش تصفیه آب شیرین کن های RO موجود در استان هرمزگان، مطالعه موردی سه آب شیرین کن (درگهان، فین و جزیره هرمز) جهت ارائه ارتقاء روش های پیش تصفیه موجود، در گام نخست فرآیند شیرین سازی آب توسط آب شیرین کن های دارای تکنولوژی RO و نیز روشهای مختلف پیش تصفیه بصورت مدون و علمی مورد بررسی قرار خواهد گرفت و نقاط ضعف و قوت این تکنولوژی و روشهای مذکور استخراج خواهد شد.

حدود نصف هزینه تصفیه آب با روش اسمز معکوس بخاطر تصفیه مقدماتی آب خوراک، قبل از ورود به اسمز معکوس است. از طرفی پر دردسرتترین قسمت یک دستگاه اسمز معکوس غشاء آن می باشد و از این رو ضروری است که آب ورودی به دستگاه اسمز معکوس، قبلاً تصفیه مقدماتی شده

باشد. لذا در گام بعدی به بررسی کیفی منابع آب خام مورد مصرف در واحدهای بزرگ آب شیرین کن در سطح استان که از تکنولوژی RO بهره می برند، پرداخته خواهد شد و در فاز بعدی متناسب با نتایج مستخرج از فازهای قبلی راهکارهای ارتقاء فرآیند پیش تصفیه در شیرین سازی آب با تکنولوژی RO بررسی و بهترین روش ها به همراه دستورالعمل های اجرایی آنها ارائه خواهد شد.

لذا نتایج حاصل از اجرای این طرح در قالب موارد کلی ذیل پاسخگوی نیازهای صنایع مرتبط با تامین آب شرب و طبیعتاً جامعه خواهد بود:

- افزایش کیفیت آب شیرین تولیدی
- افزایش راندمان کیفی فرایندهای پیش تصفیه موجود در سایت های RO
- امکان سنجی فنی و اقتصادی استفاده از روشهای مختلف پیش تصفیه در منطقه هدف به منظور ارتقاء شیرین سازی آب با استفاده از روش RO.

۱-۲- کلیدواژه ها

آب شیرین کن، اسمز معکوس (RO)، پیش تصفیه، راهکار ارتقاء،

۱-۳- هدف

افزایش هزینه های تولید آب شیرین جهت مصارف مختلف از یکسو و کاهش منابع آبی مفید از سوی دیگر، جوامع مختلف را با چالشی اساسی به منظور تامین آب مورد نیاز خود روبرو ساخته است، به گونه ای که کشورهایی نظیر جمهوری اسلامی ایران که با خطر خشکسالی روبرو هستند، به فکر بهره مندی هر چه مناسب تر از منابع آبی موجود خود افتاده اند و در این راستا افزایش راندمان تکنولوژی های مورد استفاده در شیرین سازی آب را بعنوان یک گزینه مهم مد نظر خود قرار داده اند.

لذا در این تحقیق، بررسی روش های پیش تصفیه آب شیرین کن های RO و ارائه پیشنهاد روش ها و دستورالعمل های اجرایی آنها به منظور ارتقای روش های پیش تصفیه مد نظر می باشد تا بتوان از این طریق ضمن کاهش هزینه ها، با افزایش راندمان آب با کیفیت بالاتری نیز به دست آوریم.

۱-۴- ضرورت تحقیق

امروزه از یک سو با توجه به رشد روز افزون جمعیت و به تبع آن نیاز روز افزون به آب در سطوح مختلف و از سوی دیگر افزایش هزینه های تولید و کاهش منابع آب در دسترس، جوامع مختلف رویکردی جدید را به منظور بهره مندی از پتانسیل های مختلف موجود به منظور تامین هرچه بهتر و کارآمد تر آب مصرفی مورد نیاز خود مد نظر قرار داده اند.

رویکرد فوق در کشورهای مختلف و با توجه به پتانسیل های طبیعی، صنعتی و سطح دانش و تکنولوژی موجود متفاوت می باشد. بعنوان مثال در کشورهایی نظیر جمهوری اسلامی ایران که با مشکل کم آبی روبرو هستند و با خطر خشکسالی همواره بعنوان یک تهدید طبیعی بالقوه روبرو می باشند مسئله تامین آب مورد نیاز از طریق افزایش راندمان و به کارگیری تکنولوژی های کارآمد تر از جایگاه ویژه

ای برخوردار می باشد. با آغاز طرح هدفمند کردن یارانه ها، نیاز و ضرورت بهره برداری صحیح تر و بهینه از منابع آبی و افزایش کارایی سیستم های موجود نظیر آب شیرین کن ها در نواحی که از منابع خدادای آب شیرین کافی برخوردار نمی باشند به خوبی احساس می شود چراکه ضمن کاهش هزینه های تامین آب جهت مصارف گوناگون، کمک شایانی به بهبود کیفی آب مورد نیاز خواهد نمود.

لذا در این پروژه با توجه به شرایط موجود، بررسی و ارتقاء روش های پیش تصفیه آب شیرین کن های RO مستقر در استان هرمزگان و ارائه پیشنهاد استاندارد کیفی آب تولیدی به انضمام دستورالعمل های اجرایی آنها مد نظر قرار گرفته است.

۱-۵- فرضیه های تحقیق

آیا هزینه های ناشی از ارتقاء کیفیت آب خروجی آب شیرین کن های RO مقرون به صرفه است؟ آیا کیفیت آب تولیدی توسط آب شیرین کن های RO تنها معلول کیفیت آب خام ورودی است؟

آیا روش های معمول پیش تصفیه از راندمان خوبی جهت واحدهای آب شیرین کن RO برخوردار هستند؟ آیا راهکارهای قابل ارائه تنها شامل پیش تصفیه می باشد و یا نیاز به فرآیندهای تکمیلی وجود خواهد داشت؟

۱-۶- شرح خدمات طرح

برای پاسخ به سوالات مطرح شده در بخش پیشین لازم است روش تحقیق مناسب این کار انجام

گیرد. به این منظور انجام این پروژه شامل چندین مرحله به شرح ذیل می باشد :

- مطالعات کتابخانه ای و جمع آوری مستندات موجود
- بررسی ساز و کار آب شیرین کن های RO.
- بررسی روشهای مختلف و معمول پیش تصفیه آب.
- بررسی وضعیت کمی و کیفی آب شیرین کن های RO موجود در سطح استان.
- انتخاب سه سایت آب شیرین کن RO بعنوان سایت مورد مطالعه و ارزیابی آن.
- شناسایی عوامل موثر در فرآیند پیش تصفیه آب شیرین کن مورد نظر و همچنین موانع موجود.
- تجزیه و تحلیل اطلاعات به دست آمده از مراحل قبل به منظور پیشنهاد روش های مختلف ارتقای فرایند پیش تصفیه در سایت های مورد مطالعه.
- انتخاب بهترین راهکارها از نقطه نظر فنی و اقتصادی و تدوین دستورالعمل های اجرایی مربوط به روش یا روشهای منتخب.
- تهیه گزارش نهایی.

۱-۲- مروری بر ادبیات موضوع

در دهه ۱۹۴۰ تحقیق در مورد تهیه آب شیرین از آب های شور در آمریکا بسیار پر رونق بود. اما دانشگاه کالیفرنیا در لس آنجلس در سال ۱۹۵۹ میلادی بزرگترین گام را برداشت. لب و سوریراجان، توانستند از پلیمر سلولز استات، اولین غشاء (ممبران) نیمه تراوای سنتزی را تولید کنند.

اولین دستگاه اسمز معکوس برای تهیه آب شیرین در سال ۱۹۶۵ در شهری در کالیفرنیا شروع به کار کرد که باعث هیجانی علمی در همه مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی در جهان شد. امروزه صنعت اسمز معکوس به یکی از پر رونق ترین بازارهای تکنولوژی تبدیل شده است و پیشرفته ترین بخش این تکنولوژی، «ساخت غشاء نیمه تراوا» است که هنوز هم در اختیار چند شرکت مهم بین المللی است. تکنولوژی اسمز معکوس نام زادگاه خود یعنی دانشگاه کالیفرنیا را در تاریخ جاودانه کرده است.

براساس گزارش منتشر شده از طرف انجمن بین المللی نمکزدایی در سال ۱۹۹۸، کل ظرفیت نصب شده واحدهای اسمز معکوس در دنیا حدود ۱۱/۳۵ میلیون متر مکعب در روز بود که حدود ۸۵٪ آنها هنوز در مدار بهره برداری بوده و انتظار می رود که تا ۲۰ سال آینده ظرفیت به دو برابر افزایش یافته و به بیش از ۲۰ میلیون متر مکعب در روز برسد (۱).

اولین بررسی آکادمیک در ایران به ساخت و بررسی غشاءهای فشار پائین در روش اسمز معکوس مربوط می شود (۲). در سال ۱۳۷۰ آقای صاحبدل فر اقدام به بررسی مکانیزم جداسازی چند جزئی در روش اسمز معکوس نمود (۳). همگام با پیشرفت علوم شیه سازی در دهه های اخیر، مطالعات مدل سازی مختلفی در این زمینه صورت گرفته است، از جمله مدل سازی سیستم های اسمز معکوس در حالت ویژه جذب موثر غشاء- حل شونده (۴)، مدل سازی کارتریجهای حلزونی اسمز معکوس بر اساس

مدل انتقال MD - SF - PF (۵)، مدلسازی سیستم های اسمز معکوس در تهیه آب شیرین از آب دریا

(۶)، پیش بینی عملکرد غشاهای اسمز معکوس با استفاده از مدل سازی ریاضی و شبکه عصبی (۷).

در سال ۱۳۸۴ آقای مصباحی مطالعه ای را با عنوان نقش غشاء در تصفیه آب و پسابهای صنعتی

از طریق اسمز معکوس در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام داد (۸). در همین راستا امکان

تصفیه پساب با استفاده از اکسیداسیون پیشرفته و اسمز معکوس توسط آقای رضائیان در سال ۱۳۸۹ مورد

مطالعه و بررسی قرار گرفت (۹).

همزمان با مطالعات آکادمیک طرح های پژوهشی و اجرایی بسیاری در خصوص استفاده از

فناوری RO در ایران صورت گرفت که از آن جمله می توان به بررسی عملکرد علمی روشهای جلوگیری

از گرفتگی (Fouling) غشاء RO (۱۰)، تصفیه آب شهرهای بلوچستان با متد اسمز معکوس (۱۱)، مطالعه

مکانیزم جداسازی اسیدهای ضعیف در سلهای اسمز معکوس (۱۲) و بسیاری دیگر اشاره نمود. در طرح

تحقیقاتی حاضر نیز با استفاده از نتایج فعالیت های علمی صورت گرفته شده تا کنون، که شرح آنها در

بالا ارائه شده است، تحقیقی جامع و هدفمند را به انجام رسانید به نحوی که بیشترین استفاده ممکن را از

نتایج مذکور داشت.

ساز و کار آب شیرین کن های اسمز معکوس

۲-۱- بررسی ساز و کار اسمز معکوس

۲-۱-۱- اساس اسمز معکوس

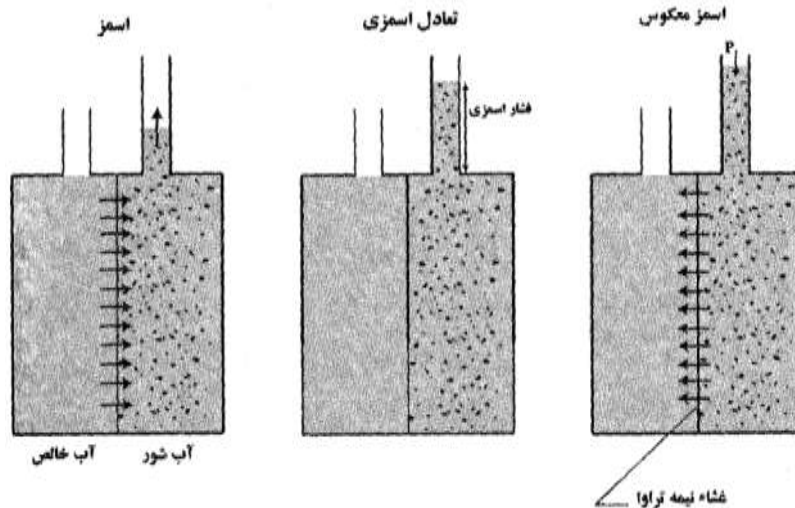
اگر یک «غشاء نیمه تراوا» بین دو محلول با غلظت های متفاوت قرار گیرد، مقداری از حلال از یک طرف غشاء به طرف دیگر منتقل می شود. جهت طبیعی حرکت حلال (یعنی از پتانسیل شیمیایی بیشتر به پتانسیل شیمیایی کمتر) به گونه ای است که محلول غلیظ تر، رقیق می شود (۱۳).

در شکل ۲-۱ آب خالص از غشاء عبور کرده و وارد آب شور می شود. اگر به سیستم اجازه رسیدن به تعادل داده شود، در آن صورت سطح آب نمک (محلول غلیظ تر) از سطح آب خالص بالاتر خواهد رفت. این اختلاف سطح در دو طرف غشاء را فشار اسمزی، π ، می گویند. بر اساس شکل زیر می توان به مطالب زیر دست یافت:

الف: مولکول های آب در قسمت آب خالص به خاطر فشار اسمزی وارد محفظه آب شور

می شوند.

ب: در حالت تعادل، سطح آب در محفظه آب شور به اندازه h بالاتر از سطح آب خالص قرار می گیرد. ارتفاع h مساوی فشار اسمزی است.



شکل ۱-۲ مفهوم اسمز، فشار اسمزی - فلش، جهت جریان آب خالص را نشان می دهد.

ج: می توان با اعمال فشار P مولکول های آب را وادار کرد که از محفظه آب شور وارد محفظه آب خالص شوند. این همان مفهوم اسمز معکوس است. با توجه به شکل ۱۰-۱ اگر به محفظه محتوی آب شور، فشاری برابر با P وارد شود، جهت جریان آب می تواند به صورت های زیر باشد:

۱- $P < \pi$ در این صورت جهت جریان آب فرقی نمی کند. اما برای رسیدن به تعادل، مقدار کمتری از آب خالص وارد محفظه آب شور خواهد شد.

۲- $P = \pi$ در این صورت جریان خالصی وجود ندارد.

۳- $P > \pi$ در این صورت آب از قسمت محفظه آب شور وارد محفظه آب خالص خواهد شد.

واضح است که هدف در تصفیه آب، تهیه آب شیرین از آب شور است (حالت سوم). بنابراین با اعمال فشار مکانیکی به آب شور، مولکول های آب از مولکول های نمک جدا می شوند. این فرآیند را

«اسمز معکوس» می گویند. در مورد محلول های خیلی رقیق فشار اسمزی مانند فشار در گازهای ایده آل عمل می کند، بطوری که می توان نوشت:

$$\pi V = nRT$$

که در آن π فشار اسمزی، V حجم حلال، n تعداد مول های ناخالصی (حل شونده)، R ثابت گازها و T دمای مطلق است.

$$R = 0.082 \frac{\text{lit.atm}}{\text{mole.deg}}$$

رابطه فوق را می توان به صورت $P = CRT$ نوشت که C غلظت مولاری ناخالصی است.

فشار اسمزی به غلظت و نوع ناخالصی و نیز دما بستگی دارد. در جدول ۱-۲ فشار اسمزی تعدادی از محلول ها در دمای 25°C درج شده است. فشار اسمزی محلول ها در حالت کلی از رابطه زیر پیروی می کند: $\pi V = \phi RT$ که ϕ ضریب فشار اسمزی است و n تعداد یون های حاصل از تفکیک ماده ناخالصی است.

فشار اسمزی در دمای صفر درجه سانتیگراد برای محلول یک مولار برابر $22/4$ اتمسفر می باشد. طبق یک قاعده سرانگشتی به ازاء هر 100ppm ناخالصی (TDS)، فشار اسمزی به اندازه یک واحد psi افزایش می یابد. به عنوان مثال برای محلول 35000 ppm نمک طعام در آب، فشار اسمزی برابر 398 psi و برای محلول 1000 ppm ناخالصی، فشار اسمزی برابر $11/4\text{ psi}$ می باشد.

۲-۱-۱-۱- تعاریف مهم در اسمز معکوس

- پلاریزاسیون غلظتی : چون غشاء اسمز معکوس بیشتر املاح را از خود عبور نمی دهد. از این رو غلظت املاح در اطراف آن سطحی از غشاء که در تماس با آب شور است، بیشتر از غلظت املاح

در آب شور خروجی می شود. این پدیده را پلاریزاسیون غلظتی می نامند که هم باعث کاهش کیفیت آب شیرین می شود و هم فشار اسمزی را افزایش می دهد.

جدول ۱-۲ فشار اسمزی بعضی از محلول ها در ۲۵ °C

فشار اسمزی psi	غلظت moles/liter	غلظت mg/liter	ماده حل شونده
۱۱/۴	۰/۰۱۷۱	۱۰۰۰	NaCl
۱۲/۸	۰/۰۱۱۹	۱۰۰۰	NaHCO ₂
۶	۰/۰۰۷۰۵	۱۰۰۰	Na ₂ SO ₄
۳/۶	۰۰/۰۰۸۳۱	۱۰۰۰	MgSO ₄
۹/۷	۰/۰۱۰۵	۱۰۰۰	MgCl ₂
۸/۳	۰/۰۰۹	۱۰۰۰	CaCl ₂
۱/۰۵	۰/۰۰۲۹۲	۱۰۰۰	Sucrose
۲	۰/۰۰۵۵۵	۱۰۰۰	Dextrose

• درصد بازیافت: $100 \times (\text{نسبت دبی آب شیرین به دبی آب ورودی})$

$$\%R = \frac{P}{F} \times 100$$

• درصد عبور ناخالصی: نسبت مقدار ناخالصی در محصول به مقدار ناخالصی در آب ورودی (توجه

کنید که درصد عبور ناخالصی برای هر یون می تواند متفاوت باشد).

$$\%P = \frac{C_p}{C_f}$$

• درصد طرد: درصد عبور ناخالصی $(\%P) - 100 = \text{درصد طرد } (\%r)$

• فاکتور تغلیظ CP: $CP = \frac{1}{1-R}$

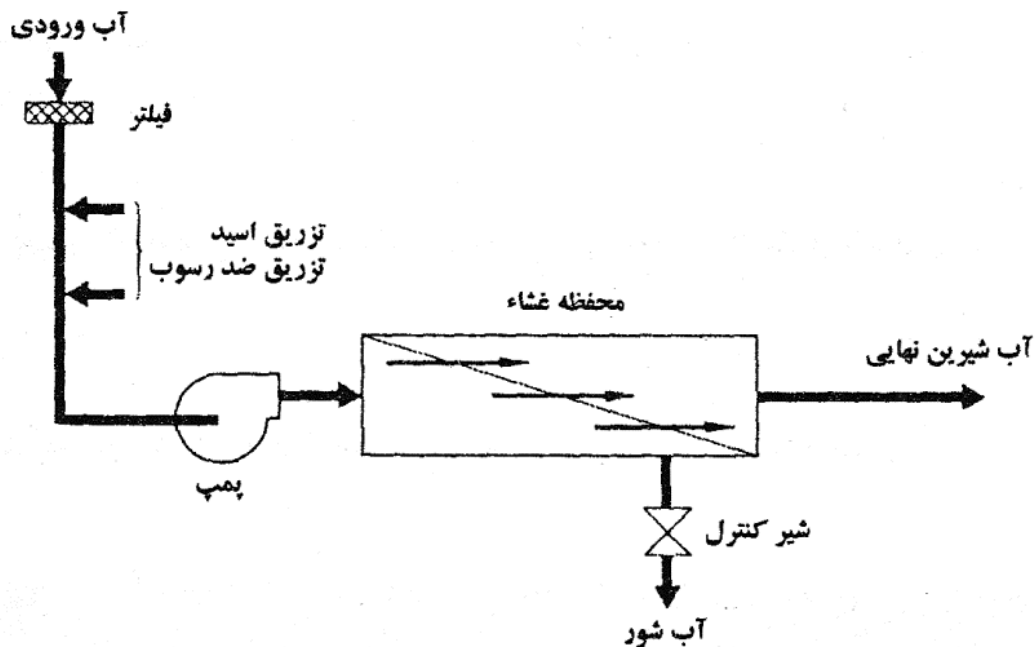
۲-۱-۲- تکنولوژی اسمز معکوس

در اسمز معکوس، آب ورودی (تصفیه نشده) توسط پمپ با فشار به داخل محفظه ای که دارای غشای نیمه تراوا می باشد، رانده می شود و چون ناخالصی ها تقریباً قادر به عبور از غشاء نیستند، از این رو در یک طرف غشاء آب تقریباً خالص (آب شیرین) و در طرف دیگر آن آب تغلیظ شده از ناخالصی ها (آب شور) وجود خواهد داشت. هر دستگاه اسمز معکوس به صورت ساده شامل قسمت های زیر است (شکل ۲-۲):

الف: پمپ که بتواند فشار لازم آب ورودی به سیستم را تأمین کند. (برای آب های شور ۱۲-۲۵ اتمسفر و برای آب دریا ۸۰-۵۴ اتمسفر).

ب: غشای نیمه تراوا که مولکول آب و گازها می توانند از آن عبور کنند.

ج: شیر کنترل در مسیر محلول تغلیظ شده (آب شور) برای کنترل درجه تغلیظ).



شکل ۲-۲ مسیر آب ورودی، آب شور و آب شیرین در سیستم اسمز معکوس

البته قبل از ورود آب به داخل محفظه غشاء، آب در معرض فرآیندهای مختلفی قرار می گیرد تا تصفیه مقدماتی شود که در صفحات بعدی مورد بحث قرار می گیرند. توجه به دو نکته در مورد پمپ ضروری است:

۱- از پمپ سانتریفوژی استفاده کنید تا نوسانات سرعت آب خروجی باعث

۲- در ورودی پمپ، آب باید دارای فشار کافی باشد تا مشکل پدیده کاویتاسیون نداشته باشید.

بطور کلی برای کارکرد مناسب پمپ های با فشار بالا، وجود جریان مایع کافی با یک حداقل فشار ورودی آنها ضرورت دارد. کار کردن خالی پمپ حتی برای چند لحظه باعث صدمه دیدن پروانه پمپ و خوردگی می شود.

اسمز معکوس بطور پیوسته کار می کند و می تواند املاح آب خام را تا ۹۹٪ کاهش دهد. با اسمز معکوس، باکتری ها، ویروس ها و دیگر میکروارگانیسم ها یا ذرات بزرگتر از میکرون تقریباً ۱۰۰٪ حذف می شوند اما به علت عدم آب بندی کامل سیستم اسمز معکوس مقدار کمی از این ناخالصی ها ممکن است از غشاء عبور کرده و در آب تصفیه شده دیده شوند. گازها می توانند ۱۰۰٪ از غشاء عبور کنند.

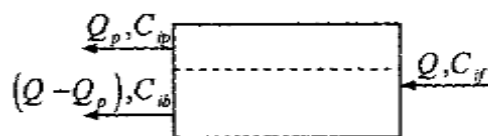
این فرآیند برای تهیه آب آشامیدنی از آب هایی که حاوی املاح معدنی زیاد و ناخالصی های آلی می باشد، بسیار مناسب است و حتی قادر است از آب دریا با ۳۰۰۰۰ ppm ناخالصی و نیز آب های شور، آب آشامیدنی تهیه کند. برای تصفیه آب های معمولی با TDS (غلظت کل املاح) حدود ۵۰۰۰ ppm یا بیشتر، اسمز معکوس یک روش کاملاً اطمینان بخش است.

از اسمز معکوس می توان در داروسازی و پزشکی برای تهیه آب خالص و عاری از میکروارگانیسم ها به جای روش تقطیر استفاده کرد. امروزه روش اسمز معکوس، اقتصادی ترین فرآیند برای تهیه آب آشامیدنی از آب های شور می باشد.

راندمان، E ، در فرآیند اسمز معکوس با توجه به شکل ۲-۳ چنین تعریف می شود:

$$E = \frac{C_{ib}}{C_{if}} \left(\frac{Q - Q_p}{Q} \right)$$

که C_{ib} غلظت ماده ناخالصی i در آب شور و C_{ip} غلظت ماده ناخالصی i در جریان محصول می باشد.



شکل ۲-۳ غلظت ماده ناخالصی در جریان های مختلف در فرآیند اسمز معکوس

۲-۱-۳- دبی جریان های عبوری از غشاء

شار (فلاکس) جریان آب از غشاء متناسب با اختلاف فشار اعمال شده و فشار اسمزی بوده که می توان با رابطه زیر نشان داد:

$$Q_w = k_w \frac{A}{t} (P - \Delta\pi)$$

که Q_w دبی آب شیرین، A سطح غشاء و t ضخامت غشاء. P فشار اعمال شده و $\Delta\pi$ اختلاف فشار اسمزی محلول های دو طرف غشاء می باشد و K_w ضریب تراوایی غشاء می باشد که بستگی به جنس و چگونگی طراحی غشاء دارد.

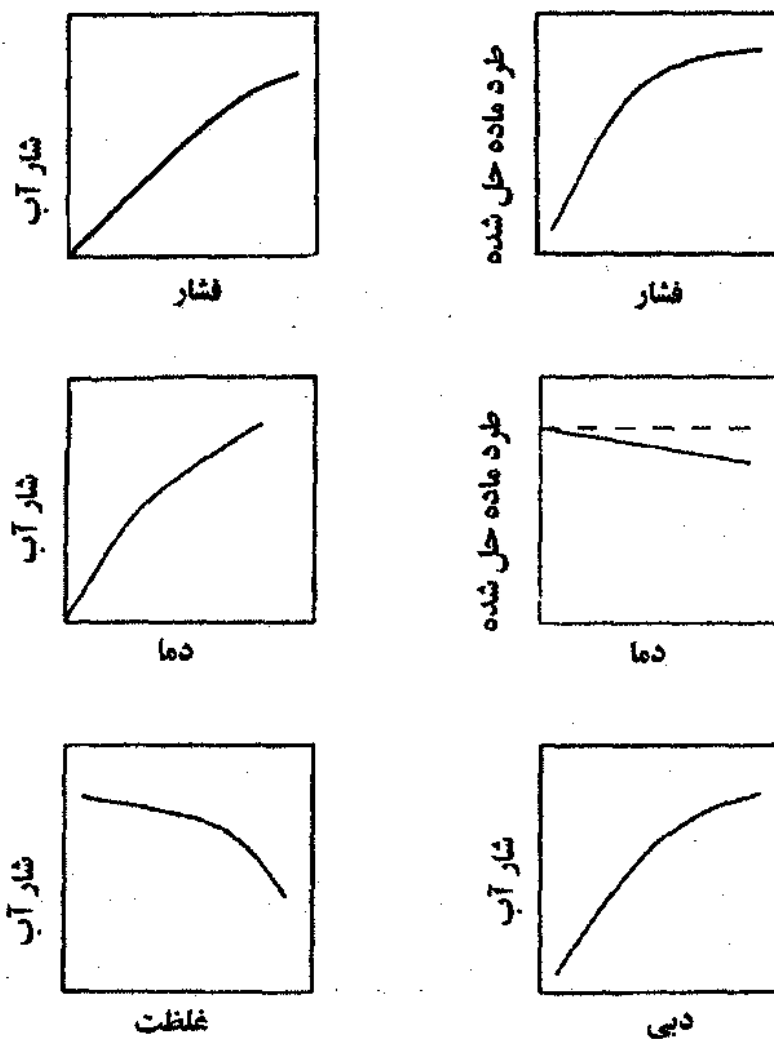
در عمل، مقداری ماده حل شده (ناخالصی) از طریق نفوذ مولکولی از غشاء اسمز معکوس عبور می کند و وارد آب شیرین می شود که دبی آن Q_s ، متناسب با اختلاف غلظت است.

$$Q_s = K_s \frac{A}{t} (C_s - C_p)$$

که در آن Q_s دبی ماده حل شده، C_s غلظت ماده حل شده در آن طرف غشاء که در تماس با آب شور است و C_p غلظت ماده حل شده در آن طرف غشاء که در تماس با آب شیرین است و K_s ضریب تراوایی غشاء برای ماده حل شده می باشد. این رابطه نشان می دهد که دبی ماده حل شده (ناخالصی) متناسب با اختلاف غلظت دو طرف غشاء می باشد.

با افزایش فشار خارجی (اعمال شده) دبی آب تصفیه شده افزایش می یابد اما افزایش دبی با فشار خارجی همیشه خطی نیست چون شار آب تصفیه شده به فشار اسمزی دو طرف غشاء نیز بستگی دارد. از این رو با افزایش بازیابی آب خالص از آب شور، فشار اسمزی آب شور هم افزایش یافته و در نتیجه، شار آب تصفیه شده با فشار بطور خطی افزایش نمی یابد. این نکته با ملاحظه جدول ۱-۲ کاملاً روشن می شود. دیده می شود که اگر غلظت نمک در آب ۱۰۰۰ mg/liter باشد فشار اسمزی محلول (آب، نمک) ۱۱/۴ psi می باشد. اما به مرور زمان که آب نمک بیشتر تغلیظ می شود و غلظت نمک در آب به ۳۵۰۰۰ mg/liter می رسد. فشار اسمزی به ۳۹۸ psi خواهد رسید یعنی فشار اسمزی بیش از سی برابر افزایش می یابد. بنابراین برای یک فشار اعمال شده ثابت، از نظر علمی محدودیت تغلیظ داریم. همچنین با افزایش محصول (آب تصفیه شده) به دلیل فوق، غلظت نمک در طرف آب شور افزایش یافته و در نتیجه اختلاف غلظت نمک در دو طرف غشاء افزایش می یابد.

گاهی استدلال می شود که برای کاهش هزینه دستگاه اسمز معکوس فشار پمپاژ را کم کنیم اما این بدترین انتخاب است چون کاهش فشار پشت غشاء نه فقط دبی آب تصفیه شده را کاهش می دهد بلکه باعث افزایش غلظت ناخالصی در آب تصفیه شده می گردد. شکل ۲-۴ رابطه بین شار آب تصفیه شده و شار نمک بر حسب متغیرهای مهم را نشان می دهد.



شکل ۲-۴ اثر متغیرهای مؤثر در عملکرد اسمز معکوس

۲-۱-۴- مقایسه اسمز معکوس با فیلتراسیون معمولی

اسمز معکوس شباهتی به فیلتراسیون معمولی و سانتریفوژ دارد چون در هر سه فرآیند با استفاده از فشار، ناخالصی ها از آب جدا می شوند. از این رو گاهی در منابع علمی به اسمز معکوس، هایپرفیلتراسیون می گویند. اما باید توجه داشت که :

۱. در فیلتراسیون، جریان آب عمود بر بستر فیلتر است، در حالی که در اسمز معکوس جریان آب موازی بستر غشاء است، همانگونه که در شکل ۲-۵ نشان داده شده است. موازی بودن جهت جریان

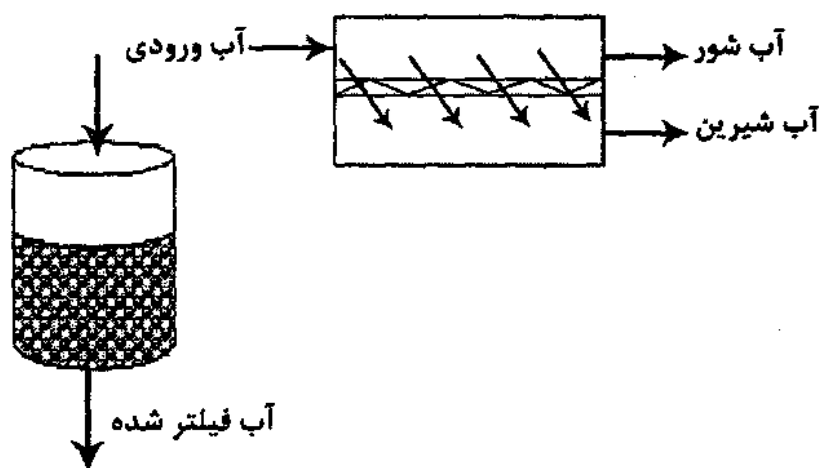
با غشاء در اسمز معکوس باعث می شود که غشاء توسط جریان خوراک شستشو شود. از این رو

گرفتگی غشاء در RO بسیار کمتر از فیلترها می باشد، تقریباً در حدود یک به ده.

۲. در اسمز معکوس در جریان وجود دارد (محصول و خوراک تغلیظ شده) در حالی که در فیلتراسیون

یک جریان مطرح است.

۳. در فیلتراسیون معمولی فشار اسمزی خیلی کم است و اصولاً نقشی ندارد.



شکل ۲-۵- مقایسه جریات ها در فیلتراسیون و اسمز معکوس

۴. در فیلتراسیون اندازه ذرات مهم است ولی هر چه اندازه مولکول های ناخالصی درشت تر و درجه

یونیزاسیون مولکول ناخالصی کمتر باشد، فشار اسمزی محلول کمتر است اما هر چه غلظت مولکول

های ناخالصی بیشتر شود فشار اسمزی هم بیشتر می شود. در اسمز معکوس علاوه بر اندازه ذرات، بار

الکتریکی و فاکتورهای دیگر هم مطرح هستند. حذف مواد مختلف توسط غشاء استات سلولز در

اسمز معکوس در جدول ۲-۲ آمده است:

جدول ۲-۲- حذف مواد مختلف توسط غشاء استات سلولز در اسمز معکوس

درصد طرد	MW	ناخالصی
۹۹	۱۸۰	Dextrose
۹۹	۲۰۳	MgCl ₂
۹۵	۵۸	NaCl
۲۷	۶۰	Urea
-۲	۹۵	Phenol
-۳۴	۱۶۳	۴،۲-Dichlorophenol

دیده می شود که طرد مواد (عدم عبور از ممیران) فقط بستگی به اندازه ملکول در RO ندارد بلکه بعضی از مواد خیلی سنگین تر از آب و با نمک طعام، بیشتر از آب، از ممیران عبور می کند و در نتیجه درصد طرد منفی دارند. در واقع علاوه بر وزن (یا اندازه) درصد طرد ذرات به بار الکتریکی خود یون و نیز به حلالیت آن یون در ماده ممیران دارد و این نشان می دهد که مکانیسم (Solution-diffusion) به (pore-flow) ترجیح دارد.

۵. هر چند در فیلتراسیون مسر انتقال حلال، حفره است ولی در اسمز معکوس، غشاء دارای شاخه های پلیمری آبدوستی است که آب را جذب کرده و سپس آب در داخل پلیمر نفوذ مولکولی کرده و از آن عبور می کند.

۶. دما باعث افزایش فشار اسمزی می شود ولی همزمان موجب کاهش ویسکوزیته محلول نیز می گردد، بنابراین تأثیر دما در اسمز معکوس پیچیده تر از فیلتراسیون است.

۷. تقریباً میکروفیلترسیون (MF) قادر به کاری است که با سانتریفوژهای خیلی سریع می توان انجام داد. آلترافیلترسیون قابل مقایسه با جداسازی آلتراسایفوژ می باشد، اما چون سانتریفوژ قادر به جداسازی یون ها نیست از این رو مشابه کار اسمز معکوس با سانتریفوژ امکان ندارد.

۲-۱-۵- غشای اسمز معکوس

شاید بتوان گفت که پیشرفت تکنولوژی اسمز معکوس از یک پدیده ساده آزمایشگاهی به یک روش بسیار مهم صنعتی برای تصفیه آب، مرهون پیشرفت تکنولوژی ساخت غشاء بوده است. غشاء را معمولاً از استات سلولزری، پلی آمید، پلی فنیل اکسید و غیره تهیه می کنند.

دیدیم که دبی آب تصفیه شده به مساحت غشاء و ضریب تراوایی آن بستگی دارد. از این رو تکنولوژی ساخت غشاء از دو جنبه پیشرفت کرده است.

الف) قرارداد مساحت بیشتری از صفحات غشاء در حجم کمتر:

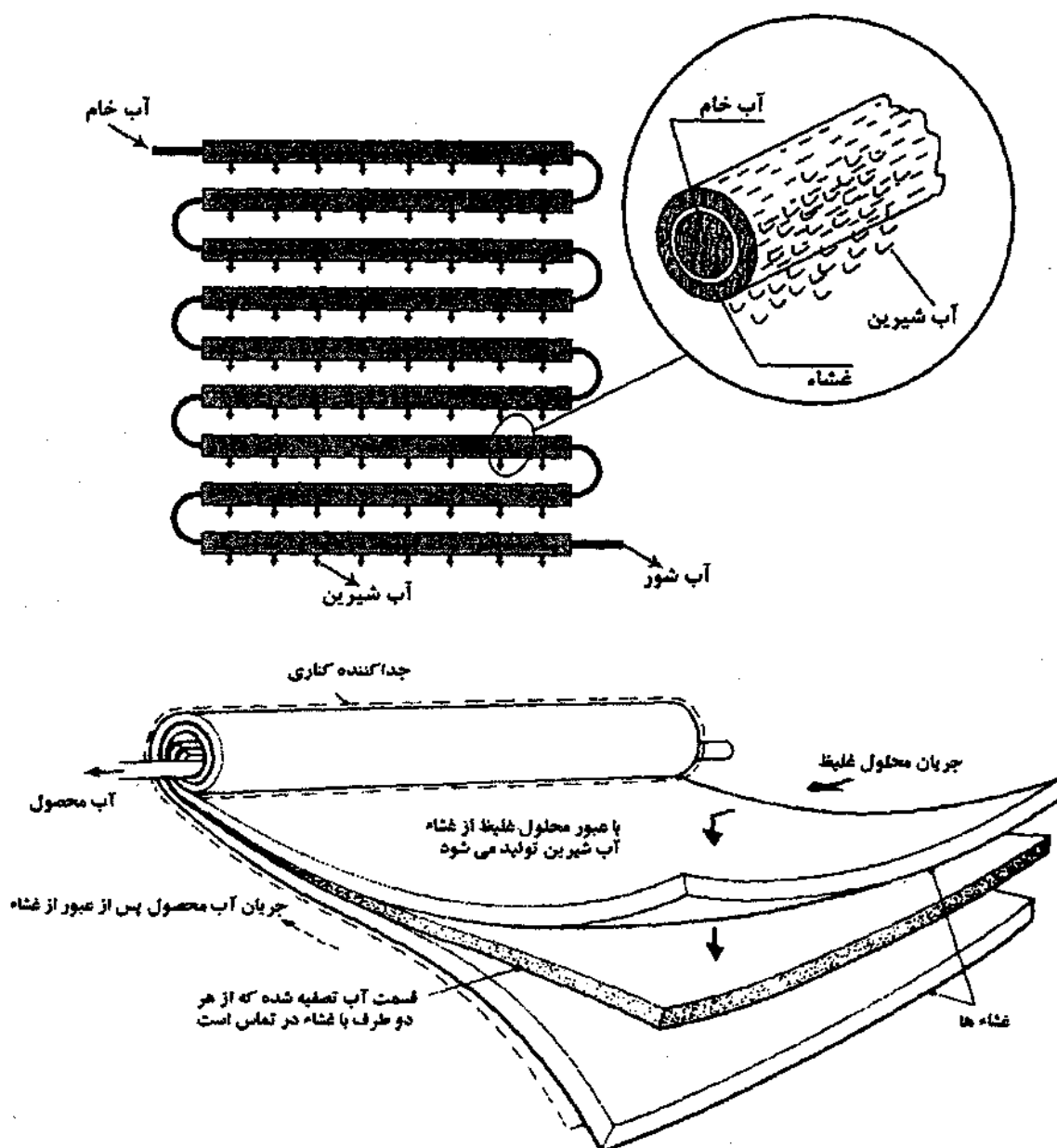
برای افزایش مساحت غشاء چند روش معمول است از جمله استفاده از لوله های بسیار باریک (حدود کمتر از میلی متر) از جنس غشاء استفاده از صفحات متعدد و نیز صفحات حلزونی شکل لوله شده. در شکل ۲-۶ آرایش چند نوع غشاء نشان داده شده است.

ب) استفاده از غشاءهای کارآمدتر:

غشای اسمز معکوس نیمه تراوا می نامند چون غشاء همچون یک فیلتر مولکولی عمل می کند به گونه ای که مولکول های حلال از آن عبور کرده ولی مولکول های ناخالصی قادر به عبور از غلظت نیستند. بنابراین غشاء برای مولکول های حلال، تراوا و برای مولکول های ناخالصی، ناتراوا می باشد.

غشاء مناسب برای اسمز معکوس باید ویژگی های خاصی داشته باشد. مثلاً تراوایی آن برای آب زیاد و برای املاح بسیار کم باشد، قدرت تحمل فشار اعمال شده را داشته باشد، در برابر تغییرات pH مقاوم باشد و همچنین در برابر حمله مواد شیمیایی با بیولوژیکی مقاوم باشد. از این میان دو مورد به تفصیل

بیان می شود:



شکل ۲-۶-آرایش چند نوع غشاه مورد استفاده در اسمز معکوس

الف - درصد عبور املاح از غشاه

هر چند که از نظر تئوری فقط مولکول های آب می توانند از غشاه عبور کنند، ولی در عمل،

نمک ها و ناخالصی های موجود در آب به مقدار کمی از غشاه عبور می کنند. «گازهایی چون O_2 یا

CO₂ صد درصد از غشاء عبور می کنند». در جدول ۲-۳ درصد عبور بعضی نمک ها از غشاء پلی آمیدی اسمز معکوس به نقل از کاتالوگ شرکت سازنده ذکر شده است. جالب است بدانید که آب از غشاء نیمه تراوا حدود دو قطره در هر ثانیه تراوش می کند.

جدول ۲-۳- درصد عبور بعضی از نمک ها از غشاء پلی آمیدی اسمز معکوس

درصد عبور	فرمول نمک	درصد عبور	فرمول نمک
1	CaSO ₂	1	MgSO ₄
2	Ca(HCO ₃) ₂	1	KHCO ₂
2	NaCl	15	Ca(NO ₂) ₂
3	NaHCO ₂	15	NaNO ₂
1	No ₃ SO ₂	15	Mg(NO ₂) ₂
2	CaCl ₂	3	CaF ₂
2	MgCl ₂	6	NaF
2	Mg(HCO ₃) ₂	6	KF
3	KCl	3	MgF ₂

ب : تحمل تغییرات pH

محدوده pH قابل تحمل برای غشاء استات سلولزی ۳ تا ۸ و برای تری استات سلولزی ۲ تا ۹ و برای پلی آمیدی ۲ تا ۱۰ می باشد. امروزه غشاءها را از مخلوط استات سلولز و تری استات سلولز می سازند. به تازگی نوع جدیدی از غشاءها از جنس پلی سولفان باردار به بازار عرضه شده است که ویژگی خوب استات سلولز (تحمل کلر) و ویژگی خوب پلی آمیدی (دبی زیاد) را داراست که بهای آن بسیار زیاد است.

در تکنولوژی ساخت غشاء ها اندازه های استاندارد شده عبارتند از SDI ، PI . معیار SDI شامل تغییرات مواد کلوئیدی موجود در آب است و مقدار آن از نسبت بین مدت زمان تصفیه بادبی ورودی ثابت 500 ml از داخل غشاء با منافذی به قطر 45/0 میکرون تحت فشار ۰/۲ بار بادرجه حرارت ثابت در دستگاه ویژه در کارخانه به دست می آید. معیار PI به مقدار درصد گرفتگی یا انسداد منافذ غشاء گفته می شود برای اینکه بتوان SDI و PI را با هم مقایسه کرد ، باید شرایط حجم ، فشار کار ، قطر منافذ غشاء ، ابعاد فیلتر ، زمان افزایش درجه حرارت اندازه گیری شده مساوی باشد.

۲-۲- بررسی انواع غشاها و عملکرد آنها

برای تهیه آب خالص باز غشای سلولز استات (CA) و پلی آمید (PA) استفاده می شود که این دو، از گروه پلیمرها هستند نوع سوم غشا، که در سال های اخیر از آن استفاده می شود، پلی سولفان باردار است.

۲-۲-۱- سلولز استات (CA)

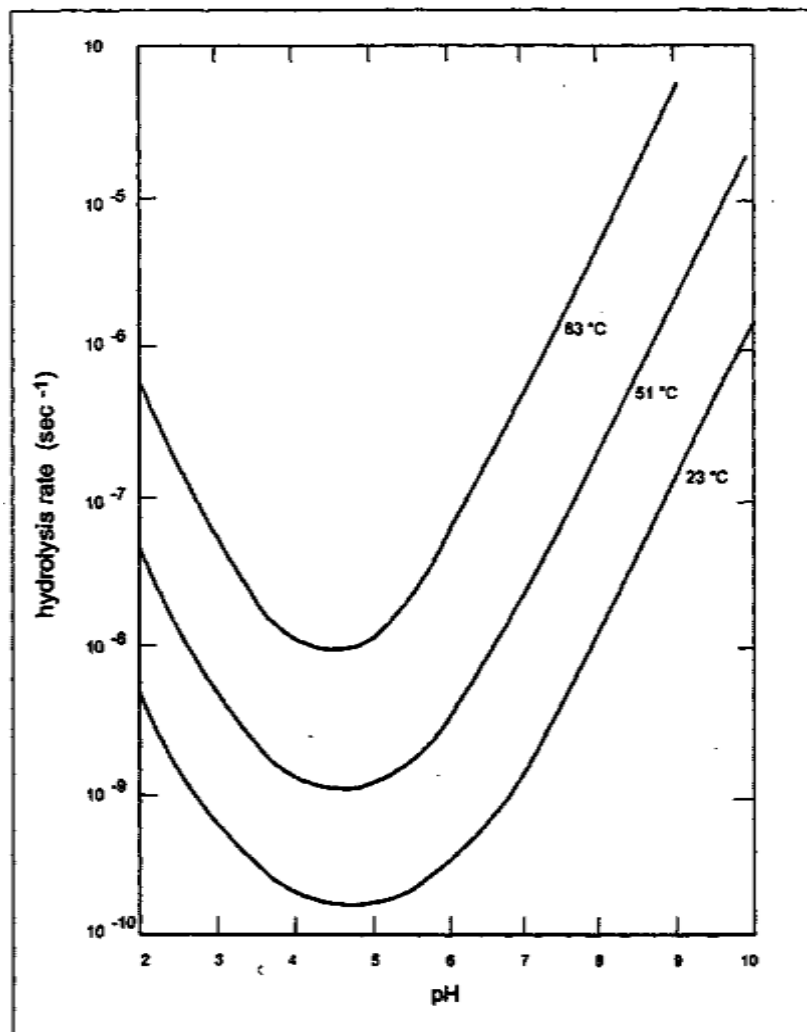
غشاء سلولز استات، اولین بار به صورت حلزونی مورد استفاده قرار گرفت. سلولز استات، کار یکنواخت ارایه می کند (تحت شرایط عملیاتی مخصوص به خودش) و نسبت به غلظت های زیاد، ولی بدون کلر آزاد، مقاوم است. انتخاب این نوع غشاء در سیستم RO تا زمانی بود که هنوز پلی آمید در دسترس قرار نگرفته بود.

غشای سلولز استات، یک غشا بدون بار به حساب می آید، بدین معنا که حلقه های انتهایی پلیمر به شدت قطبی نیستند و این یک مزیت نسبت به سایر غشاها نظیر پلی آمید و پلی سولفان باردار است. به طوری که تمایل غشاء به گرفتگی سطح بسیار ناچیز است. در غشای سلولز استات، سطحی که در معرض

آب خوراک قرار دارد بسیار نازک و شبیه به یک لایه صاف است که چرم یا پوست نامیده می شود. همچنین به نظر می رسد که زبری این لایه به مقاومت سلولز استات در مقابل گرفتگی کمک می کند. مهمترین فاکتور برای سلولز استات، کنترل pH است. غشای سلولز استات با گذشت زمان، هیدرولیز خواهد شد. در این حالت، غشاء خاصیت دفع نمک را از دست خواهد داد سرعت تخریب به دما و pH بستگی دارد.

جهت کاهش سرعت هیدرولیز غشای سلولز استات، بیشتر سیستم های محتوی این نوع غشا، جهت کاهش pH از اسید استفاده می کنند. pH مطلوب حدود ۴/۸ است، تنظیم pH به مقدار کمتر از ۶/۵، هیدرولیز سلولز استات (CA) را به حداقل می رساند به طوری که غشا، حداقل سه سال کارآیی خواهد داشت.

ماده اولیه سلولز استات، یک نوع بخصوص از سلولز دی استات است که پس از مخلوط شدن با سلولز تری استات، سلولز استات با کیفیت بهتری تولید می شود. این غشای ترکیبی، دبی آب محصول بیشتری دارد و مقاومت بیشتری در مقابل حمله باکتری ها و هیدرولیز از خود نشان می دهد. تقریباً تمام غشاهای سلولز است که امروزه در ساخت المنت های RO مورد استفاده قرار می گیرند و به فروش می رسند، ترکیبی از پلیمرهای سلولز استات هستند.



شکل ۲-۷- سرعت هیدرولیز غشای سلولز استات بر حسب pH

غشاهای سلولز استات در مقابل غلظت های معمول و عوامل میکروب کش اکسید کننده مانند کلر آزاد و کلر زمین، مقاوم هستند. در نتیجه غشای سلولز استات برای استفاده در جاهایی مناسب است که امکان بیوفولینگ (گرفتگی بیولوژیکی) زیاد است (بیوفولینگ، عبارت از گرفتگی است که بر اثر رشد مواد بیولوژیکی به وجود می آید) در این موارد، امکان تزریق کلر تا حد ۱ PPM به آب خوراک RO و به صورت پیوسته وجود دارد تا بدون اینکه عمر غشا را کاهش دهد، رشد، بیولوژیکی را کنترل کند.

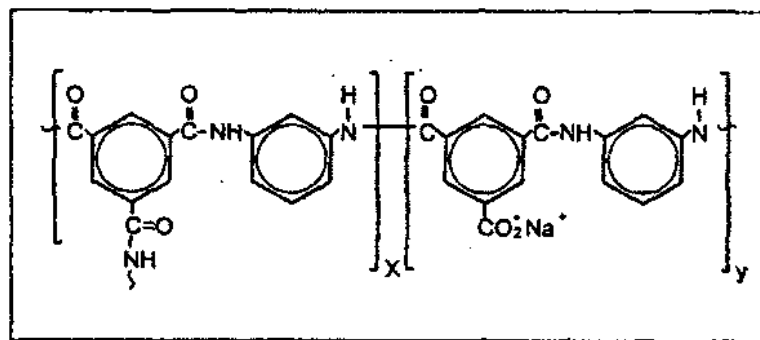
مشخصات کارآیی غشای سلولز استات برای استفاده در اسمز معکوس در محدوده وسیعی قرار دارد و بستگی به این دارد که چگونه غشا ساخته شده باشد. غشای سلولز استات که به منظور کاربرد با دور ریز زیاد ساخته شده، و مقایسه با غشایی که به منظور کاربرد با دور ریز کم آب ساخته شده است، جریان آب محصول کمتری تولید می کند.

دو نوع از متداول ترین غشاهای سلولز استات در حالت استاندارد قابلیت دور ریز ۹۰٪ از کلراید کلسیم و در حالت دور از ۹۷٪ ماکزیمم قابلیت تا ۹۸٪ آن را دارا هستند. غشا با دور ریز بیشتر با تغییر لطافت در اتصال و بادوام کردن آن قابل ساخت است. بعضی از کارخانه های سازنده غشای سلولز استات، با روش تمیز کاری سطحی، غشاهای بلا استفاده را مجدداً بازیافت می کنند. تخمین زمانی در مورد اینکه چه مدت، سطح غشا به صورت تمیز باقی خواهد ماند و مقدار آب دور ریز چه میزان خواهد بود، غیر قابل پیش بینی است.

سیستم های بزرگ RO معمولاً از غشای سلولز استات زمانی که فشار آب خوراک بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ psig است، استفاده می شود. اگر فشار ۲۰۰ psig باشد، دبی آب محصول در حدود نصف آن در فشار ۲۰۰ psig خواهد بود. در فشار ۲۰۰ psig غلظت املاح در آب محصول تقریباً دو برابر زمانی است که فشار ۴۰۰ psig است. اگر فشار آب خوراک ۵۰۰ psig باشد، سرعت گرفتگی زیاد خواهد بود. غشای سلولز استات برای کاربردهایی که فشار آب خوراک آنها زیاد است، مناسب نیستند. این نوع غشا برای نمک زدایی آب دریا مناسب نیست، زیرا فشار باید بین ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ psig باشد (۱۴).

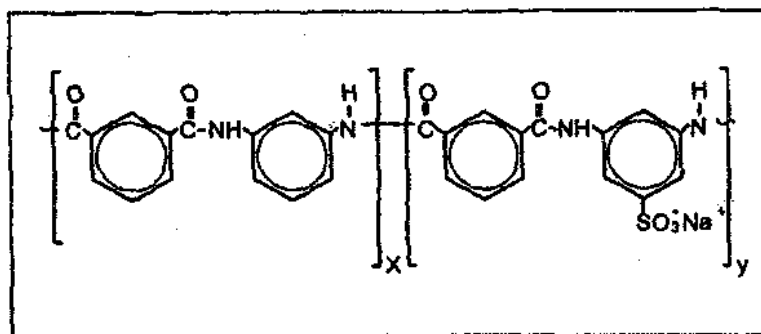
۲-۲-۲- پلی آمید

استفاده از غشاهای پلی آمید به خاطر زیاد بودن آب محصول شان نسبت به سطح غشای آنها، گسترش یافته است (۱۴). ساختمان شیمیایی آن از پلی آمید آروماتیک خطی است که به شکل تارهای پوک بسیار ریز، قالب گرفته می شود. (شکل ۸-۲)



شکل ۸-۲- فرم بسیار غشای FilmTec-30

غشای پلی آمید که با آرایش حلزونی (بعداً توضیح داده خواهد شد) مورد استفاده قرار می گیرد از لایه نازک پلی آمید و اتوماتیک ساخته شده که به شکل فرعی پلی سولفان با جرم حجمی کم درآمده است. این نوع خاص از غشاء لایه نازک نامیده می شود. ساختمان شیمیایی این غشاء چلیپایی است که در مقابل عوامل اکسید کننده مقاومت بیشتری را دارد. (شکل ۹-۲)



شکل ۹-۲- فرم بسیار غشای Depon B-9 & B12

غشای پلی امید لایه نازک، اساساً دارای شار بیشتری نسبت به سلولز استات است. این موجب می شود که فشار راهبری سیستم اسمز معکوس برای غشای پلی آمید نیمی از فشار غشای سلولز استات باشد و دفع نمک بهتر صورت پذیرد. این بدین معنا است که یک سیستم RO با استفاده از غشای لایه نازک نیمی از انرژی سیستم RO با غشای سلولز استات را مصرف می کند. (۲۰۰ psig در مقابل ۴۰۰ psig).

هزینه اولیه دستگاه های سیستم RO با غشای لایه نازک معمولاً به دو دلیل از نوع مشابه آن با غشای سلولز استات ارزانتر است. هزینه لوله کشی و اتصالات پمپی که ۲۰۰ psig فشار دارد کمتر است. همچنان که تشریح شد، سیستم غشای سلولز استات برای راهبری در ۲۰۰ psig قابل طراحی است. بنابراین، تعداد المنت ها و لوله های مورد نیاز در این فشار دو برابر آنچه که در فشار ۴۰۰ psig لازم است، خواهد بود و به علاوه، اتصالات داخلی، لوله کشی اضافی و اسکلت بزرگتری، مورد نیاز خواهد بود و غلظت نمک در آب محصول حدود دو برابر بیشتر خواهد شد.

زمانی که غشای پلی امید لایه نازک با شار زیاد برای اولین بار در صنایع مورد استفاده قرار گرفت، راهبری آنها همچون غشای سلولز استات در ۴۰۰ psig صورت می گرفت.

حتی تصور می شد که این کار به سیستم لایه نازک این اجازه را می دهد که دو برابر سیستم سلولز استات، آب محصول داشته باشد و مقدار نمک در آب محصول هم نصف باشد، ولی سرعت گرفتگی غشا به دلیل شار زیاد افزایش محسوسی خواهد داشت.

سازندگان غشاء در عوض فروش غشای جدید، ترجیح دادند که با راهبری در فشار پایین، انرژی ذخیره شود متناوب بودن رانش شار اضافی از میان غشا توسط عوامل فشار ۴۰۰ psig موجب صرف هزینه کمتر در تهیه دستگاه های اولیه می شود (به عنوان مثال، غشا و محفظه کمتری لازم است تا همان دبی به

دست آید)، اما هزینه نگهداری زیاد می شود. افزایش گرفتگی که ناشی از زیاد بودن شار است موجب می شود که شستشوی شیمیایی و تعویض غشاها زودتر انجام پذیرد.

غشای پلی آمید به عوامل اکسید کننده نظیر کلر آزاد با ید آزاد بسیار حساس است. بدین معنا که اگر در آب خوراک سیستم، کلر آزاد وجود دارد باید توسط یک عامل احیاء کننده، نظیر بی سولفیت سدیم، یا با عبور آب خوراک از کربن فیلتر، کلر آزاد از میان برداشته شود (در اکثر موارد لازم است با سازنده غشا تماس گرفته شود).

محض حذف عامل اکسید کننده از نوع بایوسایدی در آب خوراک، احتمال فعالیت بیولوژیکی و متعاقب آن، گرفتگی غشا بیشتر خواهد شد. در مورد بسیاری از آب های سطحی و بعضی از چاه های آب، رشد بیولوژیکی موجب غیرقابل استفاده شدن غشای PA می شود؛ مخصوصاً اگر سیستم به تناوب (نوبتی) استفاده می شود.

غشای پلی آمید لایه نازک که غالباً در صنایع تصفیه آب مورد استفاده قرار می گیرد دارای مشخصات بار منفی است در بعضی از منابع آب، این بار منفی سایر ذرات که موجب گرفتگی شده اند، جذب می کند. تنها مواد شیمیایی که با این بار سازگار هستند باید در تماس با غشا قرار بگیرند. به عنوان مثال، فقط ترسازهای آنیونی باید برای شستشوی غشای پلی آمید آنیونی مورد استفاده قرار بگیرند.

۳-۲-۲- غشای پلی آمید برای آب دریا

نوع خاصی از غشای پلی آمید برای تصفیه آب دریا و سایر کاربردهایی که در آنها نیاز به غشا به فشار زیاد است، موجود می باشد. این نوع المنت های غشا از یک لایه ضخیم تر پلی آمید استفاده می کنند میزان شار آب محصول با وجود لایه ضخیم تر غشا، کمتر است، اما دفع نمک، بهتر صورت می گیرد.

کاربرد غشای پلی آمید برای آب دریا مزایایی دارد و نیز برای کاربردهایی غیر از آب دریا مناسب است افزایش دورریز املاح موجب بهبود کیفیت آب محصول می شود. همچنین، کاهش شار آب محصول می تواند به کاهش پتانسیل گرفتگی غشا کمک می کند.

در کاربردهایی که نیاز است غلظت آب دور ریز زیاد باشد، فشار اسمزی سیستم در حالی که آب خوراک غلیظ می شود، به طور محسوسی افزایش می یابد. برای رفع این معضل در مراحل بعدی، به فشار بیشتر نیاز است. به هر حال، پایین بودن فشار اسمزی در ابتدای مرحله در صورت استفاده از المنت غشای پلی آمید مخصوص آب دریا موجب افزایش بیش از حد آب محصول می شود. المنت غشا برای آب دریا می تواند مورد استفاده قرار گیرد تا میزان شار را در سیستم RO موازنه کند و قادر به کاهش سرعت گرفتگی در المنت های ابتدایی سیستم است. در جدول ۲-۴ دو نوع غشای مطرح RO از نظر پارامترهای کاربردی با هم مقایسه شده اند (۱۳).

۲-۴- جدول مقایسه غشاء استات سلولزی و پلی آمیدی

متغیر	غشاء پلی آمیدی (PA)	غشاء استات سلولز (CA)
فشار ورودی	به خاطر ساختمان غشاء نیاز به فشار بالاتری برای تولید آب شیرین نیست ولی فشار زیادتر مشکلات آلودگی را تشدید می کند	استفاده از این غشاء برای فشار بالاتر از ۴۰۰psig مناسب نیست و کاربرد آن برای آب دریا که مستلزم فشار ۱۰۰۰-۸۰۰psi می باشد اشتباه است.
آلودگی	به علت باردار بودن سطح غشاء مشکل آلودگی زیاد است.	چون سطح غشاء باردار نیست، آلودگی آن در مقایسه با انواع دیگر کمتر است.
دبی محصول	در فشار یکسان با غشاء استات سلولزی دبی محصول دو برابر است و حتی دفع نمک آن هم بهتر است.	زیاد نیست.
انرژی مصرفی	نسبت به CA به خاطر نیاز به فشار کمتر، انرژی کمتری نیاز دارد و به علاوه در فشار پایین تر کار کردن به مفهوم نیاز به پمپ و اتصالات با تحمیل فشار کمتر و در نتیجه ارزانتر است.	نسبت به غشای پلی آمیدی بیشتر است.
کلر و اکسیدانها	نسبت به کلر بسیار حساس است و باید با آب عاری از کلر در تماس قرار بگیرد.	غلظت کلر تا ۱ppm توصیه می شود تا آلودگی بیولوژیکی نداشته باشیم.
آب دریا	از غشاء مخصوص آب دریا استفاده شود که تحمل فشار بیشتری را دارد، هر چند دبی محصول کمتر است.	مناسب نیست.

۲-۲-۴- پلی سولفان باردار

المنت غشای پلی سولفات، مقاومت بیشتری در مقابل کلر آزاد نسبت به سلولز استات و سازگاری بیشتری نسبت به سایر مواد شیمیایی در مقایسه با غشای پلی آمید دارد. به این دلیل، میزان شار آب این نوع غشاء به اندازه غشای پلی آمید است که در مصرف انرژی صرفه جویی شود. میزان دور ریز املاح در جریان تغلیظ توسط این نوع غشا در حد غشای سلولز استات است. (جدول ۲-۵ انواع غشای RO با هم مقایسه شده اند).

جدول ۲-۵- مقاومت کارایی انواع غشای اسمز معکوس

پلی سولفان	سلولز استات	سلولز استات با دورریز زیاد	لایه نازک استاندارد	
۹۵	۹۷/۵	۹۵	۹۸	دفع کلراید سدیم (%)
۲۰۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۱۸۰۰	دبی آب محصور در غشا ۲۰۰ Psig (gpd)
دارد	دارد	دارد	ندارد	تحمل در برابر کلر آزاد
زیاد	کم	کم	متوسط	هزینه نسبی

غشای پلی سولفان باردار به تحمل آب خوراکی محتوی حداکثر ۵ppm کلر آزاد است. pH مواد شیمیایی که برای این نوع غشاء مورد استفاده می شود می توانند بین ۲ تا ۱۲ باشد. در کاربردهایی که گرفتگی بیولوژیکی از حساسیت خاصی برخوردار است، استفاده از این غشاء انتخاب مناسبی خواهد بود. این نوع غشا برای کاربرد در آب با آب های متعدد جهت رسوب زدایی و گرفتگی کاربرد دارد.

غشای پلی سولفان در الترافیلتراسیون مورد استفاده قرار می گیرد، زیرا شامل منافذ فیزیکی است که قادر به عبور نمک ها است. غشای پلی سولفان از نظر شیمیایی سولفوناته می شود تا توانایی دفع املاح را داشته باشد. فرایند سولفوناته، سولمونات را در سطح غشاء قرار می دهد. این قسمت ها که دارای بار

منفی هستند، آنیون ها را دفع می کنند (دارای بار منفی هستند) کانیون های موجود در آب خوراک به طور مستقیم توسط غشاء بر اثر جذب آنها به آنیون ها دفع می شوند.

همچنین فرآیند سولفوناته شدن برای اینکه رزین های آنیونی بارشان را تبادل کنند، مورد استفاده قرار می گیرد گروه های تابع سولفونات که به زنجیر رزین های پایه چسبیده اند، دارای بار منفی قوی هستند. این چسبندگی به زنجیر اجازه می دهد که کانیون ها، جذب و مبادله شوند.

متأسفانه، توانایی گروه های سولفونات در جذب کانیون ها موجب کاهش کارایی غشا می شود غشاء در معرض کانیون ها دو یا سه ظرفیتی موجود در آب خوراک نظیر کلسیم، منیزیم یا آهن قرار می گیرد و آنها مانند یک رزین تبادل یونی عمل می کنند. این یون ها به موجب برداشتن بار یونی غشا در محلی که بر روی آن قرار می گیرند، خواهد شد، بنابراین، موجب نفوذ املاح به داخل آب محصول می شوند. باید در بالا دست سیستم های RO که از غشای پلی سولفان استفاده می کنند سختی گیر نصب شود تا کانیون ها دو یا سه ظرفیتی، نظیر منیزیم، کلسیم و آهن از آب خوراک جدا شوند. عبور هر یک از این کانیون ها از سختی گیر موجب گرفتگی غشای RO می شود بعد از اینکه غشا دچار گرفتگی شد، باید شبیه به یک نرم کننده آب، با محلول آب نمک غلیظ (محلول کلراید سدیم) احیاء شود.

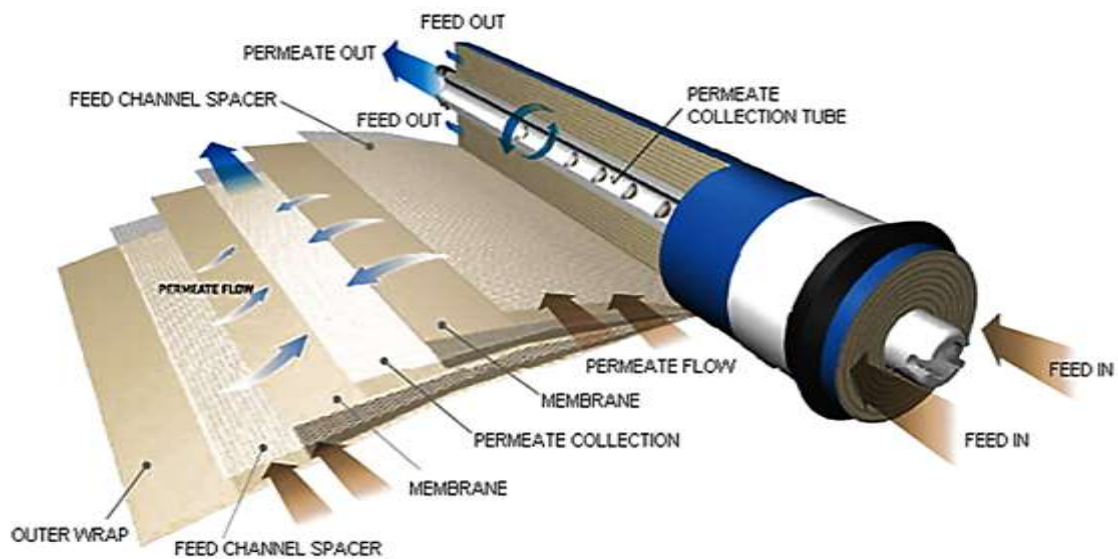
نصب دو سختی گیر در بالادست سیستم های RO با غشای پلی سولفان، نظریه خوبی است. سختی گیر دوم، قادر به گرفتن هر نوع کاتیون دو ظرفیتی است که از سختی گیر اول عبور کرده باشد.

۲-۲-۵- آرایش غشاء پلی آمیدی

معمول ترین آرایش غشاء که برای تصفیه آب دریا مورد استفاده قرار می گیرد، المنت حلزونی است. این نوع غشاء گران نیست، جریان آب با سرعت یکسان وارد المنت شده و با توجه به مکانیسم داخلی المنت، تلاطم در سطح غشا صورت می گیرد و این کار، موجب کاهش پتانسیل رسوب با گرفتگی شده، شستشوی شیمیایی غذا راحت تر انجام می شود.

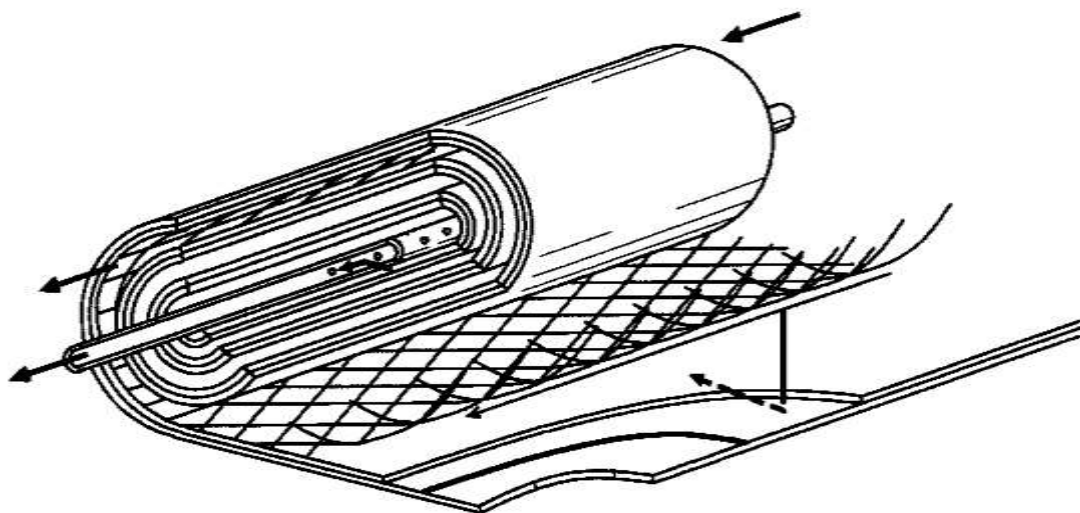
برخلاف المنت های تار پوک، المنت حلزونی، ورقه های صاف غشاء تا زده می شوند و از سه لبه چسبانده می شوند تا یک لفاف غذا به وجود آید (غذا در بیرون است) لبه باز لفاف به یک لوله پلاستیکی (و بعضی وقت ها به لوله فلزی) شود. لایه داخلی این لفاف، یک لایه نازک از جنس پارچه تریکو است که تحت فشار زیاد، مانع ورود آب به داخل آن می شود. این پارچه در حین حال به آب محصول اجازه می دهد که واد شاهراه شود.

بسته به قطر مورد نیاز برای المنت، تعدادی از این لفاف پیچانده و به لوله جمع کننده آب مرکزی چسبانده می شوند. (شکل ۲-۱۰) بین این لفافه ها یک پلاستیک قرار داده می شود تا موجب تلاطم آب خوراک گردد. قسمت خارجی المنت از جنس فایبرگلاس بوده، نگهدارنده آن هم هست در قسمت انتهای المنت، یک قطعه استوانه ای نصب شده است. این قطعه از ریش ریش شدن و از هم باز شدن لایه ها در حین عبور آب از میان المنت جلوگیری می شود (۲-۱۱). به عمل ریش ریش شدن و از هم پاشیدن لایه ها، تلسکوپی گفته می شود.



شکل ۲-۱۰- ساختار به هم پیچیده و لایه ای غشا

تک و اشتر در گرداگرد قسمت خارجی المنت نصف می شود. این واشر، موجب آب بندی المنت از محفظه خارجی می شود و عبور از آب از طریق مسیرهای فرعی به داخل المنت جلوگیری می کند. این واشر، آب بندی دورریز نامیده می شود.



شکل ۲-۱۱- شماتیکی از لایه های غشا به دور لوله ی جمع آوری آب خروجی

بسته ته دبی آب محصول مورد نیاز سیستم RO المنت حلزونی که در صنایع، مورد استفاده قرار

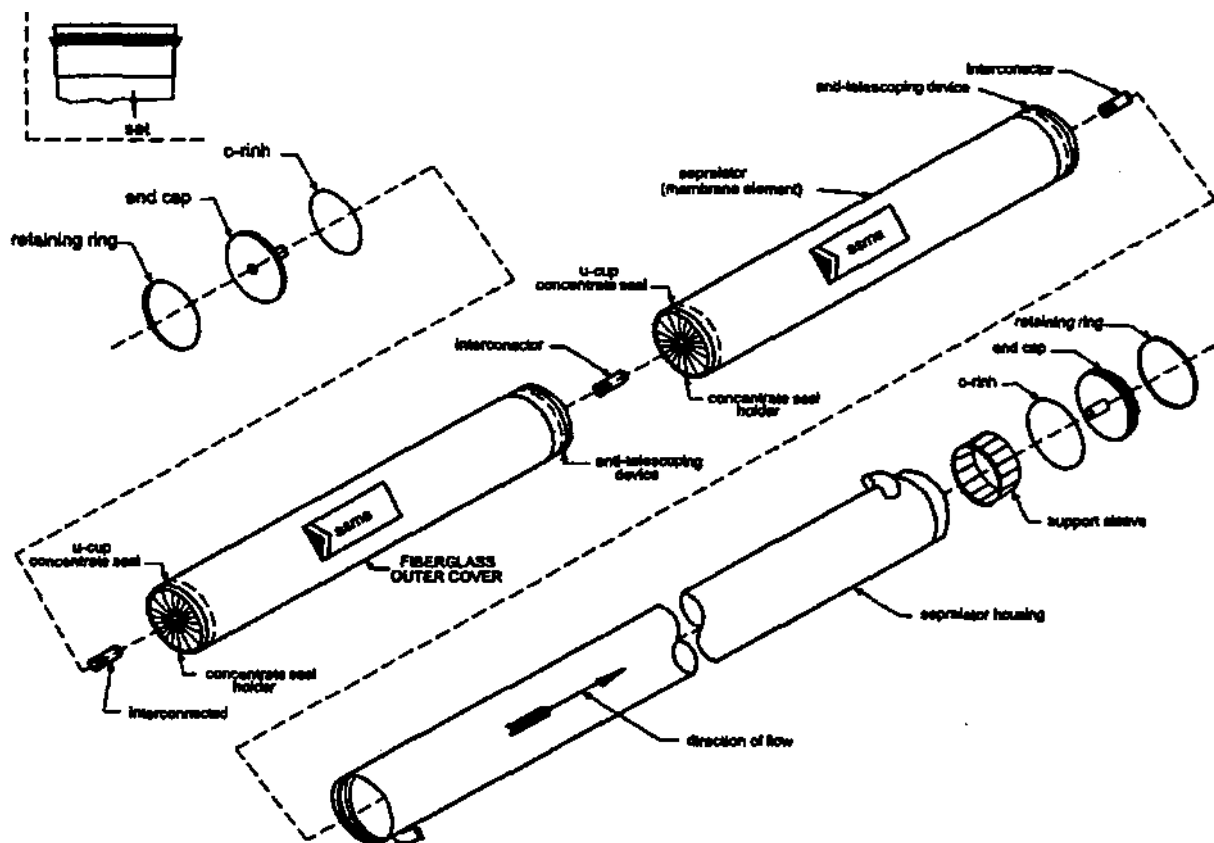
می گیرد، حتی ممکن است دارای قطری به کوچکی ۲ اینچ (اسمی) یا به بزرگی ۱۲ اینچ باشد.

المنت های حلزونی به یک محفظه خارجی نیاز دارند که در برابر فشار عملیاتی RO طراحی

شده است. یک نوع محفظه ممکن است بتواند ۶ المنت به طول ۴۰ اینچ را در خود جا دهد. این محفظه،

همچنین قادر است که المنت به طول ۶۰ اینچ را در خود جا دهد. هر قدر طول المنت بلندتر باشد، هزینه

کلی، اندکی کاهش می یابد و دبی آب محصول هم اندکی افزایش خواهد یافت. (شکل ۲-۱۲).



شکل ۲-۱۲- المنت حلزونی شامل قسمت ضد تلسکوپی، رابط های داخلی و محفظه داخلی

یون هایی که آب محصول المنت های همجوار را جمع می کنند توسط رابط های داخلی به یکدیگر متصل می شوند. این رابط ها، لوله های پلاستیکی کوچک مجهز به واشر حلقوی هستند که آب محصول را آب بندی می کنند. در انتهای هر محفظه، یک تبدیل نصب شده است که موجب اتصال تیوب آب محصول المنت آخری به لوله خروجی آب محصول از همان محفظه می شود.

طی راهبری، آب خوراک از انتهای المنت حلزونی وارد می شود و در سطح لفاف ها که پیچیده شده اند، حرکت می کند. فضای خالی بین لفاف ها موجب تلاطم می شود، به طوری که آب محصول از لفاف عبور نموده، نمک ها به داخل جریان تغلیظ شده، در پشت لفاف نفوذ می کنند. فشار داخل لفاف تقریباً نزدیک اتمسفر است، ولی فشار آب خوراک نزدیک به ۱۰۰ psig می باشد. این اختلاف فشار، موجب نفوذ آب خالص از لفاف غشا می شود.

برای کاربردهایی که غلظت جامدات معلق زیاد است، با ذرات معلق داخل آب بزرگ باشد، بار فضای خالی به طور خاصی استفاده می شود. بعضی اوقات، این فضای خالی، موج دار است تا فضای بین لایه های غشاء بزرگتر شود. مسیر عبور جریان در سطح غذا خالی باشد. اگر چه یک لایه المنت با فضای خالی زیاد، کمتر دچار گرفتگی می شود، ولی معایب این کار این است که سطح جانبی غشا را تا چندین برابر کاهش می دهد و همچنین نیاز به جریان متقاطع، بیشتری دارد تا به همان سرعت به سطح غشا برسد.

در بعضی از کاربردها، مطلوب است که در سطح خارجی المنت غشا از نوار استفاده می شود. این کار، جفت شدن کامل المنت حلزونی نامیده می شود و طرزی طراحی شده است که سطح داخلی محفظه را کاملاً پر نماید. در این حالت، هیچ فضای ساکنی در گرداگرد المنت غشا وجود ندارد از طرفی هم جریان متقاطع در میان تمام المنت برقرار است در جاهایی که کنترل بیولوژیکی در اولویت باشد، این المنت ها مورد استفاده قرار می گیرند.

۶-۲-۲- مشخصات المنت کامل چند نمونه غشای قابل استفاده در آب دریا

Film TECtm SW30 HRLE-400 - ۱-۶-۲-۲

این مدل برای نمک زدایی از آب دریا پیشنهاد می شود زیرا مزایایی از لحاظ برگشت دادن نمک ها و از لحاظ اقتصادی دارد، از جمله، طراحی سیستم به گونه ای است که با کمترین مصرف انرژی بالاترین تولید و شار بهره برداری را دارد. بیشترین حذف NaCl که مورد تأیید سازمان بهداشت جهانی (WHO) است را دارد. یون زدایی از آب دریا و ایجاد Permeate در یک سطح می تواند مؤثر باشد بدون اینکه به دیگر سطوح آسیبی برساند. در طول بهره برداری بدون استفاده از اکسید کننده ها در پیش تصفیه کارایی زیادی نسبت به دیگر محصولات مشابه دارد. این مدل از المنت دوام زیادی دارد و برای پاکسازی محدوده pH وسیعی (۱-۱۳) را می تواند تحمل کند. مشخصات فنی این غشا در جدول زیر بیان شده است. در شکل ۱۳-۲ نیز یک المنت کامل از این نوع غشا مشاهده می شود.

جدول ۶-۲ - مشخصات فنی Film TECtm SW30 HRLE-400

Nominal Active Surface Area ft ² (m ²)	Permeate Flow Rate gpd (m ³ /d)	Stabilized Salt Rejection (%)	Minimum Salt Rejection (%)	Stabilized Boron Rejection (%)
400 (37)	7,500 (28)	99.80	99.65	92



شکل ۱۳-۲ - Film TECtm SW30 HRLE-400

TORAY TM820-400 - ۲-۶-۲-۲

این غشا نیز از نوع پلی آمید و قابل استفاده در تصفیه آب دریا می باشد. در شکل ۲-۱۴ دو نوع المنت کامل این نوع غشا مشاهده می شود. مشخصات فنی این غشا در جدول زیر بیان شده است.

جدول ۲-۷ - مشخصات فنی Film TECtm SW30 HRLE-400

Nominal Active Surface Area ft ² (m ²)	Permeate Flow Rate gpd (m ³ /d)	Stabilized Salt Rejection (%)	Max Operating Pressure Psi (MPa)	Max Feed Water Temp ° F (° C)
400 (37)	9.000 (34.1)	99.75%	1200 (8.3)	113 (45)



شکل ۲-۱۴ - TORAY TM820-400

۲-۳- کاربرد اسمز معکوس

موارد کاربرد اسمز معکوس برای تصفیه آب به طور کلی شامل دو تقاضای عمده به شرح زیر می باشد:

تصفیه آب برای شرب: دستگاه اسمز معکوس کلیه نمکهای موجود در آب ورودی به دستگاه و

همچنین سختی و حتی سولفات ها، نیتراتها، کلئیدها و باکتریها را حذف می کند، به همین

دلیل برای اینکه آب خروجی از دستگاه اسمز معکوس قابل شرب باشد، اصلاح ثانوی املاح

آن ضروری است و از این رو با افزودن مواد شیمیایی باید کیفیت آب به لحاظ خوردندگی (رقم

pH آهک، کربنات و گاز کربنیک تعادل) و مطبوعیت اصلاح شود

آب تصفیه شده برای صنایع: امروزه بسیاری از صنایع که به آب خالص نیاز دارند به سیستم تصفیه

اسمز معکوس روی آورده اند. از جمله این موارد: آب تغذیه دیگ بخار، صنایع داروسازی،

صنایع شیمیایی، صنایع الکترونیک و غیره را می توان نام برد.

برای تهیه آب شیرین از آب دریا و آب شور تنها یک روش دیگر می تواند با اسمز معکوس

رقابت کند و آن تقطیر است. چون در اسمز معکوس تغییر فاز نداریم از این رو مقدار انرژی مورد نیاز در

فرآیند اسمز معکوس به طور قابل توجهی کمتر از تقطیر است. برای تهیه آب شیرین از آب نیمه شور،

فقط فرآیند الکترو دیالیز می تواند از نظر اقتصادی با روش اسمز معکوس رقابت کند.

امروزه هزینه متوسط آب شیرین تولید شده از آب دریا نسبت به ۲۰ سال پیش به یک دهم

کاهش یافته و از رقم ۵/۵ دلار در سال ۱۹۷۹ به ۰/۵۵ دلار برای هر مترمکعب آب رسیده است. تصفیه

پساب های صنعتی یکی از زمینه هایی است که امید زیادی به توسعه اسمز معکوس دارد. با توجه به تولید

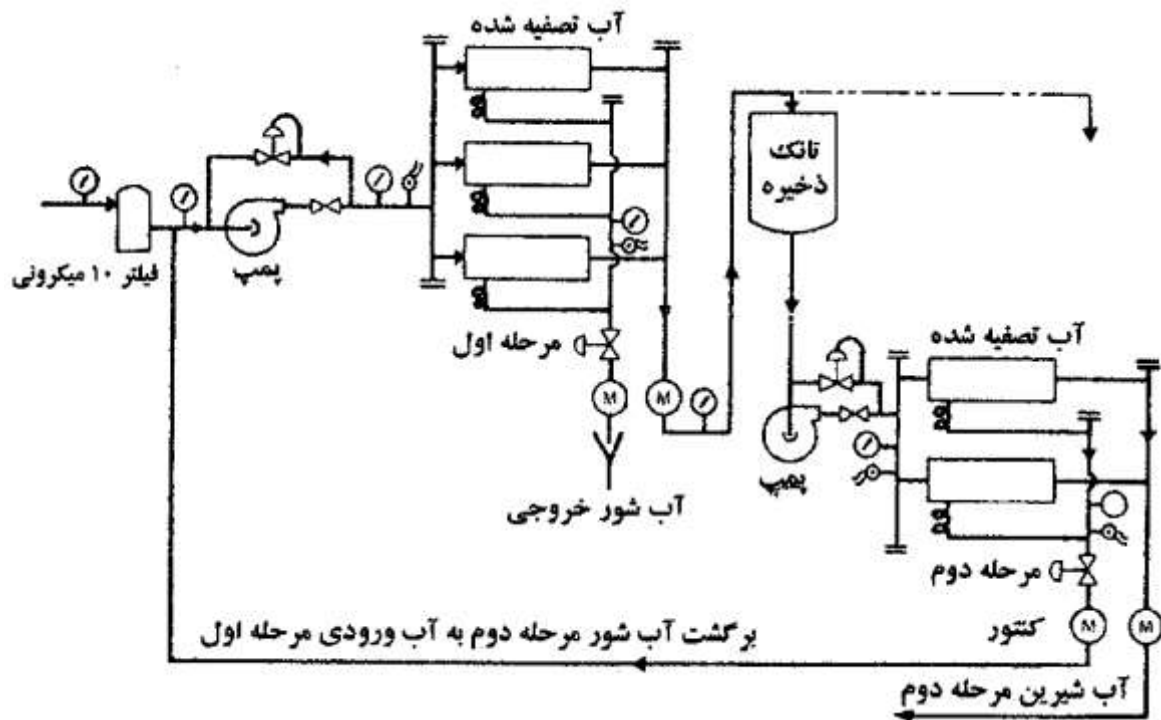
حجم زیاد پساب های صنعتی در صنایع مختلف شیمیایی و جایگاه و اهمیت بازیابی در تکنولوژی آینده،

اهمیت اسمز معکوس روز به روز بیشتر می شود.

اما سیستم اسمز معکوس در صنعت پیچیده تر از سیستم ساده شکل ۲-۲ می باشد. در واقع کنترل فشارها در نقاط مختلف یک عامل مهم در بهبود کیفیت کار اسمز معکوس می باشد و باید تدابیر لازم در این جهت اتخاذ گردد. اگر فشار جریان آب تصفیه شده از فشار اتمسفر بیشتر باشد، مطلوب نیست. در واقع فشار جریان آب تصفیه شده، نقش منفی را بازی کرده و باعث کاهش محصول می شود. تعیین کننده دبی محصول (آب تصفیه شده)، اختلاف فشار آب ورودی به دستگاه اسمز معکوس و فشار جریان آب محصول است. سیستم اسمز معکوس در صنعت معمولاً شامل چندین مدول موازی (برای افزایش ظرفیت) و حتی سری (برای افزایش ضریب بازیابی) به عنوان مرحله دوم می باشد. تحت هیچ شرایطی نباید در مسیر جریان آب نمک تغلیظ شده شیر بدون کنترل نصب کنیم چون ممکن است وقتی که فشار آب ورودی به دستگاه اسمز معکوس کاهش یابد، باعث بسته شدن مسیر آب نمک تغلیظ شده گردد. این عملکرد منجر به عملکرد اسمز معکوس با بازده صد درصد می شود که باعث ته نشین شدن همه املاح ورودی و در نتیجه از کار افتادن غشاء می گردد. شکل ۲-۱۵ یک سیستم اسمز معکوس دو مرحله ای صنعتی را نشان می دهد که هر مرحله شامل چند واحد موازی است.

برای روشن کردن پمپ گریز از مرکز بایستی در آغاز کار شیر خروجی بسته باشد و پس از آنکه فشار از حداقلی افزایش یافت، آنگاه به آرامی شیرخروجی را باز نمود. در پمپ های رفت و برگشتی، اگر شیر خروجی بسته باشد خطر انفجار وجود خواهد داشت. بنابراین همیشه سیستم برگشتی را با شیر اطمینان طرح می کنند که اگر بر اثر اشتباه، شیر خروجی بسته بود، خطر انفجار از بین برود.

اسمز معکوس با ظرفیت های متنوع، از کمتر از ۱۰ لیتر در روز تا بیش از ۴۰ متر مکعب در دقیقه را می توان از بازارهای داخلی و جهانی تهیه کرد.

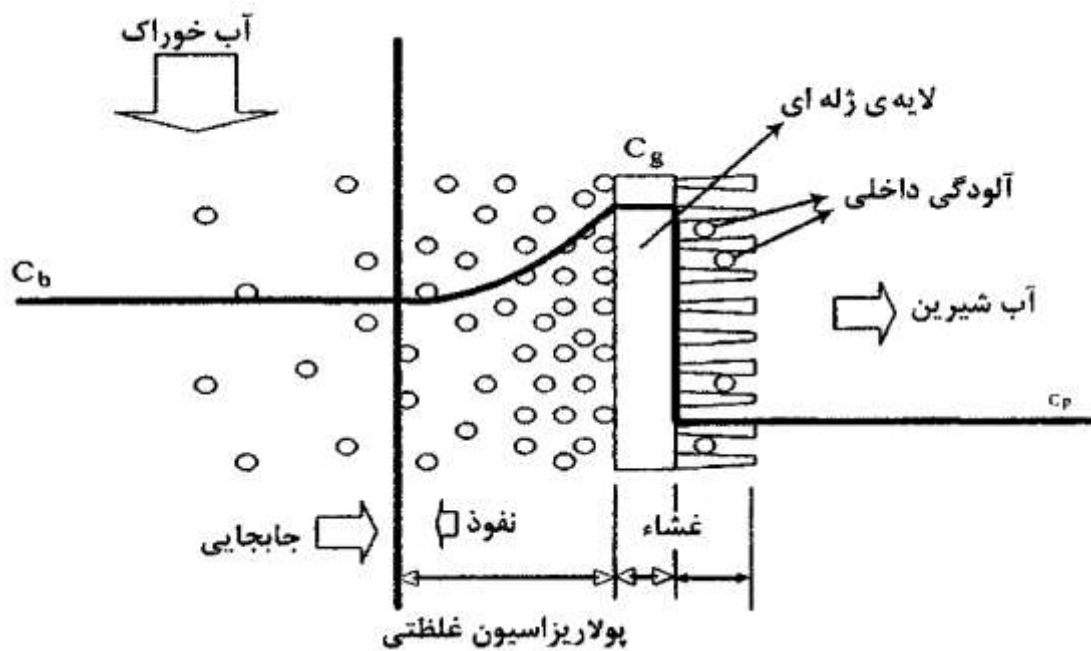


شکل ۲-۱۵ - یک سیستم اسمز معکوس دو مرحله ای صنعتی که مرحله اول شامل سه واحد موازی و مرحله دوم شامل دو واحد موازی است.

۲-۴- چالش های کاربری اسمز معکوس

۲-۴-۱- پلاریزاسیون غلظتی روی سطح غشاء

با عبور جریان آب از روی غشاء، نمک های طرد شده در سمت خوراک غشاء تغلیظ می شوند و حتی می تواند به صورت لایه ژله ای در آید. مقدار افزایش غلظت روی سطح غشاء C_g ، نسبت به غلظت در توده جریان C_g ، بستگی به سرعت نفوذ معکوس نمک ها روی سطح غشاء داخل توده جریان دارد و میزان نفوذ نیز خود تابعی از تلاطم توده جریان می باشد. افزایش غلظت نمک ها در سطح غشاء باعث افزایش میزان عبور نمک ها از غشاء می شود (۱۳).



شکل ۲-۱۶- پلاریزاسیون غلظتی، افزایش غلظت نمک در سطح غشاء نسبت به جریان عبوری از سطح

در صورت بالا بودن غلظت نمک ها در آب خوراک، در حالت تشدید پلاریزاسیون غلظتی یک یا چند نمک، روی سطح غشاء فوق اشباع شده و تشکیل رسوب خواهد داد. برای کاهش مشکل پلاریزاسیون غلظتی لازم است که سرعت آب در تماس با غشاء زیاد باشد تا سطح غشاء شستشو شود.

۲-۴-۲- شست و شوی غشاءها

غشاهای مورد استفاده در شیرین سازی آب دریا، عموماً دچار انباشتگی (فولینگ) از نوع بیوفولینگ حاصل از جلبک های دریایی و دیاتومه ها، کربنات کلسیم (به علت عدم تزریق کلر، عدم تزریق اسید) و فولینگ آهن (به علت عدم تزریق کلر و فعالیت باکتری های اکسید کننده آهن در سیستم) می باشد. لذا شست و شوی غشاها اجتناب ناپذیر خواهد بود.

یک روش مهم برای شستشو غشاءها، استفاده همزمان مواد اکسیدان با سود سوزآور است. هر چند که مواد اکسیدان چون کلر در شرایط اسیدی بیشترین قدرت را دارند اما استفاده همزمان کلر با مواد سوزآور به دلایل زیر ترجیح دارد:

۱- اثر هم افزایی این دو ماده در بالا بردن قدرت پاک کنندگی: سود باعث تسهیل دسترسی کلر به درون ساختمان مواد آلی می شود.

۲- کنترل قدرت تخریبی کلر: در شرایط اسیدی کلر قدرت تخریبی زیادی دارد که می تواند باعث تخریب غشاء و مواد دیگر گردد. اما مخلوط کردن کلر با سود باعث کنترل قدرت تخریبی می شود.

۳- سادگی تجهیزات تزریق: برای شستشوی بهتر غشاء باید هم از کلر و هم از سود استفاده کرد که استفاده از کلر مستلزم تجهیزات مخصوص است اما استفاده از مخلوط این دو باعث می شود که با آب ژاول با تجهیزات خیلی ساده تر سر و کار داشته باشیم و دو کار در یک مرحله انجام شود.

۴- ایمنی بیشتر محیط کار: استفاده از آب ژاول خیلی کم خطرتر از کلر است. آلاینده های آلی طبیعی در آب مثل اسیدهیومیک دارای ساختمانی پیچیده ای هستند که دارای گروه های مختلف می باشند که در شرایط مختلف محیط چون pH، قدرت یونی و غلظت یون های مختلف عملکرد متفاوتی دارند. سود باعث افزایش حلالیت مواد آلاینده می شود و این کار با هیدرولیز مواد آلی طبیعی و تغییر ساختار این مواد امکان پذیر می شود. ترکیب سود سوزآور و آب ژاول، باعث افزایش تمیز کردن سطح غشاء می شود. مراحل شست و شو در دو بخش زیر تشریح شده است:

الف) مرحله اول شست و شو

طی فرآیندی بنام CIP (Cleaning In place) شستشو و حذف فولات ها انجام می گیرد. که برای حذف فولینگ از محلول های قلیایی بنام ۷۰۳ Gensol استفاده می شود که با توجه به شدت گرفتگی دوز تزریقی تغییر می کند.

برای حذف رسوبات کربنات کلسیم و فولینگ آهن از محلول های اسیدی بنام ۳۸ Gensol استفاده می شود که این محلول نیز با توجه به شدت رسوبات دوز تزریقی تغییر می کند. فرآیند CIP با توجه به شدت و وضعیت عمل و پروسه می تواند روی دبی یا کیفیت و یا هر دو تأثیر گذار باشد. مراحل شستشوی شیمیایی با محلول های ۷۰۳ و ۳۸ GENSOL به شرح ذیل است:

یک تا دو برابر محلول اصلی، آب گرم (۴۰-۳۷ درجه سانتی گراد) از RO عبور می دهیم. مرحله اول شستشو به قرار زیر انجام می گیرد:

- ۱- محلول قلیائی ۷۰۳ و ۱٪ محلول اسیدی ۳۸.
 - ۲- محلول قلیائی ۷۰۳ حدود ۴۵ دقیقه سیر کوله کرده و ۳۰ دقیقه استراحت می دهیم. این مرحله را ۳-۴ با تکرار می کنیم.
 - ۳- آب پرمیت را فلاش می کنیم.
 - ۴- محلول اسیدی ۳۸ را مانند مرحله ۲ تکرار می کنیم.
 - ۵- آب پرمیت را فلاش می کنیم.
- و در ادامه ردیف ۲-۵ ولی با درصد جدید (۲٪ محلول اسیدی ۳۸) این کار را تکرار می کنیم.
- محلول های شیمیایی ذکر شده علاوه بر حذف گرفتگی های عمده در صورتی که رسوبات ذکر شده در جدول را نیز داشته باشد حذف و رفع می کند.

جدول ۲-۸- سایر رسوبات قابل حذف با این روش

Cleaners	wate	Aplication	CaCo ₃	SiO ₂	Capo	Fe
Gensol 38'	Any	Acid cleaner	+		+	+
Gensol 703	Any	Alkaline cleaner		+		

ب) مرحله دوم شست و شو

- ۱٪ محلول قلیائی ۷۰۳ و ۲٪ محلول اسیدی ۳۸.
- مانند مرحله اول (ردیف ۵-۲) ولی درصد جدید این کار را تکرار می کنیم.
- در صورتی که شدت گرفتگی بسیار زیاد باشد درصد تزریق محلول های شیمیایی تغییر می کند ولی مراحل شستشو به وضعیت گفته شده می ماند ولی با درصد جدید.
- محلول های شیمیایی ذکر شده علاوه بر حذف گرفتگی های عمده در صورتی که رسوبات ذکر شده در جدول را نیز داشته باشد حذف و رفع می کند.

جدول ۲-۹- سایر رسوبات قابل حذف با این روش

Cleaners	water	Aplocation	CaCo ₃	SiO ₂	Capo	Fe/Mn	Organics	Claw
Gensol 38'	Any	Acid cleaner	÷		+	+		
Gensol 703	Any	Alkaline Clener		+			+	+

بررسی روشهای مختلف و معمول پیش تصفیه RO

۳-۱- فرایندهای پیش تصفیه در دید کلی

طراحی پیش تصفیه و استفاده از مواد افزودنی شیمیایی صحیح برای بهره برداری بدون مزاحمت و به حداقل رساندن هزینه نگهداری و حفاظت از واحدهای اصلی سیستم تصفیه، به منظور حذف ذرات، مواد یا هرگونه فرایندی که می توانند مسیر جریان واحد تصفیه را مسدود کرده و یا به تجهیزات آن آسیب برسانند، یک امر ضروری است. این فرایند در دید کلی شامل موارد زیر است:

۳-۱-۱- آشغال گیری

مرحله نخست تصفیه مقدماتی، شامل عمل ساده آشغال گیری یا صاف کردن، جهت حذف ذرات جامد بزرگ می باشد. در تصفیه آب، از صفحات شناور حفاظی مایل یا آشغال گیر با سوراخهای درشت در حدود ۷۵ mm برای جلوگیری از رسیدن اشیاء بزرگ به آبگیر استفاده می شود. آشغال گیر های اصلی بصورت یک شبکه با سوراخهای ۲۰-۵ mm ساخته می شوند و به صورت تسمه، صفحه و یا استوانه پیوسته در مسیر عبور جریان قرار می گیرند. شبکه آشغال گیر معمولاً به آرامی می چرخد به

نحوی که مواد جمع شده می توانند قبل از اینکه افت فشار اضافی ایجاد شود حذف گردند. آشغالهای حذف شده از آب در محل پایین تر از محل برداشت، (پایاب) به جریان اصلی آب برگردانده می شوند.

۳-۱-۲- صاف کردن

ریز صافیها، حالت توسعه یافته ای از آشغال گیرهای استوانه ای است که در آن شبکه فولادی زنگ نزن ریز بافی با روزنه هایی در اندازه $40-20\ \mu\text{m}$ برای حذف ذرات جامد نسبتاً کوچک مورد استفاده قرار گرفته است. کاربرد آن در تصفیه آب برای حذف جلبک و ذرات هم اندازه آنهاست، که باعث ایجاد کیفیت نامطلوب می گردد.

۳-۱-۳- حذف ماسه

این بخش از تاسیسات در صورتی که چاههای مورد بهره برداری ماسه دهی داشته باشد، نصب می شود تا ماسه و نرمه ماسه را قبل از ورود آب به بخشهای دیگر تصفیه حذف کرده باشند، و روزانه حداقل یک مرتبه شیر تخلیه تحتانی را برای بیرون دادن ماسه جمع آوری شده باز می کنند. در مورد برداشت از آبهای سطحی از ته نشینی ساده برای حذف مواد قابل ته نشینی استفاده می شود.

۳-۱-۴- کلر زنی آب خام

هدف از کلر زنی آب خام سالم سازی آب ورودی به تاسیسات به منظور اکسیداسیون و حذف نسبی آلاینده های آلی مولد بو و طعم نامطلوب، حذف نسبی آلاینده های معدنی مولد رنگ مانند: آهن، منگنز، فلزات سنگین و ته نشینی آنها در مرحله زلال سازی و جلوگیری از رشد بعدی میکروارگانیسم ها

و گیاهان آبی در تاسیسات تصفیه خانه است. کلر زنی آب خام باید در حدی انجام شود که در آب خروجی از فیلترها مقدار کلر آزاد باقیمانده در حدود ۰/۲ تا ۰/۳ میلیگرم بر لیتر در زیر صافی ها موجود باشد.

۳-۱-۵- پیش ته نشینی

اصولا سیستمهای زلال ساز برای زلال سازی آب خام با کدورت مشخصی طراحی می شوند. چنانچه کدورت آب خام به بیش از حد طراحی سیستمهای زلال ساز برسد، نیاز به پیش ته نشینی است که این واحد پیش ته نشینی می تواند به صورت ته نشینی ساده فیزیکی یا با کمک مواد شیمیایی و فرایندهای زلال سازی طراحی گردد.

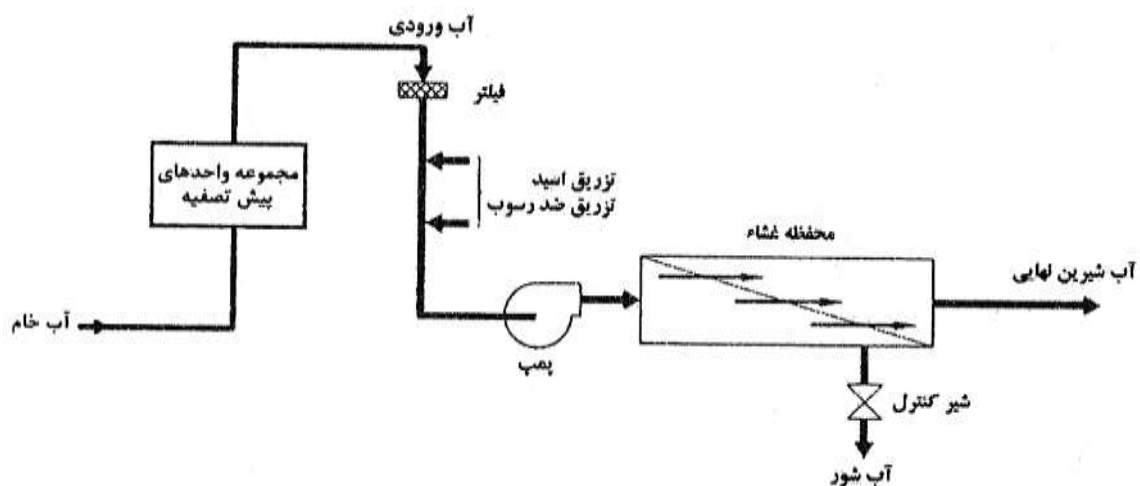
برای حذف مواد معلق بزرگتر از ۲۰۰ میکرون ته نشینی ساده و برای مواد معلق کوچکتر و با وزن مخصوص پایین معمولا نیاز به کمک مواد شیمیایی منعقد کننده است.

حوضهای پیش ته نشینی مجهز به دریاچه ورود آب ، شیر تخلیه و شیر آب شستشو هستند. اغلب حوضهای پیش ته نشینی دارای لجن روب و سیستم تخلیه خودکار لجن هستند. تجهیزاتی که در اینگونه حوضها معمولا وجود دارد عبارتند از:

- ✓ تاسیسات ورود و توزیع آب خام
- ✓ تاسیسات جمع آوری ، تغلیظ و دفع لجن مازاد
- ✓ تاسیسات جمع آوری و انتقال آب ته نشین شده

۳-۲- اهمیت پیش تصفیه در سیستم RO

اسمز معکوس از آب دریا، آب قابل شرب تولید میکند که برای جوامعی که در مناطق منتخبی همچون سواحل خلیج فارس که تراکم جمعیت انسانی تقاضای بالایی برای تهیه آب طبیعی دارند، استفاده شود. دریاها همواره از نظر پارامترهای کیفی از جمله دما، نمک و کدورت بسیار پویا بوده اند. برای تعیین پیش تصفیه مناسب برای یک سامانه RO سوال های زیادی بایستی در ارتباط با طراحی سامانه مطرح شود. که از جمله مهمترین آنها آنالیز صحیح آب خام قبل از آنکه سامانه پیش تصفیه بتواند طراحی شود؛ بایستی تعیین شود. جدول ۳-۱ ملاحظات ساخت سیستم پیش تصفیه را مقایسه کرده است. حدود نصف هزینه تصفیه آب با روش اسمز معکوس بخاطر تصفیه مقدماتی آب خوراک، قبل از ورود به اسمز معکوس است. می توان گفت پر در دسترترین قسمت یک دستگاه اسمز معکوس غشاء آن می باشد و از این رو ضروری است که آب ورودی به دستگاه اسمز معکوس، قبلاً تصفیه مقدماتی شده باشد. محل پیش تصفیه در شکل ۳-۱ قابل مشاهده است (۱۳).



شکل ۳-۱ - محل پیش تصفیه در تاسیسات اسمز معکوس

جدول ۱-۳ ملاحظات ساخت سیستم پیش تصفیه

معایب	معاسن	اساس خشکی / اساس القابوس	نوع هدف از صافش	روش صافش
نیاز به شستوی معکوس زیاد و شدید دارد	درصد زیادی از ذرات را از آب خودآکسی جلا می کند	مسلماً جهت تجهیز دستگاه خشکی به کار رفته، کاربرد مجدد	ماده آکی و گل و لای زیاد	صافش محیط
افزای پمپ را مصرف می کند، که کاربرد آن جهت واحدی کوچک RO محدود می کند (کتر از ۱۰۰,۰۰۰ gpd)	با ساده گی حفظ می گردد	تنها بر اساس خشکی	گل و لای	مخزن ته نشینی
بالقوه گران	حفظ ساده و آسان	مسلماً بر اساس القابوس	گل و لای	جلا کنند سیکلوی
مصرف لذت مواد شیمیایی، بنابراین تصورات و هزینه بیشتر	ذرات قبل از خشکی RO را می زداید	بر اساس خشکی و القابوس	گل و لای و ماده آکی	صافش کارتریج
مصرف ماده شیمیایی لذت، بنابراین تصورات و هزینه بیشتری باستی کار زنی قبل از خشکی RO خشی گردد.	اکسژن را از آب خشوراک RO زدوده، از رشد بیولوژیکی جلوگیری می کند	بر اساس خشکی و القابوس	ماده آکی	تزیین سلبیم یی سولنیت
مصرف لذت مواد شیمیایی، بنابراین تصور و نگهداشت و هزینه بیشتر	از فعالیت بیولوژیکی جلوگیری می نماید	بر اساس خشکی و القابوس	ماده آکی	کار زنی
مصرف لذت مواد شیمیایی، بنابراین تصور و نگهداشت و هزینه بیشتر	تشکیل رسوب و گرفتگی خشکی RO را کاهش می دهد	بر اساس خشکی و القابوس	کیمک به حفظ مواد معدنی و آبی محصول	جلا رسوب
مصرف لذت مواد شیمیایی، بنابراین تصور و نگهداشت و هزینه بیشتر	تشکیل رسوب خشکی RO را کاهش می دهد	بر اساس خشکی و القابوس	حفظ رسوب معدنی در محلول	تزیین اسید

هدف از پیش تصفیه در اسمز معکوس، افزایش بازدهی و طول عمر المنت های غشای RO است. تجهیزات پیش تصفیه به منظور رسیدن به اهداف زیر طراحی می شوند:

۱. از مناسب بودن کیفیت آب خوراک برای غشای RO اطمینان حاصل شود.
۲. احتمال تشکیل رسوب بر روی غشای RO حذف و یا به حداقل ممکن داده شود.
۳. شستشوی شیمیایی ادواری غشا به واسطه کاهش پتانسیل گرفتگی جریان آب خوراک، کاهش یابد.

اگر انتظار داریم که عمر غشاء، طولانی و استفاده از آن مقرون به صرفه باشد، حلال و مواد محلول در آن (که در فرآیند اسمز معکوس دخالت دارند) باید با غشاء سازگاری داشته باشند. به منظور بهره برداری موفقیت آمیز از سیستم RO، لازم است در صورتی که در آب خوراک، اجزایی وجود دارند که امکان جذب آنها بر روی غشاء RO به طور عمده وجود دارد و یا هر ماده دیگری که بتواند وارد ساختمان غشا شود، هر دوی این ترکیبات باید حذف شوند و در صورتی که این امکان وجود ندارد باید از غشاء با جنس دیگری استفاده شود. متداول ترین مثال این نوع سازگاری، حذف کلر آزاد یا کلرامین از آب خوراک غشای پلی آمید سیستم RO است. اگر این اجزا از آب خوراک حذف نشوند، پیش بینی می شود که غشاء عمر کمتری خواهد داشت.

در این بحث ناخالصی های موجود در feed water که شامل مواد آلی، باکتری ها، آهن، اسیدهای هیومیک که عوامل ایجاد کننده Fouling در غشاء هستند، همچنین فرم های اصلی مکانیسم scal بر روی سطح غشاء و مکانیسم های بازدارنده آنها، مورد بررسی قرار می گیرد. هر چند که scaling و fouling، در سطح غشا یک واقعیت غیر قابل اجتناب است.

فولینگ های ایجاد شده بر روی سطح غشاء کیفیت آب تولیدی را به طور قابل توجه کاهش می دهد. نگه داشتن خروجی تحت این شرایط منجر به افزایش مصرف انرژی و بالا رفتن هزینه می شود. به این دلیل سیستم RO، صرف نظر از منبع feed water نیاز به پیش تصفیه شیمیایی و فیزیکی دارد. پیش تصفیه ناقص و ضعیف و نگهداری ضعیف از سیستم اغلب با شکست و خرابی غشا مواجه می شود. فولینگ غشاء می تواند ناشی از عوامل زیر باشد :

- ذرات معلق و کلوئیدی
- اکسیداسیون موادی چون H_2S و Mn^{2+} و Fe^{2+}
- فوق اشباع شدن نمک های کم محلول
- فعالیت مواد بیولوژیکی.

اثر فولینگ غشاء در کاهش دبی آب شیرین را می توان با معادله زیر مدلسازی کرد:

$$J = \frac{\varepsilon d_p^2}{32\delta\mu} \Delta P$$

در رابطه فوق J شار آب شیرین، d_p قطر متوسط حفره غشاء ΔP اختلاف فشار دو طرف غشاء ε نسبت به سطح کل حفره ها به کل سطح غشاء δ ضخامت غشاء μ ویسکوزیته آب. آلودگی غشاء باعث افزایش δ و کاهش ΔP و ε و d_p و در نتیجه دبی آب شیرین می شود.

کاهش کارایی یک سیستم RO عموماً به واسطه آلودگی ناشی از فعالیت بیولوژیکی با مواد معلق بسیار متداول تر از مشکل تشکیل رسوب در سیستم می باشد و این به خاطر کنترل نسبتاً آسان جلوگیری از تشکیل رسوب در سیستم RO با اعمال پیش تصفیه مناسب می باشد.

پیش تصفیه آب چاه معمولاً جهت جلوگیری از رسوبات توسط آب خوراک از صفحه شنی (screm dohnsdon) و کارتریج فیلتر استفاده می شود. آب های سطحی ممکن است شامل غلظت های

مختلفی از ذرات معلق است که منشاء معدنی یا بیولوژیکی دارد. آب های سطحی معمولاً برای کنترل فعالیت بیولوژیکی به گندزدایی نیاز دارد. و رفع ذرات معلق بوسیله فیلتراسیون (filtration media) انجام می گیرد. فرایند فیلتراسیون می تواند بوسیله فیلتراسیون کمکی افزایش یابد. طراحی آب های سطحی ممکن است شامل غلظت های زیادی از مواد آلی محلول باشد. آنها می تواند توسط عبور feed water از فیلتر کربن فعال برطرف شوند. بررسی ترکیبات آب، اسیدزنی و تزریق باز دارنده رسوب ممکن است نیاز باشد. در ادامه مراحل مختلف پیش تصفیه مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

۳-۳- کنترل درجه حرارت

درجه حرارت فاکتور بسیار مهمی در کارایی سیستم اسمز معکوس می باشد. شار عبور از غشاء توسط سازندگان در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بیان می شود ولی به ازاء هر درجه فارنهایت افزایش دما، تراوایی آب از غشاء حدود ۱/۵٪ افزایش می یابد. اما بسیاری از ممیران ها، حداکثر تا دمای ۴۵ درجه سانتیگراد را می توانند تحمل کنند. از این رو کنترل دمای آب قبل از ورود به محفظه غشاء بسیار مهم و لازم می باشد.

۳-۴- کنترل رسوب گذاری

۳-۴-۱- تزریق بازدارنده های رسوب

اولین غشاهای تجاری از سلولز استات (CA) ساخته شده بودند که نیازمند محیط اسیدی بودند. با استفاده از کنترل pH، مولکول های بی کربنات تخریب شده و سپس باعث کاهش با جذب رسوب کربنات کلسیم شده است.

با ورود غشاهای پلی آمیدی که راندمان بهتری را در برابر آب دریا از خود نشان می دادند، دیگر نیازی به استفاده از اسیدهای خطرناک جهت کاهش pH نبود. و لذا آنتی اسکالانت ها مورد استفاده قرار گرفتند. معروفترین آنتی اسکالانت ها سدیم هگزامتافسفات (SHMP) $(\text{NaPO}_4)_6$ می باشد که به عنوان بازدارنده آستانه ای عمل می کند.

راه های دیگر برای جلوگیری از تشکیل رسوب وجود دارد همچون تبادل یونی، استفاده از آهک سرد یا گرم جهت نرم سازی، محدود کردن جریان ترمیمی. امروزه اغلب بازدارنده های رسوب بر پایه طیف وسیعی از ترکیبات آلی هستند، این بازدارنده با توسط سه مکانیسم نزدیک به هم عمل می کند که با یک مرحله با بیشتر در رشد کریستال ها (رسوبات) تداخل دارند:

الف- اثر بر هم زدن کریستال: با تداخل در کریستال های نرمال موجب تولید یک ساختار کریستالی نامنظم باعث توانایی تشکیل رسوب ضعیف می شود.

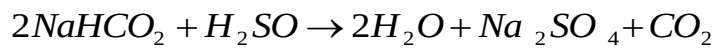
ب - اثر آستانه ای: با استفاده از افزایش حلالیت نمک ها باعث به تعویق انداختن ته نشینی می شود.

ج- اثر دفع: با قرار دادن بار بر روی سطح کریستال باعث دفع کریستال ها از یکدیگر می شود.

مواد بازدارنده رسوب یا ممانعت کننده های شیمیایی مواد بسیار مؤثری در جلوگیری از تشکیل رسوب می باشند. بدین صورت که این مواد، فرآیند تشکیل کریستال ها را مختل کرده و با جلوگیری از جذب یون های فوق اشباع توسط هسته های اولیه کریستال ها، از تشکیل کریستال های درشت جلوگیری می نمایند و به این ترتیب هسته های اولیه به اندازه کافی برای ترسیب رشد نمی کنند.

۳-۴-۲- تزریق اسید

مؤثرترین راه برای جلوگیری از تشکیل رسوب کربنات کلسیم، کاهش pH آب توسط تزریق اسید است. اسید طبق واکنش زیر، یون بی کربنات را به دی اکسید کربن تبدیل می کند.



بی کربنات، عامل تولید یون کربنات در تشکیل نمک کربنات کلسیم است، بنابراین حلالیت کربنات کلسیم، وابستگی زیادی به غلظت یون بی کربنات دارد. حلالیت کربنات کلسیم به pH آب بستگی دارد. تزریق اسید به آب خوراک RO (قبل از کارتریج فیلتر) به میزان کافی موجب کاهش یون بی کربنات می شود. در نتیجه از تشکیل کربنات کلسیم جلوگیری به عمل می آید. در ضمن تزریق اسید موجب کاهش pH می شود که در نتیجه حلالیت کربنات کلسیم افزایش می یابد.

زمانی که اسید سولفوریک و یک ماده بازدارنده ترسیب توأماً تزریق می شوند باید محل تزریق ماده بازدارنده قبل از نقطه تزریق اسید باشد، در غیر این صورت قبل از تزریق ماده بازدارنده احتمال ترسیب نمک سولفات کلسیم وجود دارد. زیرا در محل تزریق اسید غلظت بالای موضعی یون سولفات زمینه را برای ایجاد یون های فوق اشباع از نمک های سولفات را فراهم می کند (۱۳).

تزریق اسید اضافی باعث تخریب تدریجی غشاءهای پلی آمیدی می شود. البته نسبت به هیدرولیز غشاء سلولز استات، برای تخریب غشاء پلی آمیدی به وسیله اسید، زمان بسیار طولانی تری لازم می باشد. تزریق اسید اضافی نرخ هیدرولیز را شدیداً افزایش داده و کاهش دفع نمک غشاء را به دنبال خواهد داشت اما هیدرولیز طبیعی غشاء عاملی در کاهش عمر مفید و کاهش دفع نمک سیستم تلقی نمی شود.

معمولاً ورود اسید یا غلظت بالا، به دلیل عدم کنترل دقیق سیستم تزریق یا اشکال در کالیبراسیون pH متر نصب شده روی جریان خوراک ورودی می باشد. گاهی نیز به طور اتفاقی حجم زیادی اسید وارد آب خوراک RO می گردد.

در برخی سیستم ها، با از سرویس خارج شدن پمپ های فشار بالای سیستم، پمپ های تزریق اسید به سیستم RO به طور اتوماتیک از سیستم خارج نمی شوند و در نتیجه در زمان تعطیلی واحد RO مقدار زیادی اسید در خط خوراک جمع می شود و در ابتدای راه اندازی مجدد این مقدار زیاد اسید به صورت شوک وارده سیستم می گردد. لذا باید کلیه ی سیستم های RO به نحوی طراحی شوند که اگر به هر دلیلی سیستم RO از سرویس خارج شد همزمان کلیه ی پمپ های تزریق مواد شیمیایی به آن نیز از سرویس خارج شوند.

اغلب، خطوط جریان محصول و غلیظ RO به گونه ای طراحی می شوند که ارتفاع پائین تری نسبت به جریان خوراک سیستم داشته باشند، در این شرایط در زمان خارج از سرویس شدن واحد، یک خلاء نسبی درون سیستم پیش می آید و باعث تخلیه آب درون مدول ها می شود.

این خلاء نسبی باعث مکش مواد شیمیایی از مسیر تزریق شان به خط اصلی آب خوراک RO می گردد. به هر حال باید این خلاء شکسته شود و معمولاً این کار توسط شکننده خلأ یا شیر یکطرفه معموس انجام می گیرد. باید یک شیر کنترل در بالاترین نقطه خط لوله نصب شود تا خلاء را به طور کامل بشکند.

عملکرد پمپ در زمان پر نمودن یک سیستم نیمه خالی، نظیر حالتی است که فشار معکوس اندکی وجود دارد. ایت پدیده علاوه بر تزریق بیش از حد مواد شیمیایی احتمالاً باعث آسیب مکانیکی غشاءها هم می گردد.

لازم است یک شیر اتومات بین تانک های کوچک روزانه مواد شیمیایی و پمپ های فشار بالا نصب شود. این شیر از مشکلات احتمالی، هنگام از سرویس خارج شدن واحد جلوگیری می نماید.

۳-۵- کنترل مواد اکسید کننده

حضور کلر آزاد یا سایر مواد اکسید کننده قوی در آب خوراک RO با غشاء پلی آمیدی سبب تخریب این نوع غشاء می گردد. از این رو حتماً باید با تزریق مواد احیاء کننده چون بی سولفیت سدیم یا استفاده از کربن فعال، ماده اکسید کننده موجود در آب خوراک را از بین برد.

معمولاً غشاءهای پلی آمیدی قدرت تحمل مقادیر محدود (کمتر از ۵/۰ ppm) از کلر و یا سایر مواد اکسید کننده را برای فاصله زمانی کوتاه دارا هستند.

بعضی از سازندگان غشاء قدرت تحمل غشاء نسبت به ماده اکسیدانی مثل کلر را به صورت ppm hr بیان می کند. مثلاً مقدار مجاز اکسیدان ۲۰۰۰ ppm.hr معرف آن است که غشاء می تواند آبی با غلظت ۱ ppm ماده اکسیدان چون کلر را به مدت ۲۰۰۰ ساعت قبل از شروع تخریب غشاء تحمل نمایند. گهگاهی به دو دلیل مواد اکسید کننده معمولاً فرصت تخریب غشاء را می یابند. اول اینکه علیرغم تزریق ماده احیاء کننده، مقداری از ماده اکسید کننده، همراه آب خوراک وارد سیستم می شود. این امر به خاطر تزریق ناکافی ماده احیاء کننده یا عدم زمان ماند کافی برای تکمیل واکنش اکسیداسیون احیاء است. دوم اینکه در صورت استفاده از بستر کربن فعال، جذب کامل همه ماده اکسید کننده از آب خوراک سیستم انجام نمی گیرد.

کنترل دوگانه استفاده می شود، به این صورت که از دو سیستم کنترل استفاده می کنند که در صورت نقص یکی، دومی از ورود غیرمجاز ماده اکسیدان جلوگیری کند.

برای حذف ماده اکسیدان معمولاً از ماده احیاء کننده بی سولفیت سدیم استفاده می شود که مقدار مورد نیاز آن حدود ۱ ppm بیشتر از غلظت کلر یا هر ماده اکسیدان موجود در آب است. اما باید توجه داشت که غلظت بیشتر بی سولفیت سدیم باعث ایجاد محیط احیایی در آب می شود که خود باعث رشد، استمرار عمر و دوام باکتری های بی هوازی می شود.

پارامتر کلیدی دیگر برای ایجاد سازگاری بین کیفیت آب و غشاء، pH آب است. غشاء پلی آمیدی مقاومت خوبی در مقابل تغییرات pH دارد، اما غشاء استات سلولزی به تغییرات pH بسیار حساس می باشد چون در pH بازی بویژه در دماهای بالاتر از محیط، سرعت هیدرولیز استات سلولز قابل توجه می باشد. pH مطلوب برای به حداقل رسیدن هیدرولیز غشاء سلولزی ۴/۸ می باشد، اما باید توجه داشت pH آب شور بالاتر از pH آب شیرین می باشد و این به خاطر تغلیظ بی کربنات در آب شور خروجی از واحد RO می باشد. در عمل باید سعی کرد که pH آب ورودی حدود ۶/۵ باشد.

وجود آهن در آب خوراک RO اثر تخریبی مواد اکسید کننده را به میزان زیادی افزایش می دهد. زیرا در حضور مواد اکسید کننده آهن به فرم اکسید کننده را به میزان زیادی افزایش می دهد. زیرا در حضور مواد اکسید کننده آهن به فرم اکسید شده یعنی Fe^{+3} تمایل به نشستن روی سطح غشاء را دارد. حال به حمله اکسید کننده به غشاء RO در حضور آهن، آهن به صورت یک کاتالیزور عمل نموده و قدرت تبادل بار الکتریکی مواد اکسید کننده را روی سطح غشاء شدیداً افزایش می دهد. در واقع در این فرایند، آهن تمایل به فرم احیاء شده خود یعنی Fe^{+2} دارد و با دریافت الکترون قدرت اکسید کنندگی بالاتری به مواد اکسید کننده می دهد.

راه حل مسئله، حذف عوامل به وجود آورنده این شرایط است. یک راه حل حذف آهن نامحلول Fe^{+2} به وسیله فیلتراسیون دقیق در بالاست RO از آب خوراک می باشد. راه حل دیگر، حذف کامل مواد اکسید کننده از آب خوراک و ایجاد محیط اندکی احیاء کننده می باشد.

به علاوه کاتیون های منگنز و آهن معمولاً براحتی با اکسیژن محلول در آب یا هوا اکسید شده و به صورت املاح نامحلول باعث آلودگی غشاء می شوند. البته لازم به ذکر است که اکسیداسیون آهن بسیار شایعتر می باشد. در واقع آلودگی ناشی از آهن در اثر اکسید شدن یون های محلول Fe^{2+} به Fe^{3+} به صورت هیدروکسید آهن $Fe(OH)_2$ بر روی غشاء ظاهر می شوند. برای جلوگیری از این مشکل یا باید آهن را از آب ورودی به اسمز معوس حذف کرد و یا از اکسیداسیون Fe^{2+} به Fe^{3+} جلوگیری کرد.

معمولاً اگر غلظت آهن تا ۴ppm باشد و آب کمتر از ۱۰/۱ ppm اکسیژن محلول داشته باشد، مسأله جدی پیش نخواهد آمد. اما اگر غلظت اکسیژن بیش از ۵ ppm باشد، آنگاه غلظت آهن باید زیر ۰/۵ ppm باشد. کاهش pH آب ورودی می تواند به محلول نگهداشتن یون آهن کمک کند.

به هر حال هر چند که با کنترل مواد اکسید کننده در تصفیه مقدماتی می توان براحتی بر این مشکل قائق آمد، اما باید به این نکته توجه کرد که آلودگی ناشی از اکسیداسیون آهن خیلی سریع انجام می شود.

۳-۶- کنترل مواد معلق و کلوئیدی

۳-۶-۱- منعقد کننده (Coagulant)

انعقاد یا کوآگولاسیون شامل تزریق پلیمرهای دارای بار مثبت (کاتیونی) به آب جهت لخته سازی و حذف ذرات و جامدات محلول با بار منفی است. معمولاً یک منعقد کننده کاتیونی قبل از فیلترهای RO یا فیلتر بستر یکنواخت به آب تزریق می شود.

متأسفانه استفاده از چنین روشی به عنوان جزئی از پیش تصفیه RO مؤثر واقع نمی شود. اگرچه تزریق منعقد کننده پلیمری می تواند در کاهش غلظت جامدات معلق در ورودی RO بسیار مؤثر واقع شود اما می تواند موجب افزایش گرفتگی غشاهای RO نیز فیلترهای با بستر یکنواخت در حذف منعقد کننده ها به طور صد درصد مؤثر نیستند. هر منعقد کننده ای که از فیلتر بگذرد، تمایل دارد که بر روی سطح غشای RO جذب شود. این گفته بخصوص در مورد غشاهای پلی آمیدی که دارای بار منفی هستند صادق است. بار مثبت منعقد کننده، جذب غشا شده و غیرممکن است از غشا جدا شود.

منعقد کننده های کاتیونی همچنین تمایل به واکنش با بازدارنده های رسوب (که برای کاهش پتانسیل تشکیل رسوب مورد استفاده قرار می گیرند) دارند. از آنجایی که اکثر بازدارنده های رسوب دارای بار منفی هستند (آنیونی) انعقاد کننده دارای بار مثبت واکنش می دهند.

نتیجه این واکنش، تشکیل یک کمپلکس غیرمحلول است که به راحتی موجب گرفتگی سیستم RO می شود زمان تماس در یک سیستم تزریق انعقاد کننده باید مشخص شود. استفاده از انعقاد کننده هنگامی مؤثرتر واقع خواهد شد که زمان کافی برای خنثی سازی بار جامدات معلق به آن داده شود و همچنین زمان لازم جهت پیوستن جامدات معلق وجود داشته باشد. در این صورت اندازه کمپلکس های

مواد جامد معلق منعقد کننده به اندازه کافی بزرگ هستند که توسط فیلترهایی با بستر مختلط از آب جدا شوند.

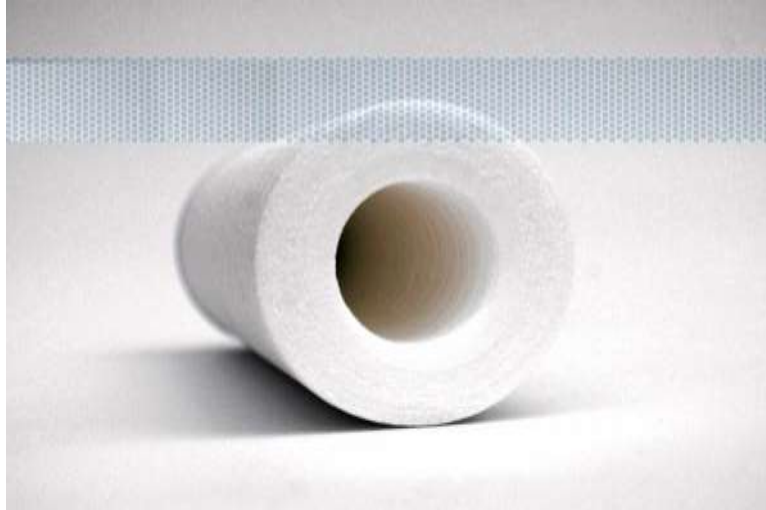
۳-۶-۲- فیلترهای شنی

فیلترهای با بستر یکنواخت (نظیر فیلترهای شنی)، یکی از بهترین روش ها برای کاهش غلظت جامدات معلق در آب یک سیستم RO است. فیلترهای بابستر یکنواخت از یک بستر فیلتراسیون، شامل یک یا چند نوع لایه است که یک ذرات زیر (گرانول) می باشند. این ذرات ممکن است از جنس سنگ، گرانیت و با دانه های آنتراسیت باشند ممکن است از ذرات با اندازه های مختلف استفاده شود. بستر دانه ها براساس مکانیزم های مختلف فیلتراسیون قادر به مواد جامد معلق هستند. این فیلترها را فیلترهای ثقلی می نامند که آب تحت نیروی ثقل از میان بستر شنی عبور می کند. دو مکانیزم اصلی فیلتراسیون در این نوع فیلترها وجود دارد مکانیزم اول و غربال کردن فیزیکی ذرات خیلی بزرگ است که ذرات در فضای خالی بین دانه ها گیر می کنند. اکثر عمل غربال کردن در قسمت بالای بستر نام می گیرد. مکانیزم دوم، نیروی وزن است که بر اثر آن، جامدات معلق بر روی سطح بالایی دانه های بستر مورد نظر به نشین می شوند.

۳-۶-۳- فیلتر کارتریج (فشگی)

این فیلترها در بالادست پمپ های فشار قوی RO نصب می شوند تا پمپ و المنت های غشا را در مقابل ذرات ریز محافظت کنند. همچنین این فیلترها قادر به حذف جامدات معلق که موجب گرفتگی

غشاء می شوند، هستند (شکل ۲-۳). استفاده از فیلتر کارتریج در آخرین بخش سیستم پیش تصفیه RO، و قبل از ورود آب خوراک سیستم RO به پمپ های فشار بالا توصیه می شود.



شکل ۲-۳ فیلتر کارتریج

تقریباً همه سیستم های RO نوعی فیلتر کارتریج در بالا دست خود دارند. سطح فیلتر کارتریج زیاد نیست از این رو فقط برای جذب آخرین ذرات باقی مانده مواد معلق از آب خوراک RO بکار می روند و چنانچه مواد معلق آب زیاد باشد ($NTU > 1$) این فیلترها به سرعت مسدود می شوند. در نتیجه برای استفاده اقتصادی از آنها، باید ابتدا آب خوراک را از بستر فیلتر شنی یا فیلتر کربن فعال گذراند تا آنگاه مواد معلق میکرونی موجود در آب خوراک، با عبور جریان از بستر فیلتر کارتریج جداسازی شوند. گاهی از فیلترهای غشائی صفحه ای به جای فیلتر کارتریج استفاده می شود. این فیلترهای صفحه ای، شبیه آکاردئون هستند و در مقایسه با فیلتر کارتریج دارای سطح بیشتر می باشند که آنها را قادر به جذب بیشتر ذرات بسیار ریز می کند.

فیلترهای کارتریج باید از موادی ساخته شده باشند که در مقابل تغییرات زیاد pH مقاوم بوده و با مواد مورد استفاده در شستشوی شیمیایی سیستم RO سازگاری داشته باشند. معمولاً محفظه فیلتر بزرگتر از

میزان نیاز طراحی می شود تا افت فشار در عرض فیلترها کاهش یابد. افت فشار فیلتر تمیز نباید از ۳ Psig بیشتر گردد.

از آنجایی که در یک محفظه، کلیه فیلترهای کارتریج به صورت موازی هستند افت فشار یک فیلتر به تنهایی معادل افت فشار برای کلیه فیلترهای داخل محفظه خواهد بود. اختلاف فشار بین ورودی و خروجی فیلتر، شاخص میزان گرفتگی فیلتر است.

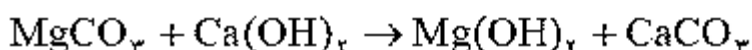
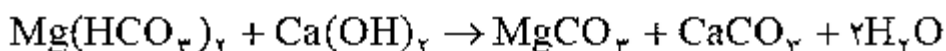
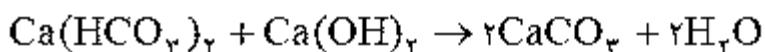
۳-۲- کنترل مواد شیمیایی نامطلوب

طرح واحدهای تصفیه آب ابتدا با شناخت دقیق از کیفیت آب خام آغاز می شود و سپس با تامین آب با کیفیت مطلوب و مطابق با استانداردهای پذیرفته شده خاتمه می یابد. بنابراین شناخت اولیه کیفیت آب و تجزیه و تحلیل عوامل کیفی از اقدامات اساسی در تعیین نوع عملیات تصفیه است. شناخت کیفیت لازم است در رابطه با منابع آب و همچنین در ارتباط با تغییرات فصلی انجام پذیرد؛ زیرا ممکن است نتوان تنها به یک نوع تصفیه بسنده نمود و انواع روشهای دیگر به منظور حذف عوامل شیمیایی نامطلوب ضرورت پیدا نماید. این روشها ممکن است جملگی در طول سال به کار گرفته شوند و یا در فصول مختلف بر حسب تغییرات کیفی و ضرورت تصفیه برخی از روشها در عملیات تصفیه به کار روند. از طرفی درک عمیق شیمی آب برای فهمیدن پتانسیل تشکیل رسوب در یک سیستم RO اهمیت دارد. اگر به عنوان تابعی از بازدهی آب محصول RO، پتانسیل تشکیل رسوب هر یک از نمک ها مشخص شود، می توان یک روش را برای جلوگیری و کنترل تشکیل رسوب در نظر گرفت. انواع روشهای حذف مواد شیمیایی در آب آشامیدنی در زیر به اختصار آمده است:

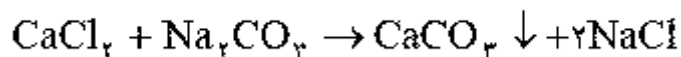
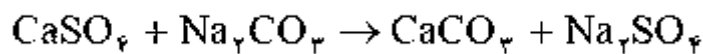
۳-۲-۱- سختی زدایی

سختی آب، خاصیتی از آب است که اساساً ناشی از وجود کربناتها و کلرورها و سولفاتهای کلسیم و منیزیم است و مانع تولید کف فراوان به وسیله صابون می شود. سختی کربناتی آب ناشی از انحلال کربناتها یا بیکربناتهای کلسیم و منیزیم است. سختی غیر کربناتی آب ناشی از وجود املاح کلسیم و منیزیم، بجز کربنات و بیکربنات آنها است.

سختی زدایی با آهک و کربنات سدیم به این صورت انجام می گیرد که اگر آهک را خشک و به صورت پودر در آب وارد کنیم؛ ترکیب آهک با آب گرمازا است و واکنش شیمیایی با سرعت بیشتری پیشرفت خواهد کرد و چنانچه شیر آهک یا آب آهک در آب وارد کنیم، قابلیت تنظیم مقدار آهک بهتر میسر می شود و در نتیجه عمل سختی زدایی با مراقبت بهتری اجرا خواهد شد که واکنشها به شرح زیر است:



با توجه به واکنشهای فوق، از سختی آب آن قسمتی که ناشی از کربنات و بیکربناتهای کلسیم و منیزیم باشد، بر اثر آهک افزوده شده حذف خواهد شد؛ ولی آن قسمت از سختی آب که سختی غیر کربناتی گفته می شود در محیط باقی خواهد ماند. برای حذف سختی غیر کربناتی آب، باید محیط را قلیایی کرد که در این صورت “کربنات سدیم” در محیط افزوده می شود و واکنشهای شیمیایی به شرح زیر ادامه خواهد داشت تا کلیه کلسیم و منیزیم فلزات سنگین موجود در آب را، راسب نماید.



آبهایی که دارای سختی بالاتر از حد متعارف و توصیه استانداردها برای مصارف عمومی شهری و آب آشامیدنی مورد بهره برداری قرار می گیرند، معمولاً آب چاه یا آب چشمه سار خواهند بود و در هر حال بهتر است قبل از هر اقدامی با اجرای آزمایشهای شیمیایی و فیزیکی، ترکیب فرضی آب مشخص گردد. بدین منظور آب در محل دریافت در تاسیسات تصفیه نمونه گیری و مورد آزمایش قرار می گیرد و اگر آزمایش در محل مقدور نیست، سریعاً برای آزمایش به آزمایشگاه ارائه تا آزمایشات زیر اجرا شود:

- ارقام مورد نیاز به صورت آزمایش در محل: رقم pH، قلیائیت کل، سختی کل، درجه حرارت آب و درجه حرارت هوا

- ارقام مورد نیاز در صورت ارجاع به آزمایشگاه: رقم pH، قلیائیت کل، سختی کل، کلسیم، منیزیم و سدیم، آنیونهای کلرور و سولفات و نترات

در صورتی که pH آب بالاتر از رقم ۸/۲ باشد، آب دارای کلرینات های قلیایی است و گاز کربنیک آزاد وجود ندارد و در صورتی که رقم pH پایین تر از ۸ باشد گاز کربنیک آزاد در آب مورد بحث وجود دارد و با استفاده از فرمول زیر محاسبه و مقدار آن تعیین می شود:

$$\text{Log CO}_2 = \text{Log (Alk)} - \text{PH} + 6/29$$

که در آن مقدار (Alk) قلیائیت کل آب بر حسب کربنات کلسیم به میلیگرم در هر لیتر و مقدار CO_2 به میلیگرم در هر لیتر به دست خواهد آمد.

$$\text{Log CO}_2 = \text{Log (Alk)} - \text{PH} + 6/54$$

در رابطه ریاضی فوق شرایط محیط و حرارت آب موثر واقع می شود. خطای محاسبه در شرایط عادی که 15 تا 20 درجه سانتیگراد و رقم pH ردیف پایین تر از 8 است، نزدیک به یک درصد است. چنانچه شرایط عمل با، ارقام فوق تطبیق ننماید، بهتر است با استفاده از نمودارهای استاندارد مقدار گاز کربنیک آزاد تعیین شود.

۳-۲-۲- جذب سطحی (فیلتر کربن فعال)

آبهای خام معمولاً حاوی مقادیری مواد آلی هستند که غلظت این مواد در آب خام سطحی بیشتر از آب خام استحصالی از سفره آبهای زیرزمینی است. مواد آلی مثل مواد هیومیک، مواد آلی فاضلابی و مواد نفتی و میکروارگانیسمها و نتایج فعالیتهای آنها در مسیر عبور جریان آب به آن اضافه می گردد و هر چند در مراحل پالایش آب در تصفیه خانه های آب آشامیدنی مانند: مرحله ضد عفونی کردن (اکسیداسیون) و زلال سازی (انعقاد -لخته بندی و ته نشینی) تا حدودی حذف می گردند. لیکن حذف کامل و رضایتبخش این مواد در فرآیندهای عادی و معمولی پالایش میسر نیست و در مرحله ضد عفونی کردن آب بخصوص با افزودن کلر و مشتقات موثر آن، ممکن است ترکیبات نامطلوب (سمی و سرطانزای جدیدی) بسته به نوع آلودگیها را سبب گردند که برای سلامت مصرف کنندگان خطرهای جدی در بر دارد. هر گروه از ترکیبات آلی از نظر سلامت حائز اهمیت فراوانی هستند. برخی از ترکیبات آلی فرعی ناشی از کلریناسیون آب حاوی مواد آلی طبیعی مانند: تری هالومتانها که حتی در مقادیر سرجمع (۱۰۰ ppb) سرطانزا هستند.

ترکیبات آلی ناشی از فعالیتهای انسانی مانند انواع سموم دفع آفات، حلالها، دترجنتها و نظایر آنها که عمدتاً از طریق فاضلابهای شهری، پسابهای صنعتی و کشاورزی وارد منابع آب می گردند. به طوری که

اشاره شد، نظر به اینکه در فرآیندهای معمول پالایش آب این مواد تا حد استانداردهای لازم حذف نمی گردند، لازم است از روشهای موثرتری بهره گیری شود، روش جذب این مواد به وسیله ذغال فعال روش مناسبی در این زمینه است که در زیر مورد بحث قرار می گیرد.

فیلتر کردن توسط کربن فعال شده در حذف مواد آلی معلق و محلول و نیز جدا کردن کلر آمین و کلر این بکار می رود. این نوع کربن می تواند کمک زیادی در کاهش غلظت آلودگی ها داشته باشند و نیز در عین حال می تواند یکی از عوامل بزرگ آلودگی باشد. قلیائیت کربن فعال شده در جدا نمودن مواد آلی به طبیعت آن ماده بستگی دارد. کربن بهترین ماده در جدا کردن مواد آلی با جرم مولکولی بالا نظیر اسید فولیک و هیومیک است. در ادامه مراحل جذب و واجدبی (احیا) در سیستم فیلتر کربن فعال به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۲-۱- جذب

این روش براساس جذب سطحی انجام می گیرد. به طور کلی جذب قابلیت است که بعضی از مواد از جمله ذغال فعال نسبت به ثابت کردن ملکولهای آلی موجود در مایعات یا گازهایی که ذغال فعال در آن غوطه ور است که از خود نشان می دهد؛ این فرآیند در واقع انتقال جرم از فاز مایع یا گاز به سطح جامد است که بستگی به عوامل زیر دارد:

- سطح ماده جاذب: مواد جاذب طبیعی مانند: خاک رس سطح نسبتاً کوچکی در حدود ۵۰ تا m^2
- $g/200$ دارد و مواد جاذب صنعتی به طور معمول سطحی بیشتر از $g/300m^2$ را ایجاد می کند.
- یک ذغال فعال با کیفیت خوب می تواند سطحی در حدود ۷۰۰ تا $g/1500m^2$ را تولید کند.

- نوع ذغال فعال

- نوع و غلظت مواد آلی محلول
- ویژگیهای هیدرو دینامیکی تبادل بخصوص زمان تماس بین دو فاز مایع و جامد
- انرژی پیوندهای مواد شیمیایی و میل ترکیبی آنها: در این زمینه فاکتورهای pH و درجه حرارت موثر است در محیط اسیدی جذب مواد آلی مزاحم به وسیله ذغال فعال تسهیل می گردد.
- ذغال فعال معمولاً به صورت پودر و دانه ای به بازار عرضه می شود. ذغال فعال معمولاً از آنتراسیت قیر - ذغال نرم - استخوان و خون - ذغال سنگ و چوب تهیه میگردد. ذغال فعال طیف گسترده ای از مواد را بر روی خود جذب می کند؛ به طوری که اغلب ملکولهای آلی بر روی آنجذب می شوند و به علاوه میکرو ارگانیسم ها و فلزات سنگین نیز در حد رضایتبخشی حذف می گردند. ذغال فعال همچنین قادر به حذف کلر باقیمانده آب است.
- به طوری که اشاره شد، ترکیبات آلی سمی و همین طور ترکیبات آلی نامطلوب مولد بو و طعم مثل: کلروفل ها یا نیتروژن تری کلراید (NCl_3) را میتوان با افزایش مقداری از پودر ذغال فعال حذف کرد؛ در این مورد ذغال فعال دترجنت های پایدار را حتی بهتر از ترکیبات فنلی حذف می نماید و برای جذب مواد معدنی در مقادیر کم می تواند مفید واقع گردد؛ به خصوص برای جذب مواد رادیونوکلید به کار برده می شود. هر چند در این موارد قابلیت را که در مورد جذب مواد آلی خنثی داراست، نشان نمی دهد، با این حال بهترین جذب کننده مواد معدنی با مولکولهای خنثی مثل گازرادیون است. از موارد دیگری که در این زمینه می توان اشاره نمود، حذف فرمهای خنثی کبالت 60 و روتینیم 106 است.
- ذغال فعال در پالایش آب معمولاً در دو مرحله به کار برده می شود:
- (الف) در مرحله زلال سازی معمولاً پودر ذغال اکتیو به کار می رود. پودر ذغال اکتیو در اقطار 10 تا 50 میکرون می تواند به همراه مواد لخته ساز (فلوکولانت) به آب اضافه شود. ذغال فعال مصرفی

از طریق لجن اضافی دفع شده از حوض زلال ساز تخلیه می شود. استفاده از پودر ذغال فعال به دلیل قدرت جذب عالی و تاثیرات آن در سنگین سازی ذرات لجن و کمک به ته نشینی می تواند بسیار مفید است و مقدار آن بسته به کیفیت آب و میزان 50 g/m^3 واقع گردد. میزان مصرف پودر ذغال فعال کمتر از آلاینده های آن و استانداردهای مورد انتظار آب زلال شده تعیین می گردد. باید به خاطر داشت که بازیابی ذغال فعال در این روش اقتصادی و عملی نیست.

(ب) در مرحله صاف سازی از ذغال فعال دانه ای استفاده می شود. در این روش ذغال فعال، بستر صافی و یا بخشی از آن را تشکیل می دهد و با عبور آب از روی آن آلاینده های آب جذب بستر می شود و فعالیت بستر ذغال فعال نیز به تدریج کاهش می یابد تا زمانی که بستر اشباع و خاصیت جذب خود را از دست بدهد.

به طور کلی بستر ذغال فعال در صافی در مورد زیر موثر است:

- فیلتر شنی: برای جلوگیری از جذب ذرات لجن آب ورودی بر روی لایه سطحی و در نتیجه گرفتگی لایه ذغال فعال، آب ورودی می باید در حد مناسبی زلال سازی شده باشد.
- نظر به اینکه سطح ذغال فعال محیط مناسبی برای رشد میکرو ارگانیسم هاست، هر چند که این پدیده می تواند در فرآیند حذف آلاینده ها موثر باشد، لیکن می تواند در صافیها زمینه را برای فعالیت باکتریهای بی هوازی مساعد کند و سبب ایجاد بو و گرفتگی لایه زغال فعال گردد؛ لذا برای جلوگیری از این اتفاق توجه دقیق به زمان استفاده از ذغال فعال و حجم آب عبور داده شده از آن ضروری است و باید به موقع درمورد تجدید و فعال سازی مجدد آن اقدام گردد.
- جذب سطحی: اقتصادی بودن استفاده از ذغال فعال تا حد زیادی بستگی به ظرفیت جذب ذغال فعال دارد، این ظرفیت به صورت مقدار گرم COD جذب شده در هر کیلوگرم ذغال فعال بیان

می شود. در این ارتباط عمق بستر ذغال فعال رابطه مستقیم با میزان جذب آلاینده ها دارد؛ ضمناً تجربه نشان داده‌است که یک حجم ذغال فعال برای عبور 3 حجم آب در ساعت بهترین نسبت برای پالایش آب با آلاینده های زیادی است.

۳-۲-۲-۲-۲-۱) واجدبی (احیا)

به علت قیمت نسبتاً گران ذغال فعال، لازم است که پس از اشباع درباره احیای آن اقدام کرد؛ در این زمینه روشهای مختلفی به شرح زیر وجود دارد:

روش احیا با بخار: از این روش برای احیای ذغال فعال که مواد قابل تبخیر را جذب نموده استفاده می گردد؛ در این روش ذغال مجدداً متخلخل و ضمناً ضد عفونی می شود.

روش احیای حرارتی: در این روش پس از آبگیری مقدماتی ذغال به وسیله حرارت خشک مواد عالی جذب شده بر روی ذغال فعال سوزانده شده و ذغال فعال به خوبی احیا می شود. برای جلوگیری از سوختن ذغال فعال در حین احیا، درجه حرارت در حدود 800°C و عمل در شرایط کنترلشده و دقیق صورت می پذیرد. این روش در احیای ذغال فعال بسیار موثر است و کاربرد وسیعی دارد؛ معایب این روش عبارت است از سرمایه گذاری نسبتاً سنگین برای تهیه کوره های مخصوص و اتلاف حدود 7 تا 10 درصد ذغال فعال

روش احیای شیمیایی: این روش براساس بهره گیری از یک حلال در درجه حرارت حدود 100°C و pH قلیایی است. در این روش اتلاف ذغال فعال حدود 1% برآورد می گردد. به عنوان (USEPA) در سال 1986 استفاده از ذغال فعال از سوی سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده بهترین تکنولوژی در دسترس برای تصفیه و حذف آلاینده های

آلی مصنوعی در آب شرب معرفی گردیده است. برای تقویت عمل پالایش و حذف بهتر آلاینده ها به وسیله ذغال فعال کاربرد توام آن با ازون زنی بسیار مفید است. با این همه ذغال فعال قادر به حذف تمام آلایند هها نیست و بعضی از مواد بخصوص املاح معدنی از آن عبور می نمایند.

۳-۷-۳- حذف گازهای همراه آب

اغلب گازهای طبیعی مانند اکسیژن، دی اکسید کربن، آمونیاک، متان و سولفید هیدروژن در آب حل شده و در کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب موثر واقع می شوند. مهمترین این تاثیرات عبارتند از:

الف - ایجاد بو و طعم

بو و مزه در آبها معمولاً همراه یکدیگرند و عمدتاً از تجزیه و فساد مواد آلی حاصل می شوند . وجود سولفید هیدروژن، کلر، فنل و آمونیاک به آب بوی ناخوشایند می دهند . سولفید هیدروژن بوی تخم مرغ گندیده ایجاد می کند که در غلظتهای کم هم مشخص است . کلر علاوه بر آنکه بوی خاص خودش را دارد، با بعضی از ناخالصیهای آب مانند فنل ترکیب شده و ایجاد کلرو فنل می کند که بوزا می باشد.

ب - خوردگی

تعداد زیادی از گازهای محلول از طرق مختلف (اکسیداسیون، ترکیب و ...) اثر خوردگی در آب ایجاد می کنند و در تاسیسات مختلف تصفیه خانه های آب، فاضلاب و لوله های جمع آوری فاضلاب و توزیع آب موثر واقع شده و ایجاد اشکال می کنند نقش اکسیژن و گاز

کربنیک در خوردگی فلز آهن و سولفیدهدروژن برای بتن اهمیت بیشتری دارد. آمونیاک در pH بالاتر از 9 باعث خوردگی وسایل مسی و برنجی می شود دارد.

گاز کربنیک مهمترین گاز موثر در کیفیت آب است و این گاز ضمن انحلال در آب با آن ترکیب شده و واکنش آب نتیجه واکنشهای شیمیایی به pH شیمیایی منجر به تولید اسید کربنیک می گردد که در شرایط دمای محیط و صورتهای زیر در آب مشاهده می شود:

الف - انحلال گاز کربنیک در آب تولید H_2CO_3

ب - بیکربنات کلسیم دارای ریشه بیکربنات است: $Ca(HCO_3)_2$

ج - کربنات کلسیم دارای ریشه کربناتها است: $CaCO_3$

با توجه به اینکه یون کلسیم از مهمترین ماده موجود در آبهای طبیعی است، حصول تعادل بین کربنات کلسیم که در آب کم محلول و بیکربنات کلسیم که در آب حل شده و گاز کربنیک موجود در محیط موکول به این است که عوامل سه گانه فوق در حال تعادل باشند.

ج - ایجاد رسوب

از واکنش بعضی گازهای محلول با فلز آهن رسوبی تولید می شود که به نوبه خود مشکل ایجاد می کند. اکسید آهن (Fe_2O_3) ضمن اینکه غیر محلول است و پیشرفت خوردگی را باعث می گردد، رنگ آب را نیز تغییر می دهد. رسوب سولفور آهن که بر اثر ترکیب سولفیدهدروژن با آهن حاصل می گردد باعث ضایع شدن رزینهای تعویض یونی می شود. به غیر از آنچه که مختصراً توضیح داده شد، آثار مخرب دیگری من جمله اثر کلر روی رزینهای تعویض یونی نیز وجود دارد و حداکثر مقدار کلر باقیمانده آزاد موثر که در آب ورودی به دستگاههای سختگیر می تواند 0/5 میلیگرم بر لیتر است.

انحلال هر گازی در یک مایع توسط قانون هنری بیان می گردد. طبق این قانون میزان حلالیت

هر گازی در داخل یک مایع بستگی به فشار جزئی آن گاز در اتمسفر مجاور آب دارد:

$$CT = KP$$

که CT = غلظت گاز در محلول، P = فشار گاز در بالای محلول، و K = ثابت هنری است.

برای مثال: در صورتی که فشار جزئی اکسیژن 0.2 اتمسفر باشد، میزان انحلال آن در آب برابر

8 میلیگرم بر لیتر است و در صورتی که فشار جزئی آن 0.1 اتمسفر باشد، این مقدار به 4 میلیگرم بر لیتر

کاهش پیدا خواهد کرد.

براساس قانون هنری میتوان با کاهش فشار جزئی گاز مورد نظر را در هوا آن را از محلول

حذف نمود. این کار را می توان با ایجاد خلاء انجام دارد و یا فضای مجاور سطح آب را با وارد کردن

گاز دلخواه آن چنان تغییر داد تا گاز مزاحم از سیستم خارج و گاز دیگری جایگزین گردد. باید گفت

که برخی از گازها به علت یونیزه شدن از قانون هنری تبعیت نمی کنند. به مثالهای زیر توجه شود:



حذف این گازها را میتوان به طور کامل از طریق هوادهی و ایجاد یون مشترک به کمک اسید و سود

سوزآور انجام داد.

۳-۸- کنترل آلودگی بیولوژیکی و بیوفولینگ

مشکل کنترل آلودگی بیولوژیکی در غشاءهای پلی آمیدی از عمده ترین دلایل عدم تخریر کامل بازار توسط غشاء PA می باشد. به عنوان مثال کاربرد سیستم RO با غشاء PA برای آب های سطحی که حاوی مقادیر بالایی از باکتری هستند، بسیار محدود می شود. بنابراین در سیستم های اسمز معکوس با غشاء PA کنترل رشد مواد بیولوژیکی یکی از مهمترین پارامترهای کنترلی تلقی می شود. این امر معمولاً با افزایش کلز به آب خام ورودی و سپس حذف باقیمانده ی آن پیش از ورود به سامانه RO صورت می گیرد.

۳-۸-۱- کلر

در سال 1896 برای اولین بار کلرزی برای ضد عفونی کردن مستقیم آب در رابطه با مطالعات فیلتراسیون به صورت آزمایشی در لویزیول انجام شد. در سال 1897 نیز در انگلستان به منظور ضد عفونی کردن آب شبکه توزیع پس از بروز یک اپیدمی تیفوئید (حصبه) به صورت آزمایشی برای مدت کوتاهی اعمال شد. در سال 1902 در بلژیک برای اولین بار کلرزی به صورت مداوم و با هدفهای کمک به ضد عفونی کردن آب و فرآیند انعقاد انجام گردید. اهم ویژگیهای شیمیایی کلر به شرح زیر است:

- کلر در درجه حرارت معمولی با اکثر فلزات میل ترکیبی دارد.
- برای نگهداری کلر، از ظروف فولادی، چدنی، مس، برنز، نیکل و سرب می توان استفاده کرد.
- به علت واکنش پذیری کلر، در دستگاه های کلرزی لوله ها از جنس نقره، پلاتین یا روکش طلا هستند؛ در حالی که برای تزریق آب کلر به آب از لوله های پی وی سی استفاده می شود.

- انحلال در کلر در آب به درجه حرارت بستگی دارد؛ به طوری که در فشار معمولی در 20°C ، 7/3 گرم کلر در یک لیتر آب حل می شود.

- ترکیب با آب، کلر با آب تولید اسید هیپوکلرو و اسید کلریدریک می نماید که این دو اسید خاصیت خوردگی شدید دارند.

- HOCl اسید هیپوکلرو نامیده می شود و این اسید عامل ضد عفونی کردن و میکروب کشی است. این اسید تفکیک شده و تولید OCl⁻ هیپوکلریت می کند که خاصیت ضد عفونی کردن آن کمتر از اسید هیپوکلرو (HOCl) است.

- کلر با سایر مواد موجود در آب مانند: آمونیاک، نیتريت، آهن، سولفید هیدروژن، مواد ارگانیک ترکیب می شود، به همین دلیل این مواد موجود در آب سبب ازدیاد مصرف کلر می گردد. به علاوه احتمال ایجاد ترکیبات سمی پایدار را نیز افزایش می دهد.

دستگاههایی که برای کلرزنی آب ساخته شده است، به دو گروه زیر تقسیم می شوند:

- کلریناتورها: دستگاههایی که برای تزریق گاز کلر به آب مورد استفاده قرار می گیرند.
- هیپوکلریناتورها: دستگاههایی که برای تزریق محلولهای کلردار (هیپوکلریتها) به کار برده می شوند.

براساس آماری که در سال ۱۳۶۶ از شهرهای ایران که در آنها کلرزنی انجام می شود، از نظر

روش کلرزنی نتایج زیر استخراج شده است:

- استفاده از کلریناتورها 21 درصد شهرها
- استفاده از هیپوکلریناتورها 56 درصد شهرها
- استفاده از هر دو سستم کلریناتورها و هیپوکلریناتورها 23 درصد شهرها

کلر به صورت گاز مایع ارزانتترین نوع کلر است، در تصفیه خانه های بزرگ که مصرف کلر زیاد است، باید از این نوع کلر استفاده شود، ولی در تصفیه خانه های کوچک و مصارف اضطراری و مقطعی از نظر اقتصادی و فنی، استفاده از هیپوکلریناتورها ارجحیت دارد. در هر صورت انتخاب روش ضد عفونی کردن و سالم سازی باید با توجه به کمیت آن و امکانات محلی و نوع آلودگیها و امکانات فنی انجام گیرد.

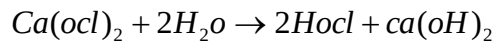
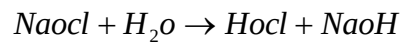
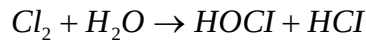
برای حفظ ممبران ها از اکسید شدن باید عملیات حذف کلر (Dechlorination) بایستی انجام شود. غشاهای پلی آمیدی می توانند زمان کوتاهی را در برابر کلر آزاد (هیپوکلریت) مقاومت کنند. بنابراین مقاومت آن محدود است. سرعت اثر کلر بستگی به مشخصات آب ورودی (feed water) دارد. حمله کلر در حضور آهن و منگنز یا دیگر مواد حمل در آب به سطح غشاء می تواند سریعتر باشد. زیرا در این صورت خطر اکسید کردن غشا وجود دارد. لذا کار به منظور ضد عفونی کردن به عنوان روش مطمئنی برای غشاهای پلی آمیدی توصیه نمی شود.

کلرینه و دکلرینه کردن آب خوراک روشی استاندارد طی سالیان بوده است. اگر کلر با مواد آلی موجود در آب واکنش دهد کاهش زیستی زیاد می شود. در عدم حضور کلر در غشاها میکرواورگانیزم ها می توانند از مواد مغذی (نوترینت) استفاده و رشد کنند. مگر اینکه سیستم به نحو بسیار عالی ضد عفونی شود. بنابراین روش (Chlorination / Dechlorination) مناسب و رایج است.

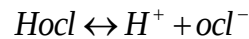
در عرض کلر زنی مداوم و پیوسته بهترین کاربرد کلر در پیش تصفیه در فواصل معین به صورت offline است. در طی کلرزنی off-line قبل از اینکه غشا زیر آب رود کلر به آب خوراک می رسد. قبل از اینکه سیستم دوباره مورد استفاده و بهره برداری قرار گیرد باید تمام آب خوراکی که حاوی کلر است را به دقت حذف کلر را انجام داد.

۳-۸-۱-۱- شیمی کلر زنی

معمولاً به صورت گاز کلروهیپوکلریت سدیم و کلسیم در دسترس است. در آب هیدرولیز لحظه ای بصورت اسید هیدرو کلرو :



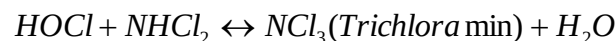
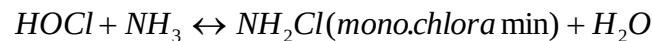
هیدرو کلرو در آب تبدیل به یون هیدروژن و یون هیدروکلریت می شود:



راندمان حذف میکروبی (میکروب کشی) کلر آزاد باقیمانده مستقیماً بستگی به غلظت HOCl تفکیک نشده دارد. اسید هیپو ۱۰۰ برابر نسبت به یون هیپوکلریت (OCT) مؤثرتر است و با کاهش pH تفکیک شدن HOCl افزایش می یابد.

در pH=۷٫۵ فقط ۵۰٪ کلر آزاد باقیمانده HOCl می باشد اما در pH=6.5 این ترکیب حدود ۹۰٪ حضور دارد. (HOCl) همچنین تجزیه (شکسته شدن) HOCl با کاهش دما افزایش می یابد.

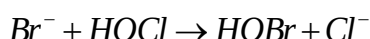
بخشی از دوز کلر با نیتروژن آمونیاکی واکنش می دهد و کلر ترکیبی مفیدی طبق واکنش زیر ایجاد می کند:



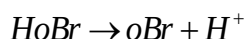
این واکنش به وسیله pH و نسبت بوزن کلر به نیتروژن Cl/N کنترل می شود. کلر آمین ها اثر میکروب کشی دارند. اما نسبت به کلر اثر کمتری دارند.

۳-۹-۱-۲- کلرزنی آب دریا

بیشترین اختلاف میان شیمی کلرزنی آب دریا (sea water) و آب لب شور (Brakesh water)، حضور یون برمید در آب دریا است. برمید خیلی سریع با اسید هیپوکلر و واکنش می دهد و تبدیل به اسید هیپو برم می شود:



این در کلرزنی آب دریا غالباً بیوساید بیشتر HOBr است نسبت به HOCl اسید هیپوبرمو طبق واکنش زیر به یون بیوترمیت تبدیل می شود:



HOBr نسبت به HOCl کمتر تجزیه می شود در pH=8 حدود ۷۲٪ HOCl تجزیه می شود در حالیکه تجزیه HOBr حدود ۱۷٪ است.

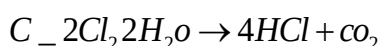
۳-۸-۱-۳- حذف کلر

وقتی در سیستم RO از پروسه کلرزنی استفاده می شود، جهت جلوگیری از اکسید شدن غشاء باید کلر از آب ورودی به سیستم حذف شود در غشاهای پلی آمیدی کلر موجود حمله می کند و شار غشا را کاهش می دهد. اگر این عمل ادامه یابد، اثر بر روی شار غشا نیز ادامه می یابد. در نتیجه نمک از غشا عبور می کند. کاهش شار غشا حدوداً ۱۰۰۰-۲۰۰ ساعت اگر غشا در معرض ۱ mg/Li کلر آزاد باقیمانده باشد اتفاق می افتد.

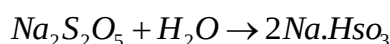
سرعت حمله کلر به غشا به شرایط گوناگونی از آب خوراک بستگی دارد. در وضعیت RH قلیائی، حمله کلر سریعتر از RH خنثی و اسیدی است. زیرا در شرایط اسیدی کلر بیشتر به عنوان بیوساید

عمل می کنند. همچنین حمله کلر در دمای بالای سریعتر است. همچنین در غلظت بالای فلزات سنگین مثل آهن حمله کلر بیشتر است چرا که این فلزات به عنوان کاتالیزور واکنش عمل می کنند. لازم به ذکر است در ممیزان های شرکت Filmtec و دیگر شرکت های تولید کننده ممیزان اکسیداسیون جزء گارانتی نمی باشد. لذا تمامی شرکت های تولید کننده ممیزان ها توصیه می کنند، در پیش تصفیه کلر آزاد باقیمانده از آب خوراک حذف شود و سپس آب خوراک وارد غشا شود. همچنین عوامل غشاء RO را دارند. لذا استفاده از آنها توصیه نمی شود. کلر آزاد باقیمانده را می توان بوسیله کربن فعال و یا عناصر کاهنده شیمیایی دیگری بی ضرر کرد.

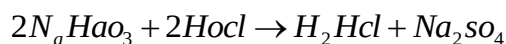
بستر کربن فعال در حذف کلر از آب خوراک RO طبق واکنش زیر بسیار مؤثر است:



عموماً برای رفع کلر آزاد باقیمانده از مشایی سولفیت سدیم (SMBS) استفاده می شود. عوامل دیگر کاهنده شیمیایی مثل دی اکسید سولفور وجود دارند اما آنها نمی توانند مثل SMBS مؤثر باشد. متابی سولفیت سدیم وقتی در آب حل می شود و به فرمی از SMBS بنام سدیم سولفات (SBS) تبدیل می شود:



SBS (سدیم بی سولفات) اسید هیپوکلرورا مطابق واکنش زیر کاهش می دهد:



SMB نباید در کنار کبالت فعال وجود داشته باشد، فرم جامد SMBS حدود ۶-۴ ماه در شرایط سرد و خشک می ماند. محلول SMBS وقتی در معرض هوا قرار گیرد مستعد ترکیب شدن با اکسیژن است. نقطه تزریق از جریان پائین کارتریج فیلتر باشد که این توصیه برای حفظ کارتریج فیلتر در برابر کلر است.

۳-۸-۲- اوزون

اوزون برای اولین بار در سال 1893 در شهر هلند oudshoon برای سالم سازی و اصلاح و کیفیت آب خام از رودخانه راین مورد استفاده قرار گرفت. در این مورد تنها مسئله ضد عفونی کردن آبهای آشامیدنی به وسیله اوزون مطرح نبوده است بلکه حذف قطعی آهن، منگنز، نابود کردن سورفاکتانتها، حذف مواد معلق و از بین بردن کامل بو و طعم و رنگ نامطلوب و از همه مهمتر تخریب ترکیبات و مولکولهای مواد آلی مضر و سرطان زا در آبهای آشامیدنی از جمله مزایای استفاده از اوزون در تصفیه آب نیز در نظر بوده است.

عمل ضد عفونی کردن را اوزون به مراتب عمیقتر و قطعی تر از کلر انجام می دهد و کلیه میکرو ارگانیسمها و ویروسها را نابود می سازد. با توجه به اینکه یکی از اتمهای اکسیژن در مولکول اوزون به سهولت از آن جدا می شود، اوزون قویترین خاصیت اکسیدکنندگی را در رابطه با سالم سازی آب داراست. واکنش اوزون در آب نتیجه دو فرآیند متوالی است:

-حل شدن در آب (انتقال از فاز گاز و انحلال در مایع)

-مؤثر شدن اوزون انحلال یافته بر روی اکسید شونده ها از دو طریق: (۱) فعالیت اوزون به وسیله واکنش مستقیم اوزون مولکولی که این واکنش انتخابی است. (۲) فعالیت اوزون بوسیله وجود رادیکال OH که از تجزیه اوزون مولکولی به وجود می آید.

برای حذف اوزون اضافی در سیستم تصفیه، اگر اوزون در فاز گاز باشد، باید آن را از کاتالیزور عبور داد و به وسیله حرارت به اکسیژن تبدیل کرد و اگر اوزون به صورت اوزون باقیمانده در آب باشد، باید آب را از بستر ذغال فعال عبور داد.

۳-۸-۲-۱- مقایسه اوزون زنی و کلرزنی

الف) مزایا: اوزون نه تنها عمل ضد عفونی کردن آب را به نحو احسن و به مراتب کاملتر از کلر انجام می دهد، بلکه براساس آخرین تحقیقات عمل اوزون کلیه ویروسها را در حد استاندارد حذف می کند.

اوزوناسیون به لحاظ پتانسیل اکسیداسیون بالا دارای خواص مشروحه زیر است:

- طیف وسیع و سریع گندزدایی و سالم سازی آب و فاضلاب
- حذف موثر رنگ، بو طعم نامطلوب
- افزایش اکسیژن محلول (DO) در آب
- شکستن ترکیبات آلی از جمله: دترجنتها (آنیونی، غیریونی)
- حذف نسبی BOD و COD در تصفیه فاضلاب
- کفایت مقادیر کم آن برای سالم سازی آب
- افزایش سیکل زمانی و سرعت فیلتراسیون تا حدود 50 % که در نتیجه می توان سطح فیلترهای کمتری را مورد استفاده قرار داد.
- تسریع در فرآیند انعقاد و ته نشینی و نتیجتاً کاهش در مصرف مواد منعقد کننده و امکان کاهش زمین مورد نیاز برای احداث حوضهای زلال ساز
- حذف نسبی ترکیبات آلی کلره

ب) معایب: اوزوناسیون نسبت به کلرزنی دارای یک سری معایب به شرح زیر نیز می باشد:

- اوزون در شرایط مساوی بسیار گرانتر است.
- برای تهیه اوزون، پالایش و آماد سازی قبلی هوای مورد نیاز ضروری است.
- در تصفیه آب، برای حرکت آب و تزریق اوزون باید مخالف یکدیگر باشد.

- در شرایط معمولی حلالیت کمی در آب دارد.
- دارای قدرت واکنش بالا و انتخاب پذیری کم است.
- تنفس آن بسیار خطرناک است.
- تأثیر اوزون روی میکروارگانیسمها تابع همه یا هیچ است؛ یعنی: یا اثر میکند و همه را از بین می‌برد و یا اگر به میزان کافی نباشد، اصلاً اثر نمی‌گذارد و بنابراین استفاده از اوزون احتیاج به تخصص و کنترل‌های مطمئن تری دارد.
- اوزون باید در محل مصرف تولید شود.
- باقیمانده اوزون نمی‌تواند مدت زیادی در آب دوام آورد و کلریناسیون بعدی تقریباً در بسیاری از موارد اجتناب ناپذیر است.

۳-۸-۲-۲- انواع ژنراتورهای گاز اوزون

در دستگاههای تولید کننده اوزون از قوس الکتریکی استفاده می‌شود و عمل تخلیه الکتریکی در یک میدان باولتاژ بالا بین دو الکترود انجام می‌پذیرد. الکترودهای جدید تولید کننده اوزون در واقع از دو عدد الکترود لوله ای متحد المركز تشکیل شده است که الکترود خارجی از جنس فولاد و داخلی از فلز قلع و دارای روکش عایق است. دستگاه تولید کننده اوزون شبیه استوانه و شامل مقدار زیادی الکترود است که اجزای آن در شکل نمایش داده شده است. به طور کلی دستگاههای تولید اوزون به دو گروه تقسیم می‌شوند:

الف - دستگاههای تولید اوزون از اکسیژن خالص

ب - دستگاههای تولید اوزون از هوا

۳-۸-۲-۳- عوامل مؤثر بر بازده دستگاههای تولید گاز اوزون

گاز اکسیژن یا هوا برای ورود به دستگاه تولید اوزون باید دارای ترکیب ثابت با خلوص بالا، کاملاً فیلتر شده، فاقد مواد آلی، بدون رطوبت، و با فشار ثابت باشد. میزان اوزون تولیدی دستگاهها و درجه خلوص آن به عوامل ذیل بستگی دارد:

الف - نوع گاز ورودی به دستگاه (هوا یا اکسیژن)، ترکیب و درجه خلوص آن، نقطه شبنم، و فشار گاز

ب - کیفیت، مقدار، و درجه حرارت آب خنک کننده

ج - ولتاژ و فرکانس منبع تغذیه

د - فاصله بین الکترودها در دستگاه تولید اوزون، سرعت عبور گاز بین الکترودها، نوع عایق، نوع و طول الکترودها و میزان فشار گاز در سمت خروجی

۳-۸-۲-۴- روشهای مختلف ازوناسیون آب

روشهای مختلفی برای اوزونیزه کردن آب مورد استفاده قرار می گیرد که در اینجا به طور مختصر، به سه روش که کاربرد بیشتری دارند، اشاره می شود:

الف - اوزون زنی ساده : گاز اوزون توسط شبکه های توزیع کننده با فشار در مخازن بسته به آب دمیده میشود .

که زمان مجاورت بسته به نوع آلودگیهای آب بین 8 تا 20 دقیقه در نظر گرفته می شود . در مرحله بعدی

آب به صورت آبشار جریان می یابد تا گاز اوزون اضافی موجود در آب خارج شود و گاز اوزون

حاصل شده به یک سیستم حذف کننده گاز اوزون هدایت شده، از بین برود.

ب -اوزون زنی توربینی: در روش دیگر که به سیستم توربینی معروف است، گاز اوزون به داخل توربین وارد می شود و به صورت حبابهای بسیار ریز در عمق آب دمیده می شود و در آب حل و پس از زمان تماس لازم دوباره گاز اوزون اضافی به داخل سیستم حذف کننده هدایت می کند تا از بین برود.

ج -اوزون زنی در خط: در روش (Inline) گاز اوزون به وسیله سیستمی مانند :کلریناتور گازی در آب انحلال پیدا می کند و سپس به داخل لوله تزریق می شود روش (Inline) در تأسیساتی کاربرد دارد که فاقد مخازن باز و سرپوشیده باشند و یا امکان ساخت این مخازن وجود نداشته باشد؛ همچنین این سیستم در شهرهایی فاقد تصفیه خانه های بزرگ هستند کاربرد زیادی دارد و به دلیل اقتصادی بودن آن هر روز رواج بیشتری پیدا می کند. در هر صورت مسئله خوردگی ناشی از وجود اوزون باقیمانده در آب پدیده ایست که باید به دقت مورد توجه قرار گیرد.

۳-۸-۳- اشعه فرابنفش

از خواص باکتری و ویروس کشی که در پرتوهای فرابنفش وجود دارد، می توان در تصفیه میکروبیولوژی آب وفاضلاب استفاده کرد، نور آفتاب که بخش مهمی از این پرتو را داراست، در نابود سازی باکتری و ویروسها درمحیط آب، هوا موثر واقع می شود. پرتوهای فرابنفش که طول موج آنها 253/7 نانومتر است، می توانند در شرایط مناسب باکتریها و ویروسها را به کلی از بین ببرند، بدون اینکه در خواص فیزیکی و شیمیایی آب و فاضلاب موثر واقع شوند بنابراین با به کار گرفتن سیستم پرتوتابی UV در شرایط مناسب کردن ، حذف و نابود کردن باکتریها و باسیلهای موجود در آب امکانپذیر است. باید گفت که هرگونه عامل که کاهش دهنده شدت نور یا مانع از تماس نور با ارگانسیمهای موجود در جریان آب باشد، اثر باکتری کشی و ضد عفونی سیستم را کاهش خواهد داد. بنابراین اگر

آب برای ضد عفونی شدن در معرض پرتو افشانی فرابنفش قرار گیرد باید قبلاً به خوبی زلال سازی شده و عاری از هرگونه مواد معلق و مواد رنگین باشد.

از طرف دیگر سرعت جریان یا زمان مجاورت آب با پرتو فرابنفش نیز در پاکسازی آب از میکرو ارگانیسم ها موثر است و سیستم به نحوی طرح می شود که در حداکثر آبدهی نیز عمل پاکسازی و ضد عفونی آب به طور اطمینان بخش انجام گیرد.

پرتوتابی فرابنفش موقعی مورد استفاده قرار خواهد گرفت که اولاً مقدار آب مورد نیاز محدود باشد و یا تزریق کلر برای ضد عفونی به لحاظ حساسیت مصرف توصیه نشده و یا مقدار کلر لازم در حدی مورد نیاز باشد که در مرحله پایانی موضوع حذف کلر اضافی مطرح شود. در چنین حالاتی با استفاده از فرایند پرتوتابی فرابنفش کلر لازم به حداقلی رسانیده می شود که بتوان "کلر باقیمانده آزاد" را در حد مجاز در کلرزی که بعد از مرحله عبور از ماورای بنفش انجام گیرد، به دست آورد و اگر آب مورد نیاز در حد زیادی باشد، تعداد واحدهای پرتوتابی افزایش خواهد یافت تا بتوان آب مورد نیاز را تدارک دید.

۳-۸-۳-۱ اصول کلی به کارگیری UV

در عملیات میکرو بکشی آب علاوه بر UV به کارگیری سیستم آماده سازی آب یا پساب از نظر کیفیت فیزیکی مستلزم انتخاب لامپ و شدت تابش مناسب در شرایط عمل است. به طور کلی «ایشریشیاکلی» از غالب باکتریهای نوع گرما دوست مقاومتر است و به خوبی حذف خواهد شد و ویروسهای فلج اطفال نیز که جزو ارگانیسم های مقاوم است، تحت تأثیر اشعه ماورای بنفش کشته می شوند؛ تجهیزات و متعلقات سیستم پرتوتابی فرابنفش در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۳-۲- تجهیزات و متعلقات سیستم پرتوتابی فرابنفش

تجهیزات	شرایط استفاده	کارآئی
اطافک پرتوتابی U.V	جریان آب یا پساب از اتافک	پرتو افشانی به جریان در طول مدت پیش‌بینی شده
جعبه کنترل یا تابلو برق و کلید راه‌اندازی	با فرمان از راه دور با لامپ اعلام وضعیت	تنظیم جریان الکتریکی و کنترل کارکرد لامپ U.V و اخبار
لامپ U.V	با اتصال سه راهه با دستگاه تنظیم ساعت کار با روشن کردن لامپ کمکی و تعویض ساعتی	برای پرتو افشانی و دستگاهی برای ثبت مدت پرتو افشانی و تعویض نوبی لامپ در حال کار با لامپ کمکی
شیر برقی ^۱	برای اجرای تعویض نوبی لامپها	
دستگاه کنترل دبی آب از نوع Weir Over Flow Box		برای نگهداری جریان در حد تراز ماگزیمم در جوار لامپ
دستگاه اخطار	اعلام خطر با آژیر	برای اعلام سرریز یا کمبود تراز آب در جوار لامپ و یا اشکالات پرتو افشانی
دستگاه انعکاس شدت نور	فتوسل با جریان برق	برای اندازه‌گیری پرتو افشانی و اعلام انرژی U.V که از سطح لامپ تا کف آب تأیید است.
لامپ اندیکاتور	با نور سبز و کهربایی	اعلام کننده کاهش قدرت لامپ U.V و نیاز به پاکسازی جدار لامپ یا تعویض
لامپ اندیکاتور	نور قرمز	اعلام خطر و کاهش پرتو افشانی به پائین‌تر از حد قابل اطمینان

دستگاه بازتاب UV با مراقبت‌های لازم از نظر حفاظت محیط ساخته می شود و آثار نامطلوب شدیدی بر افراد مجاور خود ندارد، لیکن ممکن است در بعضی مسائل نگهداری نیاز به مراقبت داشته باشد. افرادی که با این نوع دستگاهها سر و کار دارند، باید توجه نمایند که هرگونه فلزی که در ساختن ابزار کار مصرف میشود، قابلیت جذب نیرو از بازتاب فرابنفش را داراست و باید در مواردی که موضوع تعمیرات و نگهداری در اطراف این دستگاه مطرح است لامپ UV خاموش شود و از لامپ دیگری برای روشنائی استفاده شود.

فصل چهارم

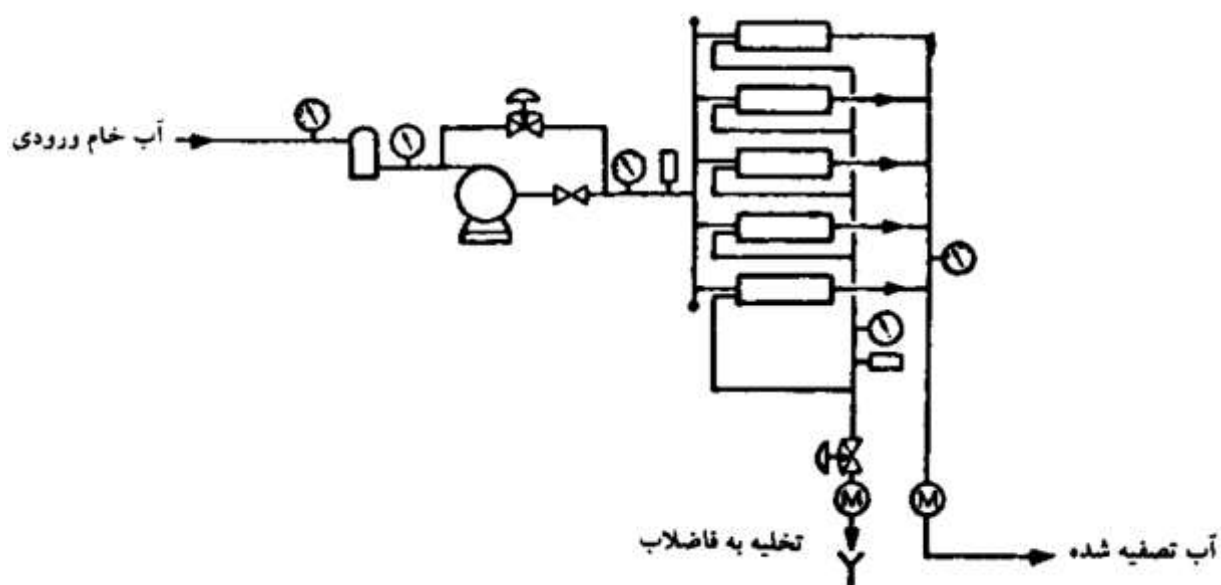
دستورالعمل های اجرایی و فنی در بهره وری تاسیسات RO

۴-۱- عوامل موثر در فیلتراسیون اسمز معکوس

حداقل تاسیسات مورد نیاز در تصفیه به روش اسمز معکوس در شکل ۴-۱ نشان داده شده اند، که عبارتند از پمپ فشار قوی، مدول، شیر فشار شکن، شیر اطمینان، سیستمهای اندازه گیری و کنترل (فشار سنج و جریان سنج).

دو دستگاه اندازه گیری که هر کدام مقدار آب تصفیه شده و پساب خروجی را نشان می دهند و از روی این دو جریان سنج نسبت بین آب تصفیه شده و پساب خروجی تعیین می شود، ضمناً هر کدام از جریان سنجها توسط یک شیر کنترل تنظیم می گردد.

در مواردی که لازم باشد آب تصفیه شده با کیفیت بالایی تولید شود، می توان عمل تصفیه را دو مرحله ای انجام داد بدین ترتیب که آب تصفیه شده خروجی مرحله اول را ورودی مرحله دوم قرار داده و پساب مرحله دوم رابه ورودی مرحله اول برگشت داد.



شکل ۴-۱- حداقل تاسیسات مورد نیاز در تصفیه به روش اسمز معکوس

۴-۱-۱- عوامل موثر بر حذف مواد آلاینده

مقدار مواد حذف شده بستگی به پارامترهای مختلف زیر دارد:

(۱) فشار: به طور کلی فشار در سیستم اسمز معکوس باید بیش از حدی باشد که در تحت آن فشار،

پدیده اسمز معکوس اتفاق می افتد. این فشار سبب میشود که آب از غشاء عبور نماید، مقدار جریان

آب تصفیه شده با این افزایش فشار زیاد می شود. مقدار فشار با توجه به ساختمان مدول و غشاء

تعیین می شود.

(۲) درجه حرارت: هر چه درجه حرارت آب خام ورودی زیادتر باشد، مقدار آب تصفیه شده نیز بیشتر

میشود به طوری که تقریباً به ازای هر درجه سانتیگراد افزایش درجه حرارت ۲% به حجم تولید آب

تصفیه شده اضافه می گردد. حداکثر درجه حرارت کار سیستمهای اسمز معکوس در حدود 40°C

تعیین شده است، در درجه حرارت بیش از حداکثر تعیین شده نه تنها ازدیاد تولید مشاهده نمی شود،

بلکه کار در درجه حرارت‌های بیش از حد تعیین شده سبب فرسودگی و کوتاه شدن عمر غشاء می گردد حد درجه حرارت باتوجه به جنس غشاء توسط سازنده تعیین میشود ولی به طور معمول این درجه حرارت برای غشاء از مواد مختلف به شرح جدول زیر است:

جدول ۴-۱- درجه حرارت کاری برای غشاء

حد اکثر درجه حرارت مخزن	حد اکثر درجه حرارت کار	جنس غشاء
۳۰	۳۰	استات سلولوز
۴۰	۳۵	پلی آمید B-9

(۳) تراوایی غشاء: تراوایی غشاء از جمله فاکتورهایی است که روی تولید و راندمان سیستم اثر قابل توجهی دارد. غشاء هایی که از جنس استات سلولز شناخته می شوند و لوله ای یا حلزونی شکل و بخصوص نوع جدید آن هالوفایبر نسبت به انواع دیگر دارای تراوایی بیشتری هستند، به طوری که عمر غشاء های استات سلولز 2 تا 3 سال ولی برای جنس پلی آمید 3-5 سال است

(۴) سایر فاکتورها: مواد موجود در آب روی بازده تصفیه اثر می گذارد که مهمترین آنها عبارتند از:

- اندازه مولکولی، قطر یونها و امکان کریستالیزه شدن
- بارالکتریکی یونها
- تمایل موجود بین یونها و آب
- ظرفیت یونها: یونهای چند ظرفیتی معمولاً بهتر حذف می شوند
- مواد آلی: حذف مواد آلی با وزن مولکولی بالا و ساختار حجیم تر، بیشتر از مواد با وزن مولکولی پایین و ساختار ساده تر صورت می گیرد.

۴-۱-۲- عوامل موثر بر بازده

بازده غشاءها با توجه به شرایط آزمایش استاندارد شده از غلظت (مثلاً $\text{NaCl } 1500\text{mg/l}$ آب نسبتاً شور و یا $\text{NaCl } 30000\text{mg/l}$ حدود آب دریا) در درجه حرارت 25°C و فشارهای مختلف اعمال شده که بستگی به نوع مدول دارد، تعیین می شود. با توجه به اینکه انواع غشاء را با درجات مختلف تخلخل می توان تولید کرد و به لحاظ تاثیر تخلخل غشاء در حذف مواد، می توان غشاء را در حد مطلوب و مورد نیاز انتخاب کرد. جدول زیر استاندارد غشاءها را با توجه به راندمان آنها نشان می دهد:

جدول ۴-۲- استاندارد غشاءها را با توجه به راندمان آنها

درصد حذف	جنس غشاء
۹۴-۹۷	استات سلولز
۹۹/۷	غشاء مخلوط
۹۴-۹۸/۵	پلی آمیدها

به طور کلی در تصفیه آب به روش اسمز معکوس تصفیه مقدماتی در انواع غشاءهای موجود در بازار به لحاظ بالا بردن بازده و همچنین از نظر اقتصادی ضروری است. در تصفیه مقدماتی نوع غشاء سیستم مدول، مشخصات آب خام، کیفیت آب تصفیه شده و کیفیت غلظت در نظر گرفته می شود. در تصفیه مقدماتی به موارد زیر باید توجه شود:

- رقم pH طبق دستور سازنده و با توجه به مقاومت غشاء تنظیم شود
- آب خام به لحاظ آلودگی به مواد معلق مجاز کنترل شود
- اصلاح درجه حرارت
- محافظت در مقابل هیدراکسیدهای فلز و اکسیدهای فلزی راسب شونده

- محافظت در مقابل رسوباتی که در اثر رسیدن غلظت به حداکثر اشباع مانند یونهای کلسیم و منیزیم و اسید سیلیسیک، باریم و استرانسیم باید مورد توجه قرار گیرد.
 - محافظت در مقابل مواد آلی
 - محافظت از آلودگی میکروارگانیسمها
 - محافظت غشاء در مقابل مواد اکسید کننده
- با عملیات زیر می توان از خراب شدن سریع غشاء ها جلوگیری کرد:
- (۱) حذف مواد معلق با کمک فیلتر های دانه ریز و در صورت لزوم فیلترهای چند لایه ای و یا میکرو فیلتراسیون و حتی صافیهای بسیار ریز ، در صورت لزوم اجرای مقدماتی عمل انعقاد و لخته بندی و ته نشینی به منظور حذف مواد کلوئیدی که خود سبب گرفتگی غشاء در مدول می گردد.
 - (۲) حذف سختی آب به کمک سیستمهای نرم کننده مناسب
 - (۳) تثبیت سختی با افزودن موادی مانند فسفات و غیره
 - (۴) حذف کربناتها با افزودن اسید سولفوریک یا اسید کلریدریک
- برای مثال کیفیت آب ورودی به اسمز معکوس نسبت به نوع غشا باید طبق جدول زیر باشد:

جدول ۴-۳- کیفیت آب ورودی به اسمز معکوس بر مبنای نوع غشا

با غشاء پلی آمید		با غشاء استات سلولز		نوع غشاء مشخصات
مدول لوله ای	مدول هالوفایبر	مدول هالوفایبر	مدول لوله ای	
۴-۱۱	۴-۱۱	۳-۸/۵	۳-۸	pH
۴۰	۴۰	۴۰	۴۰	درجه حرارت °C
غیر قابل سنجش	غیر قابل سنجش	حداکثر ۱/۰	حداکثر ۱/۰	کلر آزاد mg/l

۴-۲- ابزار دقیق مورد نیاز جهت کنترل

فهرستی از ابزارهای الکترونیکی که به طور عمده در واحدهای نمک زدایی RO آب دریا وجود دارند، در زیر آمده است. فهرست ابزارهای خاص محدود می گردد و انواع فشارسنجها و جریان سنجها را که در واحدهای RO هستند، نمی پوشاند (۱۴).

- **دمای آب خوراک:** برای نشان دادن تغییرات در طی تولید برحسب تغییرات دما هستند.
 - **پتانسیل اکسایش و کاهش آب خوراک:** اگر آب خوراک، کلرزی شده باشد، خنثی کردن کلر لازم خواهد بود و دستگاه اکسایش کاهش مقدار نسبی کلر آزاد باقیمانده آب خوراک را نشان خواهد داد.
 - **pH آب خوراک:** اگر پیش عملیات تصفیه شامل تزریق اسید باشد، pH نیاز به ردیابی دارد.
 - **رسانایی و جریان نفوذ محصول:** این عمل برای برآورد عملکرد غشا، مورد سنجش واقع می شود.
 - **pH جریان محصول:** برای سامانه های RO با تزریق اسید؛ محصولات، نیاز به تنظیم pH دارند.
- برای برآورد هر فشارسنج و ابزاری از نظر مناسب بودن برای سامانه بایستی توجه لازم صورت گیرد هر تجهیزاتی را اضافه میکند به علاوه اینکه پیچیدگی برای واحد RO را نیز به همراه دارد. پیچیدگی های خیلی زیاد شانس ایجاد عیب را بالا می برد، به علاوه ابزارهایی که برای مقاصد خاص نباشند، میتوانند کارور را سرگرم کنند و بایستی از آن ها جلوگیری شود.

تعمیر و نگهداشت واحدهای RO نمی تواند امری فوق تاکید باشد. تعمیر و نگهداشت پیشگیرانه به احتمال زیاد با سامانه هایی که به صورت نصب در زمین کار میکنند، قابل اجرا خواهد بود. به طور متداول، این تعمیر و نگهداشت همراه با سامانه های کشتی و ساحل، قابل اشراف است.

بنابراین اختصاصی کردن در یک ناحیه، به ندرت انجام می گیرد. اغلب، تصمیم بر آن گرفته می شود که تنها وقتی به مشکلی برخورد شد و یا به سادگی به نوبت بعد برسد، اعمال توجه شود.

ارزیابی طراحی بایستی شامل یک سری توجه به نفر- ساعت لازم برای تعمیر و نگهداشت پیشگیرانه باشد و اینکه اگر تعمیر و نگهداشت پیشگیرانه ضرورت یابد؛ چگونه به سادگی بتواند انجام پذیر باشد؛ بنابراین برنامه های آموزشی شدیداً مورد توصیه است.

بخصوص، نواحی کلیدی وجود دارند که هرگاه ارزیابی یک سامانه برحسب تعمیر و نگهداشت، مدنظر باشد؛ به آن توجه شود. دسترسی، یک کلید جهانی است. هرچه اطراف واحد جای کمتری باشد یا انجام تعمیرات دشوارتر باشد؛ تعمیر و نگهداشت پیشگیرانه کمتری انجام خواهد شد اگر محدودیت فضا وجود دارد؛ ارزیابی و ملاحظات مدولاسیون به عمل آید.

آب دریا طول عمر بسیاری از اجزا را کاهش می دهد تعمیرات اساسی بایستی با تناوب زمانی بیشتری نسبت به دیگر کاربردها، پیش بینی گردد.

المان های غشایی بایستی نسبتاً به راحتی تعویض گردند، توجه خاصی باید برای طراحی درپوش انتهایی محفظه غشایی صورت گیرد، تعویض غشا، بنا به دلایلی متغیر خواهد بود مثلاً بسامد شستشو، دمای آب دریا، میزان مواد آلی آب دریا و موثر بودن صافش مقدماتی طول عمر متوسط قابل انتظار ۳ تا ۵ سال است.

۴-۳- بازیافت انرژی

چندین عامل ، بازیافت انرژی را برای کاربردهای آب دریا، جالب توجه می نماید . بازیابی آلی محصول سامانه RO کم است بنابراین مقدار زیادی از انرژی نمک برای بازیافت شدن، خارج می شود. همچنین سامانه در غشاهای (۸۰۰-۱۰۰۰ psig) کار می کند مصرف انرژی واحد بالاست و هر نوع کاهش در مقدار انرژی هزینه عملیاتی را کاهش می دهد.

بازیافت انرژی به راحتی با بازیافت انرژی موجود به صورت فشار در آب نمک RO انجام می شود سامانه های بازیافت انرژی قادرند که فشار آب نمک را به یک شکل انرژی مفید قبل از دفع آب نمک تبدیل کنند دو نوع اولیه از روش های بازیافت انرژی شامل جا به جایی مثبت (نوع پیستونی) یا گریز از مرکزی (انواع توربینی) وجود دارند روش های جابجایی مثبت ، بازدهی بیشتری را ارائه میدهند اما در مقایسه با روش های گریز از مرکز پیچیدگی بیشتری دارند راه های زیادی برای استفاده از انرژی بازیافتی وجود دارد. نمونه عملی از بازیافت انرژی در سایت اسمز معکوس مستقر در درگهان راه اندازی و مورد بهره برداری قرار گرفته است.

۴-۴- نصب و راه اندازی سامانه پیش تصفیه RO

۴-۴-۱- موازین عمومی

چهارچوب سامانه RO باید بر روی یک سکوی بتونی با ارتفاع حداقل ۴ اینچ مستقر شود طوری که مسیر درستی جهت هرگونه تخلیه با شیب مناسب را داشته باشد. برای هر انتها باید فاصله کافی وجود داشته باشد، بطوری که المان های غشایی بتوانند به راحتی نصب شوند همچنین باید فضای کافی مناسب برای کالیبراسیون ابزار دقیق پیش بینی شده باشد. در صورت امکان، پیشنهاد شده است که هرگونه تزریق ماده شیمیایی از چهارچوب و سکوی سامانه RO دور باشد.

اتصالات لوله کشی بین تجهیزات سامانه RO و مابقی سامانه تصفیه با یک شیر یک طرفه (بعبارت دیگر شیری که مانع از جریان سیال در جهت نادرست باشد) جدا گردد. زیرا ممکن است فشار برگشتی میزان فشار اعمال شده روی غشای RO را کاهش دهد که در نتیجه، شدت جریان محصول نیز کاهش پیدا خواهد کرد.

اگر در یک سامانه، پس فشار محصول بیشتری از آنچه که برای سامانه RO طراحی شده است، رو به افزایش باشد؛ یک راه برای جبران آثار آن؛ فراهم کردن فشار اضافی بیشتر در آب خوراک RO است در این حالت از قبل، فشار آب خوراک به اندازه کافی خواهد بود به طوری که نگرانی برای توقف RO به دلیل پایین بودن فشار، به وجود نخواهد آمد. ممکن است لازم باشد که یا اندازه پمپ تقویت کننده، انتقال پیش تصفیه را افزایش دهد و یا یک پمپ تقویت کننده را در صورتیکه قبلاً یکی دیگر، خارج نشده باشد؛ اضافه کنند.

شیرهای یک طرفه، نفوذ برگشتی مواد شیمیایی به داخل سامانه RO را متوقف نخواهد کرد اگر این مواد شیمیایی با غشای RO یا سایر اجزای سامانه ناسازگار باشند، آن ها می توانند موجب ایراد صدمه

و خسارت شوند این ، بدان معناست که مواد شیمیایی؛ هرگز نباید به خط محصول RO یا انشعابی از خط محصول RO تزریق شوند محصول بایستی به طرف مخزن ذخیره باز شود یا اینکه قبل از افزودن هر ماده شیمیایی به آب ؛ بایستی نوعی دریچه اتمسفری داشته باشد .

مسیر ماده غلیظ هرگز به طور مستقیم نباید به یک مسیر ضایعات که حاوی ضایعات مواد شیمیایی از سایر فرایندها خواهد بود، لوله کشی شده باشد. باید قبل از ورود جریانهای غلیظ به داخل مسیر ضایعات به فضایی با فشار اتمسفری باز شود . لازمه این مسئله آن است که مسیر ضایعات ، تحت نیروی ثقل حرکت کنند. همچنین، مسیر ماده غلیظ نباید روی سامانه RO یک خلأ با مکش ایجاد نماید . این حالت موقعی اتفاق می افتد که دریچه رو به فضایی با فشار اتمسفری روی یک صفحه افقی در هر محلی زیر قسمت بالایی محفظه های غشایی RO قرار گرفته باشد .

اگر مسیر ماده غلیظ رو به لوله ضایعات در سطح زمین وارد شود ، نوعی از فشار شکن و یا شیر جدا کننده خودکار مورد نیاز خواهد بود یک راه حل ساده این است که یک شیر یک طرفه را به طور معکوس و به صورت T در بالاترین نقطه مسیر لوله غلیظ قرار دهند.

اگر سامانه RO در هوای آزاد قرار گرفته است ، باید پوشانیده شود از تابش مستقیم آفتاب حتی با زاویه تابش آفتاب در فصل های مختلف به هر کدام از المان های سامانه های RO، باید جلوگیری نمود این حفاظت مقدار زوال و خراب شدن اجزای تشکیل دهنده سامانه را در اثر تابش اشعه UV کاهش خواهد داد ، همچنین از مقدار حرارتی که ممکن است سامانه، در هنگام توقف خود در اثر حرارت آفتاب به دست آورد؛ خواهد کاست .

۴-۲-۴- هماهنگی راه اندازی

زمان بندی به طور نمونه ، هنگامی که یک سامانه جدید RO در حال راه اندازی است، بسیار حساس و مهم خواهد بود اغلب اوقات ، نمایندگان شرکت سازنده که زمان محدودی را برای راه اندازی در اختیار دارند، در محل، حضور خواهند داشت هماهنگی مناسب در مراحل و کارهای مورد نیاز برای راه اندازی، این اطمینان را ایجاد خواهد کرد که تمامی افراد درگیر با بهترین بهره وری از زمان در اختیار خود، استفاده خواهند کرد .

راه اندازی RO باید مطابق با جدول زمان بندی باشد، به طوری که مابقی فرایند کار برای عملیات بهره برداری از RO آماده باشد متأسفانه، متداول است که برای یک RO جدید که می خواهد راه اندازی شود ، فقط این اجبار وجود دارد که سامانه ، برای یک دوره زمانی، در حالت رکود بماند زیرا قسمت های باقیمانده سامانه، برای آب آماده نیستند ممکن است نیاز باشد که سامانه RO را با یک ماده بیواستاتیک جهت انبارش بلافاصله بعد از مرحله آغازی پر نمایند .

یک جنبه مهم در برنامه هماهنگی راه اندازی؛ بررسی و حصول اطمینان از در دسترس بودن کلیه تجهیزات مورد نیاز در محل است سازنده سامانه، باید یک فهرست بررسی برای وجود کلیه لوازم و تجهیزات مورد نیاز برای عملیات راه اندازی فراهم نماید این امر باید شامل کارتریج پیش صافیها، شکستگی مواد بستر که بایستی به بستر صافیها بارگیری گردد، هر ماده شیمیایی که بایستی تزریق شود و اورینگ ها یا واشر روغن کاری؛ بنا به نیاز؛ باشد .

۴-۳-۴-آزمون نشتی

سامانه ، بعد از اتمام مراحل لوله کشی ، بایستی تحت فشار قرار گرفته و اتصالات را از نظر امکان وجود هر نوع نشتی، امتحان نمود این کار باید قبل از شروع جدول برنامه راه اندازی به خوبی و با دقت انجام گیرد طبیعی است در مسیر خط لوله کشی ، چند نقطه ای دارای نشتی باشد که پیش از راه اندازی باید اقدام به رفع آن ها نمود ، معمولاً این تعمیرات که توأم با چسب کاری و بستن مجدد است ، مقداری به زمان نیاز خواهد داشت .

۴-۴-۴-اتصالات برقی

کار وصل کردن اتصالات برقی دائمی به سامانه RO باید قبل از شروع عملیات راه اندازی کامل شده باشد این کار باید شامل تمامی تابلوها ، محافظ ها و قطع کننده ها باشد در صورت وصل کردن موقتی مدارهای برقی، علاوه بر اینکه بایستی مقدار زیادی زمان برای این منظور صرف شود ؛ امکان ایجاد خطر برق گرفتگی نیز وجود خواهد داشت .

۴-۴-۵-بهداشتی سازی سامانه

با مجزا کردن سامانه غشایی از لوله کشی توزیع و قسمت های پیش تصفیه، کلیه قسمت های لوله کشی جدید باید ضد عفونی شوند برای این منظور، میتوان از محلول کلر ۲۰۰ppm و یا یک محلول آب اکسیژنه ۱۰٪ و یا ۴۰۰ppm از محلول پر استیک اسید (همچنین حاوی ۲۰۰۰ppm آب اکسیژنه) استفاده نمود. اگر سامانه RO هنوز با المان های غشایی بارگذاری نشده است ، محفظه های RO و لوله ها و اتصالات مربوط را باید در این برنامه ضد عفونی گنجاند .

(توجه : استفاده از کلر برای ضد عفونی RO یا لوله کشیهای پیش تصفیه سامانه هایی با غشای PA، حتی اگر هنوز سامانه ، با غشای جدید بارگذاری نشد باشد؛ توصیه نمی گردد کلر میل دارد که جذب المان های پلاستیکی سامانه شود که باعث می گردد (قبل از ایمن شدن و آماده شدن سامانه برای نصب غشای PA نیاز به یک شستشوی استثنایی و طولانی داشته باشد).

مواد بستر صافیها نیز باید در این برنامه ضد عفونی گنجانده شوند به استثنای کربن فعال و بسترها تبادل کننده یونی که از قبل در قسمت های واسطه بارگذاری شده باشند ، باید دقت کافی را به کاربرد که در حین ضد عفونی و عملیات شستشو و آبکشی از تماس ماده ضد عفونی کننده با مواد بسترها و غشای RO جلوگیری شود .

۴-۴-۶- مواد بستر صافی ها

قبل از اینکه سامانه RO آغاز به کار نماید، تجهیزات پیش تصفیه بالا دستی بایستی برای تامین آب RO، آماده باشند مواد بستر صافیها بایستی با مواد بستر خودشان پر شده و شستشوی معکوس گردند و محفظه پیش صافی باید با صافیها پر شده باشد .

قبل از بارگیری مواد بستر صافیها، سنجه های جریان آن ها و کنترل جریان اوریفیس روی مواد بستر صافیها باید بررسی شوند . در صورت لزوم ، کارتریج نیز باید بازرسی شود این امر بایستی با بیشترین دقت توسط یک ظرف با حجم واسنجش شده و ساعت زمان سنج (کرونومتر) انجام پذیرد .

در صورتی که قسمتی از دستگاه با آب پر شده باشد، بارگیری مواد بستر صافیها، راحت تر صورت می گیرد. این عمل ، کمک خواهد کرد که مقدار غبار ایجاد شده را کاهش دهد حتی در صورت استفاده از آب نیز باید در حین بارگیری از تجهیزات ایمنی مانند ماسک تنفسی استفاده نمود . در صورت

لزوم وارد شدن به یک مخزن ، دستورالعملهای ایمنی محلی و شرکت را باید در نظر داشت و رعایت نمود. ممکن است نیاز به استفاده از دستگاه تنفسی کامل باشد.

بایستی دقت شود که مقدار مواد بستر، درست بوده و با توصیه ها و روش صحیحی که سازنده ارائه کرده است، مطابق باشد. غالباً ، پیش می آید که کیسه های حاوی مواد بستر به خوبی نام گذاری و مشخص نشده اند در صورت وجود شک و اشتباه ، بایستی قبل از بارگیری صافیها به طور کامل رفع ابهام شود.

بعد از بارگیری مواد بستر صافیها باید آن ها را به دفعات متعددی در مسیر چرخه شستشوی معکوس قرار داد؛ مگر اینکه از طرف شرکت سازنده ، مشخص گردیده باشد که حداقل پنج دوره گردش شستشوی معکوس پیشنهاد شده است برای بررسی دقت کار ، بایستی از اندازه گیری شاخص چگالی لجن (SDI) استفاده شود تا اینکه کیفیت آبی که از صافیها بیرون می آید، بهتر از آن باشد که وادار گردیده است (به فصل ۱ مراجعه شود) صافی ای که از آن SDI اندازه گیری می شود باید به طوری چشمی قابل دید و بازرسی باشد تا بعد از انجام آزمایش، بررسی انجام شود که آیا هنوز ذرات ریز لجن در مواد بستر صافیها باقی مانده است یا خیر. در صورتی که لجنی باشد ، آن صافیها باید بیشتر شسته شوند و یا یک چرخه کامل دیگر عملیات شستشوی معکوس انجام پذیرد .

۴-۴-۷- محفظه های صافی کارتریج

این محفظه ها باید پیش از نصب کارتریج جدید آبکشی و شستشو شوند هرگونه فشاری را باید قبل از باز کردن محفظه صافی تخلیه نمود.

بعد از اینکه صافیها برای چند ساعت در سرویس قرار گرفتند، سامانه را بایستی متوقف نمود، صافیها را باید باز نموده و آن ها را بازرسی کرد اگر هنوز مواد بستر صافیها بالادستی؛ حالت لجنی داشته باشند؛ بایستی آن ها را اگر به ظاهر، این گونه مشاهده شد که کارتریج ها در محفظه ها به خوبی آبدی نشده اند؛ به مقدار بیشتری شستشوی معکوس کرد به عبارت دیگر، اگر اثر جای لبه تیز محفظه آب بندی روی انتهای صافیها به چشم نمی خورد، بایستی اقدام مناسبی در جهت اصلاح این وضعیت انجام پذیرد

اندازه گیری SDI بادی قبل از شروع کار در سامانه RO در قسمت جریان پایین دست پیش صافیها انجام پذیرد از آنجا که این، آبی است که با پمپ فشار بالا تماس پیدا می نماید، بایستی مقدار خوانده شده، در محدوده مورد توصیه در دستورالعمل شرکت سازنده غشا باشد. اگر به طور چشمی روی صافی SDI ذرات درشتی مشاهده شد که از طریق پیش صافیها آمده باشد؛ قبل از راه اندازی سامانه RO باید این وضعیت رفع گردد.

۴-۴-۸- پمپ های تزریق مواد شیمیایی

مخازن روزانه بایستی با مقدار معینی از آب خالص برای رقیق سازی و ساخت محلول از مواد شیمیایی مخصوص پر شده باشند از آنجا که هنوز سامانه RO در حال عملیات نیست؛ ممکن است تهیه آب خالص، مشکل باشد.

در صورتی که در این مرحله، آب خالص در دسترس نباشد؛ بایستی با شرکت سازنده سامانه، مشورت گردد.

قبل از افزایش مواد شیمیایی غلیظ، پمپ های تزریق بایستی در ابتدا با آب رقیق سازی، شروع به کار نمایند به منظور کمک به راه اندازی اولیه پمپ ها، لوله ورودی بایستی به طور دستی با آب، پر

شود فشار برگشتی در خروجی لوله، باید حداقل باشد. این کار یا به وسیله کاهش فشار در خط لوله اصلی (به وسیله قطع کردن آب بالادستی) و یا توسط قطع کردن لوله کشی از خط لوله انجام می پذیرد. دریاچه تزریق، بایستی شامل یک شیر یک طرفه به منظور جلوگیری از پاشیدن آب، خارج از خط لوله اصلی باشد (بعضی از پمپ های تزریق دارای یک وسیله راه اندازی اولیه قابل دسترسی روی خروجی پمپ هستند که مسیر فرعی را با خط سیال خروجی ایجاد می نماید) هنگامی که خط های ورودی و خروجی پر شدند و پمپ به طور عادی در حال کار باشد، مواد شیمیایی را می توان به مخزن روزانه افزود.

جدا نمودن المان های غشایی حلزونی قدیمی - قبل از اینکه غشای حلزونی جدید روی یک سامانه RO نصب گردد؛ ممکن است نیاز باشد که غشای قدیمی را از سامانه خارج نمود اگر سامانه از نظر بیولوژیکی مشکلی نداشته باشد این کار را می توان به سادگی با فشار دادن غشای جدید در روی انتهای تغذیه محفظه و به این ترتیب پس از باز کردن دریاچه انتهایی محفظه و هل دادن غشای قدیمی به بیرون، از طرف دیگر محفظه؛ انجام داد.

اگر نگرانی از فعالیتهای بیولوژیکی در سامانه وجود داشته باشد، فکر خوبی است که پس از خارج کردن غشای قدیمی قبل از جاگذاری غشای نو، محفظه لوله کشی های مرتبط، ضد عفونی شوند. در این روش، سامانه را می توان بدون نگرانی از اینکه صدمه ای به غشای جدید وارد شود با یک میکروب کش قوی تر، ضد عفونی نمود. این کار بایستی مهاجرت باکتری ها را به غشای جدید کند نماید.

اگر المان های غشایی قدیمی به طور خیلی بدی دچار فولینگ نشده باشند، می توان آن ها را به وسیله یک قطعه الوار (دو در چهار) به بیرون هل داد گاهی اوقات، ساده تر است که با باز کردن دریاچه

انتهای پایین دستی محفظه و اعمال آرام فشار آب ، آن ها را بیرون آورد در بعضی نقاط، فشار؛ نیروی کافی خواهد داشت تا بتواند المان های قدیمی را به بیرون از سامانه براند سپس قسمت های مربوط به محفظه، مستقیماً از قسمت بالادستی می توانند با استفاده از همان روش، جدا شوند به دلایل ایمنی، توصیه شده است که این عملیات با پمپ فشار قوی که از نظر الکتریکی بدون اتصال الکتریکی است ، انجام گیرد.

در صورت مشاهده چشمی و ظاهری رسوب و یا مواد مولد فولینگ در محفظه ها و لوله کشی، باید آن ها تمیز شوند اگر بطور خاص ، رسوب و یا مواد مولد فولینگ عمده و سنگینی مشاهده شود، شاید لازم باشد از یک دمای بالا برای عملیات تمیزکاری سامانه خالی استفاده شود و بدون غشا، از حرارت ۱۴۰ OF برای تمیز کردن انشعابات و محفظه های خالی استفاده نمود بعد از انجام این روش کار، بایستی سامانه را به منظور پاک کردن از باقیمانده محلول تمیزکاری ، شستشو داد.

۴-۴-۹- واسنجش و صحه گذاری قرائتهای ابزار دقیق RO

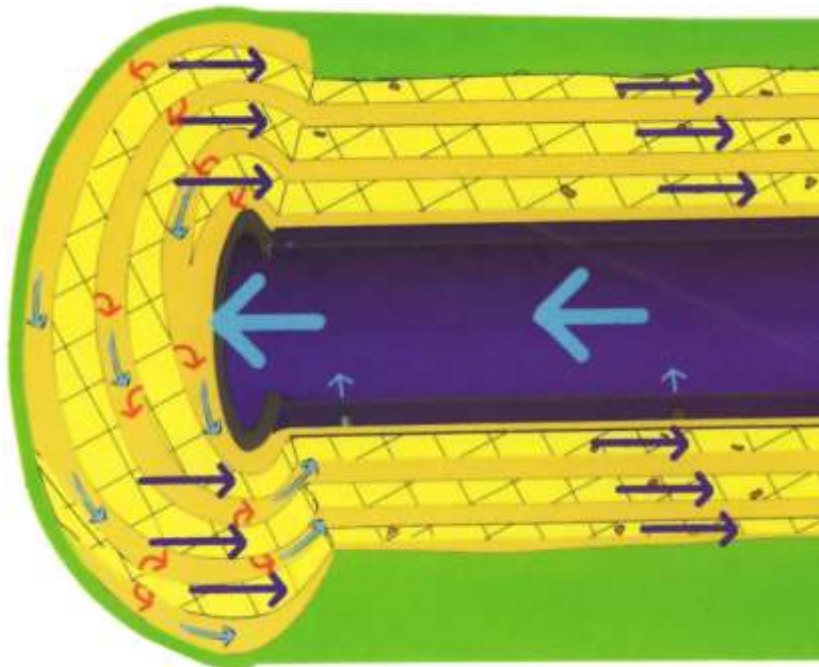
در صورت امکان، تمامی پایشهای ابزار دقیقی باید دارای گواهی صحت و بازبینی باشند اگر هنوز غشای حلزونی شکل با المان های جدید نصب نشده باشد، تغییر دادن شدت جریان و قرائت این مقادیر روی درجه بندی های مختلف و بررسی صحت مقادیر قرائت شده با استفاده از یک ظرف پیمانه واسنجیده شده و زمان سنج، باید کار ساده ای باشد (۱۴) .

قرائت مقادیر فشار، دما، رسانایی و pH روی سامانه های ابزار دقیقی بایستی با استفاده از یک ابزار واسنجیده شده صحه گذاری گردند در صورت امکان، این وسیله اندازه گیری باید دقت ده برابر را

ارائه نماید اگر هر کدام از درجات قرائت شده دارای دقت لازم نباشند، قسمت ابزار دقیقی مربوط ، بایستی برای اطمینان از درست کار کردن آن ، تنظیم و مورد بررسی بیشتر قرار گیرد .

۴-۴-۱۰- بارگیری المان های غشایی جدید

المان های غشای حلزونی جدید ممکن است هنوز دارای آب بند نمکی و اورینگ نصب شده نباشند (روی المان اتصال دهنده قطعات) اگرچه ممکن است محلی برای نصب آب بند نمکی روی دو طرف انتهایی وجود داشته باشد، اما فقط یک آب بند نمکی برای هر المان غشایی بایستی استفاده شود که معمولاً در شکاف انتهایی (مربوط به ورود خوراک) قرار می گیرد . این آب بندها باید به طریقی جای گذاری شوند که جریان آبی که از میان غشا عبور میکند، نیروهایی را به لبه آب بند نمکی برخلاف داخل محفظه غشا وارد نماید (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲ - مسیر جریان آبی از میان غشا

آب بند نمکی بایستی روغن کاری شود برای این منظور، گلیسرین مورد توصیه است و همچنین برای روغن کاری اورینگ های اتصالات داخلی به همان خوبی قابل استفاده خواهد بود گلیسرین بطور کامل در آب، قابل حل است؛ این، بدان معناست که به طور کامل از سامانه، شسته می شود و بیرون می رود متأسفانه، این مسئله ممکن است باعث شود هنگامی که نیاز به باز کردن المان های غشایی شود، به علت خشک شدن آب بندها، این کار با مشکل مواجه گردد همچنین بعد از شسته شدن گلیسرین، احتمال خطر شکستن اورینگ ها می رود.

اگر از گریس سیلیکون استفاده شود، بایستی به طور جزئی و به مقدار کم مورد مصرف قرار گیرد زیرا مقدار مازاد آن می تواند موجب فولینگ المان های غشایی سامانه شود از صابون ظرف شویی نبایستی استفاده نمود زیرا میتواند باعث متورم شدن آب بند ها و اورینگ ها گردد.

المان های غشایی را بایستی در محفظه ها به طریقی بارگیری نمود که در همان جهت جریان خوراک برای هر محفظه قرار گیرند بایستی دقت نمود که عدد سریال المان را یادداشت کرده تا در امتداد وضعیت دقیق مسیر خود قرار گیرد بارگیری، باید به آرامی صورت پذیرد توجه نمایید که رویه آب بند نمکی در جهت درست باشد و تمامی اورینگ ها و اتصالات داخلی در سمت نصب شده باشند اشتباهات معمول دربارگیری می تواند باعث اثرگذاری روی کارایی سامانه RO شود و تصحیح آن، زمان بر خواهد بود.

در پوش انتهایی جریان های پایین دستی باید قبل از درپوش جریان بالایی، روی محفظه نصب گردد برای درپوش انتهایی ورودی انتها، چند راهه فشار قوی، جهت تراز شدن با اتصالات درپوش انتهای قبل از تنظیم نمودن محکم درپوش انتهایی در محل خود، مورد نیاز خواهد بود.

المان ها بایستی به طور محکم به سمت درپوش های انتهایی ، فشرده شوند . قبل از اتصال درپوش انتهایی جریان بالادستی، المان های ابتدای بسته بایستی لایه گذاری شوند، به طوری که مانع از حرکت در داخل محفظه گردد لایه ها با تکه های باریک لوله پلاستیکی اطراف قسمتی بیرونی اتصال دهنده های داخلی درپوش انتهایی درگیر می شوند و هرگونه فاصله بین المان و درپوش انتهایی را کاملاً پر می نمایند نصب کردن درپوش انتهایی، در صورتی که لایه گذاری به خوبی انجام شده باشد ، مقداری با مقاومت مواجه می شود .

۴-۴-۱۱- بارگذاری سامانه RO

وقتی که سامانه با غشای جدید بارگذاری شود ، می توان آن را با آب فشار پایین بارگذاری نمود در این مرحله هنوز نباید پمپ فشار قوی به کار گرفته شود ابتدا بایستی سامانه را از نظر وجود نشتی با استفاده از اعمال فشار پایین توسط آب شهری یا به وسیله یک سامانه انتقال پمپ ، بررسی نمود سپس شیرهای سامانه را بایستی بررسی نمود که به طور اشتباهی بسته نباشند باید در مسیرهای غلیظ و محصول، جریان وجود داشته باشد فشار محصول باید ناچیز باشد .

اگر هیچ نشتی وجود نداشته باشد، پمپ فشار قوی بایستی با روشن و خاموش کردن سریع، حالت ضربه زدن داشته باشد. جهت مسیر چرخش صحیح پمپ ، معمولاً روی آن علامت گذاری شده است. اگر جهت گردش موتور اشتباه باشد ، لازم خواهد بود که دو تا از سه فاز برق پمپ، تغییر جا داده شوند اگر یک پمپ فشار قوی با جهت نادرستی کار نماید، فشاری را که ایجاد میکند به طور نمونه حدود نصف مقداری است که باید در شدت جریان های مطلوب باشد .

۴-۴-۱۲- راه اندازی سامانه RO

اکنون همه چیز بایستی برای راه اندازی سامانه RO مهیا باشد اگر اینک شیر تنظیم در خروجی پمپ فشار قوی استفاده می شود ، باید قبل از راه اندازی پمپ ، آن را نیم باز نمود شیر تنظیم قسمت غلیظ بایستی حداقل، یک چهارم محدوده خود اما کمتر از نصف، باز باشد به محض آغاز به کار پمپ فشار قوی ، شیر تنظیم قسمت غلیظ بایستی سریعاً برای میزان طراحی باشد تا اینکه سامانه پایدار گردد شیر تخلیه پمپ، اکنون باید برای فشار مطلوب مناسب غشا تنظیم شود این تنظیم ، احتمالاً روی جریان غلیظ، تاثیر خواهد گذاشت .

تنظیم دقیق بین دو شیر، ممکن است نیاز باشد راه اندازی سامانه RO که از شیر تنظیم روی پمپ استفاده نمی کند تنها تنظیم شیر در تنظیم قسمت غلیظ را نیاز خواهد داشت .

به محض اینکه شدت جریان ها در محدوده مطلوب مورد نظر پایدار شدند ، غلظت های تزریق مواد شیمیایی باید بررسی شوند با سامانه های تزریق اسید، مقدار pH بایستی در آب خوراک RO اندازه گیری شود تنظیم پمپ تزریق و یا تنظیمات کنترل اندازه گیرنده pH ممکن است مورد نیاز باشد .

با سامانه های غشایی PA ، غلظت کلر آزاد و یا کلر کل ، بایستی کنترل و بررسی شوند در صورتیکه هر یک از آن ها با مقدار قابل اندازه گیری و محسوسی حضور داشتند ، RO باید متوقف شود تا اینکه علت حضور میکروب کش کشف گردد ممکن است تنظیم پمپ تزریق، خیلی پایین و یا رقیق سازی در مخزن روزانه، اشتباه انجام شده باشد اگر از صافی کربن فعال برای زدودن عوامل اکسیده استفاده می شود ، ممکن است اطراف شیرهای صافی، ایجاد کنار گذر اتفاق بیفتد.

۴-۴-۱۳- جمع آوری داده

بعد از اینکه سامانه RO حداقل ، برای ۳۰ دقیقه با کارایی پایدار کار کرد (به عبارت دیگر، مقادیر قرائت شده برای شدت جریان، فشار، دما و غلظت های مواد شیمیایی همگی ثابت باشند)، یک سری کامل از قرائتهای کارایی، بایستی ثبت گردد. این امر، باید شامل پروفیل غلظتهای محصول و شدت جریان های تکی محفظه و همچنین فشار قرائت شده بین مرحله ای باشد آنالیز یون تکی برای خوراک RO ، ماده غلیظ و جریان های محصول بایستی انجام شود ؛ به طوری که دفع یون تکی بتواند برای هر دو یون یک ظرفیتی و یک یون دو ظرفیتی انجام شود .

اگر هر کدام از اعداد قرائت شده از روی سامانه های ابزار دقیقی مشکوک بودند ، بایستی آن قسمت دوباره کالیبره شود اگر یک شدن جریان محصول محفظه ای خاص یا غلیظ ناسازگار باشد، بایستی مورد بررسی قرار گیرند اگر کیفیت محصول برای محفظه ای خاص، پایین بود؛ ممکن است نیاز باشد محفظه را با دقت مورد بررسی قرار داد تا منبع عدم پذیرش ضعیف شناخته شود هنگامی که یک سامانه RO جدید راه اندازی می شود ، پیدا کردن آب بند نمکی و اورینگ های خراب و شکسته شده، امری عادی خواهد بود ممکن است نیاز باشد که از لایه های بیشتری برای جلوگیری از حرکت المان های غشایی در داخل محفظه استفاده شود. گاه گاهی، ممکن است یک المان پیدا شود که مطابق با حداقل مشخصات کارایی اعلام شده از طرف سازنده نباشد .

اگر هر گونه اصلاح و تغییر در سامانه ایجاد شود ، اطلاعات عملیاتی باید مجدداً ثبت گردد این اطلاعات نهایی باید در دو نسخه کپی و در یک محل امن، نگهداری گردد یک نسخه از کپی بایستی برای سازنده غشا و نسخه ای هم برای سازنده سامانه RO ارسال شود این داده ها، بعداً می توانند در صورت بروز اشکال، جهت مقایسه، استفاده شوند .

۴-۵- پایش ابزار دقیقی

اساس عملیات یک سامانه اسمز معکوس ساده است. یک پمپ فشار قوی فشار لازم برای راندن آب خالص و نفوذ آن را از میان یک غشای نیمه تراوا فراهم می سازد. اساس عملیات با ملاحظه پارامترهای خاص و تاثیرات وابسته به آن ها به آسانی قابل پایش خواهد بود (۱۴).

یک سامانه RO نمی تواند بدون آنکه بر پایش ابزار دقیقی سامانه اثر گذارد دچار فولینگ ، تشکیل رسوب و یا بعضی مشکلات ناشی از زوال و فرسودگی غشا شود. سامانه پایش صحیح کارور را از روند آلودگی و ترسیب ، آگاه نگه داشته و علائم حاکی از فرسایش غشا را آشکار می سازد. بعضی اوقات این امر موجب نگرانی است که تاثیرات فرسایش غشا توسط آلودگی غشا پوشیده شود. به هر حال این امر غیر محتمل است که دو مشکل همزمان با هم اتفاق افتد و یکی ، کاملاً تاثیرات دیگری را حذف نماید. در بدترین حالت ، حد و اندازه یک مشکل ممکن است نسبت به زمینی که در سایه تاثیرات مشکل همزمان دیگری قرار نگرفته باشد ، کم اهمیت تر ظاهر شود. برای مثال هنگامی که تشکیل رسوب کربنات کلسیم بر روی غشای سلولز استات اتفاق می افتد ، هم منجر به آبکافت غشا می شود که آن نیز به نوبه خود موجب افزایش در شدت جریان محصول می گردد و هم ، به دلیل فولینگ رسوب بر غشا موجب کاهش جریان محصول می گردد.

اگر این نگرانی وجود دارد که بعضی انواع زوال و تنزل کیفیت غشا ممکن است روی تمیز کاری سامانه ، حد و اندازه این تنزل کیفیت را عیان می سازد. متداول این است که آلودگی مشخصات دفعی غشا را بهبود می بخشد. بعد از تمیز کاری ممکن است خصلت دفعی غشا افت کند ، غالباً این عقیده نادرست وجود دارد که محلول شستشو بر روی غشا جذب می گردد و موجب ضایع شدن خصلت دفعی غشا می شود.

۴-۵-۱- پایش روزانه پارامتر های کلیدی

جهت رویت تغییرات ناشی از آلودگی یا زوال غشا بایستی دستگاه ابزار دقیقی مناسبی مورد استفاده قرار گیرد. یک نمونه از جدول جمع آوری اطلاعات سامانه RO در زیر نشان داده شده است.

جدول ۴-۴- برگه ی ثبت اطلاعات ابزار دقیق

هفته	دوشنبه	سه شنبه	چهارشنبه	پنج شنبه	جمعه	شنبه	یکشنبه
ورودی / خروجی صافی شنی (psi)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
افت فشار							
کلر خروجی							
ورودی / خروجی کربنی (psi)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
افت فشار							
کلر خروجی							
ورودی / خروجی مسبک سازی (psi)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
افت فشار							
مقدار گالن ها پس از احیا							
سختی خروجی							
ورودی / خروجی پایش صافی (psi)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
افت فشار							
شاخص چگالی لجن (SDI)							
دمای آب							
غلظت کلر							
ساعت سنج RO							
pH خوراک							
فشار غشا (psi)							
فشار ماده غلیظ (psi)							
افت فشار							
جریان غلیظ							
جریان بازپرورش							
TDS/cond. خوراک							
TDS/cond. محصول							
درصد نمک دفعی							
ملاحظات مختلف							
کارور :							

این جدول خاص همچنین بعضی از پارامترهای عملیاتی کلیدی برای تعدادی از دستگاههای پیش تصفیه RO معمولی را ارائه می دهد. این نوع جدول جمع آوری اطلاعات، برای ثبت اطلاعات اجرایی طبق روال منظم (برای اغلب سامانه ها- روزانه) مورد استفاده قرار می گیرد.

۴-۵-۲- پایش دستگاه پیش تصفیه

فشار ورودی/خروجی بستر صافی؛ فشار ورودی/خروجی جریان های آب از صافیهای شنی ، چند بستری یا کربن فعال سنجیده می شود.

افت فشار بستر صافی؛ اختلاف بین فشار ورودی / خروجی یک شناساگر خوب برای سنجیدن میزان آلودگی بستر صافی بوده و می تواند برای تعیین زمان شستشوی صافی به کار رود.

کلر خروجی؛ یک سنجش در محل از غلظت کلر آزاد یا کل کلر موجود در جریان آب عبوری از صافی کربن فعال یا آب خوراک RO است. برای سامانه غشای CA کلر کل یا آزاد وجود ندارد. اگر از یک صافی کربن فعال به طور مناسب استفاده شود و یا غلظت کافی از عامل احیا کننده درون آب خوراک RO تزریق شود، داده های خوانده شده می تواند در ارزیابی مورد استفاده قرار گیرد.

احیای سبک سازی؛ بر اساس تعداد گالنی که سامانه پس از آخرین احیا تولید نموده می توان زمان احیای سبک سازی را مشخص نمود که آیا هنوز رزین ظرفیت زدودن سختی را دارد یا خیر.

سختی خروجی سبک سازی؛ هنگامی که برای جلوگیری از رسوب کلسیم کربنات بر روی غشا RO به یک سبک سازی آب اطمینان می شود ضروری است که میزان سختی قابل ملاحظه باشد ممکن

است سبک سازی نیاز به احیا به طور متوالی با صافش با فواصل زمانی کوتاه تر و یا با مقدار بیشتر نمک داشته باشد.

فشار ورودی/خروجی پیش صافی؛ بیانگر فشار آب خوراک است که به سامانه پیش صافی RO وارد و خارج می شود. فشار خروجی همچنین تایید می کند که جهت جلوگیری از ایجاد حباب (خلا) عمل تغذیه با فشار کافی توسط یک پمپ فشار قوی صورت گرفته است.

افت فشار پیش صافی؛ اختلاف فشار بین ورودی و خروجی پیش صافی بیانگر کیفیت بد آن است و مشخص می سازد که پیش صافی به طور نادرست عمل می کند.

شاخص چگالی لجن؛ اندازه گیری میزان غلظت مواد جامد معلق در آب خوراک RO است. ممکن است جهت پایش کاراییها بعد از هر بستر صافی در سامانه پیش صافی RO اندازه گیری SDI مطلوب باشد. سنجشهای کدورت می تواند جایگزین SDI شود.

یک کمک مفید در تجزیه و تحلیل SDI به حساب نیابردن شواهد و مدارک بصری دال بر حضور انواع مواد جامد در آب و غلظتهای مربوط به آنهاست. در همین راستا تاریخ گذاری و بایگانی کردن SDI صافیها بعد از تجزیه و تحلیلها مفید خواهد بود.

دمای آب؛ با دقت زیاد در آب محصول یا ماده غلیظ RO اندازه گیری می شود. (حتی افزایش دما در اثر کارکرد پمپ فشار قوی نیز شامل این اندازه گیری است.)

pH آب؛ pH آب ورودی RO پس از تنظیم pH، یک عامل بحرانی در سامانه هایی است که تصحیح pH را به عنوان وسیله ای برای کنترل تشکیلکلسیم کربنات به کار می برند. باید توجه داشت که مقادیر pH برای جریان غلیظ و محصول RO معمولاً مانند آب ورودی به سامانه نیست.

۴-۵-۳- پایش سامانه اسمز معکوس

پایش هفتگی / ماهانه پارامترهای کلیدی جهت تامین اطلاعات بیشتر درباره کارایی یک سامانه RO، پیشنهاد میگردد که پارامترهای زیر در یک دوره تناوب کوتاه پایش شوند. انجام بیش از ۴ قرائت در تناوب روازانه، زمان بر و وقت گیر است ولیکن چنانچه در راه اندازی المان های غشای جدید، یک سری کامل از این قرائتها ثبت شوند، می توان برای مقایسه های بعدی یک خط پایه را بنا نهاد این قرائتها باید بر اساس قواعد منظم ثبت شوند در صورت بروز مشکل، چنانچه یک داده مورد شک واقع شود، باید همه قرائتها را مجدداً ثبت کرد تا اطلاعات با ارزش (و قابل اطمینان) که ممکن است در حل مشکل کمک کنند، فراهم آید.

سنجه ساعتی RO؛ چنانچه RO مدت زیادی در حال عملیات و یا در دم متوقف باشد، سنجش زمان RO فعال برای تصمیم گیری و حکم کردن سودمند خواهد بود. این پارامتر همچنین می تواند به عنوان نشانگر مقدار آبی که توسط تاسیسات مورد استفاده واقع شده است، بکار رود.

فشار غشای RO؛ فشار در ورودی محفظه غشا، فشار اولیه و یا فشار خوراک نامیده می شود اگر پمپ فشار قوی توسط یک شیر، کنترل گردد؛ این فشار باید بر روی جریان خروجی از شیر اندازه گیری شود (فشار سنج نباید مستقیماً بر روی شیر کنترل یا بلافاصله بعد از شیر کنترل نصب شود؛ زیرا جریان با سرعت بالا میتواند موجب ایجاد اثر تنفسی گردد طی این اثر، فشارسنج؛ جریان واقعی را کمتر از آنچه که هست نشان می دهد.

فشار ماده غلیظ RO؛ فشار خروجی در انتهای محفظه انتهایی آرایش غشا؛ فشار یا آب نمکی انتهایی نامیده می شود این فشار مربوط به قبل از شیر کنترل قسمت ماده غلیظ است.

افت فشار RO ؛ اختلاف فشار بین غشای RO و فشار ماده غلیظ، حاکی از مقاومت در برابر جریان یافتن

آب خوراک عبوری از اجزای غشاست این پارامتر منحصراً اختلاف فشار یا P نامیده می شود.

جریان محصول RO ؛ شدت جریان آب محصول RO در سامانه های خالص سازی آب، اغلب به عنوان

آب محصول به آن اشاره می شود .

جریان ماده غلیظ RO ؛ شدت جریان آب غلیظ RO که در کاربردهای خالص سازی آب به عنوان آب

نمکی شناخته می شود .

بازیابی محصول RO ؛ نسبت جریان محصول RO به شدت جریان خوراک است . این پارامتر موجب

ازدیاد غلظت نمک ها حین عبور آب خوراک از میان سامانه RO می شود و از این رو بیانگر

پتانسیل تشکیل رسوب، درون المان های غشاست .

جریان باز چرخش RO؛ جریان ماده غلیظ باز چرخش ؛ چنانچه مورد استفاده قرار گیرد ؛ خواهد بود .

جریان محصول عادی RO؛ جریان محصول، پس از اینکه نسبت به دما و تغییرات فشار، عادی گردید؛

خواهد بود محاسبات بعداً در این فصل شرح داده خواهد شد .

TDS خوراک RO؛ غلظت جسم حل شده در آب ورودی به سامانه RO است در سامانه های تصفیه

آب، میزان جسم حل شده که تحت عنوان کل مواد جامد حل شده و یا غلظت نمک مورد توجه

است ، توسط رسانایی سنجی اندازه گیری می گردد.

TDS محصول RO؛ درصد جسم حل شده ای است که از غشا نفوذ یافته است و معولاً به عنوان TDS یا

رسانایی، سنجیده می شود.

درصد دفع نمک RO ؛ درصد جسم حل شده ای است که از غشا دفع شده است. محاسبات مربوط به آن

بعداً در این فصل شرح داده خواهد شد .

غلظت جریان غلیظ ؛ TDS یا رسانایی جریان غلیظ RO می تواند همراه با غلظت آب خوراک ، برای محاسبه میانگین تراکم غشا، مورد استفاده قرار گیرد .همچنین می توان از آن برای محاسبه میانگین نمک دفعی غشا استفاده کرد .علاوه بر این، میتوان از آن در محاسبه یک موازنه جرم، برای بازرسی نمودن دقت جریان و غلظت خوانده شده، استفاده نمود. یک موازنه جرم به طور ساده بر اساس این واقعیت است که در یک سامانه دارای جریان پایدار و مداوم ، هر مقدار ماده که وارد سامانه می گردد ، به همان میزان باید از آن خارج شود .

$$(TDS \text{ ماده غلیظ} \times \text{جریان ماده غلیظ}) + (TDS \text{ محصول} \times \text{جریان محصول})$$

$$= TDS \text{ خوراک} \times \text{جریان خوراک}$$

که در آن جریان خوراک = جریان غلیظ + جریان محصول می باشد.

غلظت محصول محفظه تکی – همچنین برش عمودی نیز نامیده می شود .مقدار TDS رسانایی آب محصول از هر محفظه تکی، پارامتر بسیار سودمندی است ، بخصوص هنگامی که تلاش میگردد روند عملیات درون سامانه مجزا شود. برای تشخیص اینکه کدام محفظه ، مطابق کدام غلظت خوانده شده را باید مورد استفاده قرار داد.

شدت جریان محصول محفظه تکی، عبارت از شدت جریان محصول از هر برش عمودی است . مانند غلظت جریان محصول از این محفظه ، این مقدار نیز هنگام مجزا نمودن روند عملیات، مفید خواهد بود .

فشار بین مرحله ای ؛ فشارهای بین مراحل RO در تعیین اختلاف فشار هیدرولیکی سراسر هر مرحله، مانند روش مجزا نمودن یک افزایش در اختلاف فشار به کل آرایش سامانه، سودمند است .

۴-۵-۴- کالیبراسیون دستگاه های اندازه گیری و ابزار دقیق

برای اطمینان از اینکه داده های به دست آمده معتبر و صحیح هستند ، واسنجش منظم دستگاه های سامانه RO ضروری است اجرای یک برنامه واسنجش همیشگی و منظم برای دستگاه ها، به میزان زیادی موجب صرفه جویی در وقت شده و از مهمل و عقیم ماندن دستگاه ها جلوگیری می نماید .

pH مترها ؛ معروف ترین دستگاه ها از جهت داشتن نوسان در قرائتها هستند این امر، به دلیل عدم ثبات در میله مرجع انتقال دهنده سیگنال ، که درون محلول پتاسیم کلرید قرار گرفته ، خواهد بود . اغلب دستگاه های PH ، اختلاف ولتاژ را که متناسب با pH است بین آب و الکتروود مرجع می سنجند این دستگاه ها دو تنظیم واسنجش نیاز دارند ؛ ابتدا باید دکمه صفر دستگاه را بر اساس یک استاندارد خنثی (مانند $pH=7$) تنظیم نمود سپس پیچ اصلی ، برای واکنش نسبت به پارامتری که با pH متناسب است ، تنظیم میگردد (به عنوان مثال ، شیب نمودار ، زمانی که pH نسبت به ولتاژ رسم می گردد). برای تنظیم این پیچ ، باید از یک pH استاندارد استفاده کرد اگر تزریق اسید به کار میرود ، برای تنظیم ، باید از یک pH استاندارد پایین (مثلاً $pH=4$) استفاده نمود. توصیه می شود، pH آب توسط یک دستگاه آزمایشگاهی به طور هفتگی مورد بررسی قرار گیرد براساس یک برنامه زمان بندی ماهانه و طبق توصیه های کارخانه سازنده ، الکتروود pH باید بافری شود این امر بایستی شامل قرار دادن الکتروود درون محلول های بافر با pH مشخص و واسنجش دستگاه با این مقادیر باشد . باید بنا را بر این گذاشت که هر گاه مقادیر ارائه شده توسط دستگاه ، دچار انحراف شدند؛ دستگاه ، بازرسی شود احتمال دارد که الکتروود مرجع نیازمند تعویض باشد و یا از محلول پتاسیم کلرید ، مجدداً پر شود .

جریان سنجها؛ توسط تغییر مسیر جریان از دستگاه به درون یک محفظه بزرگ و سنجش سرعت پر شدن آن با یک زمان سنج، به بهترین نحو واسنجیده می شوند. در شدت جریان بالا این کار میتواند غیر عملی باشد برخی اوقات مقادیر خوانده شده جریان را میتوان با نصب موقت یک جریان سنج دیگر در خط، تایید نمود و یا توسط تعویض آن با جریان سنج مشابه، مقادیر خوانده شده را بازرسی کرد. غیر از جریان سنج های نوع چرخ پره دار، دیگر ابزار در دسترس برای واسنجش؛ دستگاه مبدل سبکسال است؛ اگرچه این نوع به درستی و دقت واسنجش با جریان سنج چرخ پره دار نیست و اغلب پس از بکار بردن آن، دستگاه از واسنجش خارج می شود.

رسانایی سنج ها؛ ردیاب الکتروود رسانایی سنج، طبق برنامه ماهانه، باید تمیز شود. اگر مقادیر ارائه شده توسط یک رسانایی سنج، دقیقاً منطبق بر رسانایی محلول استاندارد نباشد، در این صورت مادامی که این مقادیر، انحراف نیافته اند؛ مسئله، چندان بحرانی نخواهد بود در پایش عملیات pH، حیاتی ترین عامل، مقادیر خوانده شده مربوط به زمین خواهد بود.

فشارسنجها؛ می توانند توسط وسیله خاص که برای کار، طراحی شده اند، واسنجیده و بازرسی شوند روش اختیاری دیگر، خرید یک فشارسنج واسنجیده خاص است که برای تصدیق و تایید مقادیر خوانده شده هر فشار سنج موجود در سامانه، به کار می رود توپی های (شیرهای) فشار اتصال میتوانند به سرعت در هر محلی از مراحل یک آرایش مشخص از سامانه، نصب شوند. در این روش، برای بازرسی فشار در تمامی نقاط بحرانی، به آسانی از فشارسنجهای مشابه استفاده می گردد این روش، کارور را مطمئن می سازد که تمامی قرائتهای اختلاف فشار، تصحیح خواهند شد.

۴-۵-۵- عادی سازی داده ها

عادی سازی داده ها فرایندی است که از طریق آن ، داده های عملیاتی سامانه، به صورتی تبدیل میگردند که به طور دقیق بازگو کننده کارایی سامانه باشند موارد جبرانی اعمال شده برای متغیرهای عملیاتی آن چنان است که تغییرات در عملکرد سامانه ، مستقیماً قابل مشاهده خواهد بود متغیرهای عملیاتی که می توانند به این طریق پایش شوند ، شامل موارد زیرند :

- فولینگ / تشکیل رسوب غشا؛ حضور عوامل آلوده کننده و یا رسوب، به طور مستقیم بر روی سطح غشا
- انسداد هیدرولیکی؛ حضور مواد(احتمالاً فولینگ یا رسوب) که به کانال های جریان، فضای بین ورقهای غشای حلزونی یا رشته ها در غشای الیاف توخالی منتهی می شوند .
- زوال (فساد) غشا؛ افت در قابلیت و توانایی برطرف کردن نمک های محلول ، که موجب تغییر شیمیایی در ساختار غشا می گردد .
- نقص مکانیکی؛ عبور مستقیم نمک به درون جریان محصول به واسطه ضایعات مکانیکی در غشا، یا به سبب ترک برداشتن اورینگ یا چسب درزگیر به کار رفته در لبه های حلزونی پیرامون غشا خواهد شد.

وقوع این مسائل نمی تواند بر مقادیر قرائت شده توسط دستگاه های سامانه RO بدون تاثیر باشد، زیرا خیلی از پارامترهای کارایی RO به یکدیگر وابسته اند؛ اگرچه تشخیص کامل تغییرات در کارایی سامانه RO ، امری دشوار است. برای مثال ، اگر غشای RO آلوده شود؛ شدت جریان محصول کاهش خواهد یافت (مگر اینکه اپراتور با افزایش فشار خوراک غشا آن را جبران نماید) از آنجا که جریان کمتری از میان پمپ فشار قوی گریز از مرکز و شیر کنترل آن (اگر وجود دارد) عبور خواهد

کرد؛ پمپ، بالاتر از منحنی خود عمل می کند و از این رو باعث اعمال فشار بیشتر می گردد این فشار بالا منجر به شدت جریان محصول بالاتر خواهد شد ولی نه به اندازه جریان محصول قبلی که در مورد آلودگی ذکر شد.

اگر یک شیر کنترل در مسیر جریان پمپ فشار بالا باشد، افت فشار مربوط به آن همراه شدت جریان پایین تر، کمتر خواهد بود نتیجه آنکه، به همان میزان که از شدت جریان محصول کاسته می شود، فشار خوراک غشا افزایش می یابد. به نوبه خود، این امر، منجر به عدم بروز تمامی وسعت و عمق آلودگی غشا می گردد زیرا حاصل فشار عملیاتی بالاتر، شدت جریان محصول بالاتر است.

عادی سازی داده ها، استاندارد کردن پارامترهای گوناگون به هم وابسته ، به مقادیر ثابت است ؛ به طوری که میزان تغییر متغیرهای باقیمانده ، فقط منعکس کننده تغییر در پارامترهای اولیه خواهد بود شدت جریان محصول RO میتوان در جهت تغییرات فشار، غلظت نمک و دمای آب، اصلاح شود ؛ به طوری که فقط وضعیت غشا و تاثیرات هرگونه ماده چسبنده در سطح غشا را منعکس نماید (به عنوان مثال، رسوبات معدنی و مواد مولد فولینگ آلی) .

تمامی پارامترهای کارایی و کلیدی RO را میتوان توسط سه متغیر، که از روی داده های عملیاتی RO محاسبه می شوند ، ارائه کرد بنابراین ، تاثیرات ۴ مسئله ای که قبلاً فهرست شده اند فولینگ و یا رسوب غشا ، انسداد هیدرولیکی ، زوال غشا و نقص مکانیکی را می توان به طور مستقیم مورد پایش قرارداد. این ۳ متغیر به قرار زیرند :

- دفع نمک
- اختلاف فشار عادی
- شدت جریان محصول عادی

۴-۵-۱- دفع نمک

از آنجا که این امر منعکس کننده کیفیت محصول است، گسترده ترین روش شناخته شده پایش کارایی یک سامانه RO خواهد بود متأسفانه مسائل زیادی که سرانجام به مثابه افت در حذف نمک نمایان می شوند، باید توسط پایش پارمترهای دیگر، به سرعت مورد توجه و تصحیح قرار گیرند اغلب ممکن است مشکلی که قبلاً حل و برطرف شده، سامانه را دچار افت مهم دفع نمک نماید (۱۴).

با این همه، هنوز بازرسی دفع نمک یک روش خوب برای پایش مطلب است که وظیفه اصلی RO در زدودن نمک، انجام می گیرد یا خیر. حذف نمک طبق رابطه زیر برآورد می شود:

$$100 \times \text{TDS غشا} \div (\text{TDS محصول} - \text{TDS غشا}) = \text{دفع نمک} \%$$

که در آن؛ TDS غشا، غلظت مقدار نمک اندازه گیری شده در طرف تحت فشار غشای RO و TDS محصول، غلظت نمک اندازه گیری شده در جریان محصول خواهد بود.

TDS در سطح غشا، همان گونه که نمک های آب خوراک درون سامانه RO تغلیظ می شوند، تغییر می یابد عموماً از دو روش مختلف برای محاسبه نمک دفعی استفاده میگردد و از اینرو، روش منعکس کننده راههای مختلف توضیح و تفسیر مقدار ارائه شده برای TDS غشا خواهد بود.

یک روش، غلظت آب خوراک را برای TDS غشا بکار می برد در این شیوه، از تاثیرات بازیابی جریان محصول RO غفلت می شود نمک دفعی محاسبه شده با این روش، پایین تر از میزان واقعی نمک دفعی خواهد بود دامنه این اختلاف به میزان بازیابی سامانه RO بستگی دارد (بعنوان مثال؛ به چه میزان نمک های موجود در جریان غلیظ، تغلیظ می شوند)

در روش دیگر مورد استفاده معمول، یک میانگین عددی از TDS جریان غلیظ و جریان خوراک برای تخمین میانگین TDS درون سامانه RO بکار می رود مقادیر به دست آمده با استفاده از این

روش، به طور دقیق، انطباق بیشتری با مقادیر واقعی نمک دفعی خواهد داشت این روش همچنین باید تغییرات در میزان نمک دفعی به سبب تغییر در بازیابی جریان محصول RO، عادی می‌گردد. در روش قبلی، یک افزایش در بازیابی جریان محصول، حتی با وجود اینکه کارایی غشا واقعاً تغییر نیابد، احتمالاً منجر به کاهش در میزان نمک دفعی محاسبه شده، می‌گردد.

از این رو یک میانگین در TDS خوراک برای دقت بیشتر در روش محاسبه نمک دفعی، پیشنهاد می‌گردد:

$$۲ \div (TDS \text{ غلیظ} + TDS \text{ خوراک غشا}) = \text{میانگین TDS خوراک}$$

و محاسبه نمک دفعی چنین خواهد شد:

$$۱۰۰ \times \text{میانگین TDS خوراک} \div (TDS \text{ محصول} - \text{میانگین TDS خوراک}) = \text{نمک دفعی} \%$$

اگر TDS غلیظ اندازه گیری نشده باشد، می‌توان آن را با استفاده از بازیابی جریان محصول سامانه تخمین زد؛ که در آن بازیافت به صورت کسر جریان محصول از شدت جریان آب خوراک، بیان می‌گردد.

$$\{(\text{کسر بازیابی} - ۱) \div ۱\} \times TDS \text{ خوراک غشا} = TDS \text{ غلیظ}$$

این معادله را می‌توان جایگزین معادله قبلی کرد تا معادله زیر به دست آید:

$$۲ \div \{(\text{بازیابی} - ۱) \div ۱ + ۱\} \times TDS \text{ خوراک غشا} = \text{میانگین TDS خوراک}$$

روش محاسبه نمک دفعی که شرح آن رفت، هنوز تحت تاثیر فشار رانش خالص (NDP) و دمای آب خواهد بود سرعت آب محصول از میان غشای RO با NDP متناسب است از طرف دیگر مقدار نمک عبور کرده به میزان بیشتری به NDP بستگی دارد این، بدان معناست که با افزایش NDP آب بیشتری

از غشا حاصل گردیده و سبب رقیق شدن نمک های حل شده و عبور کرده از آن میگردد اگر NDP دو برابر شود ، نمک عبوری تقریباً به نصف ، تقلیل می یابد .

همچنین به ازای هر درجه سلسیوس افزایش در دمای آب- حتی با احتساب تاثیرات افزایش میزان نفوذ آب به موجب بالا رفتن دما - نمک عبوری حدود ۳٪ افزایش می یابد.

از این رو چنانچه یک سامانه RO نمک ها را تا ۹۸٪ دفع نماید ، بدین معناست که ۲٪ از نمک ها عبور کرده اند چنانچه دمای آب، یک درجه سلسیوس افزایش یابد، نمک عبور کرده تا حدود ۲/۰۶٪ از TDS آب خوراک افزایش خواهد یافت و نمک دفع شده ۹۷/۹۴٪ خواهد بود.

نمک دفعی باید برای تاثیر دمای آب و NDP عادی شود در واقع بعضی از برنامه های رایانه ای قابل دسترس توسط کارخانه های سازنده غشا ، برای عادی سازی و رسم داده های عملیاتی RO ، این متغیرها را به حساب می آورند .

۴-۵-۲- دفع یون های تکی

از آنجا که سرعت حذف برای هر نمک خاص در آب خوراک ، متغیر است ؛ یک تغییر در ترکیب آب خوراک RO منجر به ایجاد تغییر در درصد کلی TDS دفعی خواهد شد برای دقت بیشتر، غلظت یک یون خاص را می توان در معادله به جای TDS به کار بست در شرایط عملیاتی قابل مقایسه (به طور مثال شبیه سازی شدت جریان و فشارها)، یون خاص دفع شده، ثابت باقی می ماند؛ مگر اینکه بعضی مواردی که اتفاق می افتد ، بر روی کارایی غشا اثر بگذارد .

وقتی یک سامانه با غشای جدید آغاز به کار می کند ، ثبت یک یون دفعی خاص به جهت داشتن پایداری ، برای کارایی مشابه آتی در صورت بروز مشکل ، ایده خوبی است. پایه گذاری حذف

براساس یک یون تک ظرفیتی مانند سدیم یا کلرید ، مبنایی پایدار (به جز در تغییرات کارایی غشا) اما حساس، برای قیاس کارایی غشای آتی، عرضه خواهد کرد.

حذفی که با استفاده از یک یون دو ظرفیتی مانند کلسیم محاسبه شود ، برای تفاوت گذاشتن بین نشت در اثر ایجاد سوارخ مکانیکی در سامانه و بی کیفیتی (زوال) غشا ، مورد استفاده قرار می گیرد . نشت مکانیکی در غشا به سبب ایجاد ترک در خط چسب حلزونی ، الیاف تو خالی و یا اورینگ - منجر به افت قابل ملاحظه در تصفیه هر دو نوع یون ، تک ظرفیتی و دو ظرفیتی، خواهد شد از سوی دیگر، کاهش میزان تصفیه برای یون یک ظرفیتی در این مورد چندین برابر، بیشتر از وضعیتی است که غشا، دچار زوال میگردد.

در معادله تصفیه نمک ، مقادیر رسانایی را می توان جایگزین مقادیر TDS نمود .نتیجه این کار، تصفیه پایین تر نسبت به زمانی است که در محاسبات ، از TDS استفاده می گردد . این امر، به سبب تغییر نسبت بین TDS و رسانایی مربوط به مقادیر غلظت های جریان محصول و خوراک، خواهد بود .

اگر عمل جبرانی نمک های حل شده یک منبع آب ، نسبتاً مداوم باشد ، تعیین ارتباط ویژه بین TDS و رسانایی ؛ برای هر کدام از جریان های خوراک ، محصول و غلیظ ؛ میتواند مفید باشد یک نمونه آب از هر جریان کشیده شده و رسانایی در آن نقطه اندازه گیری می شود . نمونه ها در آزمایشگاه برای تعیین غلظتهای وزنی TDS (بر اساس وزن مواد جامد باقیمانده پس از تبخیر آب) مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند .

برای هر جریان ، با گرفتن وزن TDS و تقسیم آن بر رسانایی ، می توان یک فاکتور ، محاسبه کرد نسبت به آنچه که بعضی دستگاه های TDS سنج ؛ که در کارخانه برای تعیین نسبت TDS به رسانایی بکار می روند ، ارائه میدهند ؛ این فاکتور ، به همراه مقادیر رسانایی ، میزان دقیق تری از TDS را به دست

می دهد برخی مقادیر نسبت ، حدود $0.4 \text{ ppm}/\mu\text{s}$ برای جریان خوراک RO ، $0.6 \text{ ppm}/\mu\text{s}$ برای جریان محصول و $0.75 \text{ ppm}/\mu\text{s}$ برای جریان غلیظ خواهد بود .

۴-۵-۵-۳- اختلاف فشار هیدرولیکی

اختلاف فشار هیدرولیکی؛ که همچنین افت فشار سامانه ، ΔP ، و گاهی اختلاف فشار نامیده می شود. اختلاف بین فشار آب خوراک RO ؛ که وارد اولین المان های غشا میگردد (فشار خوراک، فشار اولیه یا فشار غشا نیز نامیده می شود) و فشار آب خروجی المان های انتهایی غشا (که فشار غلیظ یا آب نمکی نامیده می شود)، خواهد بود اختلاف فشار، سنجش اتلاف فشاری است که آب، حین عبور از میان کانال های جریان در سراسر بخشهای سامانه، دچار آن می شود این را نباید با اختلاف فشار بین فشار خوراک و فشار محصول، اشتباه گرفت .

اختلاف فشار، پارامتری جهت پایش میزان مقاومت در برابر جریان یافتن آب در خلال سامانه RO است در یک شدت جریان ثابت، افزایش متوسط اختلاف فشار بیانگر آن است که عواملی موجب انسداد جریان شده است این عوامل ممکن است آشغال هایی باشند که در خلال پیش صافی سامانه خرد شده اند یا تراشه های پمپ ناشی از پمپاژ با فشار بالا و یا ذرات رسوب و یا لایه موجودات زنده و جلبکی باشند. همچنین در هم فرو رفتن المان های حلزونی ، می تواند موجب افزایش در اختلاف فشار هیدرولیکی باشد .

۴-۵-۵-۴- اختلاف فشار سامانه

اختلاف فشار سامانه، تابعی از سرعت جریان محصول و غلیظ است از آنجا که این سرعتها برای اغلب سامانه های RO ممکن است روز به روز، به دلیل تغییر در دمای آب یا تغییر در سایر پارامترها، تغییر کند؛ مقایسه مستقیم اختلاف فشارهای سامانه کاری، بسیار مشکل خواهد بود.

برای بسیاری از آرایش های حلزونی اسمز معکوس، جهت عادی سازی اختلاف فشار سامانه نسبت به تغییر در شدت جریان، فرمول زیر به کار می رود:

$$\text{اختلاف فشار عادی} = \frac{(\text{جریان } dsgn \text{ محصول} + \text{جریان } dsgn \text{ غلیظ} \times 2) \times Psid}{(\text{جریان محصول} + \text{جریان غلیظ} \times 2)}$$

که در آن:

$Psid$ ؛ اختلاف بین فشار خوارک و فشار جریان غلیظ

جریان $dsgn$ غلیظ؛ شدت جریان غلیظ RO در آغاز راه اندازی یا به طور ساده یک نوع ارزشمندی عملیاتی سامانه

جریان $dsgn$ محصول؛ شدت جریان محصول RO در آغاز راه اندازی یا به طور ساده یک نوع ارزشمندی عملیاتی سامانه ویژه خواهد بود (احتمالاً مجموع شدت جریان محصول برای محفظه تکی طراحی شده در سراسر المان ها).

برای سامانه های با شدت جریان های متغیر، معادله برای مقایسه مستقیم اختلاف فشار سامانه، تحت شرایط مختلف، مفید است درصد تغییر در اختلاف فشار عادی، به هنگام راه اندازی سامانه را میتوان محاسبه نمود و بر اساس آن تصمیم گرفت که چه هنگام باید سامانه RO را که از انسداد در کانال های جریان المان های صدمه دیده است، تمیز کرد.

۶-۴- تمیزکاری

آلودگی ، یک پدیده طبیعی برای اغلب سامانه های RO است ، با دوره تناوب تمیزکاری صحیح ، قسمت اعظم عوامل آلوده کننده از سطح غشا، پاک می شوند ؛ بنابراین تا هنگامی که کارایی اصلی بعد از چرخه آلودگی تمیزکاری، مجدداً برقرار شود ؛ اینکه سرعت آلودگی چه باشد ، تفاوتی ایجاد نمی کند چنانچه در صورت لزوم ، سامانه تمیز شود ، حتی در سامانه های با کارکرد تحت سرعتهای آلودگی بالا نیز انتظار داشتن غشا با طول عمر طولانی ، دست یافتنی است (۱۴).

لایه آلودگی بر روی سطح غشا یا در کانال های جریان در المان های غشا ، می تواند قابلیت رقیق شدن مجدد نمک ها در حجم جریان را تحت تاثیر قرار دهند .

از طرف دیگر ، لایه های آلودگی می توانند شدت قطبش نمکها در سطح غشا را افزایش دهند اگر این امر اتفاق بیفتد ، یکی از نشانه های آن کاهش در دفع نمک خواهد بود (به عنوان مثال ، افزایش غلظت نمک موجود در جریان محصول RO).

هنگامی که لایه های آلودگی شدت جریان قطبش را افزایش میدهند ، احتمال اینکه تشکیل رسوب اتفاق خواهد افتاد، افزایش می یابد برای سامانه های RO که با بازیافت عمل می کنند، به موجب قابلیت انحلال زیاد نمک های سولفات و سیلیکات ، یک نشانه خطر بالقوه، افزایش در دفع نمک ، مقارن با افت در جریان محصول عادی و یا افزایش اختلاف فشار خواهد بود یک علامت این است که افزایش در غلظت این نمکها بر روی سطح غشا اتفاق می افتد اگر سولفات ها یا سیلیکات ها رسوب نمایند ، میتوانند برای عملیات تمیزکاری به شدت دردسرساز شوند .

به محض مشکوک شدن نسبت به تشکیل رسوب سولفات یا سیلیکات، بایستی هرچه زودتر عملیات تمیزکاری با محلول مناسب صورت گیرد (شکل ۴-۳).



شکل ۴-۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی از غشای دارای رسوب سولفات

بسیاری از عوامل آلوده کننده، بخصوص خاک های از نوع رسی می توانند به مرور زمان فشرده شده و عمق آن ها مانند لایه های آلودگی ، افزایش یابد .

همچنان که عوامل آلوده کننده فشرده میگردند ، بازگرداندن آن ها به درون محلول تمیز کننده ، طی عملیات تمیزکاری ، مشکل تر خواهد شد.

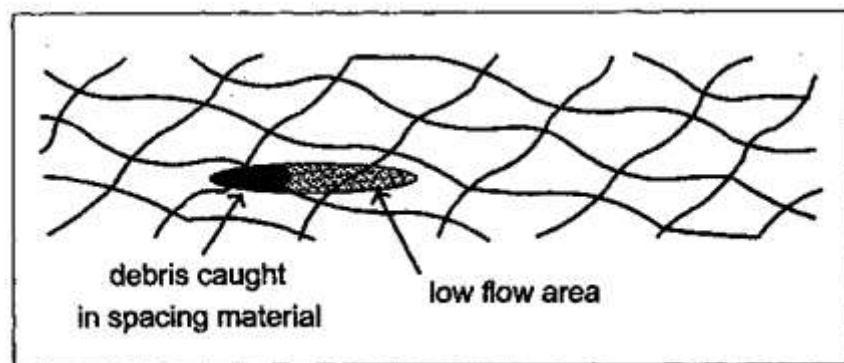
به دلیل قابلیت فشردگی عوامل آلوده کننده یا کارکرد سامانه RO یا سیلیکات ها یا سولفات های اشباع، تمیزکاری پیش از رویداد تغییر مهم در عملکرد غشا امری حیاتی است در این شرایط، باید با کارخانه سازنده غشا جهت ارائه توصیه های ویژه ، مشورت کرد .

رسوب کلسیم کربنات در pH های پایین به آسانی حل می شود این امر می تواند یک pH موضعی حدود ۱۰/۵ بر روی سطح غشا ایجاد کند این pH بالا می تواند موجب افزایش نسبتاً سریع در سرعت آبکافت غشای CA شود. اگر حضور رسوب کلسیم کربنات مورد شک و گمان است ، باید تا

حد امکان زودتر غشا تمیز شود خوشبختانه تمیز کردن کلسیم کربنات از سطح غشا توسط یک محلول تمیز کننده اسیدی، نسبتاً به آسانی، امکان پذیر است.

حضور آشغال یا رسوب در کانال های جریان المان غشا، می تواند مشخصات جریان در اطراف آشغال/ رسوب را تحت تاثیر قرار دهد که پیامد آن باقی ماندن آلودگی/ رسوب بیشتر خواهد بود. این امر موجب خواهد شد که اختلاف فشار خوراک به جریان غلیظ افزایش یابد (شکل ۴-۴). اگر اجازه داده شود که افزایش اختلاف فشار، بدون تمیز کاری، تداوم یابد؛ نتیجه نهایی، انسداد کانال های جریان بین ورقه های غشا و عناصر حلزونی و یا اطراف رشته های در الیاف توخالی، خواهد بود. چنانچه کانال ها مسدود شوند، قابلیت ورود عوامل تمیز کننده به درون سطوح آلودگی کاهش می یابد. اکثر عوامل تمیز کننده در اطراف مناطق آلوده، تغییر مسیر میدهند و از این رو تمیز نگه داشتن مداوم غشا، با استفاده از روش های متعارف و استاندارد، امکان پذیر نخواهد بود.

کارخانه های سازنده، برای بالا بردن آستانه تحمل پذیری تغییرات عملیاتی، پیش از اینکه سامانه، به تمیز کردن نیاز پیدا کند؛ دستورالعملهایی فراهم می سازند. چنانچه این دستورالعملها در دسترس نباشند، موارد زیر را میتوان جهت تعیین حداکثر تغییر مجاز در عملیات، پیش از تمیز کردن آلودگی های استاندارد، به کار برد.



شکل ۴-۴- وجود آشغال، بستری برای فولینگ اضافی

از علامات اصلی نیاز یک سیستم RO به آغاز فرایندهای پاکسازی، شامل سه مورد زیر می گردد:

(۱) کاهش ۱۰٪ تا ۱۵٪ در شدت جریان محصول عادی

(۲) افزایش ۱۰٪ تا ۱۵٪ در اختلاف فشار عادی

(۳) کاهش تا میزان ۲٪ در دفع نمک.

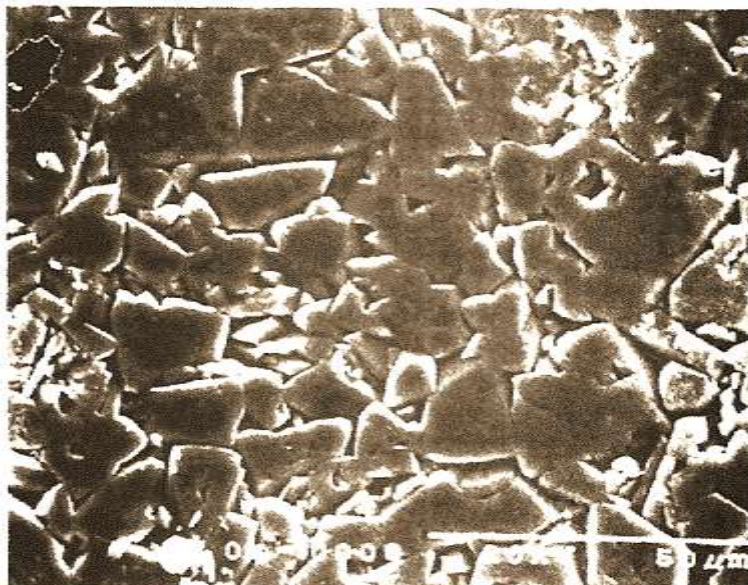
تحت تاثیر قرار دادن جریان محصول عادی یا اختلاف فشار توسط عوامل آلوده کننده ، نسبت به دفع نمک، از اهمیت و عمق بیشتری برخوردار خواهد بود .

برای اغلب سامانه ها ، رهنمودهای ارائه شده در مورد کاهش نمک دفعی بیشتر جهت صحت محاسبات در حصول اطمینان از اینکه کلسیم کربنات بر روی غشای CA اتفاق نمی افتد و یا جدای از قابلیت تمیزکاری آن، تشکیل رسوب تداوم نداشته باشد ، پیشنهاد میگردد .

درصدهای داده شده در بالا، با مقادیر راه اندازی پس از آغاز ورود به دوره تناوب غشا، متناسب است برای سامانه های با غشای CA، مقداری کاهش در جریان به سبب فشردگی وجود خواهد داشت . قسمت اعظم این امر، در خلال ۲۰۰ ساعت کارکرد اولیه اتفاق می افتد نقصان در جریان برای هر دو غشای PA, CA ، به دلیل انسداد سطوح دارای سرعت پایین در المان های غشا توسط آلودگی ها ، ممکن است روی دهد در خلال چند روز ابتدایی عملیات، ممکن است جریان محصول عادی به طور مدام تا ۱۵٪ کاهش یابد پس از این دوره اختلال، خطوط پایه کارایی غشا به سوی پایداری بیشتر متمایل می گردد (۱۵)

هرگاه سامانه RO با غشای CA در فشارهای بالاتر مقادیر طراحی شده کار کند ، فشردگی مازاد غشا با سرعت بیشتری اتفاق می افتد چنانچه غشا برای مدت طولانی در فشارهای بالاتر از ۵۵۰ psi مورد استفاده قرار گیرد، به طور پیوسته آسیب خواهد دید . در مقایسه ، غشای PA از استحکام و استقامت

ساختاری بیشتری برخوردار بوده و می تواند در فشارهای بالاتر از فشار عادی ، کار کند به هر حال ، مهم این است که میزان جریان محصول (برای مثال ، جریان محصول در واحد سطح) در اندازه مقادیر توصیه شده کارخانه سازنده و یا کمتر از آن ، نگه داشته شود از سوی دیگر افزایش سریع در سرعت آلوده شدن غشا می تواند رخ دهد (شکل ۴-۵) .

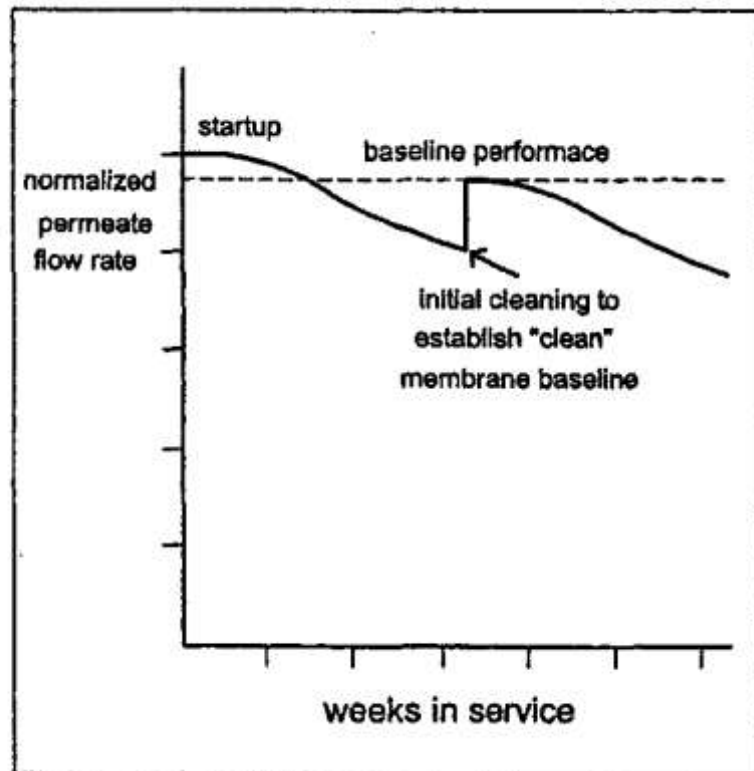


شکل ۴-۵- تصویر میکروسکوپ الکترونی از غشای دارای رسوب مستحکم ناشی از فشار بالا

در غشاهای CA یا PA با فیلم نازک ، تثبیت پایداری در خط پایه در آغاز کار ، مشاهده نشده است در بعضی از کاربردها ، هنگامی که سامانه آغاز به کار میکند، آلودگی ممکن است خیلی زود آغاز شود دانستن اینکه سامانه چه هنگام به یک کاهش ۱۰ تا ۱۵ درصدی در کارایی خود نسبت به مقادیر خطوط پایدار (خط پایه) میرسد، به تنهایی ممکن نیست.

در یک سامانه، به جهت جلوگیری از فولینگ اضافی، بخصوص اگر طبیعت آلوده کننده، ناشناخته باشد؛ توصیه می گردد بعد از ۱۰٪ تغییر در کارایی سامانه ، نسبت به داده های ابتدایی در آغاز به

کار، اولین تمیزکاری انجام میگیرد اگر مقادیر ارائه شده در رهنمودهای کارخانه سازنده غشا، محدودتر از این باشد، بایستی از دستورالعمل کارخانه سازنده، نسبت به داده های ابتدایی، پیروی کرد. هنگامی که سامانه پس از تمیزکاری و شستشو پایدار شد، از این مقادیر میتوان به عنوان خط پایه جهت مقایسه تغییرات آتی در عملکرد سامانه و تشخیص زمان تمیزکاری مجدد استفاده کرد (شکل ۴-۶).



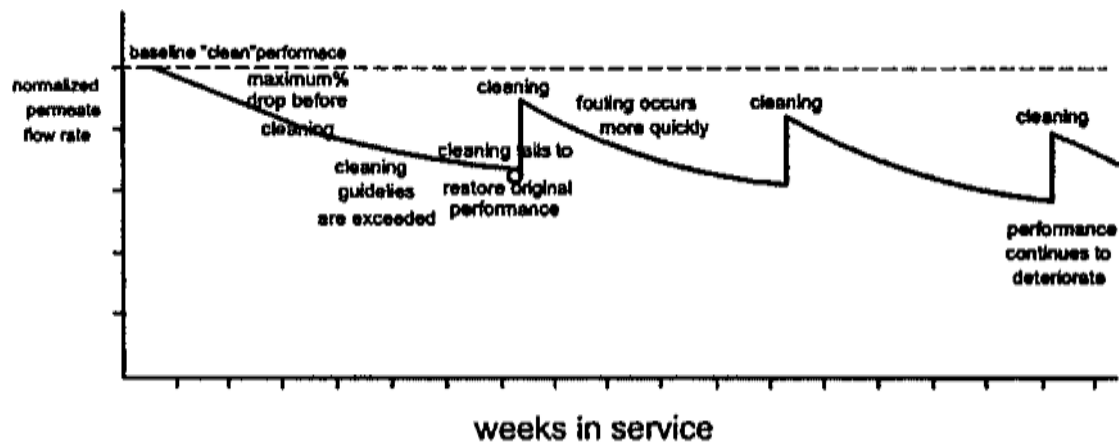
شکل ۴-۶- خط پایه ی تمیز کاری سامانه RO (نباید تغییرات پارامترهای موثر به ۱۵٪ برسد).

شکل (بالا) پس از برقراری کارایی خط پایه تمیز، سامانه های RO بایستی قبل از ۱۰٪ تغییر در یک متغیر عادی شده، تمیز گردند.

یک مسئله عمومی، جهت برآورده کردن طول عمر مورد انتظار غشا، تعیین دوره تناوب شستشوست. استفاده از محلول های تمیزکننده پویا و فعال، با pH شدید و زمان طولانی کاربرد، می تواند

بر کارایی غشا تاثیر بگذارد عمق و اندازه این تاثیر به دوره تناوب تمیز کاری و فعالیت محلول تمیز کننده بستگی خواهد داشت .

نتیجه تمیز کاری ناکافی و ناکارآمد، که پیامد آن تمیز کاری مکرر و مدام است ، وارد آوردن آسیب جدی به طول عمر مورد انتظار غشا خواهد بود (شکل ۴-۷) تاثیرات فزاینده اغلب محلول های تمیز کننده که مورد تایید کارخانه سازنده غشا هستند بر طول پاره ای از وسایل تمیز کاری غشا، طی دوره تناوب تنظیم شده خاص؛ مثلاً هر ۶ ماه را می توان بدون توجه به تاثیرات آن ها بر کارایی سامانه ، بکار برد . عمر طبیعی غشا ، ناچیز بوده و از آن ها به طور مکرر می توان استفاده نمود .



شکل ۵-۶- تجاوز از خط پایه راهنمای تمیز کاری می تواند به از کار افتادگی سامانه منجر گردد.

این امر ضرورتاً یک کار مدام و روزمره نامناسب بر کارایی سامانه نخواهد بود ؛ البته تا جاییکه دوره تناوب تمیز کاری ، جهت خط پایه اصلی عملیات ، کافی باشد . این امر اساساً بهتر از آن است که شیوه جایگزین برای دنبال کردن کارایی سامانه عادی به کاربرد که در آن تمیز کاری یک یک غیرمدام و از این رو متمایل به اجرای دیر هنگام آن باشد.

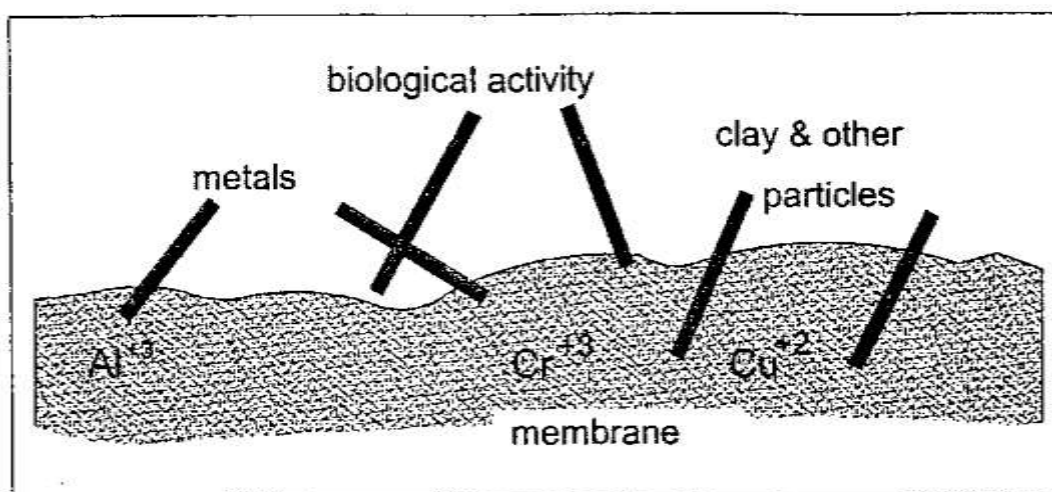
به هر حال ، میتوان گفت چنانچه جریان محصول عادی کاهش یا افت فشار عادی ، افزایش نداشته باشد، پس سامانه غشای RO آلودگی ندارد ؛ از این رو نیاز به تمیز کردن سامانه نیست تمیز کاری هر ۶ ماه ، با محصول مورد تایید کارخانه سازنده ، احتمالاً زیان بخش نیست اما هدر دادن پول است تنها امکان غیر از موارد گفته شده ، آن است که زوال غشا نیز به طور همزمان اتفاق افتاده و تاثیرات مربوط به آلودگی را بپوشاند .

۴-۶-۱- تمیز کننده های متفاوت برای آلودگی های مختلف

میزان اثربخشی یک تمیز کاری ، بستگی زیاد خواهد داشت به اینکه محلول تمیز کننده خاص یا سری محلولهایی که برای مقابله با آلودگی یا رسوب مورد استفاده قرار می گیرند که موجب تغییر در عملکرد RO می گردند؛ مساعدترین (بهینه) باشند. اگر آنالیز آلودگی یا رسوب ، ممکن باشد و یا به دلیل طبیعت آب خوراک ، تشکیل نوع مشخصی از رسوب یا آلودگی حدس زده شود ، آنگاه می توان یک نظام تمیز کاری متناسب با مشکل را بنا نهاد.

برای مثال ، یک سامانه RO که بر روی یک منبع آب سطحی عمل میکند ، به احتمال زیاد طی ماههای تابستان از مواد جامد معلق آلی یا موجودات زنده فعال ، آسیب می بیند . روشی که برای هر یک از این آلودگی ها مشابه باشد ، نیازمند یک محلول قلیایی (pH بالا) با یک غلظت بالا از مواد فعال سطحی خواهد بود. برخی اوقات ، تغییر ویژه ای در عملکرد سامانه ، سرنخهایی در مورد ماهیت «آلودگی رسوب» به دست می دهد. این امر به خصوص اگر بتوان تغییر را در یک محل خاص در سامانه RO مجزا کرد ، مصداق دارد. برای مثال ، تشکیل رسوب گاهی اتفاق می افتد که نمکهای حل شده مازاد بر قابلیت انحلالشان باشند . این امر ابتدا در المان های انتهایی غشا ، جایی که جریان غلیظ ، سامانه

را ترک می‌کند ، اتفاق می‌افتد. افزایش در افت فشار خوراک به جریان غلیظ در محفظه های انتهایی غشا، احتمالاً بیانگر تشکیل رسوب خواهد بود. چنانچه پایش شدت جریان محصول از محفظه های تکی غشاء یا از مراحل سامانه ، امکان پذیر باشد، در این صورت افت جریان در محفظه های مرحله آخر نیز معرف تشکیل رسوب احتمالی خواهد بود. در واقع این اطلاعات اضافی ، حدس موفقیت آمیز ماهیت رسوبی را ممکن می‌سازد. برای مثال رسوب کربنات ، بیشترین تاثیر را بر سرعت جریان محصول عادی و تصفیه نمک دارد ، حال آنکه اثر رسوب سولفات بر افت فشار از ماهیت بیشتری برخوردار است. شارژ فلزات به طور یقین ، سبب می‌شود که خیلی از آلودگی ها همدیگر را نگه داشته و حفظ کنند. فلزات، مواد جامد را منعقد نموده ، به طوری که نتیجه آن ظاهر شدن ذرات - که موجب آلودگی هستند - از حالت تعلیق خواهد بود (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸- شکل شماتیک ماتریس آلوده

اغلب ، تمیزکاری آلودگی های انباشته شده ، بهتر انجام می‌گیرد، و برای این کار ، ابتدا از یک محلول اسیدی مطلوب ، جهت برطرف کردن بخشهای فلزی از بافت و کالبد آلودگی ، استفاده می‌شود .

پس از شستشو ، یک تمیزکاری قلیایی ، جهت برطرف کردن بخشهای آلی یا خاکی (رسی) تشکیل دهنده قالب (کالبد) ، اجرا می شود (شکل ۴-۹).



شکل ۴-۹- در سمت راست فولینگ گل و لای در فیلتر کارتریج مشاهده می شود.

هرگاه تمیز کردن یک جزء از درون بافت (کالبد) فولینگ ، امکان پذیر باشد ؛ متعاقب آن، بافت و کالبد سست و نرم می شود و پس از زدودن سایر اجزا ، آسانتر می شود. محلولهای تمیز کننده اغلب حاوی مواد شیمیایی چند گانه هستند که برای زدودن اجزای مختلف تشکیل دهنده مواد مولد فولینگ ، طراحی شده اند . بعضی اوقات ، برای پاک کردن کامل یک آلودگی پایدار ، استفاده از محلولهای تمیز کننده گوناگون ، طی چند مرحله تمیزکاری ، ضروری است.

غالباً تشکیل رسوب یا آلودگی بر سطح غشا، به صورت لایه های چند گانه خواهد بود . اگر در ابتدا با استفاده از محلول مناسب فوقانی زدوده شود ، پاک کردن بقیه لایه ها بهتر انجام می گیرد . وقتی لایه رویی برداشته شود ، پاک کردن لایه بعدی، با استفاده از محلول مناسب ، آسان تر خواهد شد. برای

لایه های رسوب - آلودگی سخت تر ، ممکن است استفاده از یک محلول تمیز کننده با pH پایین (اسیدی) و متعاقب آن محلول با pH بالا (قلیایی) و سپس در ادامه، استفاده از محلول با pH پایین دیگر (با آبکشی در بین مراحل) ، ضرورت داشته باشد. یا ممکن است آغاز مراحل بالا با یک محلول قلیایی ، پیش از به کار بردن محلول اسیدی ، مورد نیاز باشد ، همه اینها به ماهیت لایه های رسوبی - آلودگی بستگی دارد.

در سامانه های RO کوچک تر ، تعیین نظام تمیز کاری بهینه، در بعضی اوقات، توسط روش «آزمون و خطا» صورت می گیرد. اگر آنالیز آب ورودی ، میزان بالای آهن یا منگنز را نشان دهد ، از یک محلول تمیز کننده با فرمول بندی خاص ، برای پاک کردن فلزات استفاده می شود . اگر میزان مواد جامد معلق در آب ، بالا باشد ، یا تعداد بالای باکتری ها نشانه وجود آلودگی به سبب فعالیت میکروب ها باشد ، ممکن است یک محلول قلیایی به کار برده شود . اگر یک محلول تمیز کننده بی اثر باشد ، ممکن است شیوه های دیگر به کار گرفته شود . اگر یک محلول به تنهایی اثر ناقصی داشته باشد ، ممکن است یک فرایند تمیز کاری دو مرحله ای در دستور کار قرار گیرد. چنانچه یک محلول تمیز کننده ویژه در اجرای نخستین، موثر واقع شد ، می تواند به عنوان نشانه ای از ماهیت آلودگی تلقی شود. برای مثال، اگر یک ماده شیمیایی برطرف کننده آهن، در فرایند تمیز کاری موفق عمل کرد، پس آلودگی به احتمال زیاد متضمن آهن یا منگنز بوده است.

در سامانه های RO بزرگ تر برای یافتن نظام تمیز کاری موفق ، فرایند «آزمون و خطا» عملی نیست. برای تحقیق و بازرسی از ماهیت لایه های آلوده کننده ، موثرترین روش آنالیز ، عنصر آلوده کننده خواهد بود. پس از آن ، با شانس موفقیت بالاتر ، می توان فرایند تمیز کاری را طرح ریزی کرد. تهیه کننده مواد شیمیایی پاک کننده ، ممکن است قادر باشد که این سرویس را فراهم سازد.

کالبد شکافی المانی از سامانه RO که در حوزه آلوده شونده ها نیست ، هدر دادن وقت و پول خواهد بود . بنابراین ، المان ها باید توسط آزمایش یک المان تکی ، بازرسی شوند . (شکل ۴-۱۰). اگر تصفیه نمک ، سرعت جریان محصول عادی و اختلاف فشار خوراک به جریان غلیظ ، در یک بازرسی ، تغییراتی را نشان دهد که درصد آن ها معادل یا بالاتر از تغییرات در سامانه RO باشد ؛ آنگاه کالبد شکافی آن به احتمال زیاد با معنی و ارزشمند خواهد بود.



شکل ۴-۱۰- بررسی و آزمایش المان های تکی

دستورالعملهای خاص برای چگونگی بسته بندی و حمل المان را باید از کارخانه هایی که کالبد شکافی را انجام می دهند، دریافت نمود. آنها شاید بخواهند یک میکروب کش به المان اضافه کنند. میکروب کش بعضی از میکروب های فعال را که مشکل ساز هستند، برطرف می کند ولیکن ، عدم استفاده از میکروب کش در خلال دوره ای از زمان که المان در انتقال است و چیزی برای انجام دادن به جهت مشکل اصلی ندارد ، ممکن است منجر به این شود که فعالیت مازاد اتفاق بیفتد. رشد سرسام آور

قارچ‌ها- بیش از حد متعارف برای آلودگی غشا- را نشان می دهد. این رشد ، احتمالاً بعد از اینکه المان از سامانه RO بیرون کشیده می شود، اتفاق می افتد.

در خلال کالبد شکافی ، قطعات المان از هم جدا می شود تا درون آن در معرض دید قرار گیرد برای بازرسی از نظر مشکلات ساختار و ملاحظه ماهیت آلودگی به رسوب ، ساختار المان به طور چشمی مورد تحقیق و بازرسی قرار می گیرد قطعات غشای آلوده شده ممکن است با استفاده از روش های گوناگون، بسته به ماهیت مورد شک و ظن آلودگی ، تحت آنالیز قرار گیرد چنانچه آلودگی زیستی باشد، ممکن است جهت شناسایی حضور انواع موجودات زنده، تلاش به عمل آید (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱- آلودگی زیستی و رشد زیست توده در المان RO

غشای آلوده ممکن است به صورت تکه ها یا نوارهایی ، برش داده شود تا درون یک سری از محلول های تمیز کننده مختلف قرار داده شوند. موفقیت نسبی محلول های ویژه در انحلال یا بیرون آوردن رسوب -آلودگی ؛ به کار برد خوب آن به عنوان روشی هم برای شناسایی رسوب آلودگی و هم، تعیین قابلیت اثربخشی نسبی محلول های تمیز کننده ، مربوط می شود اگر المان آلوده دیگر در دسترس است ، محلول های تمیز کننده ممکن است با استفاده از میله آزمایش المان برای یک المان کامل جهت تعیین اینکه عملکرد اصلی را می توانند اعاده نمایند، مورد آزمایش قرار گیرند.

۴-۶-۲- مکانیسم های تمیز کاری

آلوده کننده ها به دلیل ماهیتشان ، ترجیح می دهند که خودشان و سطح غشاء از آب پوشیده باشد و به این علت به شکل تعلیق یا محلول آلوده کننده ظاهر می گردند. زدودن آن ها به وسیله روشهای تمیز کاری ، موجب تغییر مشخصات محلول تمیز کننده می شود ، به طوری که مواد مولد فولینگ تمایل بیشتری برای محلول پایه آب خواهند داشت. این کار با ساختن یک محلول با pH ویژه افزودن عوامل مرطوب کننده ، عوامل شلاته کننده و در بعضی موارد آکسنده یا احیاء کننده ، عملی می شود . افزایش دمای محلول فعالیت این عوامل را افزایش می دهد.

۴-۶-۲-۱- pH تمیز کننده

pH محلول تمیز کننده ، معرف یکی از مهم ترین مکانیسم های قابل دسترسی برای تمیز کاری اغلب آلودگی ها و رسوبات ، است . تغییر در pH، نسبت یون هیدروژن (H^+) یا یون هیدروکسید (OH^-) را تغییر می دهد . این ، بدان معناست که میزان بار مثبت یا منفی ای که درون محلول شار شده ، می تواند

متغیر باشد. چون pH یک مقیاس لگاریتمی است، یک واحد تغییر در pH به مثابه تغییر فاکتور ۱۰ در غلظت یون های هیدروژن و هیدروکسید خواهد بود.

زدودن آلودگی های فلزی با یک محلول اسیدی، بهتر انجام می شود. این محلول، دارای غلظت بالایی از یون هیدروژن است که می تواند یون های هیدروکسید را که ممکن است به فلز نامحلول پیوسته اند، برطرف سازد. همچنین، چون فلزات بار مثبت دارند، مشخصات انتشاری بار مثبت یون های هیدروژن، به بازگرداندن فلزات به درون محلول یا تعلیق، کمک خواهد کرد. محلولهای اسیدی همچنین، در برطرف کردن رسوب، موثرتر عمل می کنند. قابلیت انحلال نمکهای تشکیل دهنده رسوب که ته نشین می شوند، در pH های پایین تر، بیشتر است اگر نمکهای کربنات حضور دارند، اسید با آنها واکنش داده و کربنیک اسید محلول را تشکیل می دهد. این عمل ممکن است ساختار رسوب را دچار شکستگی کرده و متعاقب آن، عمل انحلال یا انتشار نمکهای باقیمانده در رسوب را آسان تر سازد.

زدودن آلودگی هایی که از مواد جامد معلق یا موجودات زنده فعال سرچشمه می گیرند، با محلولهایی قلیایی بهتر انجام میگیرد. غلظت بالای یون های منفی هیدروکسیدی، که شارژ شده اند، می توانند چربیهای آلی و روغنهایی را که احتمالاً حضور دارند، شکسته و به شکل محلول در آورند. این یونهای هیدروکسید همچنین می توانند مواد جامد باقیمانده را منتشر و پخش نمایند زیرا خیلی از این مواد جامد نیز به مشخصات بار منفی گرایش دارند.

خصوصیت تهاجمی و واکنش پذیری بسیاری از محلولهای تمیز کننده، در انجام وظیفه شان (نسبت به رسوب آلودگی)، غالباً تابعی قوی از چگونگی بالا و پایین بودن pH محلول خواهد بود. اگر یک آلودگی به طور خاصی پایدار باشد، بعضی اوقات رعایت محدودیتهای اعمال شده در مورد pH توسط دستورالعملها، مانند آنچه که توسط کارخانه های سازنده غشاء اختصاص یافته اند، ضروری است.

در واقع ، بعضی از کارخانه های سازنده غشاهای فیلم نازک پلی آمیدی (PA) ، شاید تمیزکاری در pH=1، ایجاد شده با هیدروکلریک اسید (HCl) ، را برای برطرف کردن رسوب و آهن - بدون حضور مواد شیمیایی اضافی - توصیه نمایند. آنها شاید ، برای زدودن آلودگی های آلی ، آلودگی های باکتریایی و خاکهای رسی ، یک pH=12 را که توسط سدیم هیدروکسید (NaOH) ایجاد شده ، توصیه نمایند. با این محلولها ، آنها کاملاً به pH های تند و حاد ، در انجام همه کارهای تمیز کاری اعتماد و اطمینان دارند ولی چنانچه از این نوع محلولهای تمیز کننده حاد ، به طور مکرر استفاده شود ، می توانند بر طول عمر غشاء اثر بگذارد. برای المان های غشاء هرگز نباید از این pH های تند و حاد استفاده شود ؛ مگر اینکه کارخانه سازنده غشا ، تایید کرده باشد.

به دلیل افزایش سرعت آبکافت ، تمیزکاری یک غشای سلولز استات (CA) با pH حاد ، امکان پذیر نخواهد بود. بعضی کارخانه های سازنده شاید pH پایین تر از ۲ را برای شستشوی اسیدی ، اجازه دهند اما برای شستشوی قلیایی ؛ عدد ۸ ، یک محدوده فوقانی مطلق است . این امر می تواند مشکل ساز باشد، مانند وقتی که برای زدودن خاکهای رسی سنگین یا باقیمانده های یک «زیست توده » رشد یافته تلاش می شود.

تمیزکاری یک سامانه قلیایی ، ابتدا با یک محلول اسیدی ، یک تمرین عمومی برای تجزیه و تلاشی جهت زدودن فلزاتی که مایل به پیوند دادن آلودگی های انباشته شده دارند ، خواهد بود ولی قرار دادن آلودگی های حتمی الوقوع در معرض یک محلول با pH خیلی پایین ، همچون pH زیر ۳ ، می تواند عملاً تاثیر تمیزکاری را کاهش دهد. محلولهای شدیداً اسیدی می توانند موجب شبکه ای سیلیکات ، آلودگی های باکتریایی و بعضی مواد آلی شوند که نتیجه آن ، ایجاد مواد پایداری است که تمیز کردن آنها بسیار مشکل تر خواهد بود (۱۵). این مشکل با به کار بردن تمیز کننده هایی با اسیدینگی

بیشتر ، سخت تر خواهد شد. به این معنا که وقتی حضور این آلودگی ها حدس زده می شود، توصیه می گردد که عملیات تمیزکاری با یک محلول اسیدی دارای pH پایتتر از ۳ آغاز نشود.

تمیزکاری با یک pH شدیداً بالا یا در دمای بالا میتواند یک اثر عملی موقت بر روی المان های غشایی لایه نازک پلی آمیدی (PA) ، داشته باشد. یک pH ، به شدت موجب سفت شدن (فشرده گی) غشا شده و پیامد آن، در یک فشار عملیاتی معین ، افزایش دفع نمک (تصفیه نمک) و کاهش شدت جریان محصول خواهد بود. دمای بالا نیز می تواند موجب یک نقصان موقتی در شدت جریان محصول گردد. اگر غشاء در معرض محلولهای تمیز کننده قلیایی شدید قرار گیرد، اگر ضروری باشد، ممکن است بازگشت کارایی به اجرای اصلی و طبق خط پایه را با در معرض pH متضاد قرار دادن غشا، طی یک دوره زمانی کوتاه ، تسهیل کرد (۱۵).

حصول یک pH به شدت بالا یا پایین ، معمولاً نیازمند یک اسید قوی یا باز قوی است . این مواد شیمیایی تقریباً به طور کامل تفکیک می شوند، به این معنی که اجزای کاتیونی و آنیونی تشکیل دهنده آنها ، برای واکنش کامل با دیگر گونه ها ، به اندازه کافی از یکدیگر جدا می شوند. مثالهایی از اسیدهای قوی شامل هیدروکلریک اسید (HCl) و سولفوریک اسید (H_2SO_4) و مثالهایی از بازهای قوی شامل سدیم هیدروکسید (NaOH) و پتاسیم هیدروکسید (KOH) خواهد بود.

اسیدها و بازهای ضعیف کاملاً تفکیک نمی شوند . همچنان که pH محلول شدیدتر می گردد؛ تفکیک شیمیایی کمتر شده و ماده شیمیایی در حالت اصلی باقی می ماند ؛ به عبارتی اکثر اجزای تشکیل دهنده آن هنوز به هم متصل اند. یک عامل شناسایی چنین موادی، میزان تغییری است که آنها در pH محلول ایجاد میکنند و این امر ، توسط ثابت تفکیک (K_a برای اسیدها و K_b برای بازها) تعیین می گردد . ثابت تفکیک برابر حاصل ضرب غلظت مولی و هر جزء در غلظت سایر اجزای تفکیک شده ، تقسیم بر

غلظت ماده شیمیای تفکیک نشده و باقیمانده (گونه اصلی) خواهد بود. به دلیل تغییرات شدید در این مقادیر، ثابت تفکیک غالباً به صورت لگاریتم منفی این مقادیر ارائه می گردد. (pKa برای اسیدها و pKb برای بازها).

برای مثال؛ دی اکسید کربن وقتی در آب حل می شود مانند یک اسید ضعیف عمل می کند. (که کربنیک اسید نامیده می شود و فرمول شیمیایی آن H_2CO_3 است). تفکیک اولین یون هیدروژن کربنیک اسید دارای pKa حدود ۶/۴ در محدوده غلظت pH پایین است. این مقدار معادل KA حدود $(10^{-4} - 10^{-7}) \times 4/3$ است. به طوری که:

$$[H^+] \times [HCO_3]/[H_2CO_3] = 4/3 \times 10^{-7}$$

pH خنثی (pH=۷) به معنی غلظت یون هیدروژن به اندازه $(10^{-7} \times 1)$ مول است، در این صورت طبق معادله اخیر نسبت بین غلظت یون بی کربنات $[HCO_3]$ و غلظت کربنیک اسید $[H_2CO_3]$ باقیمانده برابر ۴/۳ خواهد شد. این نسبت، بیان می دارد که قسمت بیشتر کربنیک اسید (به عنوان مثال دی اکسید کربن محلول) موجود، به شکل یون بی کربنات تفکیک خواهد شد.

در pH=۴/۸، که به معنای غلظت یون هیدروژن 10^{-8} است. نسبت محاسبه شده برابر ۰/۲۷ می شود. این، بدان معناست که اکثریت هر مقدار از کربنیک اسید که افزوده شود، در این pH به شکل اصلی و تفکیک نشده کربنیک اسید باقی خواهد ماند. تفکیک کوچک آن، یون های هیدروژن آزادی را ایجاد می کند که به موجب کاهش بیشتر pH می گردد.

اگر یک pH حاد مورد نیاز باشد، استفاده از یک اسید یا باز ضعیف، که به معنای تولید محلول تمیز کننده pH متعادل مطلوب است، سودمند خواهد بود. این روش غالباً در فرمول بندی تمیزکننده های تجاری کاربرد دارد. زیرا برای مواد شیمیایی ضعیف، گذشتن از pH متعادل (خطا در حصول pH مطلوب)

مشکل است. حتی اگر در مخلوط کردن محلول اشتباهی رخ دهد، هنوز pH حاصل شده به مقدار مورد نظر نزدیک خواهد بود.

این اثر بافری اسیدها و بازهای ضعیف، همچنین در واکنش محلولها با آلوده کننده ها در خلال تمیزکاری، مفید است. همچنان که یونهای هیدروژن با هیدروکسید واکنش کرده و تغییر شکل می دهند، تعداد بیشتری از اسیدها یا بازهای ضعیف، برای نگه داشتن pH در حد مطلوب، تفکیک خواهند شد. این میزان تفکیک، به اندازه تفکیک اسید و بازهای قوی نیست. pH، خیلی سریع تغییر می کند، بنابراین محلول، کم اثرتر میگردد مگر اینکه ماده شیمیایی بیشتری در خلال تمیزکاری اضافه شود. این اثر در تمیز کننده های اسیدی متداول تر از تمیز کننده های قلیایی است.

بین اسیدها به جهت تاثیرشان بر انحلال آلودگی- رسوبات خاص، مقداری تفاوت وجود دارد. به عنوان مثال، سیتریک اسید توانایی چنگالش دارد. شدت واکنش هیدروکلریک اسید HCl با ترکیبات حاوی آهن بیشتر است. هیدروفلوئوریک اسید HF تنها اسیدی است که می تواند سیلیکات همگن (ساختارهای متحدالشکل) را حل کند (اما معمولاً به علت واکنش پذیری زیاد، از آن استفاده نمی شود). فسفریک اسید H_3PO_4 فسفات ها را آزاد میکند که به نمدار کردن لایه های آلودگی کمک می کند.

ماهیت آنیون آزاد شده توسط اسید و طریق واکنش آنیون با اجزای آلودگی، موجبات آگاهی و شناخت توانایی هایی که اسید در زدودن اجزای تشکیل دهنده آلودگی دارد، فراهم می سازد. برای مثال، یون کلرید که توسط هیدروکلریک اسید آزاد می شود، وقتی با یون های سختی (مانند کلسیم) ترکیب می شود، در اکثر موارد این ترکیب قابل حل خواهد بود. یون سولفات در سولفوریک اسید (H_2SO_4) چنین نیست (یعنی ترکیب یون سولفات با یونهای سختی، حل شدنی نیست). از اینرو هیدروکلریک اسید برای انحلال رسوبات حاوی کلسیم، موثرتر عمل می کند.

۴-۲-۲- دما و زمان محلول تمیزکاری

به ازای هر 10°C افزایش دما در محلول ، سرعت اغلب واکنشهای شیمیایی دو برابر می گردد. این امر، در بیشتر عملیات تمیزکاری صادق است. اگر یک محلول تمیزکاری قادر باشد مواد مولد فولینگ رسوب و یا قسمتی از آن ها را تمیز نماید، این عمل در دمای بالاتر با سرعت بیشتری اتفاق خواهد افتاد. در مواردی که تمیز کردن فولینگ / رسوب مشکل باشد، یک محلول تمیز کننده با دمای بالا می تواند تفاوتی را ایجاد نماید که تمیز کاری، دارای اثر مشهودی باشد. بنابراین هنگامی که تمیز کردن مواد مولد فولینگ / رسوب ؛ پایدار و مشکل باشد تا حدی که به غشای داخل سامانه صدمه وارد نشود؛ بهتر است از بالاترین دمایی که تولید کننده سامانه ، مجاز دانسته است ؛ استفاده شود. در یک مورد، ممکن است استثنا پیش بیاید و آن هنگامی است که از محلولهایی استفاده گردد که دارای pH بسیار بالایی باشند. در این حالت ، ترکیب pH خیلی بالای محلول و دمای خیلی بالا ، ممکن است نگرانی صدمه به غشای داخل سامانه را ایجاد نماید . به عنوان مثال ، برای بسیاری از انواع غشاهای فیلم نازک پلی آمید در صورتی که دما 100°F یا بیشتر باشد ، نمی توان از محلول تمیز کننده با pH برابر ۱۲ استفاده نمود.

برای زدودن لایه های مختلف مواد مولد فولینگ و اجزای یک غشاء ، زمان زیادی نیاز است . مدت زمان لازم ، به تعداد متغیرهای وابسته به فولینگ و ضخامت آن ، همچنین به قابلیت تهاجم محلول تمیزکننده و طبیعت غشاء بستگی دارد . برای مثال، ممکن است برای تمیز کردن و زدودن رسوب و فولینگ بیولوژیکی معین از یک غشای فیلم نازک پلی آمید ، چندین روز زمان لازم باشد . این ، در حالی است که یک رسوب کربناتی ، تنها در طی ده تا بیست دقیقه زدوده می گردد. از آنجا که برای بسیاری از تجهیزات ، امکان چندین روز صرف وقت ، برای تمیز کاری سامانه های غشایی RO وجود

ندارد، لازم است که راههای دیگری برای این منظور انتخاب گردد. دماهای بالاتر، فرایند تمیزکاری را تسریع می نماید. اما مطمئن ترین راه، این است که به فولینگ فرصت داده نشود تا سخت و ضخیم گردد. این، بدان معناست که یا می توان تناوب زمانی تمیزکاریها را بیشتر کرد تا ضخامت مواد مولد فولینگ قبل از تمیزکاری حداقل باشد و یا در عملیات پیش تصفیه سامانه RO یا عملیات RO تغییراتی ایجاد نمود که تمایل برای تشکیل رسوب کاهش یابد. اصلاح عملیات اسمز معکوس ممکن است یا به وسیله کاهش شدت جریان محصول از طریق کاهش دادن فشار عملیاتی و یا افزودن شدت جریان عرضی در سرتاسر المان های غشایی باشد.

در صورت اجرای خط راهنما پیش از عملیات تمیزکاری [با محصول تمیزکاری، از دکالین (۱۵-۱۰)٪ با سرعت جریان محصول معمولی و یا افزایش در افت فشار نرمال شده، تشکیل شده و یا همان طور که شرکت تولیدکننده غشای فشار اسمز توصیه کرده است] غالباً مراحل تمیزکاری با حدود (۳۰-۴۰) دقیقه گردش محلول در سامانه می تواند صورت پذیرد. در مواردی، ممکن است استثنائاتی شامل وجود توده های متراکم خنثی، مواد بیولوژیکی رشد یافته، باکتری آهن، خاک رس، رسوب سولفات و رسوب سیلیکا به وجود آید. پاک کردن و زدودن این رسوبات فولینگ ممکن است نیاز به زمان طولانی تری داشته باشد و یا ممکن است احتیاج به فرمول بندی های خاصی برای مواد پاک کننده باشد.

۴-۶-۳- رسوب گذاری (فولینگ ها)

۴-۶-۳-۱- محاسبه پتانسیل تشکیل رسوب

نمک ها در اثر یونیزه شدن در آب به اجزای آنیونی و کاتیونی شان تبدیل می شوند. اگر غلظت کاتیون های نمک آنیون های مشترک به حد حلالیت آن نمک برسد، امکان تشکیل کریستال در اثر رسوب دهی وجود دارد. این کار در سیستم RO که نمک ها در سیستم تغلیظ شده اند، به راحتی اتفاق می افتد.

هر نمک، مشخصات مربوط به خودش را دارد و این مشخصات به طور جدی در پتانسیل رسوب دهی آن نمک تأثیر می گذارد. بعضی از نمک ها نسبت به بعضی دیگر، زودتر رسوب می کنند. بعضی از نمک های ته نشین شده، راحت تر از دیگر نمک ها، قابل تمیز شدن هستند. معمولاً ترجیح داده می شود که از تشکیل هر نمکی بر روی غشا جلوگیری شود، زیرا به این طریق دیگر نیازی به رسوب زدایی سطح غشا نخواهد بود.

حلالیت یک نمک به غلظت اجزای تشکیل دهنده آن نمک، pH آب، دما و غلظت سایر نمک ها در محلول بستگی به نمک های حل شده در منابع آب طبیعی عبارتند از: کربنات کلسیم (CaCO_3)، سولفات کلسیم (CaSO_4)، سولفات سترانیوم (SrSO_4)، سولفات باریوم (BaSO_4)، فلوراید کلسیم (CaF_2)، سیلیس (Si(OH)_4)، سیلیکات کلسیم (CaSiO_3)، سیلیکات منیزیم (MgSiO_3)، سیلیکات آهن (FeSiO_3). فلزاتی نظیر آهن فریک (Fe^{+3})، منگنز منگنیک (Mn^{+3}) و آلومینیوم (Al^{+3}) مشمول لیست قبلی نمی شود، زیرا در تمامی حالات، نمک هایشان غیرمحلول است. اگر یکی از این یون های فلزی در آب RO وجود داشته باشد، نمک های آن باید توسط فیلتر حذف شود تا از ته نشینی آنها بر روی المنت غشا جلوگیری شود.

۴-۶-۳-۲- مکانیسم شکل گیری رسوب

شکل گیری رسوب زمانی که قابلیت حلالیت ذرات نمک بیشتر شود اتفاق می افتد. بیشتر آب های طبیعی که پیش تصفیه نشوند در سطح غشا کربنات کلسیم را ته نشین می دهند. سولفات کلسیم رسوب مهم دیگری، رسوبات دیگری مثل باریم، سولفات استرانیوم، کلسیم فلوراید در غلظت کم بصورت نادر اتفاق می افتد.

شکل گیری رسوب در سه مرحله اتفاق می افتد :

۱- وقتی آب به صورت موازی در سطح غشاء جریان می یابد، یون ها در محلول تغلیظ شده، با ذرات سطحی در لایه های همجوار ترکیب شده و بین یون ها ارتباطی برقرار می شود، فاصله بین یون ها کاهش یافته و آنها شروع به تجمع می کنند که اتصال یون ها سست است و هسته زایی با بیش از ۱۰۰۰ اتم شکل می گیرد. این واکنش برگشت پذیر است و به راحتی یون ها به محلول برگشت داده می شود.

۲- هسته زایی ادامه می یابد، یون ها بیشتر با هم ترکیب می شوند و شکل مشخص هسته شروع به شکل گیری می کند، این مرحله نیز برگشت پذیر است. اما این فرم و شکل هسته و احتمال برگشت پذیری کمتر دارد.

۳- در مرحله پایانی کریستال غیرقابل برگشت رشد می کنند پس از تشکیل کریستال ها ضریب حلالیت نسبی نمک بیشتر می شود و رشد کریستال ها به صورت نامحدودی ادامه می یابد.

۴- رسوبات نمک با این روش توسعه و رشد می یابد. تنها تفاوت آنها حلالیت بسیار متغیر تولیدات است. مهار کننده های رسوب توانایی دخالت در رشد مکانیسم رشد دارد.

۴-۶-۳- رسوبات معدنی

نمک ها به دلیل اینکه غلظت آن ها از محلولشان بیشتر میشود ، ممکن است در اثر بلور شدن ، سنگین شده و در روی المان های غشای سامانه اسمز معکوس بنشینند.

فلزات مشخص، در صورتیکه اکسیده شوند، به همان خوبی سولفید هیدروژن ، از محلول جدا گردیده و ته نشین می شوند فلزات همچنین ممکن است در اثر افزایش pH آب از محلول، جدا گردند معمولاً ممکن است که با عملیات پیش تصفیه مناسب ، تشکیل چنین رسوبات با فولینگ هایی را قبل از تشکیل ، کنترل نمود و یا از ایجاد آن ها جلوگیری به عمل آورد .

تشکیل شدن رسوبات معدنی بر عملکرد سامانه غشای اسمز معکوس اثر خواهد گذاشت چگونگی مشکل بودن تمیز کاری این رسوبات از غشای سامانه ، به ماهیت و طبیعت رسوب تشکیل شده، بستگی دارد .

○ رسوبات کربناتی

رسوب کلسیم کربنات هنگامی تمایل به ایجاد شدن در سطح غشا دارد که نمک ها بسیار تغلیظ شده باشند این پدیده با کاهش جریان محصول در غشای سلولز استات (CA) که به طور همزمان عمل آب کافت نیز اتفاق خواهد افتاد ، رخ میدهد غالباً، همچنین ممکن است سبب کاهشی جزئی، در دفع نمک شود عبور افزایش یافته نمک، توانایی کلسیم کربنات جهت شکل دادن به یک واکنشی تعادلی با آب است مقداری از کلسیم کربنات ها بطور پیوسته وارد و خارج محلول می شوند اگر مقدار غلظت بالایی از یون های کلسیم و کربنات روی سطح غشا حضور یابند، روی عملکرد غشا اثر میگذارد؛

بنابراین، غشا تمایل پیدا خواهد کرد غلظت بیشتری از یون ها را از خود عبور دهد. رسوب کلسیم کربنات به سادگی در pH پایین تر به محلول باز خواهد گشت .

تنها محلول های تمیزکننده اسیدی موفق خواهند شد که رسوبات کلسیم کربنات را حل نمایند؛ هرچند، برای رسوب کلسیم کربنات، معمول است که ترتیب لایه های رسوبی کلسیم سولفات، کاتالیزه (تسریع) شوند زیرا غلظت بالای کلسیم در محل، در اطراف منطقه تشکیل رسوب رخ خواهد داد همتافت املاح کربناتی ممکن است نیاز به فرمول بندی محلول تمیزکننده اسیدی با قدرت تهاجمی بیشتری داشته باشد.

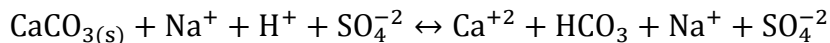
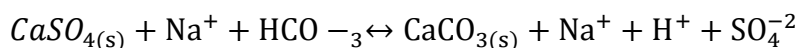
رسوب کلسیم کربنات میتواند به سرعت، یک غشای سلولز استات را آبکافت نماید در صورتیکه وجود آن در یک سامانه CA تشخیص داده شده ، باید هرچه سریع تر اقدام به تمیزکاری RO نمود یک محلول تمیزکاری اسیدی بایستی به صورت گردشی در میان المان های غشایی سامانه چرخش نماید. حضور یک ماده فعال کننده سطحی در فرمول بندی محلول تمیز کاری، موجب کم شدن کشش سطحی لایه ماده مولد فولینگ شده و به مرطوب شدن لایه رسوب با محلول اسیدی ، کمک می نماید .

○ رسوبات سولفات

اگر ساختار رسوبات ، خیلی خالص نباشد؛ کلسیم، باریم یا استرانسیم سولفات ها می توانند به وسیله یک تمیز کننده خیلی اسیدی، در محلول پراکنده شوند در صورتیکه ساختار بلوری توسط سایر رسوبات مواد آلی و یا مواد بازدارنده از تشکیل رسوب فاصله دار شده باشد، احتمال زدودن آن بسیار بیشتر خواهد شد سایر موادی که با سهولت بیشتری وارد محلول می شوند، موجب شکسته شدن شبکه ساختاری رسوب میگردند این مسئله موجب خواهد شد که ذرات رسوبات سولفاتی در داخل محلول

تمیز کاری ، پراکنده شوند. تشکیل رسوب سولفات خالص روی سامانه دفع نمک در RO یا شدت جریان محصول اثر نخواهد گذاشت. بسته به اینکه تشکیل رسوب در کجا در المان های غشایی اتفاق بیفتد؛ رسوب سولفاتی ممکن است به صورت یک مسدود کننده خنثی برای جریان ، عمل نماید در این حالت ، اثری که روی داده های عملکردی سامانه اسمز معکوس RO خواهد گذاشت ، افزایش در اختلاف فشار خواهد بود اگر رسوبات سولفاتی به اندازه کافی باشند که روی الگوی جریان محصول ، ظاهر خواهد شد. رسوبات کلسیم سولفات سخت، گاهی اوقات می توانند با استفاده از یک محلول تمیز کاری ویژه که حاوی غلظتهای بالای بی کربنات باشد ، به محلول بازگردانده شوند. این محلول همچنین حاوی اتیلن دی آمین تترا استیک اسید(EDTA) است .

اساس کار آن ، بر مبنای انتقال روی سطح غشا خواهد بود .



یون های بی کربنات می توانند در رسوب کلسیم سولفات جایگزین سولفات شوند و به دین ترتیب به سولفات اجازه می دهند که وارد محلول شود پس خواص ایجاد حلقه پیوندی EDTA در انتقال کلسیم کربنات داخل محلول می تواند موثر باشد این محلول تمیز کاری روی رسوبات استرانسیم سولفات سبک نیز موثر است.

برای انحلال رسوبات باریم استرانسیم سولفات سنگین ، روش متداولی که ضمناً سازگار با المان های غشایی اسمز معکوس باشد ، در دسترس نیست اگر چنین لایه های رسوبی تشکیل شوند، احتمالاً نیاز است که المان های غشایی سامانه تعویض گردند. بنابراین جلوگیری از تشکیل رسوب باریم سولفات حساس و مهم است خوشبختانه بسیاری از مواد بازدارنده تشکیل رسوب ، می توانند نقش موثری در این مورد داشته باشند .

اگر رسوبات، محدود به لایه آخری غشای سامانه باشد، ممکن است که بصورت فیزیکی رسوبات را جدا نمود این عمل در سامانه های تک المانی، جاییکه شدت جریان بالای تمیز کاری بدون نگرانی از صدمه مکانیکی به واسطه افت فشار با خوراک بالا خواهد بود؛ اگرچه حداکثر افت فشار در سرتاسر تمامی المان های غشایی داخل مخزن فشار، شدت جریان تمیز کاری را محدود خواهد کرد. رسوبات مواد خنثی را معمولاً با استفاده از شدت جریان بالای یک محلول تمیز کاری قلیایی همراه با غلظت بالای ماده فعال کننده سطحی، می توان جدا نمود. چنین محلول هایی بدین منظور استفاده می شوند که کشش سطحی بین ماده و سطوح داخل المان های غشایی را به حداقل برسانند محلول به طریقی ساخته می شود که مواد نتوانند چسبندگی شدیدی به سطح غشا داشته باشند.

○ گوگرد و سولفیدها

در مواقعی که گاز هیدروژن سولفید (H_2S) در یک منبع آبی حضور داشته باشد، در صورت اکسید شدن به سادگی می تواند از محلول جدا گردد. این پدیده می تواند زمانی اتفاق بیفتد که کلر، تزریق شده است و یا آب، در معرض هوای اتمسفر قرار گیرد. بعضی از سولفیدها ممکن است به صورت یک سولفید فلزی ته نشین شوند، درحالیکه بعضی ممکن است اکسیده شده و به گوگرد عنصری تبدیل گردند.

اگر فولینگ گوگرد عنصری خیلی سنگین و ضخیم نباشد، یک محلول اسیدی قادر خواهد بود که ترکیبات سولفید را حل نماید. سپس باقیمانده مواد، این امکان را می یابند که با استفاده از میزان شدت جریان بالا (حد مجاز سازنده غشا) به صورت پراکنده و معلق درآیند.

○ مواد زاید باقیمانده

قرار گرفتن آلودگی های ناشی از مواد زاید فولینگ ها در مسیر عبور آب ؛ در پیش صافیهای سامانه RO، در قسمت انتهایی المان های ابتدای بسته غشایی امری عادی است این مواد هنگامی که المان های ابتدای بسته مخزن تحت فشار باز شود، اغلب قابل مشاهده هستند. این آلودگی ها ممکن است شامل پلیسه های پمپ، ذرات درشت یا دانه هایی باشند که از سامانه صافیهای بالا دست آمده باشند. مشابه با روش پاک کردن رسوبات باریم سولفات، این روش زمانی به بهترین شکل، اجرا می گردد که از یک پایه آزمایش المان اختصاصی ، استفاده شود. در این حالت ، المان باید دارای جهت بازگشتی آب بندی نمک مربوط به خود باشد. بنابراین، می تواند در جهت عکس، نصب شود باید به این نکته توجه کرد که تفاوتی بین المان های تشکیل دهنده استاندارد در طراحی آن ها در یک انتها یا طرف دیگر نیست ممکن است آن ها را برای جهت یا بی آب بندی نمک غلیظ شده اشتباه نشود .

با استفاده از شدت جریان های بالا با محلول قلیایی که حاوی مواد فعال کننده سطحی هستند ، بیشتر مواد زاید را می توان از سامانه خارج نمود این امکان وجود دارد که این عملیات را در مقیاس کامل سامانه اسمز معکوس RO انجام داد اما لازم است که المان های غشایی را از وضعیت ابتدای آن در جهت عکس آب بندی آب نمک غلیظ شده مربوط ، بیرون کشید و سپس آن را در جهت عکس ، در قسمت انتهایی مخزن تحت فشار نصب کرد صفحه طبقه مربوط به آن ، باید جداگانه تمیز شده باشد تا حداکثر شدن جریان ، ممکن گردد و از اینکه آلودگی ها تنها جدا نشده اند که به المان های تشکیل دهنده سامانه در مرحله بعدی فرستاده شوند ؛ اطمینان حاصل شود .

○ آهن

آهن می تواند در آب به حالت آهن (II) (Fe^{+2}) یا آهن (III) (Fe^{+3}) وجود داشته باشد ترکیبات آهن (III) (سه ظرفیتی) نسبتاً غیرقابل حل در آب هستند. یون های آهن (III) در آب نسبتاً نامحلول اند درحالیکه یون های آهن (II) به خوبی در آب حل می شوند مگر در PH بالا اگر در آب، کلر یا عوامل اکسیده دیگر حضور داشته باشند؛ آهن، به حالت سه ظرفیتی (آهن III) خود اکسیده می شود. اگر چنین اکسایشی رخ دهد، مواد بستر صافیهای بالا دستی، تعداد زیادی از ذرات آهن را جدا می کنند

اگر مقدار کمی ذرات به طور اتفاقی از صافی های بالا دستی عبور کرده و در سامانه اسمز معکوس ته نشین شوند؛ آثار وجود آن ها در داده های عملیاتی سامانه RO قابل مشاهده است که به صورت افزایش اختلاف فشار سامانه، خود را نشان می دهد.

بیشتر این افزایش در ابتدای بسته غشای المان ها متمرکز می شود، مگر اینکه آن با سایر آلودگی ها معلق شده باشد در این حالت همتافت معلق شده تمایل خواهد داشت ضمن بالا رفتن غلظت، از محلول جدا شود.

گرفتگی آهن کم را می توان به سادگی با استفاده از یک اسید استاندارد یا محلول تمیز کننده بر پایه EDTA بر طرف نمود مکانیسم زدودن آهن با این محلول ها ایجا حالت چنگالش و تعلیق است.

رسوب زیاد آهن، با یک محلول اسیدی استاندارد با پایه EDTA ممکن است به زدایش موفقیت آمیز تمامی آهن منجر نشود. زدایش آهن بخصوص هنگامی که مستقیماً روی سطح غشا رسوب می کند و یک ساختار بلوری روی غشا تشکیل می دهد، مشکل است کاهش در شدت جریان محصول در روال عادی می تواند گواه این امر باشد در این حالت، بهترین شانس تمیز کاری و زدودن آهن؛ احیای ترکیبات آن از شکل آهن (II) به شکل آهن (III) آن است برای این منظور از یک عامل احیا کننده قوی

مانند سدیم بی سولفیت استفاده می‌گردد وقتی عمل احیا صورت گرفت، آهن به سادگی وارد محلول در pH پایین تر می‌شود. pH بهینه حدود (۴-۵/۳) است (لاس، ۱۹۹۳).

○ سیلیکا

سیلیکا میتواند به صورت ذرات ریز یا کلوئیدی در آب خوراک سامانه RO وجود داشته باشد (همچنین به عنوان سیلیس بی شکل یا غیر فعال نیز نامیده می‌شود) و یا سیلیس محلول (همچنین مولیبدات فعال سیلیس نیز نامیده می‌شود) ذرات ریز سیلیس ممکن است در خاک رس و یا خاک معمولی وجود داشته باشد که در اثر بارندگی و جریان آب وارد سطح مخزن آب شده باشد سیلیکای خاص با مسدود کردن مسیرهای جریان داخلی می‌تواند باعث گرفتگی جریان کانال های المان های RO شود وجود این گرفتگی باعث افزایش اختلاف فشار سامانه می‌شود. تمیز کاری آن از سامانه می‌تواند کار مشکلی باشد یک محلول تمیز کاری قلیایی استاندارد ممکن است قادر باشد مقدار کافی از خاک را که سیلیس با آن همراه است، جدا کرده و به صورت معلق، در محلول تمیز کاری، در آورد.

با یک محلول ۰/۴٪ از آمونیوم بی فلوئورید، مشاهده شده است که اثر خوبی در انحلال بعضی از روسوبات سیلیس سنگین داشته است آمونیوم بی فلوئورید ماده شیمیایی خطرناکی است و ملاحظات خاصی برای کار با آن و دفع ضایعات آن باید در نظر داشت قبل از استفاده از آن با شرکت سازنده غشا تماس گرفته شود.

سیلیکای کلوئیدی در شرایط اسیدی آب، تمایل به حضور دارد به خوبی با یک غشای RO دفع شده و بنابراین تمایل خواهد داشت به وسیله RO تغلیظ شود.

غلظت‌های بالاتر ممکن است از محلول، جدا شده و روی سطح غشا بنشینند آثار سیلیس کلوئیدی روی عملکرد RO، مشابه با اثر ذرات ریز سیلیکا (سیلیس) خواهد بود و ممکن است نیاز به یک تمیز کاری با محلول آمونیوم بی فلوئورید داشته باشد. قابلیت انحلال سیلیس به مقدار pH و دما بستگی دارد وقتی حلالیت زیاد شده باشد، رسوب سیلیس به آرامی بلوری می شود با ته نشین شدن آن، تمیز کاری آن، بسیار مشکل می تواند باشد و در این جا باز هم نیاز به استفاده از یک محلول تمیز کاری آمونیوم بی فلوئورید است.

در pH بیش از ۸ سیلیس حل شده، از سیلیسیک اسید (H_2SiO_3) جدا می‌گردد و به شکل آنیون (SiO_3^{2-}) در می آید نمک های نامحلول سیلیس می توانند با کاتیون های چند ظرفیتی مانند کلسیم، منیزیم، آهن یا آلومینیوم تشکیل شوند اگر این نمک ها دارای غلظت پایینی باشند، یک محلول تمیز کاری استاندارد اسیدی، بخصوص اگر سایر شکل های رسوب در شبکه لایه رسوبی حضور داشته باشد؛ می تواند موثر بوده و سیلیکات ها را حل نماید؛ هرچند در تشکیل رسوب سیلیکات سنگین تر، محلول های تمیز کاری اسیدی با قدرت بالا می توانند موجب شوند سیلیکات ها ترکیب گردیده و شکل بلوری سیلیس (SiO_2) را بدهند اگر یک محلول تمیز کاری اسیدی استاندارد موثر نباشد، آمونیوم بی فلوئورید لازم خواهد بود.

۴-۶-۳-۴- رسوبات (مواد فولینگ) آلی

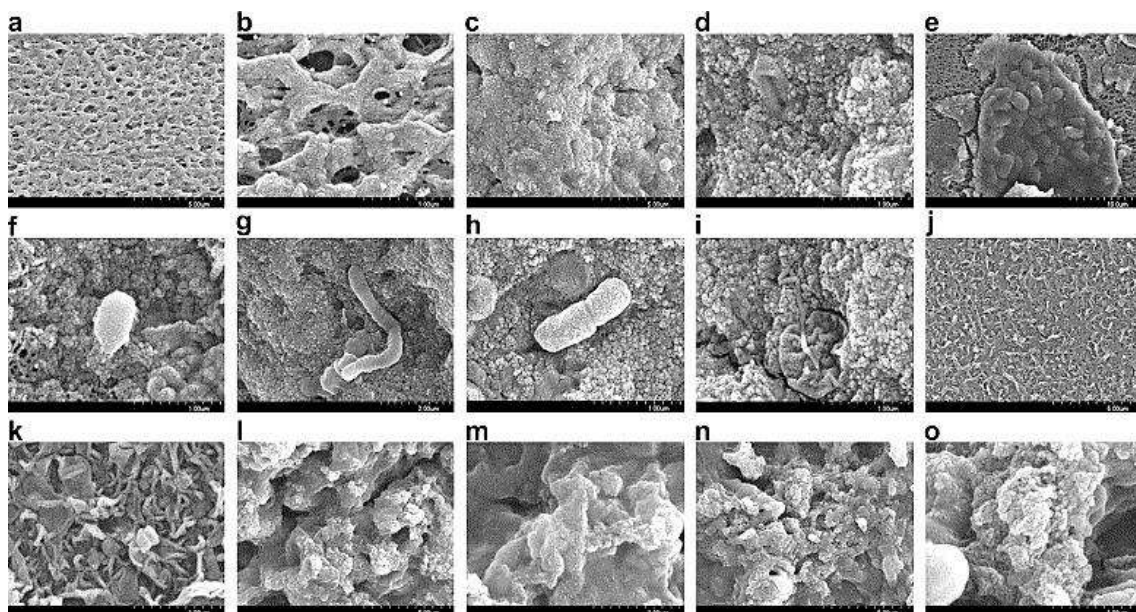
آبهای سطحی که از رودخانه ها، دریاچه ها یا منابع آب، سرچشمه میگیرند، حاوی هیومیک اسیدها با منشاء گیاهی و ناشی از تجزیه طبیعی نباتات است بعضی از مقادیر این اسیدها و سایر لجنها از طریق جاری شدن از سامانه های تصفیه آب شهری و سامانه های پیش تصفیه RO هستند و می توانند بعداً

در یک غشای سامانه RO ایجاد گرفتگی نمایند و در نتیجه، باعث کاهش میزان محصول عادی سامانه خواهند شد در اغلب مناطق ایالات متحده آمریکا، این نوع گرفتگی در فصل بهار بدتر می شود در این فصل سال، برف ها آب شده و یخهای دریاچه ها ذوب می گردند

بهترین روش تمیز کاری این نوع از فولینگ استفاده از یک محلول تمیز کاری قلیایی است که حاوی مواد فعال کننده سطحی نیز باشد مواد فعال کننده سطحی لایه های مواد مولد فولینگ را مرطوب نموده و این امکان را به وجود می آورند که در محلول تمیز کاری به صورت پراکنده درآیند با غشاهایی از جنس سلولز استات، حداکثر PH پیشنهادی ۷/۵ است این امر برای حصول اطمینان از این است که آبکافت غشا که ممکن است درحین تمیز کاری اتفاق بیفتد، به حداقل برسد . امکان دارد غشای با فیلم نازک را در PH بالاتر تا ۱۱ تمیز کاری نمود (در صورت مجاز بودن از طرف شرکت سازنده غشا) که می تواند حلالیت بهتری برای روغنهای آلی و چربیها داشته باشد .

○ مواد مولد فولینگ بیولوژیکی

در منابع آبی که حاوی مقدار بسیار کم و حداقل میکروب کشها (مانند کلر یا کلر آمین ها) باشند، رشد باکتری ها به سادگی میتوانند موجب فولینگ در یک سامانه غشایی شوند این امر هنگامی که با منابع آب سطحی که حاوی مقادیر زیادی مواد جامد معلق هستند و آن ها نقش خوراک را برای باکتری ها بازی می کنند ، می تواند ایجاد مشکلات بیشتر نماید. در شکل ۴-۱۲ نمونه های از باکتری ها و ارگانیزم های مربوط به انواع فولینگ مشاهده می گردد.

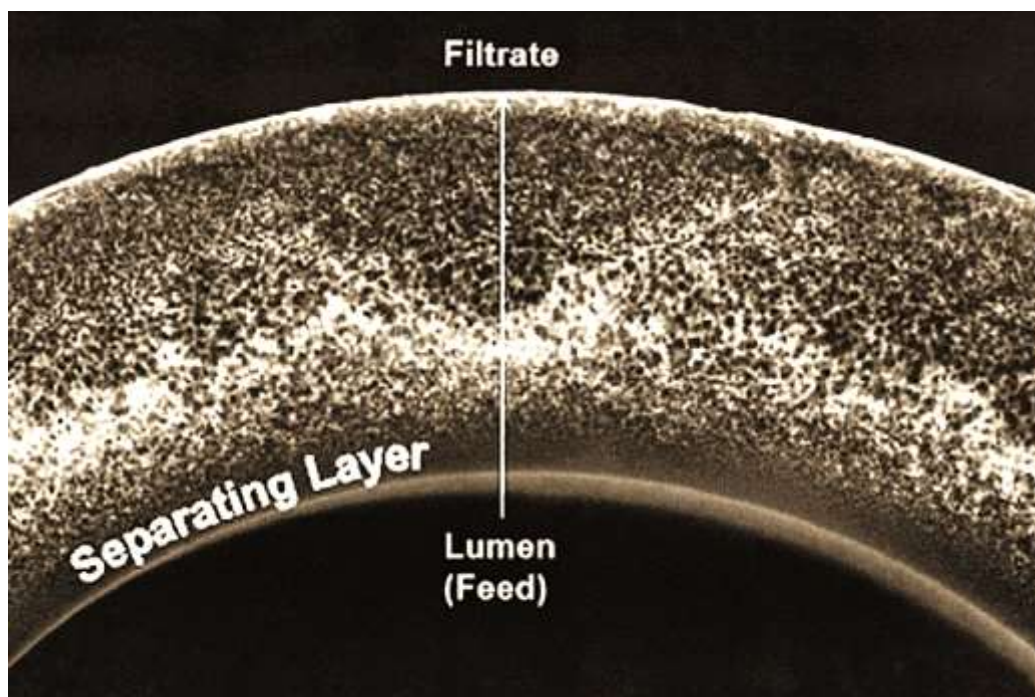


شکل ۴-۱۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی از انواع غشا، قبل و بعد از آلودگی (۱۶)

a, b غشای غیر آلوده UF، c- i رسوبات معدنی، جلبک و باکتری مشاهده شده در غشای UF

J, k غشای غیر آلوده RO، l-o رسوبات معدنی مشاهده شده در غشای RO

رشد بیولوژیکی می تواند موجب کاهش شدت جریان محصول شود این مشکل هنگامی رخ می دهد که لایه ای از لجن، سطح غشا را پوشانده باشد. آن ها همچنین ممکن است موجب گرفتگی فیزیکی جریان در مسیرهای بین لایه های غشا (شکل ۴-۱۳)، یا در سرتاسر سوراخهای الیاف گرفتگی گردند. همان عوامل و مواد تمیز کننده قلیایی که برای مواد آلی معلق جامد استفاده می شوند، برای موادی که در اثر رشد بیولوژیکی به وجود آمده اند مناسب اند. مواد فعال کننده سطحی، بدون باکتری ها را مرطوب کرده و با کاهش کشش سطحی سلول، به آن نقطه می رسند که بدن سلول ها عملاً متلاشی می شوند سپس المان های سازنده سلول توسط محلول تمیزکاری می توانند انحلال یابند این روش در pH=۱۱ و یا بیشتر، بهترین عملکرد را دارد که با غشای CA بدون صدمه زدن به غشا، ممکن نخواهد بود.



شکل ۴-۱۳- گرفتگی فیزیکی جریان در مسیرهای بین لایه های غشا

○ باکتری آهن

باکتری هایی که در فرایند سوخت و سازشان از آهن استفاده می شود ، روش تمیز کاری ویژه- ای را نیاز دارند توده بیولوژیکی آلی تمایل دارد از آهنی که بین باکتری ها حضور دارند، محافظت نمایند آهن تمایل دارد توده بیولوژیکی با یکدیگر را نگه داشته و در مقابل محلول های تمیز کاری ، از آن محافظت نماید.

محلول سدیم اتیلن دی آمین تتراستیک اسید (EDTA) در pH بالا تمایل دارد که تا حدی در زدودن آن موثر باشد EDTA با آهن، ضمن پیوند، ایجاد حلقه می کند و pH بالا، باعث شکسته شدن توده آلی خواهد گردید. ممکن است لازم باشد که عملیات تمیز کاری چندین بار انجام شود .

ابتدا با یک ماده شیمایی مناسب، برای زدودن آهن، تمیز کاری انجام میشود و بعد از شستشو با یک محلول تمیز کاری قلیایی؛ کار ادامه می یابد تا اثر بخشی مطلوب به دست آید که غالباً از تمیز کاری

قبل، موثرتر است عامل احیا کننده در محلول از بین برنده آهن، آهن را جدا میکند طوری که به محلول قلیایی اجازه میدهد که ماده آلی را به طور موثرتری تجزیه نماید در اکثر مواقع ، یک بار عبور مواد تمیزکننده شیمیایی ؛ می تواند کافی باشد .

○ روغن و گریس

در کاربرد تصفیه پساب RO ، همانند مواقعی که در شستشوی خودرو و کامیون پیش می آید، این امر، پدیده ای عادی و معمولی است که در المان های غشایی سامانه RO از روغن و چربی حاضر در آب آلوده شده ، فولینگ ایجاد شود این گونه مواد، بسیار آب گریز هستند، بدین معنا که آن ها نمی توانند با محلول های پایه آبی، اثر متقابل خوبی داشته باشند. برای تمیزکاری آن ها معمولاً به محلولی به شدت قلیایی (البته در صورت سازگار بودن با غشا) و غلظت بالای ماده فعال کننده سطحی نیاز خواهد بود میزان بالای PH، محلول را قادر می سازد که بعضی از روغن ها و چربیها به موادی که طبیعتاً قابل انحلال هستند، تجزیه شوند ماده فعال کننده سطحی، باقیمانده مواد را نامیزه (به صورت تعلیقی) کرده و ذرات ریز و پایدار، به صورت قطرات معلق درمی آیند (به عبارت دیگر کلوئید ها) که می توانند از سامانه شسته شوند .

○ فولینگ بسیار

ایجاد فولینگ توسط بسپارهای آلی با سامانه های RO غیر معمول نیست یک منعقد کننده کاتیونی ماده کمکی برای صاف کردن، ممکن است از صافیهای واسطه در سامانه پیش تصفیه عبور نماید

یک ماده بازدارنده از تشکیل رسوب ممکن است بیش از حد معمول، تزریق شود طوری که از حلالیت آن فراتر رود.

ممکن است در یک آب خوراک، آهن وجود داشته باشد جایی که بازدارنده رسوبات بسیار(به صورت همگن) تزریق شود و سبب گردد که ماده بازدارنده تشکیل رسوب همراه با آهن، از محلول، جدا شده؛ ته نشین گردد.

بسیارها از نظر شیمیایی ترکیباتی پایدار هستند این، بدان معناست که اغلب محلول های تمیزکاری اثر خیلی مشخصی روی آن ها نخواهند گذاشت. ممکن است بصورت بیولوژیکی ترکیب بسیار را تجزیه نمود. اگرچه چنین عملیاتی معمولاً در صنایع سامانه غشایی متداول نیست، زیرا به زمان تماس بسیار طولانی نیاز دارد. محلول های با غلظت بالای سدیم کلرید میتوانند روی بعضی از بسیارهای معین، تأثیری را داشته باشند.

یک روش که دارای موفقیت هایی بوده، شامل گردش یک محلول حاوی غلظت بالایی از ترکیب فسفات ها و ارگانوفسفات ها(فسفونات های آلی) است. این محلول اثر سریعی برای تمیزکاری ندارد اما به سادگی با فولینگ واکنش می دهد.

اغلب، نتیجه این روش در سامانه اسمز معکوس RO، عملکرد خوبی ندارد به هر حال، اگر بعد از شستشو، این فرایند تمیزکاری با استفاده از یک محلول تمیزکاری قلیایی استاندارد ادامه داده شود (EDTA به عنوان یکی از اجزای آن توصیه میگردد) ترکیب همتافت بسیاری می تواند زایل شده و تمیز گردد.

۴-۶-۴- پاکسازی رسوبات

۴-۶-۴-۱- محلول های تمیز کاری

چگونگی استفاده از یک محلول تمیز کاری به همان اندازه خود محلول، از اهمیت برخوردار است. دمای بالاتر در عملیات تمیز کاری و شدت های جریان تاثیر پذیری هر نوع از محلول تمیز کاری را افزایش می دهد. با توجه به اینکه تمیز کاری غشا میتواند کار بسیار پر زحمتی باشد، لازم است که از هر امکانی به منظور تاثیر پذیری بیشتر عملیات تمیز کاری استفاده نمود. در ادامه به انواع محلول های پاکسازی اشاره شده است:

الف) محلول تمیز کاری اسیدی غشای CA- یک محلول اسیدی تمیز کاری که به طور معمول در صنایع RO برای تمیز کردن لایه های رسوبی سبک از غشاهای CA استفاده می شود، دارای فرمول بندی زیر است:

- سیتریک اسید (۲٪)

- تری تن-۱۰۰ X (۰/۱٪)

- تنظیم pH روی ۲/۵ با افزایش آمونیوم هیدروکسید (NH_4OH)

توجه: تری تن-۱۰۰ یک ماده فعال کننده سطحی غیر یونی است که با غشاهای فیلم نازک PA سازگاری ندارد. غشاهای PA دارای ماهیت بار آنیونی هستند، بنابراین از این ماده نباید برای تمیز کاری فیلم نازک چند سازه المان های غشایی آن ها استفاده نمود.

ب) محلول تمیز کاری اسیدی غشای PA - محلول زیر را می توان برای تمیز کاری رسوبات کربناتی و آن سبک از غشای PA به کار برد.

- سیتریک اسید (۲٪)

- تنظیم pH با سدیم هیدروکسید (NaOH) در حد ۴

ج) محلول تمیز کاری قلیایی غشای CA - از یک نوع متداول مورد استفاده محلول تمیز کاری

که به منظور زدودن فولینگ مواد آلی از المان های غشا بکار می رود ، به شرح زیر است :

- تری سدیم فسفات (TSP)
- سدیم تری پلی فسفات (STPP) را می توان جایگزین آن نمود
- برای تری سدیم فسفات
- سدیم اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) (پودر) ۰/۸٪
- تربتون X۱۰۰ (مایع ۳۹٪) ۰/۱٪ یا ۰/۲٪
- تنظیم PH با استفاده از سولفوریک اسید (H2SO4) یا هیدروکلریک اسید (HCL) در

حد ۷

این محلول با غشای فیلم نازک PA سازگار نیست.

د) محلول تمیز کاری قلیایی غشای PA - محلول تمیز کاری زیر برای زدودن فولینگ های آلی

از سامانه غشای PA موثر است .

- سدیم تری پلی فسفات STPP (۰/۱٪)
- تری سدیم فسفات (TSP) (۰/۱٪)
- سدیم اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) (۰/۱٪)

ه) محلول های تمیز کاری اختصاصی - محلول های تمیز کاری که به صورت تجاری قابل

دسترس اند برای مواد مولد فولینگ معینی ساخته شده اند بسیاری از این محلول ها از قبل برای بهترین

pH به صورت محلول بافر تهیه شده اند . در صورتیکه از مواد شیمیایی تمیز کننده به مقدار زیادی استفاده

شود، احتمال محدودی برای صدمه خوردن به غشا وجود دارد بعضی از مواد فعال کننده سطحی خاصی که در فرمول بندی تهیه محلول ها به کار میروند تاثیر بسیاری بالایی در قدرت مرطوب کنندگی و در نتیجه معلق شدن فولینگ مورد نظر دارند محلول های تمیزکاری اختصاصی از فرمول بندی های دیگر برای فولینگ هایی که سخت تر تمیز می شوند، موثرند هستند این محلول ها، قبل از استفاده باید از طرف شرکت سازنده غشا مورد تایید قرار گرفته باشند .

۴-۶-۲- دستورالعمل شستشوی رسوب و حذف گرفتگی ها

دو اثر عبور آب خالص از غشا، آب دور ریز با غلظت زیاد (که قادر به عبور از غشا نیست) در پشت غشا باقی می ماند. همزمان عبور آب از میان هر المنت، غلظت املاح آب تغلیظ شده در غشا افزایش می یابد و یا انجام این کار، امکان دارد که غلظت بعضی از نمک های حل شده به حد حلالیت شان برسد و رسوب تشکیل شود. اگر نمک ها بروی سطح غشا رسوب کنند، کارآیی غشا تحت تاثیر قرار می گیرد.

جلوگیری از سیستم یکی از بخش های مهم در بهره برداری از سیستم RO است. پس از مدتی استفاده و بهره برداری از سیستم غشاها دچار آلودگی می شوند (ذرات کلوئیدی، بیوفیلیم و) که این آلودگی ها (گرفتگی ها) توسط سطح غشا جذب شده و اختلالاتی را در غشا ایجاد می کند، در نتیجه کارآیی سیستم را کاهش می دهد که این امر یک خطر جدی برای سیستم محسوب می شود. لذا سیستم نیاز به پروسه پاکسازی دارد.

پاکسازی برای سیستم RO زمانی شروع می شود که گرفتگی ها از زیر را در سیستم داشته باشد؛
(۱) سرعت زمان جریان ۱۰٪ کاهش یابد، و یا (۲) فشار در غشا ۱۵٪ کاهش یابد. در ادامه نمونه هایی از
فرآیند پاکسازی توضیح داده شده است:

○ پاکسازی رسوبات سولفات

پاکسازی رسوب سولفات فرآیندهای متفاوتی وجود دارد که زود نمی توان آن را یافت و
احتمال موفقیت در پاکسازی و حذف scal بسیار کم است. اگر چندین بار پاکسازی و غوطه ور شدن در
محلول انجام شود ممکن است سیستم کارآیی خود را مجدداً به دست آورد. روند کار به شرح زیر است:

۱- با توجه به نوع غشا محلول ساخته می شود.

۲- محلول معرفی و به سیستم می وارد می شود .

۳- عمل بازیابی را به مدت ۳۰ دقیقه انجام می دهیم.

۴- المنت ها را برای مدت ۱-۱۵ ساعت در محلول غوطه ور می سازیم.

۵- پمپاژ با جریان زیاد

۶- بیرون کشیدن آب را با فشار

۷- تکرار

○ پاکسازی رسوبات کربنات

در جداسازی رسوبات کربنات کلسیم، برای تهیه محلول پاکسازی باید حرارت بالای 35°C داده شود و انواع پاکسازی کربنات کلسیم در دمای $20-25^{\circ}\text{C}$ پیش می رود. فرآیند پاکسازی زمانی به صورت کامل انجام می شود که pH محلول پاک کننده در جریان بازیابی تغییر نکند.

رسوبات کربنات کلسیم به راحتی در محلول های پاک کننده اسیدی با آزاد کردن دی اکسید کربن حل می شود و این آزمایش را می توان با ایجاد حباب با کف حاصل شده از واکنش مشاهده کرد. فرآیند پاکسازی شامل مراحل زیر است:

- ۱- با توجه به نوع غشا محلول ساخته می شود.
- ۲- محلول معرفی و به سیستم می وارد می شود.
- ۳- بازیابی: این عمل ۱۰ دقیقه است. تا زمانی که تغییر رنگ در محلول مشاهده نشود. اگر در جریان فرآیند بازیابی محلول تغییر رنگ داد باید محلول جدید دیگری جهت پاکسازی ساخته شود و مجدد مرحله ۲ تکرار شود pH محلول را بایستی به نحوی نگه داشته شود که عمل پاکسازی مؤثر باشد.
- ۴- غوطه ور سازی در محلول؛ در رسوبات کم سیستم این عمل حدود ۲-۱ ساعت کافی است. در صورتی که رسوب سیستم مقاوم باشد نیاز به زمان بیشتری خواهد بود.
- ۵- پمپاژ با جریان زیاد
- ۶- بیرون کشیدن آب را با فشار
- ۷- تکرار

○ پاکسازی گرفتگی آهن

- ۱- با توجه به نوع غشا محلول ساخته می شود.
- ۲- محلول معرفی و به سیستم می وارد می شود.
- ۳- بازیابی
- ۴- غوطه ور سازی در محلول؛ در صورتی که از محلول هیدرو سولفیت سدیم ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) جهت پاکسازی استفاده شود باید زمان طولانی تری نسبت به دیگر محلول ها این عمل را انجام داد زمان غوطه ور سازی بستگی به مقاومت گرفتگی دارد. معمولاً ۲-۴ ساعت ادامه می یابد.
- ۵- پمپاژ با جریان زیاد
- ۶- بیرون کشیدن آب را با فشار
- ۷- تکرار

○ پاکسازی گرفتگی بیولوژیک

- ۱- با توجه به نوع غشا محلول ساخته می شود.
- ۲- محلول معرفی و به سیستم می وارد می شود.
- ۳- بازیابی
- ۴- غوطه ور سازی در محلول
- ۵- پمپاژ با جریان زیاد
- ۶- بیرون کشیدن آب را با فشار
- ۷- تکرار

○ پاکسازی گرفتگی رسوبات ارگانیک

فرایند خاصی برای فرآیند پاکسازی سیستم از فولینگ باقیمانده های آلی (Organic fouling) مثل هیومیک فولینگ اسید، آنتی اسکالانت ها و با روغن ها ایجاد می شود، وجود دارد. پاکسازی فولینگ های ایجاد شده توسط مواد آلی و شامل ۸ مرحله می باشد که ۶ مرحله اول در محلول های پاکسازی با pH بالا (قلیایی) پیش می رود و سپس با محلول پاکسازی pH پائین (اسیدی) ادامه می یابد.

۱- با توجه به نوع غشا محلول ساخته می شود.

۲- محلول معرفی و به سیستم می وارد می شود.

۳- بازیابی؛ این عمل به مدت ۳۰ دقیقه انجام می دهیم. اگر محلول تغییر رنگ داد بایستی یک محلول جدید تهیه کرد.

۴- غوطه ور سازی در محلول

۵- پمپاژ با جریان زیاد

۶- بیرون کشیدن آب را با فشار

۷- ۶ مرحله قبلی را با محلول اسیدی (pH پائین) انجام می دهیم.

۸- تکرار

برای تأثیر بیشتر عملیات پاکسازی ، دمای محلول پاکسازی باید بالای 25°C باشد. بالا رفتن دمای محلول به رفع (دفع) مواد آلی از سطح آنها کمک خواهد کرد. برخی مواد آلی مثل روغن ها به سختی رفع می شوند، برای رفع چنین موادی باید عمل غوطه ور سازی در محلول با زمان های متفاوتی تست کنیم تا اثر مطلوب بدست آید.

۴-۷- دستورالعمل های رفع مشکلات سامانه های RO

۴-۷-۱- دفع نمک

دفع نمک، محتمل ترین پارامتر قابل مشاهده در سامانه های اسمز معکوس است. نه تنها یک شناسه برای عملکرد غشای RO است؛ بلکه مستقیماً کیفیت آب خروجی RO را تحت تاثیر قرار میدهد و هرگاه دفع نمک در RO، کاهش یابد؛ به سرعت مورد توجه قرار می گیرد. کاهش دفع نمک در مقطع سر غشای RO یکی از معمول ترین و قابل مشاهده ترین علایم آشفته کننده است که توسط روش های RO مشاهده شده اند.

کاهش درصد دفع نمک، ممکن است توسط تغییرات دیگری در شناساگرهای عملیات RO مثل سرعت جریان مجاز نرمال شده (تصحیح شده) یا اختلاف فشار (فشار خوراک منهای فشار جریان غلیظ) همراه باشد و یا اینکه نباشد. این امر وابسته به آن است که چه چیز علت تغییر در عملکرد غشا می گردد. مطمئناً، افت دفع نمک که به طور همزمان با کاهش شدت جریان محصول نرمال شده رخ می دهد و یا افزایش افت فشار نرمال شده احتمالاً رخ می دهد، به این معناست که افت دفع نمک به تشکیل فولینگ یا رسوب مربوط است.

المان های غشای اسمز معکوس مطابق با توانایی دفعشان برای نمک محلول، از نظر سرعت، طبقه بندی می شوند درصد دفع نمک به درصد نمکهایی که توسط غشای RO با عبور آب محصول از آن، دفع می شود، مربوط است.

با فاسد شدن یا کثیفی المان های غشای RO، درصد دفع نمک، تحت تاثیر قرار می گیرد بیشتر مواقع کاهش می یابد با وجود این، آلودگی های خاصی می توانند به صورت یک غشای دینامیکی در روی سطح واقعی غشا عمل کنند و درصد مشاهده شده دفع نمک را افزایش دهند

دفع نمک می تواند با فشار جدید افزایش یابد غشاهای جدید ممکن است دارای عیوب اندکی باشند که آلوده کننده ها می توانند در طی روزهای آغازی عملیات، آن را مسدود نمایند با بسته شدن نواقص، دفع نمک بهبود می یابد (۱۵).

درصد دفع نمک می تواند به طور پیوسته با دستگاه آنالین، ردیابی گردد. اندازه گیری صحیح طبق تعریف، شامل غلظت مواد آلی غیرقابل صاف شدن نیز میگردد با وجود این معمولاً TDS به صورت درجا با اندازه گیری رسانایی الکتریکی آب تعیین می شود دستگاه اندازه گیری مقدار قرائت شده را توسط نسبت رسانایی یک نمک خاصی به TDS تبدیل میکند از آنجا که بیشتر ترکیبات آلی محلول، به طور محسوسی بر رسانایی الکتریکی خوانده شده تاثیر نمی گذارند؛ معمولاً از تداخل آن ها بر روی TDS و دفع نمک، صرف نظر می کنند.

یون های دو ظرفیتی، بهتر از یون های تک ظرفیتی دفع می شوند. مشخصات دفع نمک در سامانه های اسمز معکوس با منابع آبی دارای غلظت بیشتری از یون های دو ظرفیتی؛ نسبت به یون های تک ظرفیتی؛ بهتر است. معلوم شده سامانه هایی که از تزریق سولفوریک اسید برای کنترل استفاده میکنند، بطور کلی، دفع نمک بهتری را نسبت به سامانه هایی که از تزریق هیدروکلریک اسید استفاده می نمایند، دارند. یون های سولفات در سولفوریک اسید دو ظرفیتی اند، درحالیکه یون کلرید در هیدروکلریک اسید تک ظرفیتی خواهد بود. هرگاه که کاهش درصد دفع نمک مورد توجه باشد، اپراتور بایستی مراحل زیر را مورد توجه قرار دهد:

الف) کنترل واسنجی ابزار دقیق

واسنجشهای تجهیزات ابزار دقیقی اولین موضوعی است که در هر عملیات از کار افتادگی، کنترل می شود در یک سامانه RO کاهش دفع نمک ، در ابزار دقیق مستقر است می توان در شرایطی که نتایج غلط در عملیات کاری یک تجهیز خارج از محدوده ، تعریف شده باشد ، یک آژیر غلط باشد و نیز حتی می تواند موجب کاهش دفع نمک گردد گمراهی بیشتر در وضعیت دستگاهی ، باعث می گردد که اهمیت بیشتری در حفظ واسنجش به عمل آید .

○ سنجه های رسانایی و درصد دفع نمک

برای آنکه اطلاعات مورد نیاز جهت تعیین درصد دفع نمک یک واحد RO به دست بیاید، باید خواندن رسانایی حاصل از جریانهای خوراک و محصول در دسترس باشند این کار، معمولاً به طور بر خط صورت می پذیرد یا با دو دستگاه رسانایی سنج یا با یک دستگاه و دو ردیاب انجام می گیرد خروجی بر حسب میکروموس بر سانتی متر (یا میکرو زیمنس بر سانتی متر) بیان می شود این داده ها سپس می توانند برای محاسبه درصد دفع نمک برای رسانایی استفاده شوند. دستگاه اندازه گیری آنلاین TDS ، رسانایی آب را اندازه گرفته و سپس آن را به TDS تبدیل می کند.

دستگاه اندازه گیری دفع نمک خطی به طور الکترونیکی محاسبه درصد دفع نمک را بر اساس مقادیر TDS که از نتایج رسانایی سنجی به دست آمده و معکوس شده، انجام میدهد .

ارقام حاصل از خواندن TDS خوراک و محصول از سنجه دستی ، ممکن است با ارقام ناشی از قرائتهای سنجه بر خط، همگونی نداشته باشند امکان دارد تغییر قرائتهایی اتفاق بیفتد زیرا هر دستگاه ابزار دقیق ممکن است نسبت بین رسانایی و TDS را که بر اساس یون های مختلف یا محلولهای نمکی باشند،

مورد استفاده قرار دهد (یکی ممکن است با محلول سدیم کلرید واسنجیده شود، درحالیکه دیگری با محلول کلسیم کربنات واسنجیده گردد که در رسانایی و نسبت غلظت ها تفاوت دارند). اما این امر ، مسئله مهمی نیست زیرا خیلی از تغییرات ، در محاسبات درصد دفع نمک ، حذف خواهند شد .

در صورت بروز مغایرت ، دستگاه اندازه گیری بر خط همراه با دستگاه های کار محفظه سازنده ، مجدداً واسنجیده می گردد قبل از واسنجش مجدد؛ ردیاب ، از لحاظ مواد خالی تجمع یافته برروی آن که ممکن است بر روی مقدار خوانده شده اثر بگذارد ، بازرسی می شود. همچنین بررسی می گردد که با ردیابی ها مطابق با مشخصات سازنده به خوبی ، جاسازی شده اند ردیاب هایی که به خوبی مستقر نشده باشند ممکن است حبابهای هوا را گیر انداخته یا آب کافی برای چرخش از ردیاب را در اختیار نداشته باشند .

○ جریان سنج ها

شاید عمده ترین مورد واسنجشها که در سامانه آب نادیده گرفته می شوند ، جریان سنجها باشند در طی نصب، اگر سرعت جریان خوانده شده منطقی به نظر آید ، اغلب فرض می شود که دقیق باشد، هرگز مطابقتی انجام نمی گیرد مگر آنکه عیبی به وجود آید. واسنجش جریان سنج در سامانه RO فوق العاده مهم است اندازه گیری صحیح سرعت های جریان محصول و غلیظ برای عملکرد موفق سامانه ، حیاتی است . به عنوان مثال ، سرعت جریان غلیظ ممکن است مستقیماً سرعت گرفتگی و تشکیل لجن در اجرای غشا را متاثر نماید .

سرعت جریان عادی شده وضعیت اشباع پارامتری بحرانی ، صرفاً برای مشاهده است تا منحنی گرفتگی و فسادپذیری غشا، تعیین شود. عدم دقت یک جریان سنج می تواند تغییر عملکرد غشای RO را به طور اغراق آمیز نشان داده و یا مستتر نماید .

غالباً از نشان دهنده های جریانی که یک مبدل نوع پارویی چرخنده را به کار می گیرد ، در صنایع تصفیه آب استفاده می شود یک روش برای واسنجش این جریان سنجها آن است که بخش حسگر پارویی چرخنده را بطور الکتریکی از سنجه قطع نمود و یک سیگنال الکتریکی را به سنجه وارد کرد .

پاروهای چرخنده ممکن است انعکاسی صحیح از سرعت جریان درون لوله نباشند زیرا تلاطم و مشکلات متعدد دیگری را همراه دارد . ممکن است به واسطه شدن جریان ها نوسان داشته باشند و یا قسمتهای آن ها پوشیده شده باشد این موارد هنگامیکه واسنجش به روش شرح داده شده در بالا به کار گرفته می شود ، نادیده گرفته شده اند .

دو روش واسنجش دیگر با دقت بیشتر وجود دارند یکی روش پر شدن ظرف با زمان گیری است. با این روش، جریان آب به یک ظرف با حجم معین آب هدایت می شود(ظرف بزرگ تر، دقت بیشتری را می دهد) چرخه آب رسانی روشن و به زمین یا محل تخلیه ای هدایت می شود تا آنکه جریان سنج حالت پایداری را نشان دهد سپس آب ، به ظرف هدایت میگردد و زمان پر شدن تا حجم معین اندازه گیری می شود حجم برحسب گالن بر زمان برحسب دقیقه تقسیم می گردد تا سرعت جریان واقعی برحسب گالن بر دقیقه به دست آید این کار بایستی چند بار به منظور رسیدن به دقت بیشتر ، تکرار گردد.

چنانکه تغییرات اندک باشد ، از مقادیر متوسط گرفته می شود .

جریان سنجها هنگامی که عملیات ، نزدیک به میانه دامنه کاری شان می رسد ، دقت بیشتری دارند بنابراین ، هم در طی واسنجش و هم عملیات، بایستی تلاش به عمل آید تا پایش عملیات ؛ نزدیک به میانه دامنه موثرش باشد .

جریان سنج محصول RO یکی از ردیف ها توسط روش پر شدن ظرف با زمان گیری، واسنجیده می گردد و سه ردیف دیگر از کار افتاده و شیرها چنان تنظیم می شوند که تمامی جریان محصول از اولین RO از طریق یکی از یون زدهای مقدماتی عبور کند .

راه سریع جهت مشخص نمودن قرائتهای سازگاری شدت جریان و TDS ، انجام محاسبات موازنه جرمی است این امر بر اساس اصلی است که شدت جریانی که در آن ، یک جسم ، وارد فرایند پیوسته و موازنه شده ، می گردد ، بایستی با شدت جریانی که جسم در فرایند دارد ؛ مساوی باشد زیرا جرم ، نه می تواند ایجاد شود و نه از بین برود (به جز در یک واکنش اتمی) این امر برای شدت جریان آب واقعیت دارد و بدان معناست که شدت جریان خوراک ، حتی اگر تعدادی از جریان های موجود در داخل سامانه به صورت بازچرخش باشند ، بایستی با مجموع شدت جریان های محصول و غلیظ مساوی باشند . این امر همچنین برای جرم کل (وزن) جریان مواد جامد حل شده موجود در جریان ها ، همچنین برای جریان جرمی هر یون تکی موجود در جریان ها؛ واقعیت دارد .

جرم مواد جامد حل شده موجود در یک جریان ، با ضرب نمودن رقم غلظت مواد جامد و مقدار TDS ، در شدت جریان آبی که مواد جامد در آن حل شده اند ؛ قابل محاسبه است. به عنوان مثال، جریان خوراک RO به میزان ۱۰۰ gpm با TDS بمقدار ۵۰۰mg/L (ppm) ، دارای شدت جریان مواد جامد به شرح زیر خواهد بود :

$$\begin{aligned} & 100 \text{ gallons/min} \times 500 \text{ mg/lit} \times 3/785 \text{ lit/gallons} \\ & = 189/000 \text{ mg/min (189 g/min)} \end{aligned}$$

مجموع شدت جریان مواد جامد موجود در سامانه، در جریان های محصول و غلیظ البته اگر دستگاه های ابزار دقیقی، به طور دقیق، خوانده شوند؛ بایستی مساوی این مقدار باشند.

مادامی که واحدهای اندازه گیری به کار رفته، سازگار باشند، ایجاد مشکلی نمی کند زیرا آنها از معادله حذف خواهند شد اگر ماده مولد فولینگ در سمت راست معادله، خیلی بیشتر از مقدار سمت چپ باشد، این بدان معناست که جریان سنج محصول یا غلیظ، اعداد بالایی را میخواند و یا اینکه جریان سنج خوراک یا TDS اعداد خیلی پایینی را می خواند.

برای دقیق بودن این معادله، بایستی مقادیر واقعی TDS به کار رود. رسانایی ها نمی توانند مستقیماً جایگزین شوند آن ها بایستی در ابتدا، با به کار بردن نسبت های معلوم بین TDS و رسانایی، برای هر جریان، به طور دقیق به مقادیر TDS تبدیل شوند. غلظتهای یون خاص به جز در مورد آن هایی که می توانند تغییر شکل دهند (مثل یون بی کربنات HCO_3^-)، می توانند در معادله به کار روند.

هنگامی که بیشتر از یک کارور داده های جریان سنجها را میخواند، یک روش توافق شده بایستی برای خواندن جریان سنجها اعمال شده باشد چنانچه در RO از سنج های دیجیتال که قرائت ها در حد زیادی نوسان می کنند استفاده می شود، نحوه تفسیر خواندن، تغییرات بارزی را در پی دارد یک روش، آن است که سنج را برای مدت یک دقیقه نگاه کرده و بزرگ ترین عدد جریان خوانده شده در این مدت را یادداشت نمود بعضی از جریان سنجهای دیجیتالی می توانند چنان اصلاح یابند که از اعداد در یک مدت زمان طولانی تر و قبل از نمایش اعداد، متوسط بگیرد.

○ حسگرهای فشار

اندازه گیری های صحیح دما برای عملیات موفق در سامانه RO بسیار اهمیت دارند اندازه گیری آنها برای ردیابی کردن تشکیل جرم در سطح غشا یا در کانال های جریان المان غشایی اهمیت دارد عدم دقت در خواندن فشار ، به طور مستقیم در محاسبه سرعت جریان محصول عادی شده، تاثیرگذار خواهد بود .

اگر از فشار سنجهای مکانیکی استفاده شود، دقتشان بایستی بطور دوره ای با استفاده از یک فشار سنج واسنجیده، بازرسی گردد حسگرهای فشار الکترونیکی به طور بالقوه دقت بالاتری دارند با این حال در معرفی نوسانات حسگر و صدمات حاصل از ارتعاش پمپ های فشار بالا و صنایع دیگر، قرار دارند . برای جلوگیری از نصب حسگرهای فشار الکترونیکی به طور مستقیم بر روی چند راهه های فولاد ضد زنگ فشار بالا در محل هایی با ارتعاش شدید ؛ تاکید شده است جهت کاهش تاثیرات ارتعاش و آلودگی ، حسگر بایستی به صورت از راه دور ، نصب و به یک لوله فشار بالا با طول یک چهارم اینچ از جنس فولاد ضد زنگ یا لوله نایلونی فشار متصل گردد .

محل قرار گیری مبدل های فشار برای اندازه گیری مفید داده های عملیاتی بسیار حیاتی است محل های نمونه گیری نبایستی در مجاورت جریان رو به پایین شیرهای کنترل و یا هر نوع دیگری از محدودکننده های جریان ، قرار داشته باشند زیرا می توان اثر نامطلوبی بر روی میزان خوانده شده بگذارد. یک فشارسنج واسنجیده که توسط اتصالات سریع نصب می گردد برای واسنجش حسگرهای فشار مفید خواهد بود یک دستگاه واسنجش قابل حمل می تواند برای واسنجش فشارسنج، مفید باشد برای فشار سنجهای معمولی می توان از دستگاه فشارسنج گراویتی برای واسنجش استفاده نمود با این روش فشار سنجهای مکانیکی به طور دقیق واسنجیده می شوند .

○ pH مترها

سامانه های اسمز معکوس برای محدوده معینی از آن pH طراحی می شوند. اگر خارج از این محدوده کار کنند، المان های شیمیایی ممکن است متحمل خرابی و یا گرفتگی شوند غشای سلولز استات در هنگامی که خارج از محدوده ۳ تا ۷ باشد بخصوص به آبکافت ، حساس خواهد بود . اغلب ، نتیجه با کاهش درصد دفع نمک همراه است .

pH سنجهای RO بایستی به طور منظم با استفاده از محلول های بافر با pH مشخص ، واسنجیده شوند چنانچه سامانه RO با یک خوراک اسیدی کار کند ، محلول بافر با مقدار ۷ بایستی برای صفر کردن دستگاه استفاده شود و یک بافر با مقدار عددی ۴ بایستی برای تنظیم مفید به کار رود .

دما- تغییرات اندک دمای آب خوراک اثر قابل ملاحظه ای بر درصد دفع نمک در یک RO نمی گذارد خواندن دما به واسطه آنکه برای تعیین سرعت جریان محصول عادی استفاده می شود ، مهم است دقت در خواندن دمای آب خوراک بایستی بطور منظم توسط یک دماسنج آزمایشگاهی ، مورد بررسی قرار گیرد .

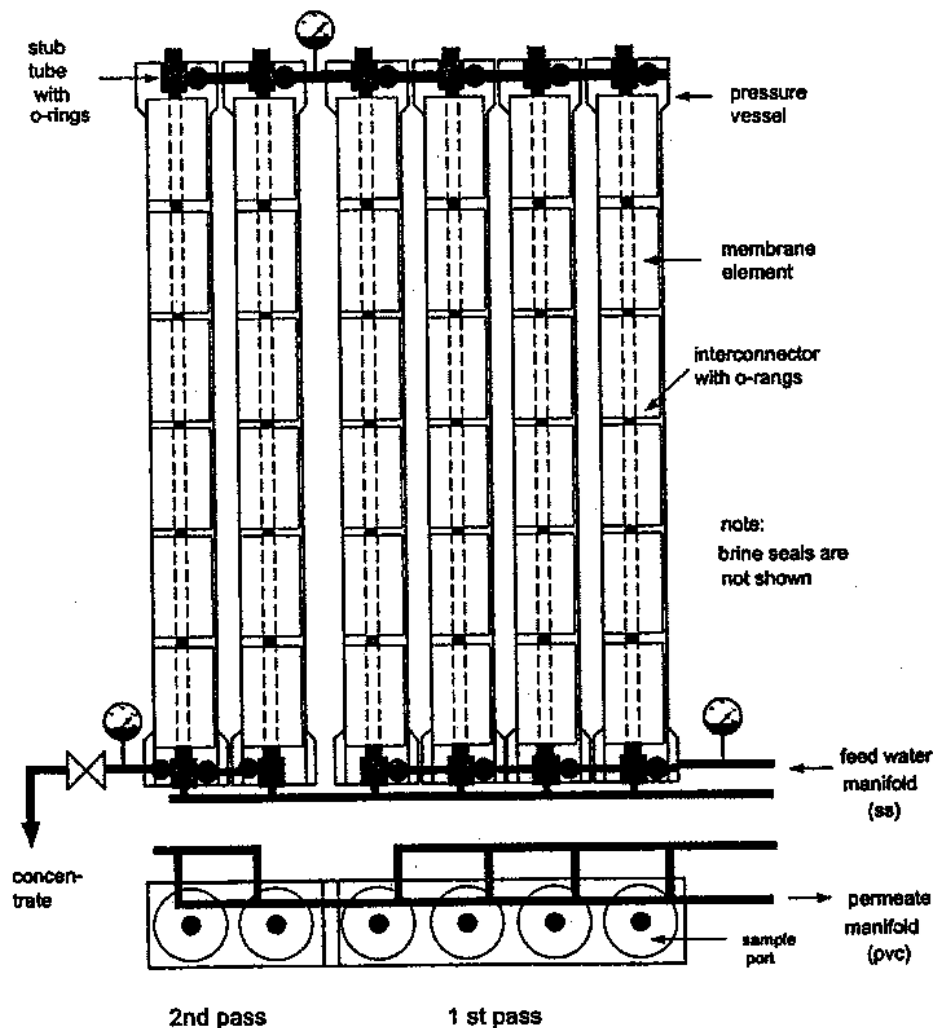
با واسنجش دستگاه های واحد RO، تطابق بیشتری در صحت داده های عملیاتی ایجاد می گردد اگر هنوز کاهشی در دفع غشا رخ بدهد ، پس این نقص را بایستی در سامانه غشای RO، بررسی کرد.

ب) مجزا نمودن محل کاهش دفع

کاهش یا دفع نمک ممکن است یا به صورت یکنواخت در کل سامانه باشد و یا اینکه محدود به دو قسمت جلو یا انتهای سامانه گردد غالباً محدود به یک یا چند مدول می شود محل این کاهش ، به روش های زیر میتواند مجزا گردد:

○ کنترل مقادیر TDS محفظه تکی

المان های غشایی RO از یک سری ظروف لوله ای (محفظه ای) که از طریق لوله های فشار پایین و بالا به یکدیگر مرتبط شده اند، تشکیل گردیده است یک سامانه با طراحی خوب شامل یک محل نمونه گیری است که در جریان محصول در هر محفظه واقع شده است جهت اندازه گیری مقادیر TDS هر محفظه، آب گرفته شده از هر محل نمونه گیری، آزمایش می شود تا مقدار مواد جامد حل شده آن توسط TDS قابل حمل یا رسانایی سنج؛ به دست آید. به عنوان مثال در آرایش (۴:۲) اگر درصد کل دفع نمک ناگهان از ۹۳/۴ به ۹۲/۳ افت نماید، پس وضعیت TDS ممکن است به این صورت باشد:



شکل ۴-۱۴- سامانه RO در آرایش ۴:۲. محل نمونه گیری و امکان مجزا نمودن دفع نمک ظروف تکی

جدول ۴-۵- برش TDS محفظه تکی در آرایش 4:2

برش TDS محفظه اولین مرحله	
شماره محفظه	TDS محصول (ppm)
۱	۲۵
۲	۲۲
۳	۲۹
۴	۲۰
برش محفظه-دومین مرحله	
شماره محفظه	TDS محصول (ppm)
۵	۱۶
۶	۱۴

یک مشکل واضح در محفظه شماره ۳ در مرحله اول آرایش شده وجود دارد، TDS آن به طور قابل ملاحظه ای بیشتر از محفظه شماره ۱، ۲ و ۴ همان مرحله است این داده ها به کاهش درصد دفع نمک به دلیل مشکلی که در محفظه شماره ۳ وجود دارد، اشاره میکنند. هرگاه مشکل شناسایی حل گردد، درصد کل دفع نمک به حالت اولیه اش برخواهد گشت.

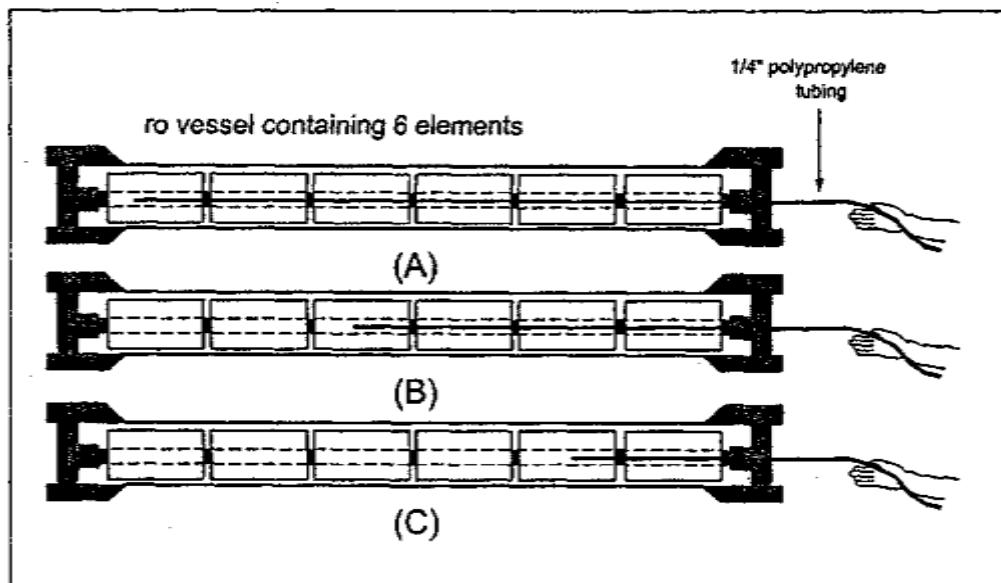
توجه شود که TDS جریان محصول در مرحله دوم محفظه ها بیشتر از مقادیر خوانده شده در مرحله اول خواهد بود این وضعیت، عادی است و دلیل آن، این است که محفظه های مرحله دوم، جریان غلیظ مرحله اول را دریافت می کنند. با وجود این، المان های مجزای مرحله دوم، همانند المان های مرحله اول، میتوانند درصد دفع نمک موضعی یکسانی داشته باشند. مرحله دوم دارای TDS بالاتری برای جریان محصول خواهد بود زیرا آب خوراک ویژه آن دارای TDS بالاتری است.

به عنوان یک روش نمایش عادی، مفید است که وضعیت TDS یک سامانه RO در هر ماه را به دست آورد. این کار به کاروز اجازه می دهد که داده های خط پایه را، هرگاه که کاهش درصد دفع

نمک وجود داشت ، برای هر محفظه به دست آورد. وضعیت جدید جهت مقایسه با داده های گذشته جهت تفسیر آسان تر ، می تواند به کار رود.

○ ردیابی محفظه ها در سامانه های حلزونی

در سامانه های حلزونی کاهش درصد دفع نمک به همراه مشکل محفظه ای با استفاده از روشی به نام ردیاب می تواند بیشتر مجزا شده باشد . ردیابی شامل قرار دادن یک لوله پلاستیکی یک چهارم اینچ در کل طول لوله های محصول المان های غشا خواهد بود . در شکل ۴-۱۵ این کار، می تواند با خارج کردن چند راه های لوله محصول از محفظه یا توسط خارج ساختن درب از انتهای مقابل آن انجام گیرد (چنانچه المان غشایی در این انتها توسط یک رابطه درونی با درپوش انتهایی وصل شده باشد).



شکل ۴-۱۵- ردیابی با قرار دادن یک لوله پلاستیکی در طول محفظه ی المان ها

در حالی که سامانه RO در غشاهای عملیاتی عادی (نرمال) کار میکند ، آب از جریان محصول محفظه های مورد بحث منحرف می گردد پس از قرار گرفتن لوله ، بایستی چند دقیقه اجازه داد تا لوله

شسته شده و فرصت برای به تعادل رسیدن سامانه RO داده شود. TDS/یا رسانای سنجی) نمونه جریان محصول از لوله، سپس با یک سنجه دستی اندازه گیری شده و داده ها ثبت می شوند این اندازه گیری TDS، آب محصول تولیدی توسط المان غشایی در آن محل را نشان می دهد. سپس لوله به سمت قطعه غشایی بعدی کشیده شده و نمونه دیگری گرفته می شود. نتایج وضعیت محفظه می تواند به صورت زیر باشد :

جدول ۴-۶- برش TDS محفظه شماره ۳

شماره المان غشایی	TDS محصول (ppm)
ابتدای بسته ۱	۲۵
۲	۲۲
۳	۲۶
۴	۲۰
۵	۳۸
قسمت انتهایی ۶	۵۴

این داده ها به خوبی نشان دهنده آن است که منبع کاهش درصد دفع نمک نتایج دو المان (شماره ۵ و ۶) واقع شده در قسمت انتهایی محفظه است .

ردیاب محفظه ای ، اجازه می دهد که شناسایی المان های غشایی که دچار مشکل شده اند ، معلوم گردند این روش، محدودیت دارد اما با این حال ، در آن بخشهای انحصاری که قرائت توسط جریان آب از بخشهای غشایی دیگر متاثر شده است ، لوله های محصولشان متصل شده اند. المانی که در یک سر محفظه قرار گرفته همچنین ممکن است تمامی جریان محصول از المان های دیگر محفظه را انتقال دهد اگر لازم باشد ، دقت بیشتری توسط آزمایش کردن المان ها به طور تکی به دست آید .

○ آزمایش المان ها به طور جداگانه

این آزمایش نیاز به استفاده از یک دستگاه آزمایش تکی دارد دستگاه آزمایش شامل یک ظرف است که تنها یک المان غشایی را پوشش می دهد و اجازه خواهد داد که یابنده مشکل ، فشار خوراک ، درصد بازیافت و pH آب (در بعضی واحدها) را تنظیم کند. تنظیم بازیافت به طور خاصی در به دست آوردن اختلاف فشاری که بتواند با المان های دیگر قابل مقایسه باشد، اهمیت دارد تنظیم صحیح بایستی از طریق سازنده مشخصات آزمایش به دست بیاید.

دستگاه آزمایش برای یک بخش تکی ، میتواند از پمپ فشار بالای مجزای خودش استفاده کند یا واحد می تواند در چند راهه آب خوراکی RO ، متصل شده باشد به طوری که پمپ RO سامانه بتواند مورد استفاده قرار گیرد . با آرایش اخیر، تنظیم دفعات تزریق شیر پمپ ، بایستی در موقع استفاده از دستگاه آزمایش ، کاهش یابد . اکنون که محل کاهش درصد دفع مجزا شده ، عیب یابی آن بسیار ساده شده است .

○ اجرای دفع یون تکی

اگر فشار رانش خالص (NDP) و مقادیر دمای آب تغییر نکرده اند ، شدت جریان دفع یون های تکی توسط غشای RO حتی هنگامی که آب جبرانی خوراک تغییر کند، نبایستی تغییر نماید افزایش در غلظت یون های یک ظرفیتی که بطور ضعیفی دفع میگردند (یون های با تغییر بار یک) به کاهش دفع نمک حتی از طریق غشای RO که در حال انجام خوب باشد ، منجر خواهد شد .

بنابراین ، دفع یون تکی می تواند جهت مشخص نمودن تغییر دفع نمک به کار رود زیرا جبران آب خوراک ممکن است تغییر نموده باشد اما برای بیشترین مقدار یون تکی ، بایستی مقادیر راه اندازی

جهت مقایسه در دسترس باشد پس بایستی به آسانی ملاحظه شود آیا افت نمک وجود داشته و حتی ایده ای از علت آن به دست آید .

دفع یون های دو ظرفیتی توسط غشای RO خیلی بیش از دفع یون های یک ظرفیتی است رابطه بین شدت جریان دو دفع ، بهترین ارتباط کار روی مقادیر درصد عبور است که مساوی (دفع %۱-) خواهد بود (تعریف شده بر حسب جزء) یونی که توسط غشای RO تا %۹۹ دفع می گردد ؛ درصد عبور $(100 \times (1 - \%99))$ را خواهد داشت .

به طور نمونه ، درصد عبور یون های یک ظرفیتی ، حدود سه برابر بیشتر از یون های دو ظرفیتی است اگر سدیم (Na^+) به میزان %۹۹ دفع شود (عبور %۱) ، کلسیم (Ca^{+2}) به میزان %۹۹/۶۷ دفع خواهد شد (عبور %۰/۳۳) این رابطه ، حتی اگر غشای RO در حال فاسد شدن باشد ؛ حفظ خواهد گردید این امر ، استفاده از دفع یون تکی را به عنوان وسیله بازرسی فساد غشا بر حسب نشتی مکانیکی در سامانه ، امکان پذیر می سازد مشکلاتی که منجر به نشت مکانیکی میگردد ، شامل عبور مستقیم خوراک /آب غلیظ به جریان محصول RO شامل اورینگ های شکسته اتصالات داخلی ، پارگی غشا یا نشتی خط چسب خواهد بود. اگر عبور سدیم در سامانه RO از %۲ به %۲/۵ و عبور کلسیم از %۰/۷ به %۱/۲ افزایش یابد ، این امر نشانه نشت مکانیکی است مشکل مرتبط به فساد غشا نتیجه افزایش در عبور کلسیم تا حداکثر %۰/۹ بر اساس افزایش عبور سدیم ، خواهد بود .

در حالاتی که سامانه های غشایی RO دچار مشکل تشکیل کلسیم کربنات ،روی سطح غشا شوند؛ می تواند به افزایش عبور، منجر گردد این امر چنانچه تمایلی به مشخص نمودن حضور کلسیم کربنات باشد ، می تواند کار خوبی باشد .

چنانچه تلاش جهت تعیین نشت مکانیکی باشد، این امر می تواند راهنمای بدی باشد. همچنین، دفع برخی یون ها به شدت توسط pH تحت تاثیر قرار می گیرد. این یون ها، نبایستی در آنالیز دفع یون تکی به کار روند. مثال هایی از یون هایی که در صورت نوسانات pH بایستی اجتناب شوند، شامل سیلیکای حل شده، بر، نیترات، بی کربنات و قابلیت کربناتی خواهد بود.

۴-۷-۲- علل و راههای جلوگیری از کاهش دفع نمک سر جلویی

سر جلویی یک سامانه RO، المان های غشایی خاصی را شامل می شود که طوری در سامانه واقع شده اند که آب خوراک ابتدا در عناصر محفظه ای وارد می شوند انتهای عقب سامانه، شامل المان هایی است که آب غلیظ سامانه را ترک می کند. بیشترین توجه بر آن است که فعالیت های صحیحی به عمل آید تا این علل نقص نا به هنگام جزء RO حذف شوند.

اکنون که محل کافی دفع RO مجزا گردیده، وظیفه عیب یاب، بسیار ساده شده است شبیه به علائم ناخوشی در بدن انسان، هرگونه اسمز معکوس علائم خاص خود را دارد. برای مثال، اگر یک سامانه RO در معرض مقدار زیادی از چند ماده شیمیایی در آب خوراک قرار گیرد، چند چیز می تواند اتفاق بیفتد ممکن است کاهش دفع نمک در قسمت جلو که غشا، در ابتدا، در معرض مواد شیمیایی است و یا در قسمت انتهایی که مواد شیمیایی به صورت غلیظ وجود دارند، به وجود آید. به چند علت، کاهش یکنواختی در سامانه غشایی رخ می دهد.

۴-۲-۱- عوامل کاهش دفع نمک

○ تزریق اسید اضافی

تزریق اسید در آب خوراک RO به طور نوعی دو دلیل دارد : اول اینکه از تشکیل رسوب کربنات در المان های فیلم نازک CA و PA جلوگیری شود و دیگر اینکه سرعت آبکافت غشا را کاهش دهد . در سامانه های غشای CA، تزریق مقدار صحیح اسید، حائز اهمیت است و غلظت بالای اسید بطور عجیبی سرعت آبکافت غشای CA را افزایش می دهد. این، یکی از معمول ترین عللی است که سبب خرابی در سامانه هایی می شود که از جهات دیگر ، به خوبی در حال کار هستند . اسید اضافی همچنین باعث خرابی سامانه غشایی نوع PA می شود اما غلظت های معمولاً بالاتر و یا مدت تماس بیشتری را می طلبد . آبکافت غشای CA فروریختگی طبیعی سلول استات است و همراه با کاهش دفع نمک غشا خواهد بود هرگاه که مطابق با راهنمای پیشنهادی سازنده غشا ، عمل گردد؛ آبکافت غشای CA، منجر به کاهش محسوسی در دفع نمک سامانه RO در طی عمر مفید غشا نمی گردد غلظت های زیاد اسید ، سرعت آبکافت را بیشتر می کند که می تواند منجر به کاهش محسوسی در دفع نمک گردد .

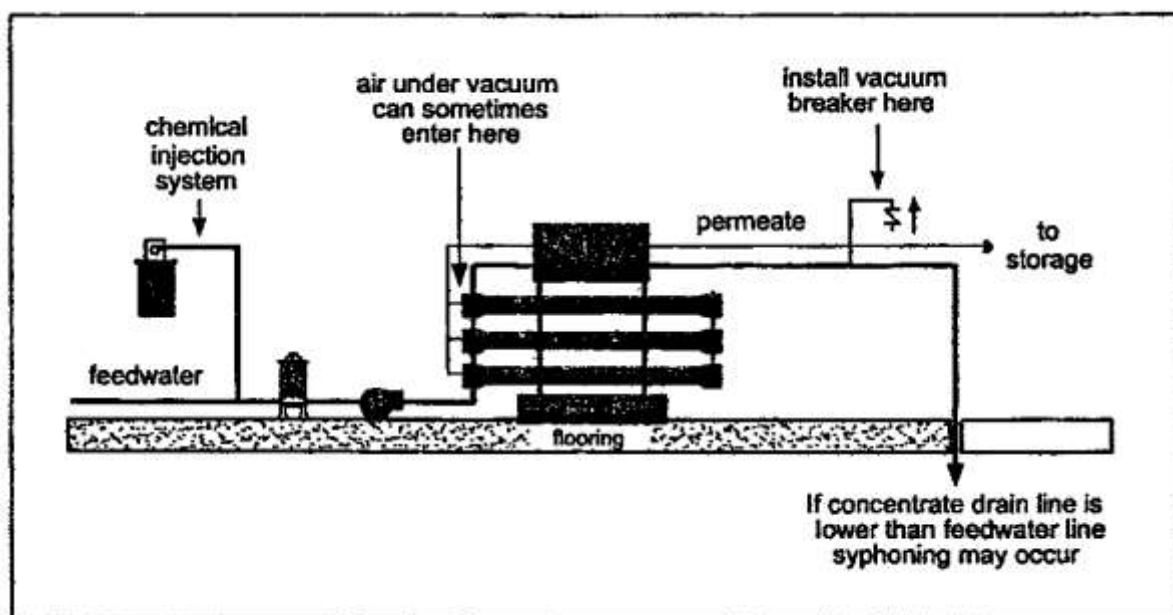
با حرکت اسید اضافی در یک سامانه RO از خوراک غلیظ ، یون های هیدروژن از میان غشا نفوذ می کنند وقتی چنین شود، pH جریان خوراک/غلظت افزایش خواهد یافت. عمده از کار افتادگی مربوط به اسید اضافی در آب خوراک است که در قسمت جلوی سامانه غشا که آب خوراک با pH پایین در ابتدا در تماس با المان های غشا قرار می گیرد ، رخ خواهد داد .

غلظت های زیاد اسید می تواند نتیجه تنظیم ضعیف سامانه کنترل تزریق باشد . دستگاه کنترل pH ممکن است کالیبره نباشد. بعضی مواقع نظرهای غیر مجاز به صورت غلط ، تنظیم کنترل ها را انجام

می دهند و یا شخصی ممکن است به طور اتفاقی به کنترل ها ضربه بزند. به این دلایل پیشنهاد می شود که تنظیمات کنترلی تنها توسط افراد مجاز، انجام شود.

در بعضی سامانه ها ممکن است پمپ RO فشار بالا، بدون اینکه به طور خود کار کلید قطع برق پمپ های تزریق اسید، از سرویس خارج شوند. در این صورت اسید اضافه ای می تواند به مسیر آب خوراک، تزریق شود تا RO از سرویس خارج گردد. با راه اندازی سامانه، انبوهی از اسید ممکن است از المان ها عبور کند.

یکی از عوامل تجزیه شده در خرابی ناشی از اسید المان های غشایی RO، پس از تعمیر شدن پمپ فشار قوی توسط کارور خواهد بود کارور برق RO را از طریق فیوز سریع واقع شده در واحد RO خاموش کرده بود در این حالت، پمپ های تزریق اسید توسط یک مسیر الکتریکی مجزا روشن شده و تا پمپ اسید ادامه یافت. کنترل های RO بایستی چنان سیم کشی شده باشند تا در صورت از سرویس خارج شدن سامانه RO بدون از سرویس خارج شدن سامانه های تزریق مواد شیمیایی، امکان پذیر نباشد. پمپ های تزریق که میتوانند به یک سیگنال پالس داخلی متصل شوند، بایستی در هنگامی که RO از سرویس خارج می گردند، کاملاً از برق قطع شوند. مسیر های لوله جریان غلیظ یا محصول، چنانچه نقاط خروجی شان زیر واحد RO است، عمدتاً مستقیم شده اند اگر این خطوط لوله، فاصله بیشتری را حرکت کنند و یا نکنند، مشکلاتشان اندک است تا زمانی که نقطه خط در معرض اتمسفر در زیر واحد قرار گیرد، خلأ در سامانه RO برقرار است تا زمانی که از سرویس خارج شود (شکل ۴-۱۶)



شکل ۴-۱۶- خط محصول و پسماند باید عمودی باشند تا از سیفون شدن مازاد مواد شیمیایی به داخل خوراک RO جلوگیری گردد. خلا حاصل با خلاشکن جبران می شود.

این خلأ ممکن است سبب تخلیه سامانه RO شود. همچنین ممکن است مواد شیمیایی تزریقی از رابط هایشان به درون سامانه سیفون شوند. این ها مواد شیمیایی ای هستند که یا در جریان بالایی یا پایینی واحد RO واقع شده اند. این سیفون کردن میتواند حتی اگر یک شیر یک طرفه، بخشهای RO را از مخازن روزانه تزریق مواد شیمیایی جدا سازد، رخ بدهند. مهم است که این خلأ، یا توسط شکننده خلأ یا با یک شیر یک طرفه معکوس کننده که در شکل ۴-۱۶ نشان داده شده است حذف گردد این، باید در بالاترین نقطه خط لوله مورد بحث، نصب شود.

اگر سامانه RO در موقع از سرویس خارج شدن، در حال تخلیه باشد؛ یک اثر مکش و دهش در هنگام آغاز به کار مجدد پمپ فشار بالا می تواند رخ بدهد.

در هنگام دوباره پر کردن سامانه نسبتاً خالی RO، پمپ ممکن است همان رفتاری را داشته باشد که فشار کم و یا پس فشار را داشت. آب را با سرعت بالایی می مکد لذا سبب ایجاد خلأ در ورودی شده و مواد شیمیایی با عبور سریع آب از نقطه تزریق برای تزریق مواد شیمیایی، رها می شوند نه تنها این کار مواد شیمیایی اضافه ای وارد می نماید، بلکه همچنین می تواند به لحاظ مکانیکی برای المان های غشایی مضر باشد.

یک شیر خودکار برای از سرویس خارج شدن می تواند بین مخازن روزانه مواد شیمیایی و پمپ فشار بالای RO نصب شود این کار باعث کاهش احتمال مشکلات ناشی از، از سرویس خارج شدن خواهد شد. شیر بایستی بر اساس یک برنامه عادی بازبینی شود تا از عدم نشتی آن اطمینان حاصل گردد. شیرهای از سرویس خارج کردن، بایستی به طور خودکار در هر موقع قبل از آغاز به کار پمپ فشار، باز شوند، یک زمان ماند ۳۰ ثانیه بین باز شدن شیر و راه اندازی پمپ باید باشد این کار به محفظه های غشای سامانه RO اجازه می دهد که با آب با فشار پایین پر شوند اگر RO بیش از یک پمپ فشار بالا را استفاده کند، بایستی زمان ماند قبل از ترتیب زمانی آغاز هر پمپ وجود داشته باشد.

○ حمله اکسایشی به غشا PA

حضور کلر آزاد یا عوامل اکسنده دیگر در تماس با غشای PA سامانه RO، سبب خرابی غشا به طور یکنواخت می شود. این امر یک اتفاق معمول است با این حال مشاهده نوع مشابهی از خرابی غشای PA که درست در ابتدای بسته المان های غشایی اتفاق می افتد در بیشترین حالات، کارهای مقدماتی در سامانه شامل خارج کردن عوامل اکسنده است لذا معمولاً فرض می شود که خرابی غشا توسط عوامل اکسنده نباید در هیچ جای دیگری در سامانه رخ بدهد.

دو عامل برای حمله به سامانه در ابتدای بسته مخفی مانده است اول از همه ، وجود باقیمانده غلیظ و خیلی کمی از عامل اکسنده است که هنوز در آب خوارک وجود دارد آن می تواند یا یک غلظت ناکافی یا یک زمان تماس نامناسب برای واکنش کامل یک عامل کاهنده تزریق شده با عامل اکسنده باشد .

ممکن است که یک صافی کربن فعال کمتر از اندازه اش باشد یا اینکه محیط کربنی اش اکسیژنه شده و نیاز به تعویض دارد غشای PA در یک المان غشایی لایه نازک حلزونی به طور عادی میتواند غلیظ شده هایی، باقیمانده و اندک که از کلرید و دیگر عوامل اکسنده را تحمل نماید اگر در آب خوارک RO آهن وجود داشته باشد ، تاثیرات عامل اکسنده باقیمانده می تواند بیشتر مغناطیسی شده باشد. از آنجا که آهن موجود در عوامل اکسنده به صورت حالت اکسید شده آهن (III) (Fe^{+3}) خواهد بود که نامحلول است. با وارد شدن آهن به سامانه غشا ، Fe^{+3} تمایل به رسوب نمودن روی المان های قسمت انتهایی غشا خواهد نمود هرگاه عامل اکسنده باقیمانده در معرض آهن روی غشا قرار گیرد، خوردگی به واسطه اکسندگی آن توسط توانایی آهن برای تغییر حالت های ظرفیت پیشرفت می کند ؛ به این صورت که آهن می خواهد به حالت کاهش یافته اش (یعنی Fe^{+3}) برگردد و در فرایند خواص اکسندگی بیشتری برای عامل اکسنده را متحمل سازد .

حل مشکل با یکی از دو پارامتر بحث شده خواهد بود یک راه استفاده از صافش بهتر جریان بالایی برای خروج تمامی آهن ، منگنز ، روی و مس باقیمانده است .

راه دیگر حل مشکل ، اطمینان یافتن از این است که تمامی عوامل اکسنده خارج شوند به طوریکه حالت اکسندگی و کاهندگی آب مقدار زیادی کاهش یابد .

○ عدم ییلان هیدرولیکی

درباره احتمال تخلیه سامانه RO در طی از سرویس خارج شدن ، قبلاً بحث گردید. اگر پمپ فشار بالا، قبل از پر شدن سامانه ، راه اندازی شود ، المان های غشای سمت انتهایی، در معرض سرعت های آب بالاتر از حد عادی واقع می شوند این امر موجب ضربه قوچی گردیده و می تواند به المان ها ضربه زده و سبب صدمه مکانیکی آن ها شود در سامانه های حلزونی ، می تواند سبب بروز پدیده معروفی به نام تلسکوپی گردد که طی آن، لایه های غشای یک المان ، به بیرون کشیده شده و المان ، شکل ظاهری یک تلسکوپ را پیدا می نماید .

اکثر سازندگان اجزای المان های حلزونی، اکنون یک غلاف فایبرگلاس بر روی دستگاه تلسکوپی ضد پلاستیک (ATD) روی انتهای المان ها می بندند، این کار در پوشیده شدن غشا به صورت نگه دارنده ساختاری کمک می کند .

اگر از یک شیر تنظیم برای پمپ فشار بالا استفاده شود ، ممکن است تنظیم آن در جلوگیری از حالت تلسکوپی ، بسیار حساس باشد اگر شیر، خیلی باز شود ؛ سرعت جریان بیش از حد ، می تواند سبب حالت تلسکوپی گردد .

سرعت جریان های بالاتر از این در المان های ابتدای بسته سبب افت فشار خیلی زیاد (از خوراک به غلیظ) در درون المان ها می گردد این افت به عنوان یک نیروی قوی عمل می کند و المان غشایی را متراکم می سازد این تراکم به طور عمده در سامانه های حلزونی، سبب حرکت المان های ابتدایی بسته می گردد که ممکن است سبب شکستن واشرهای رابط داخلی نفوذی در المان های سمت انتهایی شود .

○ ناکافی بودن اندازه مبدل حرارتی

هر سامانه RO با یک مبدل حرارتی که بخشی از سامانه پیش تصفیه است ، در معرض دمای بالاتر قرار می گیرد. شدت این دمای بالا ، وابسته به طراحی سامانه مبدل حرارتی و دمای آب یا بخاری است که در مبدل حرارتی استفاده می شود در برخی موارد ، لوله PVC مسیر محصول در سامانه RO به دلیل دمای بالای آب خروجی از مبدل حرارتی ، تغییر شکل می دهد .

آن ها سبب افزایش خیلی زیاد سرعت آبکافت المان های غشایی CA می شوند و با سبب زیادی سرعت مکانیکی در المان های CA یا PA می گردند .

دمای بالای آب می تواند سبب نقص در بخش های پلاستیکی المان های غشایی تلسکوپی شدن المان های حلزونی و شکسته شدن واشرهای رابط داخلی المان ها گردند و می تواند سبب تخریب چسب لایه های غشا گردد که یک نشست مکانیکی آب خوراک به آب محصول از طریق پوشش عقب غشایی است که دو لایه غشا و ترکیب نگه دارنده چسبیده شده اند .

یک راه جلوگیری از افزایش زیاد دما ، استفاده از سامانه کنترلی است که مقدار بخار یا آب داغ را که از مبدل حرارتی عبور می کند ، تنظیم می نماید بخشی از آب خوراک ، در اطراف مبدل حرارتی می چرخد تا در عدم یکنواختی تغییرات دمایی در طی عملیات RO کمک نماید بخشی از سامانه چرخشی بایستی محتوی یک شیر تخلیه سریع باشد که آب خوراک RO را اگر دما بالا برود ، تخلیه کند. تمامی این جهات ، اگر منبع حرارتی، بخار یا آب داغ باشد (بالای ۱۲۰ F) به طور خاصی اهمیت می یابند .

یک توصیه اقتصادی ، به کارگیری منبعی از حرارت اتلافی است که معمولاً در اکثر تجهیزات صنعتی که برجهای خنک کننده را به کار میگیرند، در دسترس خواهد بود با یک مبدل حرارتی با

بازدهی بالا از نوع قاب و صفحه، با افزایش دمای آب خوراک به سامانه RO، جریان محصول خروجی از سامانه RO را می توان به طور قابل توجهی افزایش داد این کار ، سامانه را قادر می سازد که آب بیشتری را در طی ماه های سردتر سال و با هزینه عملیاتی کمتری ، استفاده کند .یک مشکل عمومی مبدل های حرارتی در سامانه های پیش تصفیه RO احتمال مخلوط شدن آب خوراک سامانه RO با بخار داغ طرف دیگر مبدل است .معمولاً آب یا بخار سمت داغ مبدل، شامل مواد بازدارنده خوردگی است که در صورت اختلاط آن با آب خوراک ورودی به سامانه RO، سبب تخریب المان های آن می گردد بنابراین بازرسی منظم و عادی مبدل از نظر نشی دو طرف مبدل ، ضروری است.

○ تجزیه ماده X

به طور بارزی معلوم گردیده که در آب چاههایی که در نواحی خاصی از جنوب غربی آمریکا واقع شده اند، یک نوع تخریب غشایی CA مستند گردیده و به نام ترکیب X نامگذاری شده که دارای خصوصیت کاهش نسبتاً شدید در دفع نمک در المان انتهایی در حضور کلر آزاد خواهد بود . به طور نظری تخریب کنندگی ترکیب X ممکن است به واسطه ترکیبات کلر تولیدی توسط واکنش چند ماده ناشناخته در آب خوراک با کلر آزاد باشد یک علت دیگر حمله ، یک نوع باکتری است که تنها در حضور غلظتهای کم کلر آزاد پیشرفت می کند .

اطلاعات چند منبع نشان می دهد که مسئله ترکیب X ، توسط حمله کلر واسنجیده شده در حضور آهن (یا دیگر فلزات واسطه) خواهد بود معلوم شده که پتانسیل اکسایش کلر در حضور اکسیدهای آهنی افزایش می یابد این افزایش پتانسیل اکسایش می تواند یا با سامانه های فیلم نازک PA یا غشای CA هرگاه که در حضور غلظت های کم کلر و آهن باشند ، رخ بدهد .

اگر در ترکیب X تردید وجود داشته باشد، آمونیاک یا آمونیوم سولفات میتواند به آب خوراک RO افزوده شود تا کلر آزاد را به کلرآمین ها تبدیل کند. راه حل متداول دیگر، خارج نمودن آسان تمامی کلر آزاد با صافش کربنی یا با تزریق سدیم بی سولفید به آب خوراک خواهد بود با این محلولها و با شهرت زیاد غشای لایه نارک PA (که خروج کلر آزاد را نیاز دارد)، بررسی شده که مشکلات ترکیب X به ندرت رخ می دهد.

○ کاهش دفع انتهای جلویی

به واسطه ورود اسید اضافی، عوامل اکسنده، عدم موازنه هیدرولیکی، دماهای بالای آب خوراک و احتمال ترکیب X رخ می دهد ردیابی و نگهداری صحیح سامانه RO، اجازه شناسایی های قبلی علل خاصی برای تخریب لبه جلویی را به صورت اندازه گیری های صحیح، در به کار گیری شان خواهد داد. عوامل بازدارنده شناسایی شده که در بالا شرح داده شد به کارور اجازه می دهد که به طور فوق العاده ای خطر نقص در المان غشای محصول را به واسطه تخریب لبه جلویی کاهش بدهد.

۴-۲-۲-۲- روش جلوگیری از کاهش دفع نمک

هزینه موثر بودن RO، به طور زیادی وابسته به بازیافت جریان محصول سامانه خواهد بود. بازیافت محصول به صورت درصد آب خوراک که به آب محصول تبدیل می شود، تعریف می گردد. هزینه های عملیات سامانه اسمز معکوس می تواند با اصلاح RO جهت کار با درصد بازیافت بالاتر کاهش یابد این کار می تواند هزینه آب شهری، هزینه عملیات مقدماتی و مصرف انرژی را کاهش داده و الزامات خنثی سازی را کاهش دهد با بازیابی محصول بیشتر، نمک های محلول و مواد مولد گرفتگی بیشتر در المان های غشای RO تغلیظ می شوند بنابراین خطر تشکیل لجن و یا گرفتگی افزایش می یابد. تشکیل رسوب و گرفتگی زیاد در نتیجه کاهش دفع نمک انجام می پذیرد. محل انجام چنین کاهشی به احتمال زیادتر؛ در المان های انتهایی سامانه که غلظت آن بیشترین است، رخ می دهد.

گرفتگی شدید قسمت انتهایی سامانه میتواند یا از مواد جامد معلق که در آب خوراک موجودند و یا از فعالیت بیولوژیکی سنگین ناشی شود علت معمول دیگر در کاهش دفع نمک، قسمت انتهایی pH بالای آب خوراک برای غشای CA است که منجر به سرعت بیشتر در آبکافت غشا می شود.

○ سامانه با بازیابی خیلی بالا

با عبور آب خوراک از بخش های RO از وضعیت خوراک به حالت غلیظ انتهایی در سامانه RO و خروج آب محصول، نمک های آب خوراک بیشتر تغلیظ می شوند در حالت بازیابی ۷۵٪ برای سامانه، آب تغلیظ شده تقریباً غلظت چهار برابر نمک را نسبت به آن چه در خوراک موجود است، داراست. یک خطای کوچک در عملیات RO در بازده مطلوب دارای عواقب وخیمی است.

در نظر بگیرید که شیر به خوبی کار نکند یا جریان واسنجیده نباشد به طوری که سامانه RO، با سرعت جریان محصول ۵ gpm به جای سرعت جریانی مطلوب ۱۰ gpm کار کند ، اگر جریان ۱۰ gpm برای تولید با بازده ۷۵٪ از محصول ، مطلوب بوده باشد ؛ این اختلاف سرعت جریان باعث تغییر عملیات RO، بازیابی ۸۵/۷٪ می گردد و این، بدان معناست که اکنون آب غلیظ ، تقریباً نسبت به نمک های آب خوراک هفت برابر تغلیظ شده است .در سامانه هایی با دفع بالا ، این عامل غلظتی ، توسط معادله زیر محاسبه می شود.

$$(بازیابی-1) \div 1 = \text{فاکتور غلظتی}$$

با این غلظت بالاتر از نمکها، پتانسیل تشکیل رسوب به طور فزاینده ای افزایش می یابد همچنین سرعت جریان غلیظ کمتر،سبب کاهش مقدار تلاطم جریان میگردد که سبب افزایش قطبش(پلاریزاسیون) غلظتی می شود که در سطح غشا رخ می دهد همچنین پتانسیل تشکیل لجن را نیز افزایش می دهد .

قطبش غلظتی عبارتی است که برای تشریح غلظت نمک افزایش یافته ای که در سطح غشای RO رخ میدهد ، به کار میرود. با عبور آب محصول از غشا ، غلظت نمک های دفعی در فشار بالای کناره سطح غشا ، بالا میرود مقدار این افزایش غلظت در جریان توده وابسته به چگونگی سرعت نفوذ نمک ها در برگشت به جریان توده است این سرعت نفوذ وابسته به تلاطم جریان توده است .غلظت بالاتر نمک در سطح غشاء منجر به افزایش عبور نمک از غشا می شود .در حالت های افراطی، افزایش غلظت نمک بطور محلی میتواند منجر به اشباع شدن یکی یا بیشتر از اجزای محلول گردد و می تواند منجر به رسوب(تشکیل رسوب) روی سطح غشا شود .

عوامل معمول در عملیات سامانه RO با سرعت بازیابی سامانه ای خیلی بالا (برای یک ترکیب معین آب خوراک) عبارت‌اند از خطای کارور، جریان سنجهای غیرواسنجیده و تغییرات ناخواسته در ترکیب خوراک آب خواهد بود .

کارهای پیشگیرانه شامل بازرسی روزانه (و تنظیم در صورت نیاز)، سرعت بازیافت، واسنجش دوره جریان سنجها انجام محاسبات موازنه جرم (۱۷) و حصول آزمایشهای دوره ای از اجزای تشکیل دهنده آب خوراک هستند .

○ حل معضل گرفتگی یا رسوب بیش از حد

جهت مفهومی کردن این بحث، تشکیل رسوب عبارت است از رسوب نمودن نمک های کم محلول ، در حالیکه گرفتگی عبارت از تشکیل مواد معلق از مواد جامد و مواد آلی خواهد بود گرفتگی به عنوان یک اتفاق متداول در عملیات سامانه RO در نظر گرفته میشود و میتواند با نظارت صحیح و تمیز کردن و نگهداری کنترل شود.

تشکیل رسوب ممکن است قابل کنترل باشد یا نباشد که به طبیعت رسوب تشکیل شده بستگی دارد تمیز کردن بعضی انواع رسوبات مثل سولفات ها یا سیلیکات ، در صورت رسوب کردن؛ به سختی انجام می شود تشکیل چنین رسوباتی به سرعت می تواند سبب از کار افتادن سامانه RO گردد پتانسیل تشکیل این نوع رسوب بایستی با اقدامات اولیه، طراحی سرعت جریان و سامانه های تزریق مواد شیمیایی، کنترل گردد .

در سامانه های حلزونی، رسوب یا گرفتگی میتواند قسمت های جدا کننده مواد از پوشش های غشایی را مسدود نماید این مواد به طور نوعی، لایه ای از نخ های پلاستیکی شطرنجی هستند که جهت افزایش جریان عرضی آب متلاطم، طراحی شده اند.

رسوب و گرفتگی میتواند اثربخشی مواد پرکننده را کاهش دهد آن ها همچنین سبب کاهش تلاطم جریان می شوند که منجر به افزایش قطبش غلظتی در سطح غشا می گردد. غشا، غلظت بالاتر از نمک ها را می بیند و به تناسب؛ غلظتی بیشتر از نمک ها را به طرف آب غشا عبور میدهد این تلاطم سرعت نفوذ نمک را از عقب به توده جریان افزایش می دهد.

رسوب و مواد گرفتگی می تواند میزان موثر بودن مواد فاصله انداز را کاهش دهد. آن ها می توانند تلاطم جریان را کاهش دهند که به افزایش غلظت قطبش در سطح غشا منجر می گردد غشا با غلظت بیشتر نمک ها مواجه شده و به طور متناسب غلظت بیشتری از نمک ها از آب محصول عبور می نماید. یک بار که این شرایط کاهش تلاطم وجود داشته باشد، تمیز کاری سامانه خیلی دشوار خواهد شد قابلیت اعمال نیرو به محلول شستشو جهت سطوح بسته شده مواد فاصله انداز کاهش می یابد.

بسته شدن برخی فضاها بین لایه های غشا و ایجاد پدیده ایجاد کانال جریان به خصوص در آرایش الیاف توخالی، از مشکلات جدی به حساب می آید زیرا المان های الیاف توخالی فاقد سازوکار توری در بین لایه های غشای مشابه آرایش حلزونی خواهد بود و تلاطم کافی برای برگشت و انحلال مواد گرفتگی و رسوبات به توده جریان وجود ندارد.

هرگاه گرفتگی یا رسوب بدون تمیز کردن ادامه یابد، المان های RO به طور فیزیکی دچار گرفتگی می شوند تا جایی که افت فشار جریان عرضی خوراک به غلیظ به طور وخیمی افزایش یابد این اختلاف فشارهای بالا، نیرویی را در عرض المان های غشایی ایجاد می کند که می تواند به طور

مکانیکی به المان ها صدمه برساند. تلسکوپي المان ها ممکن است شاهدهی ، در سامانه های با آرایش فضایی باشد با صدمات مکانیکی شدید ، نشت آب به غلیظ ؛ میتواند رخ دهد که در نتیجه ، به کاهش دفع نمک در سامانه منجر می گردد .

برخی رسوبات تشکیل شده می توانند به طور موثری از المان های غشایی زدوده شوند به شرطی که این تمیز شدن قبل از اینکه افت فشار، شدت یابد ؛ انجام گیرد .افزایش ۱۵٪ در افت فشار معمولاً یک حد ایمنی برای استفاده قبل از تمیز کردن رسوب کربنات و یا آهن خواهد بود .

جلوگیری از تشکیل رسوب با استفاده از سامانه مناسب بازیافت و تزریق شیمیایی، میسر خواهد بود بازدارنده های تشکیل رسوب برای کنترل ته نشسته های کربنات تشکیل شده با ضریب لانگ لایر (۲+) شناخته شده اند. تشکیل ته نشسته های سولفات و سیلیکا فرایند رسوبی بسیار آهسته ای است و حتی با استفاده از مقدار غلظت مناسب از بازدارنده آسان تر کنترل می شود .

اگر سامانه که از قبل مشکلی نداشته به طور ناگهانی تشکیل رسوب مشهودی دهد ، شرایط عملیاتی بایستی بررسی گردد ممکن است که ترکیب آب خوراک ، تغییر یافته باشد برای جلوگیری از رسوب گذاری بیشتر ، میتوان به آسانی با تزریق غلظت بیشتری از بازدارنده ، آن را حل نمود .

راه حل ممکن دیگر ، اصلاح سامانه است به طوری که غلظت بالای نمکها از سامانه RO هنگامی که از سرویس خارج است ، شسته شوند. بازدارنده های تشکیل رسوب تنها فرایند رسوب گذاری را آهسته می کنند یک سامانه RO حاوی غلظت های فوق اشباعی از نمک ها ، نباید برای مدت زمان زیادی بدون شستشوی نمک ها ، راکد بماند عملیات شستشو میتواند توسط آب خوراکی که از قبل اصلاح شده و به سامانه RO با فشار کم (کمتر از ۶۰psig) می آید، انجام شود تا وقتی که آب غلیظ را جایگزین نماید .

وقتی که از سولفوریک اسید برای کنترل pH همراه با بازدارنده تشکیل رسوب استفاده شود ، عاقلانه آن است که از حضور بازدارنده رسوب قبل از محل تزریق اسید ، اطمینان حاصل شود به عبارت دیگر، بخش های موضعی با غلظت های بالای سولفات (که قبل از آنکه سولفوریک اسید به خوبی مخلوط شود، وجود دارند) می تواند فرایند رسوب کردن جریان بالایی را در محلی که بازدارنده تزریق می شود ، تسریع نماید ، بازدارنده بایستی در همان نزدیکی جریان بالایی که سولفوریک اسید تزریق می شود ، تزریق گردد .

سدیم هگزامتافسفات (SHMP) یکی از کم هزینه ترین بازدارنده هاست .متاسفانه ، انحلال آن در مخزن مشکل است همچنین با گذشت زمان ، به اورتوفسفات کم تاثیرتر ، شکسته می شود در حقیقت، مواد فسفات ، در صورت تخریب ، می توانند خودشان را به عنوان نمک های نامحلول رسوب بدهند ؛ بخصوص اگر در معرض نور خورشید باشند، محلول سدیم شش تایی می تواند انبار شده و هر سه روز مجدداً مخلوط گردد .

با آب های خوراک با پتانسیل رسوب گذاری کم ، SHMP معمولاً در جریان خوراک RO تا حدود ۵ppm تزریق می شود و تاثیر آن به سرعت با غلظت های کمتر ، کاهش می یابد .

همچنین جایگزین های تجاری ای در دسترس هستند که نسبت به SHMP در غلظت های کمتر موثرند. عمده ترین این ها که استفاده می شوند پلی اکریلات ها ، ارگانوفسفات ها و یامخلوطی از هر دو هستند.. ارگانو فسفات ها ، نسبت به SHMP از گروه های فسفات با پایداری بیشتری بهره می برند (پیشنادهای سازنده برای غلظت های مناسب را قبل از کاربرد را به دست آورید .)

در بیشتر حالات ، آزمایش های خانگی ساده در دسترس نیستند تا غلظت صحیح این بازدارنده ها را کنترل کنند نمونه ها می توانند به یک آزمایشگاه صلاحیت دار ارسال شوند که ممکن است سازنده بازدارنده باشد .

خروجی های پمپ تزریق بایستی بازرسی گردند برخی پمپ های تزریق مواد شیمیایی، حجم اسمی تعریف شده برایشان را با بازدارنده های رسوب گرانبه یا در صورت وجود فشار آب خوراک خیلی زیاد ، پمپ نمی کنند. این بررسی های جریان می تواند با کنترل سرعت پمپ نمودن محلول رقیق شده شیمیایی از یک استوانه مدرج کنترل شود همچنین ، استفاده از مخزن شیمیایی روزانه بایستی به طور روزانه کنترل گردد و مصرف مواد شیمیایی به طور صحیح بررسی شود که تابعی از حجم جریان آب خوراک روزانه است.

○ بالابودن pH آب خام

برای سامانه های غشای CA لازم است که pH آب خوراک اکثر منابع آب با تزریق اسید، کاهش یابد این امر سبب کاهش سرعت آبکافت غشا میگردد سرعت آبکافت بطور عجیبی با وقتی که pH از ۴ به ۲ کاهش می یابد و وقتی از ۶ به ۱۰ افزایش می یابد ، افزایش خواهد یافت محدوده pH مطلوب برای سامانه های CA معمولاً از ۵ تا ۷ است اسید خیلی زیاد (pH پایین) ممکن است منجر به از بین رفتن المان جلویی غشا شود، اسید ناکافی (pH بالا) سبب خراب شدن قسمت انتهایی شود .

با سامانه های غشایی فیلم نازک PA، آبکافت، مورد توجه نیست . از این رو عمل کردن با آبهای های مختلف بدون تزریق اسید ممکن خواهد بود (۱۸). در این حالت، سامانه با بازیابی پایین

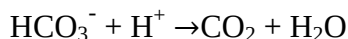
محصول، سبک سازی یا یک بازدارنده رسوب جهت جلوگیری از تشکیل رسوب کلسیم کربنات ،
مواجه می گردد .

برای بیشتر سامانه ها که به ندرت بر تزریق اسید برابر کنترل رسوب گذاری تکیه میکنند، می
توان بعضی وقت ها توسط تزریق، بازدارنده خوردگی را به انجام رساند. نه تنها کاهش مقدار اسید مورد
نیاز ، بلکه کاهش خیلی زیاد در مقدار دی اسید کربن تولید شده را به همراه خواهد داشت از آنجا که دی
اکسید کربن به راحتی از یک غشای RO نفوذ می کند ، میتواند رزین تبادل آنیونی را که در جریان پایینی
قرار گرفته است برای شستشوی آب، خالی نماید .

اگر سامانه های غشای CA برای مدت طولانی در آب خوراک با pH بالاتر از ۶ کار کنند ، ابتدا
کاهش در دفع نمک از خود نشان خواهند داد که در قسمت انتهایی المان های غشایی است به واسطه دفع
ضعیف دی اکسید کربن (در تعادل با کربنیک اسید (H_2CO_3) نسبت به دفع یونی بی کربنات (HCO_3^-),
بازیابی ۷۵٪ سامانه RO جهت تغلیظ (قسمت انتهایی) در pH حدود ۷، چنانچه pH خوراک ۶ باشد ، بطور
متداول ملاحظه می شود. بنابراین اگر pH آب خوراک سامانه غشای CA خیلی بالا باشد ، افزایش
سرعت آبکافت غشا در قسمت انتهایی عناصر سامانه ، بسیار واضح است .

همان طور که قبلاً بحث شد ، دلیل دیگر برای تزریق اسید هم در سامانه های غشایی CA و هم
PA ، بایستی داشتن پتانسیل تشکیل رسوب کلسیم کربنات باشد .این پتانسیل وابستگی خیلی زیادی به
غلظت یون های خاص کلسیم و بی کربنات، همین طور به TDS و PH و حضور بازدارنده تشکیل رسوب
دارد. تزریق اسید ؛pH را کاهش میدهد که حلالیت رسوبات کربنات را افزایش خواهد داد .

همچنین ، غلظت یون های بی کربنات را با تبدیل بخش عمده ای از یون ها به دی اکسید کربن
طبق واکنش زیر ، کاهش می دهد :



اگر قسمت انتهایی یک سامانه RO با کلسیم کربنات ، رسوب بگیرد ؛ رسوب (اگر زیاد نباشد) ممکن است توسط چرخش مجدد یک محلول شستشوی با pH پایین از میان محفظه های متاثر شده ، خارج گردد. اگر میزان تشکیل رسوب خیلی شدید باشد ، ممکن است امکان اینکه محلول شستشو و تمامی کانال های جریان ، المان های غشایی را فرا گیرد، نباشد و المان ها نیاز به RO جا به جایی خواهند داشت. مغایرت های زیر به راحتی توسط یک کاروز RO هوشیار، تصحیح می شوند. عوامل عمده در فعالیت سامانه در pH های خیلی بالا بدین قرارند :

- دستگاه اندازه گیری pH اشکال داشته و یا واسنجیده نباشد .
- در پمپ تزریق اسید ، هواگرفتگی وجود داشته بشاد .
- دیافراگم پمپ اسید ، پاره شده و یا نشتی داشته باشد .
- پمپ تزریق اسید ، کمتر از اندازه باشد .

○ حل معضل باکتری های خیلی زیاد

در سامانه های غشایی CA و PA که میکروب کش در آب خوراک کم بوده و یا اصلاً ندارند ، امکان رشد بیولوژیکی زیاد وجود دارد اگر سامانه به طور پیوسته کار نکند و برای مدت زمان طولانی به صورت راکد قرار داشته بشاد ، این تداخل بیشتر است اگر رشد باکتری بدون شستشو ادامه داده شود ، المان های غشایی به طور فیزیکی در نقاطی که اختلاف فشار جریان عرضی افزایش می یابد ، بسته می شوند اگر این وضعیت ، ادامه یابد ؛ ممکن است کانال های جریان المان در مواد پرکننده بسته شوند و امکان شستشوی المان ها وجود نخواهد داشت . سرانجام اختلاف فشار در محلی که نقص فیزیکی رخ

داده، افزایش خواهد یافت. چند نوع باکتری که می توانند غشای CA را تخریب کنند وجود دارد. اگر سامانه RO بدون تزریق میکروب کش کافی، بصورت راکد از سرویس خارج شد، باکتری ها می توانند به سرعت، المان های غشایی را نابود کنند.

قبلاً تصور می شد که این نوع باکتری ها تخریب کننده سلولزی هستند و سلولز استات از غشا به عنوان منبع غذایی استفاده می کند به هر حال، معمولتر این است که باکتری ای پیدا شود که شرایط pH پایین را در اطراف رشد باکتریایی به وجود آورد.

در این وضعیت، این صدمات غشایی نزدیک کلنی های باکتری، واقعاً نتیجه آبکافت به دلیل pH پایین اطراف رشد باکتریایی خواهد بود. این آبکافت میتواند سبب کاهش محسوسی در دفع نمک و افزایش سرعت و جریان محصول گردد (۱۵).

به محض ورود به سامانه RO، باکتری ها ممکن است در هر جایی از سامانه که باشند، به خودشان حمله کنند در این وضعیت آن ها در جریان رو به پایین پیشرفت می کنند تا آنکه تمامی محفظه های جریان پایین و یا المان ها، مورد هجوم قرار گیرند.

به دلیل این رشد در جریان پایین، خراب شدن غشا به دلیل رشد باکتریایی، معمولاً ابتدا در قسمت انتهایی مراحل سامانه RO رخ میدهد؛ هر چند که باکتری ممکن است از اصل؛ در جریان بالایی باشد. اگر معلوم شود که گرفتگی زیستی زیادی با سامانه غشای CA رخ می دهد، سامانه بایستی شسته و هر چه زودتر ضد عفونی گردد متأسفانه، در طی فرایند شستشوی این رشد زیستی، دفع نمک ممکن است بیشتر کاهش یابد رشد باکتریایی ممکن است بعضی مواقع به صورت یک غشای دینامیکی که دفع نمک از غشای آسیب دیده بهبود می بخشد، نگه داشته شود. حد نهایی آسیب، ممکن است تا هنگامی که کاملاً از سامانه تمیز نشده اند، آشکار نشود.

برای جلوگیری از بروز مجدد مشکلات بیولوژیکی، ممکن است چندین مرحله لازم باشد:

- برای سامانه های RO با غشای CA افزایش غلظت میکروب کش در آب خوراک ممکن است لازم باشد که به طور پیوسته سدیم هیپوکلریت کافی تزریق شود تا سطح کلر آزاد به بیشتر از ۱ppm برسد تا تحرکات مشخص باکتری متوقف شوند با سازنده غشا قبل از استفاده غلظت بالای کلر مشورت شود.
- اگر مرحله قبل، امکان نداشته باشد؛ ممکن است از عملیات شوک با غلظت های بالای کلر (برای غشاهای CA) یا پر استیک اسید (برای غشاهای CA و PA) برای دوره زمانی کوتاهی، استفاده گردد با سازنده غشا در رابطه با غلظت مناسب و تناوب آن مشورت شود.
- افزایش زمان در سرویس بودن سامانه – چنانچه یک سامانه RO در بیش از ۷۰٪ زمان کار میکند، بسیار عالی است هرگز نگذارید که سامانه برای ۲ روز یا بیشتر بدون حضور میکروب کش راکد بماند.
- نواحی راکد سامانه پیش آماده شده RO، بهداشتی شوند؛ مثل مخازن ذخیره و صافیهای محیطی. مخازن و صافیهایی که تنها بعضی مواقع استفاده می شوند، خارج گردند یا از چرخه های چرخش در اطراف دستگاه استفاده شود (کولترو ۱۹۸۵).
- با منابع آب شهری، تحقیق شود که آیا در شهر، به حد کافی، آب، قبل از توزیع آن؛ خالص سازی شده است؟ احتمالاً میکروب کش ناکافی به آب در واحد تصفیه افزوده نشده باشد.

○ پس زنی پساب مربوط به جریان غلیظ

در بعضی از سامانه های نصب شده ، لوله حاوی جریان غلیظ ، به طور مستقیم به یک خط پساب شیمیایی ، عمود شده است. بایستی اگر امکان پذیر باشد، از این حالت توسط باز گذاشتن خط جریان غلیظ به اتمسفر قبل از تخلیه شدن به واسطه سنگینی ، در خط پساب ؛ جلوگیری کرد .

این امر، از امکان پس زنی خط پساب به سامانه RO ممانعت می کند و لذا پتانسیل حمله مواد شیمیایی پساب به قسمت انتهایی المان های غشایی ، حذف می گردد.

○ کاهش دفع در قسمت انتهایی

کاهش دفع در قسمت انتهایی معمولاً نتیجه رسوب کردن لجن و یا آشغال در المان های RO خواهد بود معمولاً به واسطه عملکرد سامانه در سرعت خیلی بالای بازده ، عدم تنظیم مناسب PH آب خوراک، افزایش کم مقدار بازدارنده از رسوب کردن و یا به واسطه حضور مقادیر زیادتر از حد لزوم باکتری به وجود می آید .

ردیابی و نگهداری خوب سامانه RO شناسایی شد. عوامل خاص تخریب المان انتهایی را که قبلاً گفته شده ، راحت می کند ؛ چنان که اندازه گیری های صحیح بتواند انجام بگیرد عوامل احتیاطی تشریح شده در بالا به کارور RO اجازه می دهد که به میزان قابل ملاحظه ای ، خطر نقص غشای تراوایی را به دلیلی تخریب قسمت انتهایی کاهش بدهد .

۴-۷-۳- جلوگیری از کاهش دفع نمک یکنواخت و مجزا

اگرچه محل دفع ضعیف المان های غشایی RO می توانند اغلب برای قسمت ابتدا و انتهایی سامانه ناچیز باشد ، همان طور که قبلاً گفته شده ، امکان کاهش دفع نمک در یک یا تعدادی از المان های مجزا شده می تواند رخ بدهد که در محلی دیگر از سامانه واقع شده اند این موضوع می تواند به دلیل مشکل سازنده ، عایق مکانیکی ناکارآمد و یا اشتباه ، مراحل آغازی تهاجم باکتری یا علل دیگر باشد.

مشکلاتی همچون در معرض غلظت های بالای عوامل اکسنده یا روش های شستشو وجود دارند که می توانند منجر به کاهش یک نواختی در دفع نمک در همه المان های یک سامانه RO گردد بعضی مواقع مشکلات متعددی در سامانه رخ میدهند که ممکن است پدید آورنده علت خاصی در کاهش دفع نمک باشند فهمیدن علل مختلف کاهش دفع نمک اطمینان خواهد داد که فعالیت های کارآمد و موثر و با ارزش صورت گرفته است .

۴-۷-۳-۱- علل کاهش دفع نمک مجزا

○ صدمه اورینگ یا آب بند نمک

در سامانه های با آرایش حلزونی اورینگ ها برای محکم بستن اتصالات داخل لوله های آب محصول المان های مجاور استفاده می شوند. آن ها از نفوذ فشار بالای آب خوارک به فشار پایین آب محصول، جلوگیری میکنند اورینگ های صدمه دیده به افزایش غلظت نمک در آب محصول در آن المان از سامانه منجر می گردد .

اگر یک اورینگ در طی کار بشکند که معمولاً در قسمت جلویی محفظه رخ میدهد ، در این حالت بیشتر جا به جایی المان های درون محفظه ، در صورت در سرویس آمدن و یا از سرویس خارج شدن سامانه رخ خواهد داد بنابراین مهم است که این جا به جایی به حداقل رسانده شود .

برش های نازک از لوله پلاستیکی که لایه نامیده می شود، می تواند اطراف المان بیرون زده اتصال تبدیل کننده درپوش انتهایی مربوط به المان آخری قرار بگیرد ، فاصله اندازها اضافه می شوند تا آنکه مشکلات متعددی را برای انتهای بسته محفظه به وجود آورند . آب بند ها وسایل پلاستیکی یا لاستیکی ای اند که بیرون یک سر المان های حلزونی را نسبت به دیوار محفظه RO مسدود می نمایند و از کنارگذر شدن آب خوراک اطراف بخش جلوگیری می کنند .

اگر یک آب بند در طی نصب یک المان فراموش گردد، یا اگر در طی نصب یا عملیات کاری بچرخد ، قسمتی از آب خوراک از المان کنار گذر خواهد شد هنوز غشا در معرض همان فشار خواهد ماند و همان مقدار آب را نفوذ خواهد داد این امر، منجر به جریان مقطعی کم در المانی خواهد شد که تلاطمی را از ماده پر کننده به وجود می آورد و منجر به افزایش در قطبش غلظتی می شود و احتمالاً سبب افزایش سرعت گرفتگی و رسوب گذاری آن و المان خاصی میگردد بسته شدن المان تحت تاثیر قرار گرفته ، ممکن است سبب کاهش جریان به جریان پایینی المان ها شده و به سرعت گرفتگی و رسوب گذاری را افزایش دهد .

هرچند در هر سه المان حلزونی، محلی برای آب بندهای نمکی وجود دارد ، تنها یک آب بند بایستی در هر المان نصب شود بعضی مواقع آب بندها سهواً در هر دو سر المان حلزونی نصب میشوند در هر حالت، این کار هنگامی که با گروهی از کمبودهای طراحی که با این سامانه خاصی ساخته گردیده

اند، افزوده شود ، مشکل را می گردد در موقع از سرویس خارج شدن ، سامانه باید از طریق خط جریان غلیظ که در مسیر تخلیه در زیر واحد RO واقع است ، تخلیه شود.

○ فشار خیلی زیاد محصول

فشار محصول ، هرگز نبایستی از فشار خوراک در سامانه های حلزونی بیشتر باشد در غیر این صورت ممکن است صدمات دائمی بر ساختار المان های غشایی ، وارد شود .

در بعضی از سامانه های بهینه کردن آب ، خط محصول RO مستقیماً به یک سامانه تبادل یون وارد می شود لذا یک فشار معکوس به وجود می آید به تدریج این فشار میتواند خودش را از طریق صافی یا واحد DI قبل از اینکه فشار خوراک به واسطه خط جریان غلیظ گرفته شود ، کاهش دهد در این صورت ، هیچ آثریری نمی آید اما اگر یک انسداد روی صافی یا واحد DI باشد و RO از سرویس خارج شود ، این فشار محصول می تواند بیشتر از فشار خوراک گردد که فشار معکوس محصول خیلی کمی برای پیرون زدن از پوشش های محصور المان های حلزونی به وجود می آید . المان های غشایی الیاف تو خالی در برابر آسیب های فشار برگشتی مقاوم تر هستند . الیاف در المان هایشان میتوانند در برابر فشارهای به اندازه ۵۰ psi از فشار برگشتی محصول مقاومت نشان دهند (۱۹).

اگر اپراتور توجه نماید که یک سامانه RO با یک شیر نفوذ پذیر بسته یا چند مانع جریان نفوذی کار میکند که سبب می شود فشار محصول بیشتر شود . فشار محصول بایستی قبل از خارج شدن سامانه از سرویس، آزاد شود تا زمانی که سامانه از سرویس خارج نشده ، المان های غشایی آسیبی نخواهد دید.

اگر شیری در مسیر جریان محصول بسته باشد، فشار محصول افزایش خواهد یافت تا آنکه با فشار خوراک برابر گردد این حالت برای مسیرهای پلاستیکی جریان محصول خطرات ایمنی را به وجود

می آورد که احتمالاً موجب ترکیدگی می گردد. با این حال ، شکستن مسیر جریان محصول ، فشار تراوایی را رها ساخته و از زیان دیدن المان های غشایی جلوگیری می کند .

در سامانه های حلزونی استاندارد ، محقق شده است که سامانه عملیاتی ، باید چنان طراحی شود که فشار محصول ، بیش از ۲۰psig نباشد اگر شیری در مسیر جریان محصول واقع شده باشد ، پس یک کلید خودکار مربوط به ازسرویس خارج شدن فشار محصول بالا بایستی با یک محدوده تنظیم مناسب (۲۰psig یا کمتر) نصب شده باشد یک شیر اطمینان میتواند همچنین در سه راهی مسیر محصول نصب شود اگر ممکن باشد، بایستی از نصب شیرهای جداکننده در مسیر محصول ، جلوگیری شود .

○ حمله باکتری ها

با کتری می تواند شروع به حمله به بخش در هر جایی از سامانه بنماید. اگر در مراحل آغازی سرایت نماید ، حرکت در جریان رو به پایین باکتری و پتانسیل خراب شدن غشا می توان با ضد عفونی سامانه غشایی جلوگیری گردد مطمئن شوید که دستورالعمل های سازنده غشا را وقتی که ضد عفونی می شود ، دنبال می نمایید .

○ گرفتگی چند راهه

بعضی مواقع شیئی در مسیرش در ورودی یا خروجی یک محفظه یا در چند راهی های فشار بالاگیر می افتد ، احتمالاً یک تکه پارچه به طور اتفاقی در چند راهه می افتد یا شاید سوراخی به طور ناقص در طی ساخت چند راهه تعبیه شده باشد در این حالت ها ، که با جریان داخلی محفظه ها یا چند راهه به طور جزئی مسدود می شود ، المان های غشایی آب محصول تولید خواهند نمود .هرچند به واسطه

گیر افتادگی، از سرعت جریان عادی برای حرکت به داخل و خارج شدن از هر محفظه ممانعت شده است، جریان عرضی کاهش خواهد یافت و این امر، قطبش غلظتی را افزایش خواهد داد و رسوب گذاری و گرفتگی به میزان زیادی ممکن است اتفاق افتد.

○ تخلیه سامانه در هنگام توقف

در سامانه های RO ای که مورد تخلیه قرار نمی گیرند، مرسوم است که سامانه ها تا تقریباً همان ارتفاع آب که هر بار پمپ های فشار قوی تخلیه گردیده اند، خالی شوند. برای مثال، سامانه ای ممکن است تمامی آب خود را از بالاترین محفظه ها تا وسط دومین محفظه بلند، تخلیه نماید. این سامانه ممکن است سپس رشد بیولوژیکی سریعتری در محفظه ای که المان هایش در معرض هوا هستند داشته باشد. اکسیژن در ترکیب هوای مرطوب باقیمانده توسط آب، موجب تولید مثل خوب باکتری ها می گردد. سامانه های با غشای CA که عاری از حضور کلر در آب خوراکی اولیه هستند، وقتی که آب تخلیه می شود کلر باقیمانده حداقل خواهد بود لذا رشد بیولوژیکی در سامانه هایی که تخلیه دارند می تواند مشکلی برای المان های RO، PA یا CA باشد.

خالی شدن و یا به طور جزئی خالی شدن محفظه ها، که سامانه شروع به کار میکند، ممکن است همچنین زیان هیدرولیکی داشته باشند. آب خوراک در جهت فشار دادن هوا جلو می رود. سرعت این آب وابسته به این است که آیا به سامانه اجازه داده می شود که قبل از اینکه پمپ فشار بالا اشغال شود، پر بشود یا خیر. در هر صورت بهتر این است که سامانه، هنگامیکه در حالت بیکاری است، از تخلیه شدن ممانعت به عمل آید.

○ مشکل ساخت المان های RO

بر حسب اتفاق ، مشخص می گردد که یک مشتری ، یک یا تعدادی المان های بد دریافت کرده است اگر المان ناقص باشد ، معمولاً بلافاصله در راه اندازی و یا اندکی پس از آن ، به خوبی معلوم می گردد مشکلات ساخت المان بسیار کم است با این حال به خاطر تضمین کیفیت جامع ، اکثر سازندگان بخش انجام می دهند .

هنگامیکه یک مشکل ساخت به وجود می آید ، ممکن است مکانیکی باشد مثلاً مسیر ، به خوبی چسبانده نشده باشد وقتی که دو طرف یک بوشن المان به خوبی به یکدیگر چسبیده نشده باشند ، ممکن است مشکل موادی باشد پلاستیک ممکن است قادر به تحمل نیروهای هیدرولیکی و دماها نباشد. اگر هر کدام از این مسائل به وجود آیند ؛ بایستی با سازنده تماس گرفته شود.

اینکه المان های غشایی فیلم نازک PA جدید چگونه قبل از راه اندازی نگهداری شده اند ، بسیار حیاتی است. معلوم شده مشخصات عملکردی بعضی غشاها در طی نگهداری تغییر می کند که معمولاً با کاهش در جریان محصول و یا افزایش در دفع نمک همراه اند غشای PA جدید ممکن است شامل آمین های باقیمانده ای باشد که میتواند با میکروب کش هایی مثل فرمالدئید ، گلو تارالدئید ، هیدروژن پر اکسید یا پراستیک اسید واکنش دهد و منجر به کاهش جریان محصول شود .

○ حرکت المان ها از محل اصلی

حرکت المان های RO از محل اولیه شان می تواند سبب به هم ریختگی گردد. ممکن است جهت رفع مشکل سامانه RO روزها سپری شود تا به علت دفع نمک از المان های انتهایی مرحله اول پی ببرند .

توصیه شده هرگاه المان های جدید نصب می شوند ، شماره سریال های آن ها مطابق با محلشان در ردیف، ثبت می گردند چنانچه المان ها بعضی مواقع در طی عملیات کاری شان خارج می شوند، میتوانند در محل های اصلی شان مجدداً نصب گردند چنانچه لازم باشد که تمامی یا تعدادی از المان ها جا به جا یا تعویض شوند ، شماره سریال های جدید بایستی مطابق با محلشان ثبت گردند. گاهی اوقات مطلوب است که المان های RO به طور چرخشی حرکت کنند. مثلاً فرض کنید رسوب دائمی در یک سامانه RO مشاهده شود به حدی که المان های مرحله دوم در یک سامانه دو مرحله ای نیاز به تعویض داشته باشند اگر محفظه های مرحله دوم با المان های جدید مجدداً پر شوند ، ممکن است آن ها سریعاً توسط ذرات رسوب باقیمانده که احتمالاً در المان های قدیمی تر مرحله اول حضور دارند، آلوده بشوند همچنین هرگونه رسوب باقیمانده حاضر در مرحله اول میتواند رسوب گذاری جدیدی را که میتواند در المان های مرحله دوم واقع شوند تسریع کند .

بهرتر خواهد بود که المان های جدید در مرحله اول نصب شوند همچنین ضروری است که سرعت های جریان به صورت موازنه نگه داشته شوند اگر این المان های جدید که همگی تنها در یک محفظه واقع شده اند (در یک سامانه حلزونی) و با محفظه های موازی یک مرحله ای هستند در آن ها شانس اینکه این محفظه ها جریان عرضی بیشتری را نسبت به دیگر محفظه های موازی که ممکن است حاوی المان های اندکی رسوب دار باشند ، داشته باشند این امر میتواند سرعت رسوب دادن را در محفظه ای که قبلاً رسوب کردن صورت گرفته افزایش دهد. در این وضعیتها ، پیشنهاد می شود که المان های جدید سُرخورده و با همان شماره المان ها در هر کدام از سرهای جلویی تمامی محفظه های ابتدایی در سامانه نصب شوند. المان های باقیمانده سپس بایستی در جریان پایینی مطابق با مقدار نسبی رسوب که احتمال دارد تشکیل شود ، نصب گردند .

برای مثال ، بخشهای سرجلویی احتمالاً نسبت به سرانتهایی کمتر رسوب می گیرند و بایستی جریان پایینی المان های جدید ، مجدداً نصب شوند.

۴-۲-۳-۲- علل کاهش دفع یکنواخت

○ عوامل اکسنده

در غیاب فلزاتی همچون آهن ، منگنز، غلظت اضافه ای از عوامل اکسنده ، مثل کلر تمایل دارند که به طور یکنواختی درون سامانه های غشایی CA,PA واکنش دهند. اکثر سازنده های غشای CA محدوده غلظتی پیوسته عاری از کلر 1ppm را منتشر کرده اند . اگر سازنده موافقت کند ، سامانه می تواند در معرض غلظتهای بالاتر این عوامل به خصوص در حالت کوتاه بدون زیان دیدن قرار گیرد .

در مقایسه با سامانه های غشایی CA ، سامانه های غشایی PA حساسیت خیلی زیادتری به غلظتهای کم عوامل اکسنده دارند . سدیم بی سولفات با تعدادی دیگر از عوامل کاهنده که توسط سازنده غشا پیشنهاد شده اند به طور گسترده ای جهت کاهش کلر آزاد استفاده می شوند.

بعضی مواقع از صافش کربن فعال جریان بالایی سامانه RO بهره گرفته می شود. متأسفانه کربن فعال به طور موثری کلر آزاد را در چند اینچ اول فضای صافی خارج می سازد. این امر سبب می شود که انتهای صافی ، عاری از میکروب کش باشد ، این کار محیط تولید مثل خیلی خوبی برای باکتری فراهم می سازد این باکتری سرانجام در آب خوراک سامانه RO ریخته می شود (۲۰). گرفتگی کربن در سامانه های RO می تواند همچنین در صورتی رخ بدهد که کربن خیلی نرم باشد و یا اینکه صافی به نحو صحیحی کار نکند. پیشنهاد شده است که عوامل اکسنده همچون کلر آزاد (سدیم هیپوکلریت) یا ید نباید به طور مستقیم به جریان محصول RO یا سامانه های غشایی PA وارد شوند.

با این حال ، تزریق در جریان پایینی غشای RO انجام می شود ، عامل اکسنده می تواند هنگامی که RO از سرویس خارج است به جریان بالایی نفوذ کند این موضوع، علت از بین رفتن سامانه های غشایی PA خواهد بود. اگر به عامل اکسنده ای در جریان پایینی RO نیاز باشد . محل ورود بایستی به جایی که نفوذ باکتری به جریان بالایی نتواند رخ بدهد، منتقل شود ، حتی وقتی که سامانه از سرویس خارج است.

شیرهای یک طرفه در جلوگیری از این نوع نفوذ به جریان بالایی تاثیرگذار نیستند . بهتر این است که جریان محصول RO به بالای مخزن ذخیره جریان یابد. مواد شیمیایی سپس از طریق یک خط مجزا به مخزن تزریق گردد.

○ قرار گرفتن در معرض مستقیم نور خورشید

اگر یک سامانه RO مدت زمان طولانی در معرض نور خورشید قرار داده شود ، تا هنگامی که از سرویس خارج می گردد ، دمای درونی سامانه به طور فزاینده ای افزایش می یابد. در سامانه های CA، سرعت آبکافت غشاء متعاقباً افزایش خواهد یافت. در هر دو سامانه غشایی CA,PA دماها افزایش می یابند تا جایی که احتمالاً مشکلاتی مشابه با آنچه در مورد مبدل حرارتی بحث شد را به وجود بیاورند. دماهای بالا می تواند همچنین سبب افزایش رشد بیولوژیکی گردد و احتمال گرفتگی و نفوذ باکتری را افزایش می دهد. سامانه RO که در محوطه باز نصب شده بایستی پوشیده شود. محفظه های RO بایستی با رنگ روشن رنگ شوند تا از جذب زیاد حرارت خورشید جلوگیری شود. همچنین المان های RO بایستی در نور مستقیم خورشید انبار نشوند. این توصیه های ساده به افزایش عمر مفید المان های غشایی RO کمک می کند.

○ نشی های مبدل حرارتی

بعضی از بازدارنده های خوردگی شیمیایی که در سامانه های آب داغ مورد استفاده قرار می گیرند، منجر به از بین رفتن یکنواخت سامانه RO می شوند. اگر آب خوراک RO آلوده گردد ، مبدل های حرارتی بایستی به طور عادی مورد بازبینی و آزمایش فشار قرار گیرند تا از بی نقص بودن آنها اطمینان حاصل شود.

○ اشتباهات شست و شو

در طی عملیات شستشوی RO ، اشتباهات زیادی به وجود می آید که می تواند سریعاً بر کارایی (و احتمالاً خراب کردن) یک مجموعه از المان های غشایی تاثیر بگذارد. یکی از معمول ترین خطاها ، فراموش کردن اندازه گیری و تنظیم pH محلول شستشو قبل از گردش مجدد خواهد بود. اگر اجزای محلول های شستشوی قلیایی بدون تنظیم pH با اسید مخلوط شوند ، محلول شستشو ممکن است pH بالاتر از ۱۱ داشته باشد . هر چند که این مورد با غشای PA همخوانی دارد اما خیلی سریع غشای CA را از بین می برد.

غشاهای پلی آمیدی منحصراً به مشخصات بار مواد فعال سطحی مورد استفاده در محلول شستشو حساس اند . تنها محلول های شستشویی که توسط سازنده غشا تایید شده بایستی استفاده شود. غشاهای بار مثبت با مواد فعال سطحی دارای بار منفی (آنیونی) سازگار نیستند و ممکن است با مواد فعال سطحی غیریونی هم سازگار نباشند. اکثر غشاهای PA دارای بار منفی اند و با مواد فعال سطحی کاتیونی و غیریونی ناسازگارند . همچنین بایستی در بررسی ضد عفونی کننده ها و عوامل نگه دارنده ، دقت به عمل آید که با غشاهای خاصی سازگار باشند.

بعضی مواقع ، ممکن است اسکید شستشوی RO برای استفاده با برخی دیگر از عملیات نگهداری اقتباس گردد . اگر ماده شیمیایی نامناسبی از اسکید ، قبل از شستشوی المان های غشایی RO ، خارج شود، خرابی یا گرفتگی غشا رخ می دهد.

به عنوان مثال ، یک اسکید مورد شستشو که اجزای دفعی باقیمانده معروف به اندازه " به طور کامل مورد آبکشی واقع نشده (همچنین معروف به کلوئید ۱۸۹ از کلوئیدهای آمریکایی) برای بهسازی سامانه های مختلف مورد استفاده قرار گرفت . این ماده به طور اتفاقی با یک محلول شستشوی در دسترس مخلوط شد و از طریق سامانه RO بازچرخش گردید . در نتیجه ، این سامانه حدود ۲۰٪ از سرعت جریان محصول عادی خود را از دست می دهد که این کاهش ، هرگز در شستشوهایی بعدی به دست نمی آید.

○ تخریب شدید غشاء یا مشکلات چند گانه

هنگام بروز مشکل برای سامانه RO ، اگرچه با چند مشکل دیگر که به طور همزمان رخ داده باشند ، ایجاد گردد و یا اگر مشکل خاصی به صورت خیلی شدیدی توسعه یافته باشد؛ شخص می تواند به راحتی به واسطه خرابی، سردرگم شود . برای مثال، مشکل سیفون شدن اسید به راحتی در مراحل اولیه اش کشف می شود ، زیرا تاثیرات معینی بر المان های ابتدایی و انتهایی غشایی می گذارد . اگر ناچیز باشد، مشکل ، در کل سامانه توسعه یافته تا آنکه تمامی المان های غشایی را تخریب نماید. پس بسیار مشکل خواهد بود که مشخص شود علت آسیب چیست ، زیرا شانه ها اکنون با سایر موارد مورد توجه، پوشش داده می شوند.

۴-۷-۴- علل و راههای جلوگیری از افزایش اختلاف فشار

به منظور نگه داشتن استانداردهای بالایی که در سامانه های RO قابل انجام باشند، برنامه نگهداری معقولی مورد نیاز خواهد بود. در مورد رفع مشکل RO توجه بیشتر به طراحی سامانه های RO بوده و نگهداری به عنوان یک آموزش برای کارور RO بحث شده است که همانند عاملی پوشیده است. این بحثها در جلوگیری از رخ دادن این مشکلات یا در تشخیص آنچه که به طور سریع در آن ها رخ می دهند، مفید خواهند بود. این بخش، علل افزایش اختلاف فشار را مورد بحث قرار می دهد. این دانش، توجه و فهم روابط اختلاف فشار را امکان پذیر خواهد ساخت و بنابراین از وقوع آن ها جلوگیری می کند.

اختلاف فشار خوراک به جریان غلیظ؛ معیاری از مقاومت، نسبت به جریان هیدرولیکی آب درون سامانه است. به سرعتهای جریان درون کانال های جریان المان، وابستگی بسیار دارد. افزایش سرعت جریان محصول یا غلیظ، اختلاف فشار سامانه را افزایش می دهد. اگر فشار خوراک تغییر کند، در صورتی که سرعتهای جریان محصول و غلیظ یکسان باشند، (و یا گرفتگی و رسوب گذاری رخ ندهد) نیازی به تغییر اختلاف فشار وجود ندارد. بنابراین سرعتهای جریان محصول و غلیظ به طور قطع؛ تا حد امکان ثابت نگه داشته می شوند تا اینکه هرگونه گرفتگی المانی که به علت افزایش اختلاف فشار به وجود آمده، ردیابی و یادداشت شود. افزایش اختلاف فشار در سرعت جریان ثابت معمولاً به واسطه حضور مواد زاید باقیمانده، مواد مولد جرم یا رسوب درونی کانال های جریان المان خواهد بود. در سامانه های غشایی فیبر توخالی؛ این امر ممکن است بین الیاف غشایی و در سامانه های حلزونی، ممکن است در فضای مواد توسعه تلاطم بین صفحات غشاها، رخ بدهد.

این افزایش ضرورتاً علت ایجاد آژیر نخواهد بود. بیشتر مواقع به واسطه تمایلات برای ایجاد گرفتگی ها معمول است و می تواند از شستشوی ساده المان های RO قبل از راهنمای سازنده المان غشایی تخطی نموده و معکوس شود چنانچه این راهنما در دسترس نباشد، پیشنهاد می شود که سامانه قبل از اینکه افت اختلاف فشار خوراک به جریان غلیظ، بیش از ۱۵٪ افزایش یابد؛ شستشو داده شود. اگر معلوم شود که محلولهای شستشو در احیای خط اصلی انجام کار موثر نیستند؛ باید موضوع را به سازنده المان غشای متذکر شد.

یافتن علت افزایش برگشت ناپذیر اختلاف فشار، ممکن است به سادگی بازرسی المان های سرجلویی و یادداشت وجود مواد زاید باقیمانده باشد که وارد شده و سامانه را مسدود کرده است. در حالت های مشکل تر، ممکن است نمک های معینی از محدوده حلالیت خود تجاوز کرده و درون سامانه غشایی رسوب کنند. مورد اخیر می تواند معمولاً با پیش تصفیه صحیح آب خوراک RO و یا کاهش بازیابی محصول RO کنترل شود. بعضی مواقع ترکیب آب خوراک می تواند چنان تغییر یابد که اصل طراحی، پیش تصفیه و یا شرایط عملیاتی، نیاز به اصلاح داشته باشند.

مشکل مواد زاید باقیمانده ممکن است با نصب و نگهداری صافی های مقدماتی کارتریج به سادگی حل شود. با این حال، رفع تشکیل رسوب، ممکن است پیچیده تر از یافتن طرح مورد نظر و تغییر آن باشد. توقف رسوب نمودن یک نمک ممکن است با کاهش غلظت آن نمک در سامانه RO توسط کاهش بازیابی آب محصول همراه باشد. همچنین ممکن است به تزریق غلظت های بیشتری از بازدارنده تشکیل رسوب نیاز باشد. ممکن است به تنظیم pH بیشتری و یا احتمال تغییر تزریق سولفوریک اسید، به تزریق هیدرولیک اسید (جهت کاهش غلظت یون سولفات) نیاز باشد. احتمالاً رسوب گذاری، موقعی رخ می دهد که سامانه از سرویس خارج شود. در این حالت سامانه باید با بازیابی پایین محصول

قبل از خارج شدن از سرویس ، شسته شود . در بعضی از حالتها تمامی این مراحل برای جلوگیری از تشکیل رسوب لازم اند. برای رفع مشکل افزایش اختلاف فشار ، مشخص شدن محلی که در سامانه RO، انسداد در کانال های جریان المانی در حال رخ دادن است ، مهم خواهد بود . ممکن است در جلو (سرجلویی) ، سرانتهایی در یک محل اتفاقی یا به صورت یکنواخت ، خارج از سامانه غشاء رخ بدهد. اختلاف فشارهای مرحله تکی به کارور اجازه می دهد که دقت بیشتری در اشاره به داخل سامانه RO، محل دارای افزایش اختلاف فشار ، داشته باشد. این امر سپس می تواند با المان های تکی یا استفاده از یک ایستگاه آزمایش المان تکی بیشتر برجسته شود.

این بخش بر وضعیتهای بالقوه ای که ممکن است در سامانه های RO به دلیل عوامل عملیاتی یا تغییر اجزای آب خوراک باشد ، تاکید دارد . برخی از علل متداول و ممانعت کننده از افزایش اختلاف فشار خوراک به غلیظ، در زیر بحث شده است که مطابق محل آن ، افزایش در اختلاف فشار خواهد بود.

۴-۷-۴-۱- افزایش فشار در سر جلویی

مواد مسئول افزایش در سر جلویی یک سامانه غشایی می تواند اغلب یا در پیش صافی ها یا در صورت اشکال در سر جلویی المان های غشایی ، دیده شود. محفظه صافی کارتریج بایستی باز و به صورت ظاهری بررسی شود. در پوششهای انتهایی از محفظه های سرجلویی بایستی جدا باشند و انتهای المان ، مشاهده شود. ممکن است انجام آنالیز شاخص چگالی لجن ، روی آب خوراک ، موثر باشد . این امر بایستی به مقادیر قبلی ارجاع گردد. صافی در داخل دستگاه بایستی بازرسی و با SDI صای های قبلی مقایسه گردد (اگر دارای تاریخ و ثبت باشد).

○ کنار گذر صافی های کارتریج

یکی از مهمترین اهداف پیش صافی های کارتریج جریان بالا دستی سامانه RO ، حفاظت سامانه از آشغالهای بزرگی است که به طور فیزیکی کانال های جریان را در قسمت جلویی المان های غشایی مسدود می کند. متأسفانه احتمال این که صافی های کارتریج در محفظه هایشان به صورت شل نصب شده باشند ، وجود دارد.

گاهی اوقات کارور ، صافی های کارتریج ۱۰ اینچی (طول) را کنار هم جمع می کند تا یک محفظه صافی طراحی شده برای ۲۰ تا ۳۰ یا ۴۰ اینچ برای صافی را بدون استفاده از اتصال درونی بین صافی ها ، پر نماید . در این حالت ، آشغالهای نسبتاً بزرگی می توانند از بین صافی های ۱۰ اینچ عبور کنند که احتمالاً درون المان های RO جای می گیرند.

بعضی مواقع ، صافیها ممکن است برای ماهها در سرویس نباشند زیرا آنها هرگز افزایشی را در اختلاف فشار نشان نمی دهند. معیار خوبی برای آنکه نشان داده شود صافیها در حال کنار گذر هستند ، آن است که اختلاف فشارشان یا به آرامی افزایش می یابد یا اصلاً افزایش ندارد. در هر صورت صافیها بایستی دست کم هر دو ماه یک بار عوض شوند تا رشد باکتریایی کاهش یابد یا وقتی که اختلاف فشار به ۱۵ psid کاهش یابد.

برخی اوقات هنگامی که صافیهای کارتریج در حال کار هستند ، خراب می شوند که به واسطه شوک هیدرولیکی یا حضور مواد ناسازگار است . از صافیهای پایه سلولزی بایستی در سامانه های RO به علت کنترل pH و یا کلر آزاد جلوگیری به عمل آید. این صافیها ممکن است خراب شده و المان های RO را ببندند.

○ شکستگی صافی بستر پیش تصفیه

گاهی ، بعضی از بسترهای ریزتر ممکن است از شن ، چند بستری، کربن یا دیاتومه های خاکی صافیهای پیش تصفیه ، در آب خوراک RO ، ریخته شوند. صافی های کارتریج اکثر ذرات بزرگتر مثل شن و آنتراسیت را جذب می نمایند .با این حال ، برخی از انواع بستر نرم همچون پودر کربن و دیاتومه های خاکی می توانند از صافی کارتریج $5\mu m$ میکرون با سرعت اسمی عبور کنند که منجر به لزوم تعویض المان های متاثر شده می گردد.

صافش دیاتومه خاکی می تواند صافش عالی را برای سامانه RO آب خوراک پیشنهاد شود .یا اینکه می تواند یکی از بدترین تهدیدها در یک سامانه RO باشد، هر چند قادر به خارج کردن مواد مولد گرفتگی خیلی ریز (کمتر از $1\mu m$) خواهد بود ، اگر دیاتومه خاکی در خلال نگهداری در اثر ضربه بشکند ، می تواند سامانه RO را مسدود کند . صافی های دیاتومه خاکی که در جریان سامانه های RO نصب شده بودند . به همین دلیل بعداً به تدریج از خط خارج شدند . بنابراین مهم است وقتی که استفاده از صافی های دیاتومه برای جریان بالایی RO را در نظر میگیریم ، برآورد شود که آیا صافش عالی ارزش خطر گرفتگی المان های RO را دارد؟

با گذشت زمان ؛ کربن فعال ، می شکند و مقدار زیادی از پودرهای کربن ، ریخته می شود .این امر به خصوص برای کربن های نرم ساخته شده ، زغال سنگ واقعیت دارد. کربن حاصل از پوست نارگیل با سرعت سختی ۹۵ یا بهتر از آن پیشنهاد می شود. هنگام تعویض کربن فعال، مهم است که هرگونه مواد زاید باقیمانده که ممکن است در سنگهای زیر بستر باشد ، خارج گردد. شستشوی معکوس شن ریزه با مدت جریان بالا ، ممکن است نیاز باشد ، ممکن است جایگزینی شن ریزه موقع تعویض کربن، راحت تر باشد.

کربن جدید بایستی به خوبی شستشوی معکوس شده باشد تا ریزه ها پیش از آنکه بیشتر در سرویس نگه داشته شوند ، خارج گردند . چند بار شستشوی معکوس ممکن است قبل از آنکه مقدار شاخص چگالی لجن، SDI، به کمتر از نرمال برسد، نیاز باشد. قبل از در سرویس قرار گرفتن سامانه SDI,RO بایستی به طور چشمی برای عدم حضور کربن بررسی گردد.

○ خرابی پروانه پمپ

بسیاری از پمپ های چند مرحله ای گریز از مرکز ، دست کم یکی از پروانه های پلاستیکی را به کار می گیرند . وقتی که یک مشکل پمپی مثل ناترازی پمپ بروز میکند ، پروانه ها خراب می شوند و تراشه های پلاستیکی کوچکی را بیرون می پرانند. تراشه ها می توانند وارد شده و به طور فیزیکی سرجلویی المان های RO را مسدود کنند. بسیاری از پمپ های فشار قوی تحت تاثیر یک صفحه تخلیه بالقوه قرار دارند این صفحه اکثر تراشه ایی را که ممکن است توسط پروانه ها پراکنده شده باشند ، جذب کرده و بنابر این آن را پیشنهاد میکنند. صفحات تخلیه ای پمپ باید به طور منظم از جهت تراشه ها و یا دیگر آشغالها کنترل شوند . اگر فشار خروجی یک پمپ فشار قوی با سرعت جریان ثابتی ، پایین بیاید . صفحه تخلیه باید یکی از اولین چیزهایی باشد که مورد بررسی قرار می گیرد. با شستشو یا تعویض این صفحه ، مشکل به راحتی حل می شود . به عنوان یک برنامه نگهداری عادی ، نمایش فشار تخلیه پمپ های RO قبل از هر شیر تنظیم جریان پیشنهاد می شود که به عنوان راهی برای رویت ثابت نگه داشتن فشار خروجی پمپ است.

○ تلسکوپی شدن

از هم باز شدن طولانی المان های حلزونی را تلسکوپی شدن گویند که می تواند به واسطه افزایش اختلاف فشار باشد. زمانی که صفحات غشایی، به واسطه مواد فضا پرکنی بین صفحات، طویل شوند، آنها می توانند اطراف المان را برای جریان، ببندند. این کار ممکن است بر دفع نمک تاثیر داشته و یا نداشته باشد که بستگی به سختی دارد. تلسکوپی شدن می تواند به علت تلاطم های هیدرولیکی المان غشایی باشد. اکثر سازندگان غشاء وسایل ضد تلسکوپی شدن بر روی المانهایشان نصب می کنند تا به جلوگیری از رخ دادن آن کمک کند.

۴-۷-۲- افزایش اختلاف فشار قسمت انتهایی

○ بازدارنده رسوب ناکافی

اهمیت کنترل تشکیل رسوب در یک سامانه RO قبلاً در این فصل در قسمت علل و راههای جلوگیری از کاهش کاهش دفع نمک قسمت انتهایی، بحث شد. چنانچه ترکیب آب خوراک تغییر کند، یا بازیابی محصول را کاهش می دهد و یا به تزریق غلظت های بالاتری از بازدارنده تشکیل رسوب، نیاز خواهد بود.

یک مثال، جالب توجه از رسوب بالقوه سیلیکاست. رسوب نمودن همگن سیلیکا روی غشا می تواند تا حد زیادی شستشوی آن را مشکل کند. محلول شستشوی مضر، همچون محلول حاوی آمونیوم بی فلوئورید ممکن است نیاز باشد. با این حال سیلیکات ها معمولاً در اول کار از محلول به صورت نمک سیلیکا (در pH قلیایی) یا به صورت «همتافت» کلوئیدی محتوی اجزای آلی یا نوی دیگر جدا می شود.

بازدارنده های رسوب می توانند به وسیله پیوند دان سیلیکات ها مشارکت کاتیونی به صورت کلسیم و یا منیزیم ؛ رسوب نمودن سیلیکا را آهسته کنند (۲۱). برخی محلولهای بازدارنده تشکیل رسوب میتوانند در نگه داشتن همتافت کلوئیدی معلق در محلول، توسط عمل پراکنده کننده کمک بکنند.

اگر رسوب سیلیکا به صورت معلق در آید، باید هر چه سریعتر شسته شود. اگر اجازه داده شود که روی سطح غشا بماند، با گذشت زمان می تواند با سیلیکاهای یکنواخت بیشتری اتصال عرضی بدهد. در این صورت خارج کردن آن از غشا، مشکل تر خواهد بود (۱۵).

رسوبات شکل های متنوعی از سیلیکا، وابسته به زمان هستند. اگر محلولهای سیلیکا بیش از حد مجاز در سامانه RO باشند، سامانه باید از غلظتهای زیاد سیلیکا وقتی که RO به هر دلیلی از سرویس خارج شود، شستشو گردد. پیشنهاد می شود که برنامه خودکاری برای کار در فشار پایین یا بازیابی پایین، درست قبل از خارج شدن از سرویس به کار گرفته شود. اگر محتوی نمک فوق اشباع باشد، هرگز نبایستی اجازه داد که سامانه برای مدت طولانی به صورت یدک نگه داشته شود.

اکثر سازندگان سامانه تلاش میکنند که سامانه های RO را به گونه ای طراحی کنند که بازیابی محصول کمی داشته باشد تا از رسوب سیلیکا جلوگیری نماید. اگر غلظت سیلیکا به طور فزاینده ای در آب خوراک افزایش یابد، چنان که سیلیکا حتی در حضور بازدارنده، رسوب نماید؛ پس ممکن است نیاز به کاهش بازیابی محصول باشد.

○ بازیابی خیلی بالای سامانه

همانطور که در طی این فصل نیز تاکید شده ، واسنجش صحیح دستگاهها برای نگه داشت یک سامانه RO ضروری است . تغییر اندک بازیابی به دلیل عدم دقتهای دستگاهی می تواند منجر به اختلافات اساسی در غلظت رسوب و گرفتگی های بالقوه در سامانه RO گردد. چنانچه جرمها و بیشتر رسوبات ، نمکهایی همچون اکسیدهای آهن تشکیل می دهند که می تواند در صورت شستشوی سامانه ، مطابق با راهنمای پیشنهادی سازنده ، خارج گردند ، با این حال ، برخی رسوبات مثل سیلیکای یکنواخت و باریم سولفات ، نمی توانند به طور موثری با شستشو خارج گردند. بنابراین مهم است که سرعت بازیابی محصول ، دقیق نگه داشته شود.

○ افزایش اتفاقی اختلاف فشار، صدمه آب بند نمک

آب بندهای نمکی وسایلی پلاستیکی یا لاستیکی اند که قسمت بیرونی المان های حلزونی را در برابر دیوار محفظه ، پر می کنند . آنها می توانند در خلال نصب یا توسط سرچ های هیدرولیکی صدمه دیده و یا وارونه شوند که منجر به عبور مقدار معین آب خوراک از طریق کنارگذر در اطراف المان می گردد و مقدار جریان کمتری با سرعت پایین از المان عبور می کند . وقتی این امر رخ می دهد ؛ المان بیشتر در برابر تشکیل رسوب مستعد می گردد. اگر المان رسوب دیده در یکی از چندین محفظه موازی به صورت فیزیکی بیشتر مسدود گردد ، در این حالت تمایل بیشتری برای تشکیل رسوب در درون دیگر المان های محفظه به دلیل ناکافی بودن سرعتهای جریان درون آن محفظه ها به وجود می آید.

○ شستشوی اسکید آلوده شده

آسان نمودن شستشو با اسکید RO، جهت کاربرد آن برای سایر جاها متداول است. متأسفانه این امر، به احتمال آلودگی وابسته است. در بعضی حالات، کربن یا رزین تبادل یونی، از یک اسکید شستشوی درست در یک مرحله از سامانه RO یافت شده است (معمولاً اولین مرحله ای که تمیز شده بود). این مرحله سپس اختلاف فشار بالاتری را پس از شستشو نشان می دهد.

یک محفظه صافی کارتریج بایستی روی اسکید شستشو نصب شود تا در جلوگیری از آشغالهای بزرگ که در سامانه های RO از طریق اسکید شستشو، وارد شده اند، کمک نماید. یک صافی کارتریج تمیز و مقاوم از لحاظ شیمیایی، مثل تمامی صافی های پلی پروپیلن، در محفظه ها توصیه می شود. کارتریج سلولزی پیشنهاد نمی گردد زیرا قادر به پایداری در محدوده های pH و عوامل شیمیایی محلول شستشو نخواهد بود. صافی های سلولزی در شکستن و بستن سامانه های RO معروف اند.

○ گرفتگی بیولوژیکی

تحت شرایط خاصی، رشد بیولوژیکی می تواند به سرعت یک سامانه RO را گیر بیندازد. این امر بخصوص در سامانه های نوع PA حساس به کلر، که کلر و ید نمی توانند به آب خوراک تزریق شوند، مورد توجه است. در این حالتها مهم است که به صورت متناوب شستشو انجام گیرد و سامانه ضدعفونی شود. نشان دادن انجام صحیح آن را وقتی که تمیز و ضدعفونی گردد، مجزا خواهد کرد. همچنین پیشنهاد می شود نمونه های باکتری، از آب خوراک، محصول و جریان غلیظ گرفته و براساس نظم، آنالیز شوند.

۴-۷-۳- افزایش یکنواخت اختلاف فشار

○ شیرهای دارای نشتی

اگر سامانه در حالیکه شیر جریان غلیظ بسته و شیر آب خوراک نشت نماید ، از سرویس خارج گردد؛ رسوب به طور یکنواخت در سراسر سامانه RO می نیشند . در این حالت ، آب هیچ جایی نمی تواند برود اما درون غشا به داخل مسیر محصول ، نمکهای خود را روی سطح غشا باقی می گذارد . این یک واقعه معمولی نیست زیرا معمولاً وقتی واحد RO از سرویس خارج می گردد ، شیر تنظیم جریان غلیظ از سمت چپ باز می شود.

○ موارد برطرف نشده

چنانچه بازرسی انجام نگیرد ، بسیاری از مواردی که قبلاً بحث شد ، میتواند منجر به خسارت یا مسدود شدن سامانه RO شود. همچنین اگر گرفتگی معمول اجازه یابد که براساس راهنمای سازنده ، پیشرفت نموده و بروز کند ، در چنین حالتی حادی ، به دلیل انسداد دائمی کانالهای جریان المان بعید است سامانه بتواند حتی به وضعیت کاری اولیه اش برگشت نماید.

۴-۷-۵- عیب یابی سامانه RO

۴-۷-۵-۱- بازرسی چشمی سطح دارای اشکال

یک مرحله ساده پس از یافتن اشکال RO ، نگاه به سطح است و اگر اشکال در ابتدای بسته باشد، در پوش انتهایی را از ابتدای بسته جا نموده و داخل آن باز و دیده شود. همین مطلب می تواند برای اشکالات قسمت انتهایی و اشکالات مجزا وجود داشته باشد. اغلب اشکال به طبیعت خود برمی گردد که

ممکن است جهت صرفه جویی زمان ، احتمالاً امور غلطی مورد بررسی قرار گیرند . مثالی در این زمینه یافتن ذرات ریز کربن فعال یا سایر مواد باقیمانده المان های ابتدای بسته خواهد بود. مطلب دیگر یافتن ذرات رسوب بیرون آمده از المان های غشایی قسمت انتهایی یا در پایین محفظ های آنهاست.

در بعضی حالات ممکن است مقدار کافی مواد مولد فولینگ یا رسوب وجود داشته باشد که می تواند وارد ظرف شده و آنالیز گردد . این امر ممکن است نیاز به کالبد شکافی یک المان غشایی را حذف نماید.

یک المان غشایی با بریدن و خارج کردن تکه ای و پایه های انتهایی برای رسیدن به الیاف المانی یا لایه های غشا ممکن است کاملاً برای اطلاعات مناسب باشد . برای کاهش جریان محصول ، عللی وجود داشته است که یک المان ، با باز شدن آن ، هیچ چیزی نه گرفتگی و نه رسوبی ، مشاهده نشده است . در یک وضعیت شکل ظاهری جریان محصول کاهش یافته ، نتیجه عملکرد ناصحیح جریان سنج بوده است . این امر ، اهمیت بازرسی دوباره قرائت دستگاه را قبل از پیشرفت ، بخصوص پیش از تخریب غشایی نشان می دهد.

به طور کلی در این موقعیت ، گرفتگی به طور چشمی ظاهر می شود و شکل ظاهری گرفتگی نشانه هایی از خصلت آن و مشکلات خارج کردن آن را در اختیار می گذارد . ذرات محیط صافی بزرگ (مانند کربن فعال) دلیل بر این مطلب هستند گرفتگی بیولوژیکی شکل ظاهری متفاوتی نسبت به رسوب داشته و عمدتاً بوی متفاوتی دارند.

گاهی اوقات ممکن است مشکلات مکانیکی برای المانی که در مشکلات عملکردی سامانه RO سهیم شده است ، مشاهده گردد . این امر ممکن است حالتی باشد که مسیر چسبیده روی پوشش غشای حلزونی مجزا شده باشد. مثال دیگر از مشکل ظاهری که به چشم دیده می شود آن است که ماده حامل

جریان محصول درون پوسته ، به جای آنکه سخت باشد ، غشای خمیده شده ای باشد . این امر می تواند به پوسته غشا اجازه دهد که تحت فشار نزدیک شده و موجب محدودیت عبور آب محصول به لوله جمع آوری محصولات مرکزی گردد.

۴-۲-۵-۲- آزمایش المان های مورد شک

المان های تکی می توانند در یک المان تکی برای تعیین افت اختلاف فشار ، سرعت جریان محصول و درصد تزریق ، مورد آزمایش قرار گیرند. ایستگاه آزمایش شامل ظرفی است که یک المان را در یک زمان می پوشاند. این کار به کارور اجازه میدهد که فشار خوراک ، سرعت جریان غلیظ و pH آب خوراک (در بعضی واحدها) را تنظیم نماید. سرعت جریان غلیظ ، بخصوص در تعیین اختلاف فشار می تواند با دیگر المان ها مقایسه شود و یا برای اطلاعات آزمایش المان اصلی مهم باشد. تنظیم صحیح بایستی از مشخصات آزمایش سازنده به دست آورده شود.

این ایستگاه آزمایش المان تکی می تواند در پمپ خوراک مجزا یا واحدی که می تواند در چند راهه آب خوراک RO عمود شود . برای استفاده از پمپ فشار قوی RO ، مورد استفاده واقع گردد . اگر ترتیب اخیر به کار گرفته شود ، بایستی تنظیمات پمپ تزریق اسید برای تنظیم مجدد را به کار واداشت.

۴-۲-۵-۳- روشهای تجزیه ای برای رفع مشکل RO

در بررسی گرفتگی ، رسوب گرفتگی یا مشکل خرابی غشا ، آنالیز غشا و جرمها به منظور دانستن طبیعت صحیح تر مشکل ، مفید است . برای مثال ، اگر محلولهای شستشوی اسیدی یا قلیایی در حفظ

کاهش جریان محصول RO موثر نباشند ، دانستن موارد بیشتر در مورد خصلت غشای جرمها ؛ اطلاعات با ارزش تری را فراهم میکند تا بتواند روشهای حل مشکل را ارائه نماید.

برخی روشهای تجزیه ای شامل روشهای شیمیایی مرطوب ، حل شدن در اسید ، آزمون خاکستر و آزمون رنگ ، می تواند در میدان انجام گردد. آنها اغلب اطلاعات مفید مورد نیاز را جهت تایید یک مشکل در فرایند در حال بررسی ، تامین خواهند نمود. این امر نسبت به منتظر شدن جهت دستیابی به نتایج آزمایشگاهی، مفید است . اگرچه هنوز ایده خوبی جهت مشخص نمودن یافته ها از طریق آنالیز آزمایشگاه وجود خواهد داشت.

○ انحلال در اسید / بازها

اگر ماده روی غشا، شامل بلورهایی باشد که به طور آشکار چند نوع رسوب دارند ، یک آزمایش ساده می تواند برای تعیین بهتر خصلت رسوب انجام گیرد . اگر رسوب شامل کربنات ها باشد؛ کربنات به راحتی در محلولی اسیدی با pH بین ۳ و ۴ حل می شود. ممکن است حتی حبابهایی به واسطه واکنش کربنات و تبدیل به دی اکسید کربن تشکیل شود و به صورت گاز خارج گردد.

رسوبات سولفات یا سیلیکا ، به جز در pH های خیلی پایین ، نمی توانند وارد محلول شوند. رسوب کربنات می تواند رسوب کردن انواع دیگر رسوب را کاتالیست نماید. بنابراین حتی اگر رسوب اصلی ، کربنات باشد ، تمامی رسوبات دیگر نمی توانند در محلولهای کمی اسیدی وارد محلول شوند. با این حال ، آزمایش نشان می داد که کربنات ، جزء اصلی رسوب خواهد بود . جلوگیری از تشکیل رسوب کربنات ممکن است از تشکیل دیگر رسوبات جلوگیری نماید.

اگر رسوب در یک محلول استاندارد اسیدی حل نشود رسوب می تواند با هیدروفلوئوریک اسید ۰/۱ مولار (HF) آزمایش شود. (مطمئن شوید که لوازم ایمنی و پوشش مناسب هنگام کار با هر اسیدی به خصوص هیدروفلوئوریک اسید به همراه دارید) محلول هیدروفلوئوریک اسید برای حل کردن رسوب سیلیکا موثر است. موفقیت هر نوع محلول اسیدی در حل کردن رسوب، شناسه خوبی را برای این که به چه نوع محلولی نیاز خواهد شد تا رسوب را از سامانه غشا تمیز نمود، در اختیار می گذارد.

یک باز قوی احتمالاً در pH های بالای ۱۲ قادر به انحلال یا معلق نمودن اکثر مواد مولد فولینگ شامل خاک، لجن یا مواد بیولوژیکی است. آزمون مواد مولد فولینگ در چنین محلولی می تواند جهت تایید حضور آنها به کار رود. توانایی نسبی pH خیلی بالا جهت زدودن مواد مولد فولینگ، نسبت به قلیائیت pH متوسط (مثل pH حدود ۱۱ تا کمتر)، مشکل شستشوی مواد را نشان میدهد. اکثر المان های غشایی سلولز استات (CA) را در pH های بیش از ۷/۵ نمی توان تمیز نمود و بعضی از المان های غشایی با فیلم نازک پلی آمید (PA) را نمی توان در pH های بالای ۱۱ مورد شستشو قرار داد.

○ روشهای شستشوی خیس

روشهای شستشوی خیس به صورت کیت های آزمون میدانی که جهت آنالیز آلودگی های آب به کار می روند، اغلب برای آنالیز کمی مواد مولد فولینگ می توانند مورد استفاده قرار گیرند. نمونه ای از مواد مولد فولینگ/ رسوب یا تکه ای صافی یا نمونه ای از غشا را که شامل برخی از مواد مولد فولینگ/ رسوب باشند می توان با آب بدون املاح (DI) مخلوط نمود. سپس آب طبق روشهای ابزار دقیقی عادی، آنالیز می گردد. اگر نتایج غلظت زیاد آلودگی ها را نشان دهد، می توان فرض نمود که آن

قسمتی از مواد جدا شده مواد مولد فولینگ رسوب خواهد بود. به عنوان مثال ، چنانچه آلومینیوم در کمپلکسهای مولد فولینگ موجود باشد، دانستن آن می تواند کمک باشد.

○ آزمون خاکستر

آزمونی که به صورت خام درمیدان یا به طور دقیق در یک آزمایشگاه انجام شود ، آزمون خاکستر است . این امر ، جهت تعیین اینکه مواد مولد فولینگ/ رسوب ماده آلی غالب یا ماده غیرآلی در ساختار باشد ، مورد استفاده قرار میگیرد . این امر در مقدمه چنانچه اصل ماده بیولوژیکی باشد ارزش یافتگی دارد زیرا این نوع فولینگ ، به طور عمده آلی است.

لازم است این کار با حجم نمونه نسبتاً زیاد آغاز گردد . زیرا نیاز به خشک کردن خواهد داشت. اغلب این نتیجه در کاهش دادن حجم به یک جزء از اندازه اصلی است. در میدان ، این مرحله خشک نمودن را می توان با گذاشتن نمونه در بیرون یک سطح خشک انجام داد . نمونه بایستی شامل یک کروزه سرامیکی باشد یا روی نوعی بستر باشد که بتواند دماهای بالا را بدون تجزیه شدن یا واکنش دادن حمل نماید.

قبل از قرار دادن نمونه در ظرفش ، ظرف بایستی دقیقاً وزن شود . این امر نیاز به یک ترازو دارد (که ممکن است در دسترس باشد یا نباشد) ترکیب نمونه و ظرف ، بایستی وزن شود . پس از خشک شدن نمونه ، بایستی آنها دوباره وزن شوند . پس از اینکه مشخص شود که تمامی آب نمونه ، تخییر شده باشد . توزین دیگر نمونه و ظرف بایستی انجام شود. درصد تغییر وزن اصلی نمونه در خلال خشک شدن، موید مقدار آب تقریبی آن است . مواد مولد فولینگ نسبت به مواد غیرآلی ، تمایل به داشتن آب بیشتری خواهند داشت. نمونه و ظرف آن در دماهای به اندازه کافی بالا قرار داده می شوند تا موجب دود

شدن نمونه مواد مولد فولینگ شود. این امر بدین معناست که اجازه می دهد که آن به صورت قرمز-داغ شده و دود نماید اما بدون شعله باشد. هدف، سوزاندن ماده در شعله مستقیم نیست زیرا ممکن است به جرقه زدن برخی از اجزای غیرآلی، منجر شود. در میدان، این امر می تواند به دقت با نگهداشتن نمونه در مسافتی مشخص روی چراغ بونسن یا روی برخی منابع حرارتی سازگار، انجام شود.

نمونه را می توان جهت اطمینان از اینکه تمامی مواد آلی به صورت دی اکسید کربن تجزیه شده باشد، پس از متوقف شدن، دود کردن، به مدت چند دقیقه دراین حالت داغ، نگه داشت. نمونه و ظرف را سپس وزن نموده و فرض میشود درصد افت وزن مربوط به مقدار ماده آلی آن باشد. درصد ماده ای که نسوخته باشد، ماده غیر آلی آن است. اگر مقدار ماده آلی بیش از ۵۰٪ نمونه باشد. معمولاً ابتدا ماده بیولوژیکی فرض می گردد، مگر اینکه برخی از سایر مواد آلی شناخته شده موجود باشد (چون امکان دارد درهنگام فرآوری، آب میوه یا آب پنیر وجود داشته باشد).

○ آزمایش رنگ

غشای RO بی نقص؛ درصد زیادی از هر نوع رنگ با وزن مولکولی بالاتر از ۳۰۰ را پس خواهد زد. انواع خاصی از خرابی غشا، بر توانایی غشا برای دفع نمک، تاثیر می گذارد. وقتی چنین شود غشا و یا ماده پوششی، تمایل به جذب رنگ بیشتری خواهد داشت و رنگ از آن محصول عبور خواهد کرد. رنگ همچنین از هر نوع آسیب مکانیکی در غشا یا المان غشایی عبور خواهد کرد. بنابراین رنگها می توانند به عنوان رفع نقص برای یافتن موارد بیشتری از خصلت خرابی مفید باشند و همچنین برای مجزا کردن محل خرابی مفیدند.

رنگ متیلن بلو، هر چند امکان دارد بهترين رنگ ؛ براي يافتن نقصهاي غشا نباشد ، يک رنگ در دسترس متداول است . اين رنگ به راحتی در دسترس قرار دارد تا بررسيها در محل انجام گيرد. رنگهاي ديگر موجود ممکن است اغلب حساسيت بهتری نشان دهند.

رنگ می تواند در آب خوراک ، که آزمایش المان در آن به عنوان يک المان تکی ايستگاه آزمایش عمل می کند، داخل گردد . همچنين می تواند به آب خوراک يک سامانه RO در حال کار کوچک تزریق شود (مطمئن شويد که سامانه از فرایند قبل از شستشوی رنگ از RO معجزا شده باشد) رنگ از غشاء و از محلهای خراب شده یا از نشتی های مکانیکی در سامانه ، نفوذ خواهد کرد وجودش در آب محصول می تواند به صورت چشمی مشاهده شود یا توسط يک اسپکتروفتومتر اندازه گیری شود. غشا پس از آنکه در معرض رنگ قرار گرفت ، می توان به صورت چشمی ، مجزا کردن محل خاص عبور رنگ را مورد بررسی قرار داد. اگر محلهایی از غشاء خراب شده بودند ، آن محلها ممکن است رنگ بیشتری را نسبت به سایر نقاطی که تحت تاثیر نبوده اند ، انباشته سازند که بستگی به طبیعت تخریب دارد. اين محل ، مدرکی مبنی بر طبیعت مشکل فراهم خواهد ساخت.

رنگ ، همچنين می تواند همراه با المان غشایی که تشریح گردید، مورد استفاده قرار گیرد. رنگ می تواند به صورت دستی به صورت آرام ، در بالای سطح غشا در يک المان پیچیده نشده ، پاشیده شود. نواحی ای از غشا که صدمه دیده اند ممکن است رنگ را راحت تر نسبت به نواحی ای صدمه ندیده جذب کنند و در نتیجه ، الگویی در عرض سطح غشاء ایجاد می شود و راهنمای خصلت خرابی را به دست می دهد.

پراکندگی نقاط در عرض غشا، احتمال جمع شدن الگویی از مواد جاگیر است که منجر به شناسایی حمله باکتری بر غشای CA خواهد بود. اگر حمله باکتری باعث تخریب شدید شود؛ الگوی رنگ ، یکنواخت تر خواهد گردید.

حمله شیمیایی با آب دمای بالا ، آبکافت غشا را تقویت خواهد کرد که به جذب یکنواخت رنگ منجر خواهد شد . اگر مشکل ، قبل از حمله اسید با آب دمای بالا در سطح وسیعی سرایت کرده باشد . ممکن است تاثیرات به سر جلویی المان محدود گردد . حمله از غلظت بالای یک عامل اکسید کننده ، مثل کلر آزاد ، به جذب رنگ یکنواخت تری در عرض سطح غشا؛ منجر خواهد گردید.

بررسی آب شیرین کن های RO موجود در سطح استان

۵-۱- منطقه مورد مطالعه استان هرمزگان

۵-۱-۱- اطلاعات جغرافیایی استان هرمزگان

استان هرمزگان با ۱،۵۷۸،۱۸۳ نفر جمعیت (براساس سرشماری سال ۱۳۹۰) و با ۶۸،۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت و حدود ۱۰۰۰ کیلومتر مرز آبی با خلیج فارس و دریای عمان یکی از مهمترین استان های جنوبی کشور است و از نظر ساختمان زمین شناسی بخشی از سه زون ساختمانی زاگرس چین خورده، سندج- سیرجان و مکران را دربر می گیرد. هرچند متوسط بارندگی سالیانه در نواحی ساحلی کمتر از ۱۵۰ میلیمتر است اما در بخش های مرتفع کوهستانی ۲۵۰ میلیمتر و در بعضی مناطق تا ۳۰۰ میلیمتر نیز می رسد.

این استان بدلیل نزدیکی به خط استوا و سیطره پرفشار جنب حاره ای در بیشتر اوقات سال از مناطق گرم و خشک کشور است و تابستان های بسیار گرم و طولانی و زمستان های معتدل و کوتاه دارد اقتصاد غالب استان با توجه به مرکزیت و قرار گرفتن در مبادی ورودی کالای ترانزیت کریدور شمال-

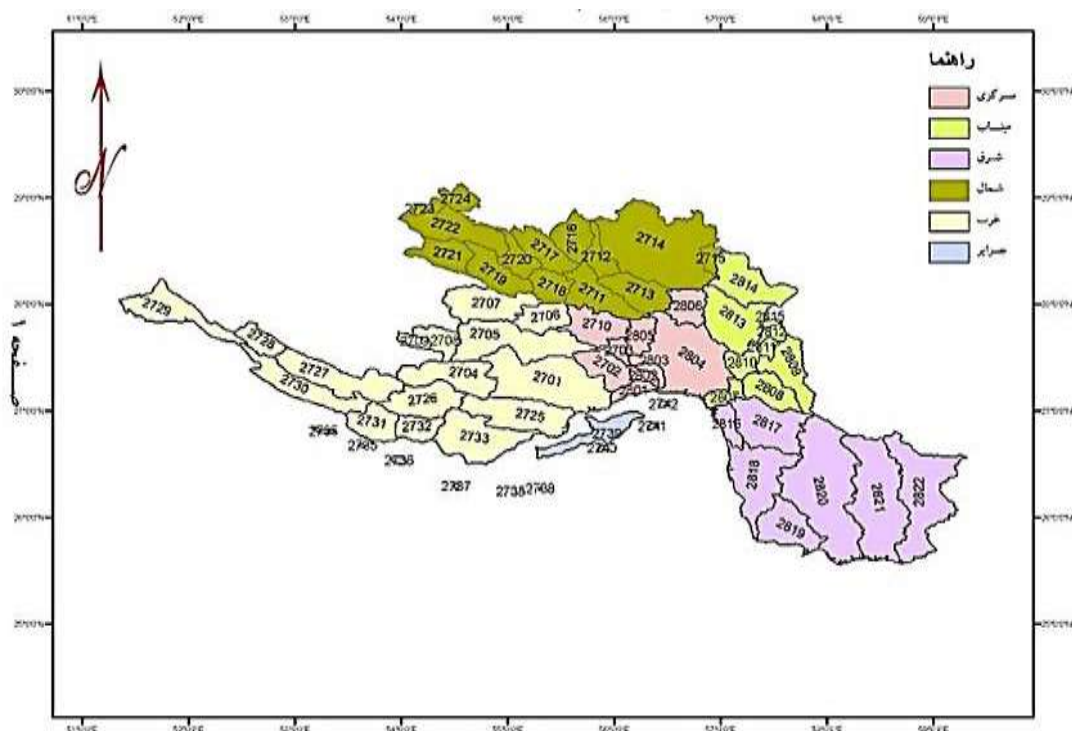
جنوب و مجاورت با آب های آزاد و بنادر مهم شهیدرجایی و باهنر عمدتاً بازرگانی- صنعتی و شیلاتی است.



شکل ۵-۱- موقعیت استان هرمزگان

۵-۱-۲- موقعیت آب در استان هرمزگان

استان هرمزگان یکی از مناطق خشک و کم باران کشور است و به لحاظ هیدرولوژی به شش زیر حوضه ی آبریز قابل تقسیم بندی است (شکل ۵-۲). بخش اعظم منابع آب استان به دلیل گستردگی ۷۰ گنبد نمکی شور و غیر قابل استفاده می شوند. متوسط بارندگی استان برابر ۱۹۶ میلی متر در طول سال بوده و براساس آن ۲۰/۵ میلیارد متر مکعب آب تولید می شود که با توجه به درجه حرارت بالای استان ۱۴/۴ میلیارد متر مکعب آن به صورت تبخیر از دسترس خارج می شود و مابقی آن یعنی ۶/۱ میلیارد متر مکعب آب های جاری شده در سطح زمین و آب های ذخیره شده در زیر زمین را تشکیل می دهد.

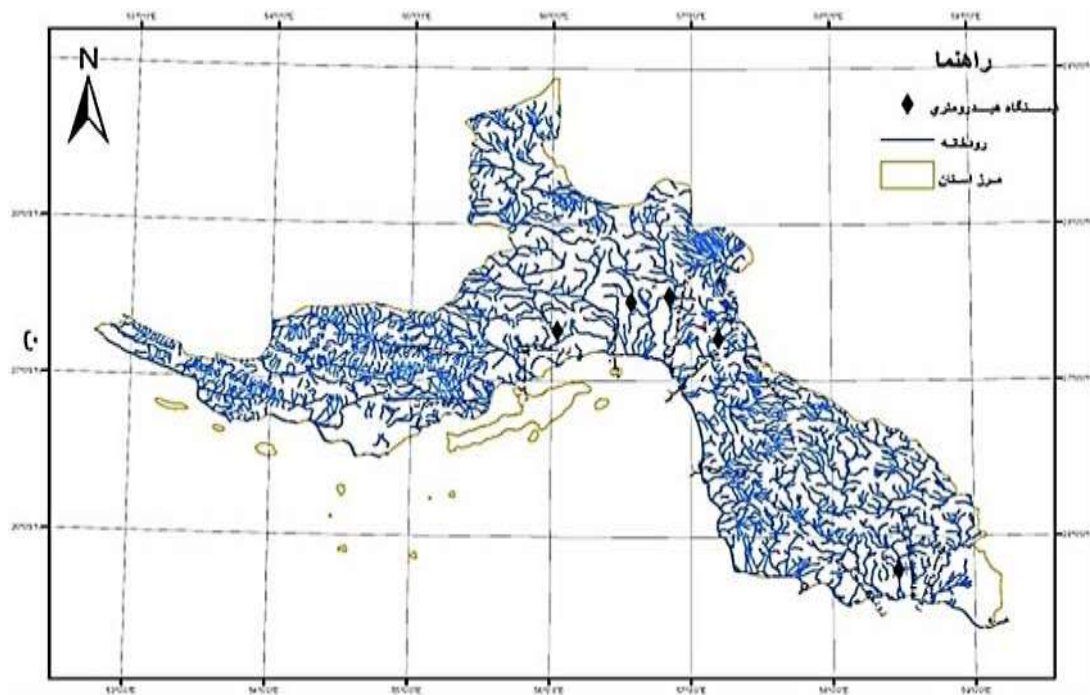


شکل ۵-۲- زیر حوضه های آبریز استان هرمزگان

از کل آب های جاری شده و ذخیره شده در سطح استان میزان ۲/۵۸۵ میلیارد مترمکعب را آب های شیرین و قابل استفاده و ۳/۵۱۵ میلیارد مترمکعب آن را آب های شور و غیرقابل استفاده تشکیل می دهد که این آب ها با توجه به عبور از گنبدهای نمکی شور شده اند.

به طور کلی منابع آب به دو دسته ی منابع آب های سطحی و منابع آب زیرزمینی تقسیم بندی می شود. براساس آخرین آماربرداری از منابع آب زیرزمینی استان میزان کل آب های زیرزمینی ۲۵۰۰ میلیون مترمکعب است که از این میزان ۱۳۵۵ میلیون مترمکعب آن را آب های زیرزمینی شیرین و ۱۱۴۵ میلیون مترمکعب آن را آب های شور تشکیل می دهد. استفاده از منابع آب زیرزمینی شیرین و قابل استفاده توسط ۱۸۰۶۲ حقله چاه نیمه عمیق و ۱۴۲۹ حقله چاه عمیق و ۱۴۵ رشته قنات و ۶۳۹ چشمه صورت می گیرد که بیش ترین مقدار مصرف منابع آب زیرزمینی مربوط به شهرستان های میناب، حاجی آباد و رودان است. منابع آب های سطحی در استان به سه دسته تقسیم می شود:

۱- منابع آب های سطحی شیرین که شامل رودخانه های آب شیرین است و بیش تر در مناطق شرقی و شمالی استان واقع شده اند که از جمله ی این رودخانه ها می توان به رودخانه ی میناب، جگین، گابریک، کریان، جلایی و ماشاری اشاره کرد (شکل ۵-۳).



شکل ۵-۳- نقشه هیدرولوژی استان هرمزگان

۲- منابع آب های سطحی شور که شامل رودخانه هایی است که بعد از عبور از گنبد های نمکی شور شده اند و بیش تر در مناطق غربی و جنوبی استان قابل مشاهده است. از جمله ی این رودخانه ها می توان به رودخانه های کل، مهران و رودخانه شور اشاره کرد.

۳- منبع آبی خلیج فارس که به عنوان منبع تامین آب مورد نیاز آب شیرین کن های مورد مطالعه قلمداد می شود.

استان هرمزگان به دلیل موقعیت خاص اقلیمی خود از عدم قطعیت در منابع آب سطحی و زیرزمینی برخوردار است و بخش عظیمی از توان آبی استان در بخش آب های سطحی در قالب سیلاب ها از طریق رودخانه های استان به خلیج فارس و دریای عمان می ریزد و قسمت قابل توجهی نیز به دلیل گرمی و خشکی بالای هوا تبخیر و از دسترس خارج می شود. به همین دلیل گسترش استفاده از منبع مطمئن و پایدار آب های آزاد (خلیج فارس) به عنوان منبع اصلی تامین آب مورد نیاز آب شیرین کن های RO دور از انتظار نبوده است.

۵-۲- منابع تامین آب مورد نیاز آب شیرین کن های RO

منبع اصلی تامین کننده آب مورد نیاز آب شیرین کن های اسمز معکوس مستقر در استان هرمزگان خلیج فارس می باشد که به دو صورت مورد بهره برداری قرار می گیرد:

الف- بهره برداری مستقیم از آب دریا

که در این روش آب دریا ابتدا از طریق Intake وارد حوضچه های ته نشینی (یک مرحله از پیش تصفیه است) شده و سپس مورد استفاده قرار می گیرد.

ب- بهره برداری غیر مستقیم از چاه های فلمن

چاه های فلمن، چاه های حفر شده در حریم ساحل که پس از حفاری و رسیدن به سنگ بستر، به جهت آبدهی بیشتر در اعماق ۶-۷ متری گالری های در اطراف دیواره داخلی چاه ایجاد می کنند. استفاده از چاه حکم یک مرحله پیش تصفیه طبیعی را بوسیله لایه های خاک ماسه ای سواحل را دارد، و می تواند در کنترل بیوفولینگ که یکی از اساسی ترین فولینگ ها در منطقه است، مؤثر باشد.

در ادامه گزارش آنالیز شیمیایی آب دریا از داده های شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان

ارائه شده است. نتایج نمونه برداری از Intake در جدول ۵-۱ و نمونه برداری از چاه در جدول ۵-۲

مشاهده می شود.

جدول ۵-۱- نتایج آنالیز شیمیایی آب دریا

ردیف	نام آزمون	مقدار موجود	واحد
۱	هدایت الکتریکی	۵۲۲۲۰	ms/cm
۲	کل مواد جامد محلول	۳۶۵۵۴	mg/L
۳	کدورت	۳/۰۱	NTU
۴	pH	۷/۸۶	-
۵	قلیائیت نسبت به فنل فتالین	۰	mg/L
۶	قلیائیت نسبت به متیل اورانژ	۱۲۹	mg/L
۷	سختی کل	۸۰۲۰	mg/L
۸	کلسیم	۵۴۱/۸	mg/L
۹	منیزیم	۱۶۲۰	mg/L
۱۰	سدیم	۱۰۲۰۰	mg/L
۱۱	پتانسیم	۳۵۷	mg/L
۱۲	آهن	۰/۸۰۱	mg/L
۱۳	منگنز	۰/۰۰۱	mg/L
۱۴	آمونیاک	۰	mg/L
۱۵	کلراید	۲۲۲۵۴/۵	mg/L
۱۶	فلوئور	۱/۹۶	mg/L
۱۷	سولفات	۳۳۰۵	mg/L
۱۸	فسفات	۰/۰۱۳	mg/L
۱۹	نترات	۰/۶	mg/L
۲۰	نیتريت	۰/۰۰۵	mg/L

جدول ۵-۲- نتایج آنالیز شیمیایی آب چاه

ردیف	نام آزمون	مقدار موجود	واحد
۱	هدایت الکتریکی	۴۸۷۴۰	mg/L
۲	کل مواد جامد محلول	۳۴۱۱۸	NTU
۳	کدورت	۰/۴۸	-
۴	pH	۷/۵۶	mg/L
۵	قلیائیت نسبت به فنل فتالتین	-	mg/L
۶	قلیائیت نسبت به متیل اورانژ	۱۳۱/۴	mg/L
۷	سختی کل	۶۸۰۰	mg/L
۸	کلسیم	۵۰۱	mg/L
۹	منیزیم	۱۳۴۸/۶	mg/L
۱۰	سدیم	۱۰۲۰۰	mg/L
۱۱	پتاسیم	۳۵۷	mg/L
۱۲	آهن	۰/۸۰۱	mg/L
۱۳	منگنز	۰/۰۰۱	mg/L
۱۴	آمونیاک	۰	mg/L
۱۵	کلراید	۱۹۰۰۰	mg/L
۱۶	فلوتور	۱/۴۴	mg/L
۱۷	سولفات	۳۹۲۵	mg/L
۱۸	فسفات	۰/۰۱۵	mg/L
۱۹	نترات	۰/۹	mg/L
۲۰	نیتريت	۰/۰۰۶	mg/L

آب دریا فشار اسمزی بالا و مواد غذایی کم است و همچنین pH بالاتر از حد میانه لازم برای رشد اکثر میکروب ها باشد. از این رو توده باکتری ها در چنین آب های بسیار کمتر از آبروها و اغلب آب های شیرینی است که نهرها و رودخانه ها با توده های میکروبی فراوان در آن وارد می شوند. بخش

عمده حیات میکروسکوپی اقیانوس ها و دریاها را دیاتومه ها و سایر جلبک های فتوستتیک تشکیل می دهند. این گروه از میکروب ها مستقل زندگی کرده و با استفاده از دی اکسید کربن جو و انرژی فتوسنتز ماده سازی می کنند و روی هم رفته جامعه فیتوپلانکتون دریاها تشکیل می دهند و پایه زنجیره غذایی در اقیانوسها و دریاها محسوب می شوند. در جدول زیر نتیجه آنالیز بیولوژیکی آب دریا ارائه شده است.

جدول ۵-۳- نتیجه بررسی آب دریا

ردیف	نام	مقدار موجود	واحد
۱	دیاتومه	۳۶۰۰	در ۱۰۰ ml
۲	کلروفیسه	۱۵۰۰	در ۱۰۰ ml
۳	سیانوفیسه	۲۸۰	در ۱۰۰ ml
۴	پروتوزا	۱۰۰	در ۱۰۰ ml
۵	روتیفر	۱	در ۱۰۰ ml
۶	کرستاسه	۲	در ۱۰۰ ml
۷	نماتد	مشاهده شد	در ۱۰۰ ml
۸	سایر موجودات	۱ حشره آبی	در ۱۰۰ ml

دیاتومه

که نام دیگر آن باسیلاریوفیسه است یک رده جلبکی بسیار مهم، هم از نظر تعداد گونه ها و هم از نظر گستردگی توزیع می باشد که تعداد بیشتری، جنس های دریایی با آب شور هستند.

کلروفیسه (جلبک سفید)

کلروفیسه با جلبک سفید به مراتب بزرگترین و متنوع ترین گروه جلبک ها هستند و در محدود وسیعی از آب های شیرین و زیستگاه های دریایی وجود دارند.

سیانوفیسه (جلبک سبز - آبی)

جلبک های سبز، آبی اساساً از همه انواع دیگر دسته های جلبکی متفاوت هستند. به این ترتیب که پایه تشکیلات سلولی آنها بروکاریوتیک است که نسبتاً ساده و غیر مجزا بوده و بیشتر شبیه باکتری ها می باشند و به جلبک ها شباهت کمتری دارد. که این وابستگی به باکتری ها سبب شده که نام جدیدتر آنها سیانوباکتر باشد. این گروه دستگاه های بسیار مختلف و متنوعی دارند.

پروتوزآ (تک یاخته ها)

یک یاخته ها موجوداتی یک سلولی هستند که بی شباهت به باکتری ها و ویروس ها می باشند. تک یاخته های آزادزی در آب های طبیعی و خاک های مرطوب به طور وسیعی پراکنده هستند. لازم به ذکر است که فرآیندهای بیولوژیکی فعال تصفیه آب نظیر صافی های شنی (sand filter) در بیوفیلیم ها که تعداد زیادی از باکتری ها موجود هستند، احتمالاً اجتماعات تک یاخته های فعال هم در آنها یافت خواهد شد.

روتیفر

روتیفر نام عمومی برای گروه بزرگی از بی مهرگان میکروسکوپی است. اکثر گونه های روتیفر در مناطق بین سطوح بالایی و پائینی آب برکه ها، دریاچه ها و سایر آب های شیرین زندگی می کنند. تعداد کمی از گونه ها که در آب شور یافت می شوند. گروهی از رتیفرها به عنوان غذای اولیه لارو ماهی های دریایی استفاده می شوند. جمعیت روتیفرها به طور وسیعی در تغییر است و به حضور گونه های خاص، نور قابل دسترس، فصل و تعدادی از عوامل ناشناخته دیگر بستگی دارد. جمعیت برخی روتیفرهای معین چندین بار در سال کم و زیاد می گردد در حالی که سایر روتیفرها فقط یک بار یا دوبار در سال فراوان می شوند.

علی رغم پراکندگی وسیع آنها، ریتفرها تحت شرایط معمولی قابل دیدن نیستند، زیرا آنها میکروسکوپی می باشند. دلیلی که به روتیفرها توجه کمتری می شود این است که در سیستم تصفیه نیازی به از بین بردن روتیفرها به طور مستقیم و دقیق وجود ندارد. نابودی با حذف روتیفرها به طور تصادفی در زمان از بین بردن عوامل کوچکتر و بیماری بالقوه مضر که ممکن است در آب حضور داشته باشند انجام می گیرد. انعقاد، لخته سازی و صاف سازی به عنوان بهترین تکنولوژی موجود برای حذف این موجودات می باشد.

کریستاسه ها (سخت پوستان)

سخت پوستان شامل تعدادی از گونه های آبرزی هستند که به عنوان موجودات مزاحم در منابع آب آشامیدنی مشخص شده اند. کریستاسه ها از طریق تصفیه خانه ها به سیستم آب وارد می شوند و تعدادی از آنها ظرفیت زاد و ولد در لوله های آب را دارند. تعدادی از کریستاسه ها می توانند صافی ها را مسدود کرده و بهره برداری از صافی از مختل می شد.

نماتدها

نماتدها کرم های گرد بدون بندی هستند که به شاخه نماتد تعلق دارند که این شاخه شامل هر دو شکل انگلی و آزادزی می باشد. نماتدها تقریباً در تمام زیستگاه های اکولوژیکی وجود دارند. معمولاً در محیط های آبی، بیشترین تعداد در رسوبات هوازی کف دریاچه ها و رودخانه ها بافت می شوند.

۵-۳- گزارش بازدید میدانی و داده های فنی و اجرایی به تفکیک سایت های RO

۵-۳-۱- تاسیسات آب شیرین کن RO شهر فین

الف) گزارش بازدید میدانی و داده های فنی و اجرایی

نام تاسیسات: تاسیسات آب شیرین کن RO شهر فین
تعداد واحد های فعال: یک واحد فعال
مشخصات واحد
شرکت بهره بردار: شرکت عمران آب خلیج فارس
ظرفیت تولید: ۱۰۰۰ متر مکعب در روز
تاریخ بهره برداری: مهرماه ۱۳۸۷
منبع آب خام مورد استفاده: آب چاه شیخ عالی (در فاصله ۱۲ کیلومتری از تاسیسات آب شیرین کن) با توان تولید ۲۶ لیتر بر ثانیه آب
تاسیسات انتقال / ذخیره آب خام مورد استفاده: خط لوله / پمپ / مخزن ذخیره ۳۰۰ متر مکعبی
دبی ورودی به تاسیسات: ۹۵ الی ۱۰۰ متر مکعب در ساعت
دبی خروجی تاسیسات (آب شرب): ۵۸ متر مکعب در ساعت (۶۹ متر مکعب با احتساب آب اضافه شده بعد از فیلتر شنی)
دبی خروجی تاسیسات (پساب): ۴۲ متر مکعب در ساعت
محیط پذیرنده پساب خروجی: پساب خروجی توسط لوله به منطقه ای خارج از شهر منتقل می شود.
EC آب خام مورد استفاده: ۳۷۰۰
EC آب تصفیه شده: ۶۰۰ الی ۸۲۰ (EC آب خروجی از وسل ها ۱۹۰ می باشد)
pH آب خام: ۷/۶

pH آب تصفیه شده: ۶/۸
میزان کلر باقی مانده در آب تصفیه شده: ۱/۵ ppm
فرآیندها / تاسیسات پیش تصفیه و آماده سازی آب خام جهت تزریق به فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن شهر فین
افزودن کلر: خیر
فیلتر اولیه: خیر
فیلتر شنی: بلی / یک دستگاه
فیلتر کربن فعال: خیر
افزودن آنتی اسکالانت: بلی / جهت تهیه محلول، ۱۲/۵ کیلوگرم ماده موثر در ۱۸۵ لیتر آب حل می شود / هر ۲ ساعت ۵ لیتر محلول به سیستم تزریق می شود.
افزودن اسید: خیر
افزودن افزودن SMBS: خیر
فیلتر کارتریج: بلی / یک دستگاه با ۱۲ فیلتر ۵ میکرونی
تواتر زمانی تعویض / شویش فیلترهای کارتریج: شستشو و تعویض فیلتر کارتریج ها در این تاسیسات تابع زمانبندی خاصی نبوده و هر زمان که حسب تغییر کیفیت آب خام لازم باشد، این امر صورت خواهد پذیرفت.
فیلتر نهایی: خیر
مشخصات فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن شهر فین
تعداد وسل ها: ۸ عدد
مارک و مشخصات وسل های مورد استفاده: Wave Cyber / مدل: Wave-600 E-8 – 600 PSI – (42 BAR)
تعداد ممبرین های به کار رفته در هر وسل: ۶ عدد

مارک و مشخصات ممبرین های مورد استفاده: در این واحد آب شیرین کن از دو نوع ممبرین زیر استفاده می شود. ۱- FILMTEC / مدل: SW 30 HR LE -400 ۲- ROMEMBRA / مدل: TMB 20 -400
تواتر زمانی تعویض / شویش ممبرین ها: شستشو و تعویض ممبرین ها در این تاسیسات تابع زمانبندی خاصی نبوده و هر زمان که حسب تغییر کیفیت آب خام لازم باشد، این امر صورت خواهد پذیرفت. شایان ذکر است که جهت شویش ممبرین ها از سیستم Flashing استفاده می شود.
تصفیه تکمیلی: خیر
گندزدایی نهایی توسط کلر: بلی / بعد از تصفیه آب توسط واحد RO و قبل از انتقال به مخزن ذخیره نهایی / جهت تهیه محلول کلر، ۴/۵ کیلوگرم ماده موثر در ۲۰۰ لیتر آب حل شده و مورد استفاده قرار می گیرد / هر ۲ ساعت ۷ لیتر محلول تزریق می شود به مخزن نهایی.
راندمان آب شیرین کن: راندمان این تاسیسات بر اساس اطلاعات به دست آمده از بهره بردار معادل ۵۸٪ می باشد.
فرآیند تصفیه آب خام توسط تاسیسات آب شیرین کن RO شهر فین
در تاسیسات آب شیرین کن RO شهر فین به منظور تصفیه و شیرین سازی آب، ابتدا آب خام از منبع خود (چاه شیخ عالی) توسط خط لوله و پمپ به مخزن ذخیره ۳۰۰ متر مکعبی در مجاورت تاسیسات آب شیرین کن انتقال می یابد. سپس آب خام توسط نیروی پمپ و با استفاده از خط لوله جهت پیش تصفیه وارد فیلتر شنی می شود. پس از عبور آب از فیلتر شنی، ترکیبات آنتی اسکالانت به آب اضافه شده و آب از فیلتر کارتیج های ۵ میکرونی عبور داده می شود. آب پس از عبور از فیلتر کارتریج، توسط HPP (High Pressure Pump) وارد فیلترهای RO می گردد. آب خروجی از فیلترهای RO به منظور افزایش میزان EC، توسط بهره بردار با آب خام عبور کرده از فیلتر شنی ترکیب می شود، سپس عملیات کلرزی صورت پذیرفته و پس از آن نیز مجدداً توسط شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان آب تصفیه شده با آب خام جهت افزایش EC به مرز ۱۰۰۰،

ترکیب می شود؛ در انتها آب تصفیه شده جهت ذخیره به ۲ مخزن ۵۰۰ متر مکعبی منتقل می شود و از آنجا جهت مصرف به شبکه آب شهری شهر فین انتقال می یابد.
سایر توضیحات تکمیلی مرتبط با آب شیرین کن RO شهر فین
✓ آب شیرین کن شهر فین بصورت ۲۴ ساعت کار نمی کند، بلکه تواتر کار آب شیرین کن بر اساس میزان حجم خالی مخزن ذخیره آب تصفیه شده صورت می پذیرد. بررسی میزان حجم خالی شده علاوه بر اطلاعات اخذ شده از سنسورهای مربوطه، توسط بازدید میدانی نیز صورت می پذیرد.
Backwash : بلی
Flashing : بلی
مشکلات موجود در تاسیسات آب شیرین کن RO شهر فین
۱- زمانی که چاه خراب می شود آب شیرین کن به دلیل ضعیف شدن پمپ با مشکل روبرو می شود. ۲- در صورتی که EC آب بالا باشد، شرکت بهره بردار مجبور به تعویض اورینگ ها می شود. ۳- آب خام مورد استفاده خورندگی بالایی دارد. ۴- متأسفانه به دلیل کیفیت نا مناسب آب خام، شرکت بهره بردار مجبور است تا سالانه ۲ تا ۳ بار پمپ را مورد تعمیر و تعویض قطعه قرار دهد.

ب) تصاویر مربوط به تاسیسات آب شیرین کن RO شهر فین



شکل ۵-۴- آب شیرین کن شهر فین - فیلتر شنی جهت پیش تصفیه آب قبل از فیلترهای RO



شکل ۵-۵- آب شیرین کن شهر فین - مخزن آنتی اسکالانت



شکل ۵-۶- آب شیرین کن شهر فین - فیلتر کارتریج



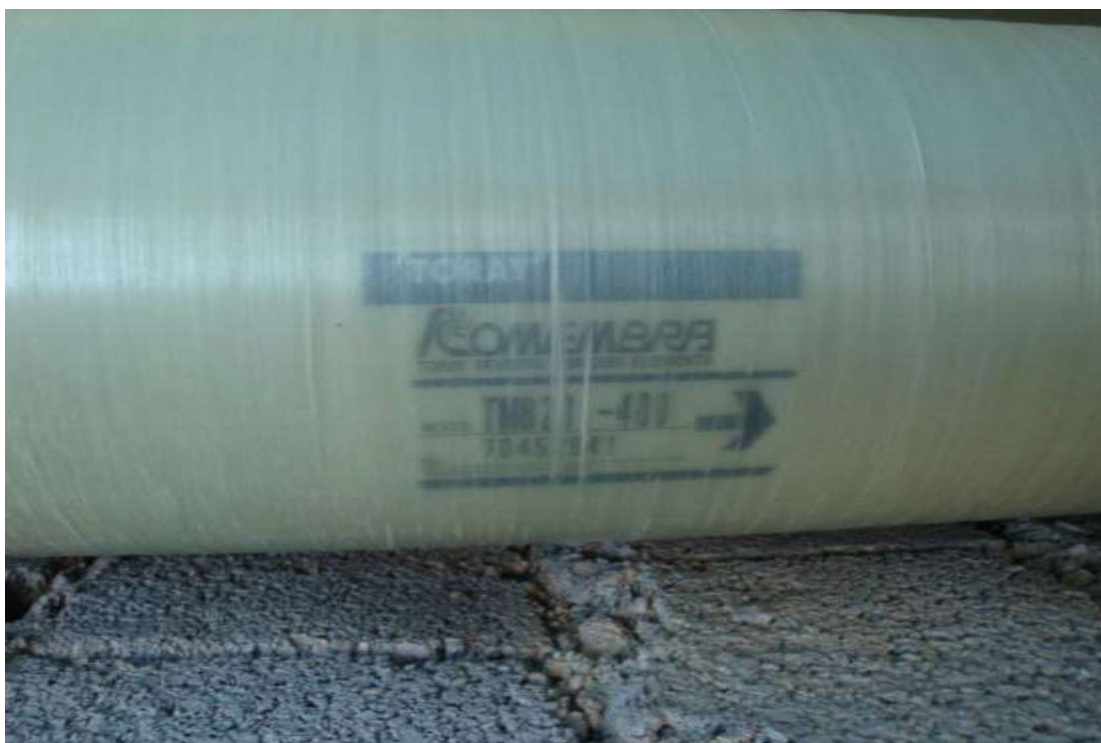
شکل ۵-۷- آب شیرین کن شهر فین - وصل های RO



شکل ۵-۸- آب شیرین کن شهر فین - مخزن ذخیره نهایی



شکل ۹-۵- آب شیرین کن شهر فین - ممبرین های مورد استفاده



شکل ۱۰-۵- آب شیرین کن شهر فین - ممبرین های مورد استفاده

۵-۳-۲- تاسیسات آب شیرین کن RO شهر بندر لنگه

الف) گزارش بازدید میدانی و داده های فنی و اجرایی

نام تاسیسات: تاسیسات آب شیرین کن RO شهر بندر لنگه	
تعداد واحد های فعال: دو واحد فعال	
مشخصات واحد ها	
واحد شماره ۱	واحد شماره ۲
شرکت بهره بردار: شرکت آب گستر خلیج فارس	شرکت بهره بردار: شرکت سازه سازان
ظرفیت تولید: ۴۰۰۰ متر مکعب در روز / متشکل از ۳ زیر واحد مشابه	ظرفیت تولید: ۴۰۰۰ متر مکعب در روز / متشکل از ۴ زیر واحد مشابه
تاریخ بهره برداری: ۱۳۸۴	تاریخ بهره برداری: ۱۳۸۷
منبع آب خام مورد استفاده: آب مورد استفاده این تاسیسات، آب دریا می باشد که از طریق چاه های مربوطه که در نزدیکی ساحل حفر شده است استخراج می شود.	منبع آب خام مورد استفاده: آب مورد استفاده این تاسیسات، آب دریا می باشد که از دو طریق چاه های حفر شده در نزدیکی ساحل (۷۰٪) و همچنین از طریق آبگیر احداث شده (۳۰٪) تامین می شود. لازم به ذکر است که یک حلقه چاه جدید نیز در حال احداث می باشد که با بهره برداری از آن کل آب خام مورد استفاده از طریق چاه های حفر شده تامین خواهد شد.
تاسیسات انتقال / ذخیره آب خام مورد استفاده: خط لوله و مخزن ته نشینی ۲۵۰ متر مکعبی	تاسیسات انتقال / ذخیره آب خام مورد استفاده: خط لوله و استخر ته نشینی برای آب دریا و خط لوله برای آب چاه.
دبی ورودی به تاسیسات: هر یک از ۳ زیر واحد ۲۰۰	دبی ورودی به تاسیسات: ۴ مجرای ورودی با ظرفیت

متر مکعب در ساعت	۲۳۰ متر مکعب در ساعت
دبی خروجی تاسیسات (آب شرب): هر یک از ۳ زیر واحد ۶۰ متر مکعب در ساعت	دبی خروجی تاسیسات (آب شرب): ۳۰ الی ۳۳٪ (۲۷۶ الی ۳۰۴ متر مکعب در ساعت) دبی ورودی / بسته به فصول مختلف سال و دمای هوا متغیر می باشد.
دبی خروجی تاسیسات (پساب): هر یک از ۳ زیر واحد ۱۴۰ متر مکعب در ساعت	دبی خروجی تاسیسات (پساب): ۶۱۶ الی ۶۴۴ متر مکعب در ساعت
محیط پذیرنده پساب خروجی: پساب خروجی توسط لوله لوله به داخل دریا تخلیه می شود.	محیط پذیرنده پساب خروجی: پساب خروجی توسط لوله به داخل دریا تخلیه می شود.
EC آب خام مورد استفاده: EC آب استحصال شده از چاه برابر با ۵۶۰۰۰ الی ۵۷۰۰۰ می باشد.	EC آب خام مورد استفاده: EC آب استحصال شده از دریا توسط آبگیر بین ۵۳۰۰۰ الی ۵۷۰۰۰ می باشد. همچنین EC آب استحصال شده از چاه برابر با ۵۶۰۰۰ الی ۵۷۰۰۰ می باشد / شایان ذکر است که EC آب دریا در زمستان پایین می آید.
EC آب تصفیه شده: EC آب تصفیه شده تحویلی به شبکه شبکه طبق قرارداد زیر ۱۰۰۰ می باشد و معادل ۶۰۰ الی ۷۰۰ می باشد.	EC آب تصفیه شده: EC آب تصفیه شده تحویلی به شبکه طبق قرارداد فی مابین بهره بردار و شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان می بایستی زیر ۱۰۰۰ باشد و معادل ۵۸۰ الی ۵۹۰ می باشد/ لازم به ذکر است در زمانی که ممبرین ها تعویض می شوند EC خروجی سیستم معادل ۳۴۰ می باشد.
pH آب خام: ۷/۵	pH آب خام: ۷/۲ الی ۷/۵
pH آب تصفیه شده: ۷ الی ۷/۱	pH آب تصفیه شده: ۷ الی ۷/۱

باشد.	
میزان کلر باقی مانده در آب تصفیه شده: میزان کلر خروجی بین ۰/۵ الی ۱ ppm می باشد.	میزان کلر باقی مانده در آب تصفیه شده: تزریق کلر صورت نمی پذیرد.
فرآیندها / تاسیسات پیش تصفیه و آماده سازی آب خام جهت تزریق به فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن بندر لنگه	
افزودن کلر: بلی / در تابستان و به دلیل حضور جلبک ها بیشتر صورت می پذیرد، در حالی که در زمستان خیلی کمتر و گاهی اصلاً صورت نمی پذیرد.	افزودن کلر: خیر
فیلتر اولیه: خیر	فیلتر اولیه: خیر
فیلتر شنی: بلی / ۲۰ دستگاه / فیلتر شنی های مورد استفاده از جنس پلی اتیلن پی وی سی و تحت فشار ۰/۹ تا ۱ بار است.	فیلتر شنی: بلی / سه دستگاه در هر یک از ۳ زیر واحد فعال
فیلتر کربن فعال: خیر	فیلتر کربن فعال: بلی / ۲ دستگاه در هر یک از ۳ زیر واحد فعال
افزودن آنتی اسکالانت: بلی / میزان ۲/۵ ppm به هر متر مکعب آب خام ورودی تزریق می شود / جهت تهیه محلول ۴۰ کیلوگرم ماده را با ۴۶۰ لیتر آب ترکیب می نمایند/ آنتی اسکالانت مورد استفاده قلیایی می باشد.	افزودن آنتی اسکالانت: بلی / در هر زیر واحد میزان ۲ ppm الی ۳ ppm به هر متر مکعب آب خام ورودی تزریق می شود / جهت تهیه محلول ۲۵ لیتر ماده را با ۱۰۰ لیتر آب ترکیب می نمایند/ آنتی اسکالانت تهیه شده جهت مصرف یک شبانه روز هر زیر واحد می باشد.
افزودن اسید: خیر	افزودن اسید: خیر
افزودن SMBS: بلی / به ازای هر ۱ ppm کلر	افزودن SMBS: خیر

موجود در آب خام ورودی ۳ ppm SMBS تزریق می شود.	
فیلتر کارتریج: بلی / ۷ عدد (هر زیر واحد یک دستگاه) ۵ میکرونی	فیلتر کارتریج: بلی / ۷ عدد (هر زیر واحد یک دستگاه) ۵ میکرونی
تواتر زمانی تعویض / شوی فیلترهای کارتریج: در این واحد شستشوی فیلتر کارتریج ها صورت نمی پذیرد و تعویض آنها نیز بسته به فصول مختلف سال و کیفیت آب خام متفاوت است. در تابستان ها هر ماه ۶۰ عدد فیلتر تعویض می شود و در زمستان ها هر ماه ۲۵۰ عدد.	تواتر زمانی تعویض / شوی فیلترهای کارتریج: کل فیلتر کارتریج ها ماهی یکبار تعویض می شود.
فیلتر نهایی: خیر	فیلتر نهایی: خیر
مشخصات فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن بندر لنگه	
تعداد وسل ها: ۲۱ عدد در هر زیر واحد (جمعاً ۸۴ وسل)	تعداد وسل ها: ۱۸ عدد در هر زیر واحد (جمعاً ۵۴ وسل)
مارک و مشخصات وسل های مورد استفاده: Wave Cyber / مدل : Wave-1000P -8 – 1000 PSI (70 BAR) –	مارک و مشخصات وسل های مورد استفاده: Wave Cyber
تعداد ممبرین های به کار رفته در هر وسل: ۷ عدد	تعداد ممبرین های به کار رفته در هر وسل: ۶ عدد
مارک و مشخصات ممبرین های مورد استفاده: در این واحد اب شیرین کن از ممبرین FILMTEC با مشخصات زیر استفاده می شود. SW 30 HR LE - WET / مدل : FILMTEC -۱ 400	مارک و مشخصات ممبرین های مورد استفاده: TORAY-ROMEMBRA
تواتر زمانی تعویض / شوی ممبرین ها: معمولاً هر ۲/۵ الی ۳ سال یکبار ممبرین ها تعویض می شود.	تواتر زمانی تعویض / شوی ممبرین ها: معمولاً هر ۶ ماه یکبار شستشو صورت می پذیرد و هر ۴ سال یکبار

تعویض.	
تصفیه تکمیلی: خیر	تصفیه تکمیلی: خیر
گندزدایی نهایی توسط کلر: بلی / به میزان ppm ۰/۵.	گندزدایی نهایی توسط کلر: خیر
راندمان آب شیرین کن: راندمان این تاسیسات آب شیرین کن بین ۳۰ الی ۳۳٪ می باشد.	راندمان آب شیرین کن: راندمان این تاسیسات آب شیرین کن بین ۳۰٪ می باشد.
فرآیند تصفیه آب خام توسط تاسیسات آب شیرین کن RO بندر لنگه	
در تاسیسات آب شیرین کن RO شهر بندر لنگه - واحد شماره ۲، به منظور تصفیه و شیرین سازی آب، ابتدا آب خام از منابع خود (چاه های حفر شده در نزدیکی دریا و آبگیر) توسط خط لوله و پمپ به مخزن ذخیره اولیه در مجاورت تاسیسات انتقال می یابد و قبل از ورود به مخزن و در حین عملیات پمپاژ کلر به آن اضافه می شود. سپس آب وارد فیلترهای شنی (۲۰ فیلتر شنی) می شود. پس از این مرحله آب به سمت فیلترهای کارتریج هدایت شده و در طول مسیر آنتی اسکالانت به آن اضافه می شود. پس از عبور آب از فیلتر های کارتریج ۵ میکرونی، توسط HPP (High Pressure Pump) آب به داخل فیلترهای RO تزریق می شود. در انتها آب تصفیه شده توسط خط لوله به مخزن ذخیره انتقال یافته و قبل از تزریق به شبکه آبرسانی شهری با آب تصفیه شده که از سد کهگیلویه می آید ترکیب می شود تا کیفیت و کمیت آن به شرایط شرب مطلوب ارتقاء یابد.	از آنجاییکه در واحد شماره ۱ تاسیسات آب شیرین کن RO شهر بندر لنگه ۳ زیر واحد مشابه وجود دارد که فرآیند شیرین سازی آب را با روندی یکسان انجام می دهند، لذا در ادامه توضیحات مربوطه تنها برای یک زیر واحد ارائه خواهد شد. در تاسیسات آب شیرین کن RO شهر بندر لنگه - واحد شماره ۱، به منظور تصفیه و شیرین سازی آب، ابتدا آب خام از منبع خود (چاه های حفر شده در نزدیکی دریا) از طریق خط لوله به مخزن ته نشینی ۲۵۰ متر مکعبی و از آنجا به تاسیسات آب شیرین کن انتقال می یابد. سپس آب خام توسط نیروی پمپ و با استفاده از خط لوله جهت پیش تصفیه وارد فیلتر های شنی (۳ فیلتر شنی) می شود. پس از عبور آب از فیلتر شنی، آب وارد فیلترهای کربن فعال (۲ فیلتر کربن فعال) شده و بعد از خروج آب از فیلترهای کربن فعال، آنتی اسکالانت به آب اضافه شده و سپس آب از طریق HPP (High

	(Pressure Pump) وارد وصل ها شده و از ممبرین های موجود در هر وصل عبور داده خواهد شد. پس از خروج آب از فیلترهای RO، از طریق خط لوله به مخزن ذخیره اولیه منتقل شده و پس از آن و قبل از تزریق به شبکه آبرسانی، با آب تصفیه شده انتقال یافته از سد کهگیلویه ترکیب می شود تا کیفیت و کمیت آن به شرایط شرب مطلوب ارتقاء یابد.
--	---

سایر توضیحات تکمیلی مرتبط با آب شیرین کن RO شهر بندر لنگه

✓ ذائقه مصرف آب شرب مردم شهر بندر لنگه به سمت استفاده از آب های با EC ۲۰۰ الی ۳۰۰ تغییر یافته است و لذا استقبال مردم جهت استفاده از آب شرب تصفیه شده توسط آب شیرین کن شهر بندر لنگه جهت شرب کاهش یافته است. ✓ در صورتی که EC آب پایین باشد، این مسئله منجر به خورده شدن فیلم های داخل لوله ها شده که این امر منجر به تغییر ذائقه مردم خواهد شد. ✓ در مواقعی که SDI آب بالا باشد از تزریق کربن استفاده می شود که این مسئله می تواند در صورت موجود بودن کلر در آب ورودی میزان آن را نیز کاهش دهد. ✓ بر طبق نظر بهره بردار واحد شماره ۲ (شرکت سازه سازان) میزان مصرف آنتی اسکالانت به راندمان سیستم بستگی دارد به نحوی که در صورت بالا بودن راندمان می بایست از میزان بیشتر و کیفیت بالاتر آنتی اسکالانت استفاده نمود.	
---	--

Backwash : بلی	Backwash : بلی
Flashing : بلی	Flashing : بلی

مشکلات موجود در تاسیسات آب شیرین کن RO بندر لنگه

۱- استهلاک بالای قطعات

۲- کمبود قطعات به دلیل تحریم ها

۳- تعداد فیلترهای شنی مورد استفاده در واحد شماره ۲ زیاد است و به نظر بهره بردار (شرکت سازه سازان) امکان حذف ۴ فیلتر شنی وجود دارد.

۴- پیمانکار واحد شماره ۱، تغییر در فیلترهای شنی (راندمانش کم شده است)، مکانیابی مجدد پمپ ها و تعویض شیرآلات را در ارتقاء راندمان واحد تحت بهره برداری خود بسیار موثر می داند.

ب) تصاویر مربوط به تاسیسات آب شیرین کن RO شهر بندر لنگه



شکل ۵-۱۱- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۱- فیلترهای شنی



شکل ۵-۱۲- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۱- فیلترهای کربن و مخزن آنتی اسکالانت



شکل ۵-۱۳- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۱- وسل های RO



شکل ۵-۱۴- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۲



شکل ۵-۱۵- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۲- پمپ های مکش آب خام از آبگیر



شکل ۵-۱۶- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۲ - مخزن ذخیره آب خام



شکل ۵-۱۷- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۲ - تاسیسات تزریق کلر و پمپاژ آب خام



شکل ۵-۱۸- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۲ - فیلترهای شنی



شکل ۵-۱۹- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۲ - وصل های RO



شکل ۵-۲۰- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۲ - ممبرین های مورد استفاده



شکل ۵-۲۱- آب شیرین کن بندر لنگه - واحد شماره ۲ - ممبرین های مورد استفاده

۵-۳-۳- تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هرمز

الف) گزارش بازدید میدانی و داده های فنی و اجرایی

نام تاسیسات: تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هرمز
تعداد واحد های فعال: یک واحد فعال / متشکل از ۲ زیر واحد مشابه با ظرفیت ۸۰۰ مترمکعبی در روز و یک زیر واحد کانکسی ۵۰۰ متر مکعبی در روز بعنوان سامانه آماده به کار
مشخصات واحد
شرکت بهره بردار: شرکت مهندسی رعد آب جنوب
ظرفیت تولید: ۲۱۰۰ متر مکعب در روز / دو زیر واحد ۸۰۰ متر مکعبی در روز و یک زیر واحد کانکسی ۵۰۰ متر مکعبی در روز
تاریخ بهره برداری: ۱۳۸۷ - ۱۳۸۸
منبع آب خام مورد استفاده: آب خام مورد استفاده آب دریا می باشد که توسط ۳ حلقه چاه حفر شده در نزدیکی دریا مورد استفاده قرار می گیرد/ یک حلقه چاه جدید نیز در حال احداث می باشد/ طبق اظهارات شرکت بهره بردار (شرکت رعد آب جنوب)، به علت شدت بالای جزر و مد در منطقه مورد نظر، احداث آبگیر و استحصال آب دریا از آن طریق به صرفه نیست.
تاسیسات انتقال / ذخیره آب خام مورد استفاده: خط لوله / پمپ / مخزن ذخیره (ته نشینی) ۵۰۰ متر مکعبی
دبی ورودی به تاسیسات: ۱۵۰ متر مکعب در ساعت
دبی خروجی تاسیسات (آب شرب): ۵۳ الی ۶۵ متر مکعب در ساعت
دبی خروجی تاسیسات (پساب): ۸۵ الی ۹۷ متر مکعب در ساعت
محیط پذیرنده پساب خروجی: پساب خروجی توسط لوله به دریا منتقل می شود.
EC آب خام مورد استفاده: EC آب خام مورد استفاده برای تمامی زیر واحدهای موجود ۴۰۰۰۰ و کمی

بالا تر (برحسب فصول مختلف سال) می باشد.
EC آب تصفیه شده: EC آب تصفیه شده طبق قرارداد بهره بردار و شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان می بایستی زیر ۱۰۰۰ باشد که در حال حاضر واحد مورد مطالعه آب تصفیه شده با EC ۷۰۰ را تحویل شبکه می دهد.
pH آب خام: pH آب خام ورودی قبل از تزریق اسید برابر با ۷٫۵ به بالا می باشد.
pH آب تصفیه شده: pH آب تصفیه شده برابر با ۷٫۳ می باشد.
میزان کلر باقی مانده در آب تصفیه شده: ۸/۱۰ الی ۱/۲ ppm
فرآیندها / تاسیسات پیش تصفیه و آماده سازی آب خام جهت تزریق به فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن جزیره هرمز
افزودن کلر: خیر/ طبق اظهار نظر بهره بردار، در صورتی که قبل از ورود آب به تاسیسات به آن کلر زده شود، این مسئله هزینه ها را بالا خواهد برد. چراکه هم باید هزینه تزریق کلر را در نظر گرفت و هم هزینه SMBS که باید بعد تر به آب اضافه کرد.
فیلتر اولیه: خیر
فیلتر شنی : زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی / بلی / هر یک ۴ دستگاه زیر واحد ۵۰۰ متر مکعبی / بلی / ۲ دستگاه
فیلتر کربن فعال: خیر
افزودن آنتی اسکالانت: زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی/بلی / برای هر زیر واحد در ۲۴ ساعت ۷/۵ الی ۱۰ لیتر آنتی اسکالانت استفاده می شود/ محلول مورد نظر جهت تزریق به ۸۰۰ متر مکعب آب خام مورد استفاده قرار می گیرد. زیر واحد ۵۰۰ متر مکعبی/بلی / به میزان ۲ الی ۴ لیتر در ۲۴ ساعت آنتی اسکالانت استفاده می شود / محلول

مورد نظر جهت تزریق به ۵۰۰ متر مکعب آب خام مورد استفاده قرار می گیرد.
افزودن اسید: زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی/بلی/ برای هر زیر واحد در ۲۴ ساعت ۳/۵ لیتر اسید مورد استفاده قرار می گیرد. زیر واحد ۵۰۰ متر مکعبی/بلی/ در هر ۲۴ ساعت ۲ لیتر اسید استفاده می شود. شایان ذکر است که مصرف اسید در این تاسیسات متناسب با pH آب دریا صورت می پذیرد.
افزودن افزودن SMBS: خیر
فیلتر کارتریج: زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی / بلی/ هر یک ۴ فیلتر کارتریج ۵ میکرونی زیر واحد ۵۰۰ متر مکعبی / بلی / ۸ عدد کنفی / ۴ عدد ۵ میکرون و ۴ عدد بصورت ۲ تا ۲ تا ۲۵ میکرون.
تواتر زمانی تعویض / شوی فیلترهای کارتریج: هر ۲۴ ساعت یکبار که سیستم Backwash می شود، کارتریج ها مورد شستشو قرار می گیرند.
فیلتر نهایی: خیر
مشخصات فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن جزیره هرمز
تعداد وسل ها: تعداد وسل ها در تاسیسات آب شیرین کن جزیره هرمز به شرح زیر می باشد: زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی، هر یک ۱۲ وسل (مجموعاً ۲۴ وسل) زیر واحد کانکسی ۵۰۰ متر مکعبی، ۶ وسل
مارک و مشخصات وسل های مورد استفاده: PACT / مدل: P-SW-S-800-S- Sea Water
تعداد ممبرین های به کار رفته در هر وسل: تعداد ممبرین های مورد استفاده در هر یک از وسل های موجود در زیر واحدها، ۷ عدد می باشد.

مارک و مشخصات ممبرین های مورد استفاده: در این واحد آب شیرین کن از ممبرین FILMTEC با مشخصات زیر استفاده می شود.
تواتر زمانی تعویض / شویش ممبرین ها: ممبرین ها هر ۲۴ ساعت یکبار و آن هم در زمان Backwash سیستم توسط سیستم Flashing مورد شستشو قرار می گیرند.
تصفیه تکمیلی: زیرواحدهای ۸۰۰ متر مکعبی: بلی / هر زیرواحد ۴ فیلتر کربن زیرواحد ۵۰۰ متر مکعبی: خیر
کندزدایی نهایی توسط کلر: بلی / بعد از تصفیه آب توسط واحد RO و قبل از انتقال به مخزن ذخیره نهایی / به میزان زیر ۲ ppm به اب تصفیه شده کلر تزریق می شود.
راندمان آب شیرین کن: ۳۵ الی ۴۳ درصد / بسته به کیفیت آب ورودی و نیز فصول مختلف سال متغیر است.
فرآیند تصفیه آب خام توسط تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هرمز
در تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هرمز به منظور تصفیه و شیرین سازی آب، ابتدا آب خام از منبع خود (چاه های حفر شده در نزدیکی دریا / ۳ حلقه چاه) توسط خط لوله و پمپ به مخزن ذخیره که در واقع یک استخر ته نشینی سرپوشیده بوده و در مجاورت تاسیسات آب شیرین کن می باشد انتقال می یابد. سپس آب خام توسط نیروی ثقل و با استفاده از خط لوله به زیر واحدهای مربوطه منتقل می شود. در ادامه روند کار تصفیه در هر یک از زیر واحدها بصورت جداگانه توضیح داده خواهد شد. زیرواحدهای ۸۰۰ متر مکعبی: آب خام پس از ورود به هریک از زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی، وارد ۴ مخزن فیلتر شنی شده و پس از عبور از فیلترهای شنی، توسط دو مخزن جداگانه آنتی اسکالانت و اسید، مورد تزریق واقع می شود، سپس آب مذکور از ۴ عدد فیلتر کارتریج عبور می کند و در ادامه توسط HPP (High Pressure Pump) به داخل فیلترهای RO منتقل می گردد. آب خروجی از فیلترهای RO از داخل ۴ فیلتر کربن عبور داده می شود تا هر گونه املاح موجود و نیز بو و مزه از بین برود.

زیرواحدهای ۸۰۰ متر مکعبی: آب خام پس از ورود به هریک از زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی، وارد ۴ مخزن فیلتر شنی شده و پس از عبور از فیلترهای شنی، توسط دو مخزن جداگانه آنتی اسکالانت و اسید، مورد تزریق واقع می شود، سپس آب مذکور از ۴ عدد فیلتر کارتریج عبور می کند و در ادامه توسط HPP (High Pressure Pump) به داخل فیلترهای RO منتقل می گردد. آب خروجی از فیلترهای RO از داخل ۴ فیلتر کربن عبور داده می شود تا هر گونه املاح موجود و نیز بو و مزه از بین برود. پس از عبور آب از داخل فیلترهای کربن، به مقدار زیر ۲ ppm به آن کلر زده می شود و بصورت موقت در یک مخزن ۵۰۰ متر مکعبی ذخیره شده و از این مخزن توسط خط لوله ای ۶/۵ کیلومتری به مخزن ذخیره آب شهری با حجم ۲۰۰۰ متر مکعب منتقل می شود.

زیرواحد ۵۰۰ متر مکعبی: آب خام پس از ورود به زیرواحد ۵۰۰ متر مکعبی، وارد ۲ فیلتر شنی شده و پس از عبور از فیلتر شنی، مورد تزریق آنتی اسکالانت و اسید قرار گرفته و بعد از آن از فیلتر کارتریج عبور داده می شود. سپس آب توسط HPP (High Pressure Pump) به داخل فیلترهای RO منتقل می گردد. سپس به آب خروجی به مقدار زیر ۱/۲ ppm الی ۱/۵ ppm به آن کلر زده می شود و بصورت موقت در یک مخزن ۵۰۰ متر مکعبی ذخیره شده و از این مخزن توسط خط لوله ای ۶/۵ کیلومتری به مخزن ذخیره آب شهری با حجم ۲۰۰۰ متر مکعب منتقل می شود.

سایر توضیحات تکمیلی مرتبط با آب شیرین کن RO جزیره هرمز

- ✓ بخش اعظمی از لوله های مورد استفاده از جنس PVC و نوعی ویژه از آن می باشند که این مسئله تاثیر قابل توجهی در جلوگیری از استهلاک قطعات دارد.
- ✓ فشار داخل فیلترهای شنی در حدود ۴ بار می باشد.
- ✓ در انتهای فرآیند تصفیه و قبل از انتقال آب تصفیه شده به مخزن ذخیره به مقدار زیر ۲ ppm کلر به آب تزریق می کنند.
- ✓ استخر ته نشینی که جهت ذخیره آب خام استخراج شده از چاه ها مورد استفاده قرار می گیرد، سالی یکبار لایروبی می شود.

✓ در صورتی که در خلال فرآیند تصفیه نیاز به این باشد که pH بالاتر برود از میزان کمتری اسید استفاده خواهند کرد.

✓ در تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هرمز به منظور تنظیم EC عملیاتی (ترکیب آبها) صورت نمی پذیرد.

✓ فیلترهای کارتریج مورد استفاده در تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هرمز، هر زمان که عملیات Back wash صورت پذیرد و سیستم شاهد افت فشار باشد (روی ۲۵ بیاید)، مورد شستشو قرار می گیرد. چراکه فیلترهای کارتریج خریداری شده چند بار مصرف می باشند.

✓ پس از افت فشار یعنی بیاید روی ۲۵ (حدود ۵٪)، کل سیستم را Back wash می کنند. به عبارتی دیگر هر ۲۴ ساعت یکبار به ترتیب کل ۳ زیر واحد Back wash می شود.

✓ اپراتور مجموعه به لحاظ کیفی آب تولیدی در آب شیرین کن های موجود در استان را چنین بر شمرد:

۱

۱- آب شیرین کن تنب های کوچک و بزرگ

۲- آب شیرین کن جزیره ابوموسی

۳- آب شیرین کن جزیره لارک

۴- آب شیرین کن جزیره قشم

۵- آب شیرین کن جزیره هرمز

Backwash: بلی

Flashing: بله / بر روی سیستم های RO، Flashing تعبیه شده است جهت انجام عملیات Back wash.

مشکلات موجود در تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هرمز

۱- اپراتور تاسیسات مورد مطالعه اظهار داشت که در صورت وجود سیستم انعقاد قبل از ورود آب به زیرواحدها می توان کیفیت آب ورودی را ارتقاء بخشید.

ب) تصاویر مربوط به تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هرمز



شکل ۵-۲۲- آب شیرین کن جزیره هرمز - چاه آب خام و تاسیسات استحصال آب از آن



شکل ۵-۲۳- آب شیرین کن جزیره هرمز - مخزن ذخیره (ته نشینی) آب خام



شکل ۵-۲۴- آب شیرین کن جزیره هرمز - زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی - فیلترهای شنی



شکل ۵-۲۵- آب شیرین کن جزیره هرمز - م زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی - خازن آنتی اسکالانت و اسید



شکل ۵-۲۶- آب شیرین کن جزیره هرمز - زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی - فیلترهای کارتریج



شکل ۵-۲۷- آب شیرین کن جزیره هرمز - زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی - وسل های RO



شکل ۵-۲۸- آب شیرین کن جزیره هرمز - زیر واحدهای ۸۰۰ متر مکعبی - فیلتر نهایی



شکل ۵-۲۹- آب شیرین کن جزیره هرمز - زیر واحدهای ۵۰۰ متر مکعبی - فیلتر شنی



شکل ۵-۳۰- آب شیرین کن جزیره هرمز - زیر واحدهای ۵۰۰ متر مکعبی - وصل های RO

۵-۳-۴- تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره لارک

الف) گزارش بازدید میدانی و داده های فنی و اجرایی

نام تاسیسات: تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره لارک
تعداد واحد های فعال: یک واحد فعال متشکل از ۲ زیر واحد مشابه (یک واحد نیز به علت نیاز به تعمیرات اساسی و تعویض قطعات (موتور) بصورت غیر فعال درآمده است).
مشخصات واحد
شرکت بهره بردار: شرکت آب گستر خلیج فارس
ظرفیت تولید: ۴۵۰ متر مکعب در روز (هر زیر واحد دارای ظرفیت ۲۲۵ متر مکعب در روز می باشد).
تاریخ بهره برداری: ۱۳۸۹
منبع آب خام مورد استفاده: آب خام مورد استفاده در این تاسیسات آب دریا می باشد که از طریق ۲ حلقه چاه حفر شده در مجاورت دریا و توسط پمپ و خط لوله تامین می شود.
تاسیسات انتقال / ذخیره آب خام مورد استفاده: خط لوله / پمپ / مخزن ۵۰۰۰۰ لیتری
دبی ورودی به تاسیسات: ۱۲۰۰ متر مکعب در روز
دبی خروجی تاسیسات (آب شرب): ۴۰۰ متر مکعب در روز
دبی خروجی تاسیسات (پساب): ۸۰۰ متر مکعب در روز
محیط پذیرنده پساب خروجی: دریا
EC آب خام مورد استفاده: ۳۰۰۰۰
EC آب تصفیه شده: ۲۰۰ الی ۳۵۰
pH آب خام: -
pH آب تصفیه شده: -

میزان کلر باقی مانده در آب تصفیه شده: ۰/۷ الی ۰/۸
فرآیندها / تاسیسات پیش تصفیه و آماده سازی آب خام جهت تزریق به فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن جزیره لارک
افزودن کلر: خیر
فیلتر اولیه: خیر
فیلتر شنی: بلی / هر زیر واحد یک دستگاه
فیلتر کربن فعال: خیر
افزودن آنتی اسکالانت: بلی / جهت تهیه محلول جهت هر زیر واحد، ۱۰ کیلوگرم ماده موثر در ۱۰۰ لیتر آب حل می شود / ماده محلول در طول ۲۴ ساعت در هر زیر واحد مورد استفاده قرار می گیرد.
افزودن اسید: خیر
افزودن افزودن SMBS: خیر
فیلتر کارتریج: بلی / ۸ عدد فیلتر ۵ میکرونی (برای هر زیر واحد ۴ عدد)
تواتر زمانی تعویض / شوی فیلترهای کارتریج: فیلترهای کارتریج ماهی یکبار تعویض م ب شوند.
فیلتر نهایی: خیر
مشخصات فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن جزیره لارک
تعداد وسل ها: ۴ عدد / هر زیر واحد ۲ وسل
مارک و مشخصات وسل های مورد استفاده: 80S100: مدل / Code Line – Pentair Water
تعداد ممبرین های به کار رفته در هر وسل: ۹ عدد
مارک و مشخصات ممبرین های مورد استفاده: در این واحد آب شیرین کن از ممبرین های واترسیلا استفاده می شود.

تواتر زمانی تعویض / شویش ممبرین ها: هر ۲ سال یکبار ممبرین ها مورد اسید شویی قرار می گیرند.
تصفیه تکمیلی: خیر
گندزدایی نهایی توسط کلر: بلی / بعد از تصفیه آب توسط واحد RO و قبل از انتقال به مخزن ذخیره نهایی / ۲۲۰ لیتر محلول کلر جهت مصرف یک هفته تاسیسات مورد استفاده قرار می گیرد.
راندمان آب شیرین کن: راندمان این آب شیرین کن ۳۳٪ می باشد.
فرآیند تصفیه آب خام توسط تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره لارک
در تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره لارک به منظور تصفیه و شیرین سازی آب، ابتدا آب خام از منبع خود (دو حلقه چاه حفر شده در مجاورت دریا) توسط خط لوله و پمپ به مخزن ذخیره ۵۰۰۰۰ لیتری در مجاورت تاسیسات آب شیرین کن انتقال می یابد. سپس آب خام توسط نیروی ثقل و با استفاده از خط لوله جهت پیش تصفیه به هر یک از زیر واحدهای موجود در تاسیسات انتقال می یابد.
در هر زیر واحد و در گام نخست آب وارد فیلتر شنی شده و پس از عبور آب از فیلتر شنی، ترکیبات آنتی اسکالانت به آب اضافه شده و آب از ۴ فیلتر کارتریج های ۵ میکرونی عبور داده می شود. آب پس از عبور از فیلتر کارتریج ها، توسط HPP (High Pressure Pump) وارد فیلترهای RO می گردد. آب خروجی از فیلترهای RO به منظور ذخیره موقت وارد یک مخزن کوچک می شود و پس از آنکه حجم آب شرب ذخیره شده در مخزن به میزان مورد نظر رسید، آب توسط خط لوله به سمت ۲ مخزن ذخیره ۵۰۰۰ متر مکعبی انتقال می یابد. شایان ذکر است که آب پس از خروج از مخزن ذخیره موقت و قبل از ارسال به مخازن ذخیره اصلی مورد تزریق کلر واقع می شود.
سایر توضیحات تکمیلی مرتبط با آب شیرین کن RO جزیره لارک
✓ واحد غیر فعال موجود در تاسیسات آب شیرین کن جزیره لارک، از ۴ وسل با ظرفیت ۹ عدد ممبرین، ۳ عدد فیلتر شنی و ۲ عدد فیلتر کارتریج تشکیل شده است.
✓ برق مورد نیاز تاسیسات آب شیرین کن جزیره لارک توسط ۲ موتور دیزل kw Stock ۷۵۰ تامین می شود.

Backwash: بلی
Flashing: خیر
مشکلات موجود در تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره لارک
۱- اپراتور تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره لارک، اظهار داشت که مشکل خاصی به لحاظ کیفی و کمی در تاسیسات تحت راهبری ایشان وجود ندارد.

ب) تصاویر مربوط به تاسیسات آب شیرین کن جزیره لارک



شکل ۵-۳۱- آب شیرین کن جزیره لارک - فیلترهای شنی



شکل ۵-۳۲- آب شیرین کن جزیره لارک - مخازن آنتی اسکالانت



شکل ۵-۳۳- آب شیرین کن جزیره لارک - فیلترهای کارتریج



شکل ۵-۳۴- آب شیرین کن جزیره لارک - وصل های RO



شکل ۵-۳۵- آب شیرین کن جزیره لارک - تاسیسات تزریق کلر



شکل ۵-۳۶- آب شیرین کن جزیره لارک - تاسیسات آب شیرین کن قدیمی - فیلترهای شنی



شکل ۵-۳۷- آب شیرین کن جزیره لارک - تاسیسات آب شیرین کن قدیمی - وصل های RO

۵-۳-۵- تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هنگام

الف) گزارش بازدید میدانی و داده های فنی و اجرایی

نام تاسیسات: تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هنگام
تعداد واحد های فعال: یک واحد فعال متشکل از ۲ زیر واحد (یک زیر واحد با ۵ وسل فعال (شماره ۱) و دیگری با ۴ وسل فعال (شماره ۲))
مشخصات واحد
شرکت بهره بردار: شرکت تصفیه آب البرز
ظرفیت تولید: ۵۰۰ متر مکعب در روز / عملیاتی ۴۵۰ متر مکعب در روز (زیر واحد شماره ۱ با ظرفیت ۲۵۰ متر مکعب در روز و دیگری با ظرفیت ۲۰۰ متر مکعب در روز).
تاریخ بهره برداری: ۱۳۸۹
منبع آب خام مورد استفاده: آب خام مورد استفاده در این تاسیسات آب دریا می باشد که از طریق آبگیر احداث شده و توسط پمپ و خط لوله تامین می شود.
تاسیسات انتقال / ذخیره آب خام مورد استفاده: آبگیر/خط لوله / پمپ/ مخزن ذخیره اولیه ۴۰۰ متر مکعبی
دبی ورودی به تاسیسات: ۳۲ متر مکعب در هر ساعت فعالیت آب شیرین کن.
دبی خروجی تاسیسات (آب شرب): ۱۰ متر مکعب در هر ساعت فعالیت آب شیرین کن.
دبی خروجی تاسیسات (پساب): ۲۲ متر مکعب در هر ساعت فعالیت آب شیرین کن.
محیط پذیرنده پساب خروجی: پساب خروجی این تاسیسات به دریا تخلیه می شود.
EC آب خام مورد استفاده: این پارامتر توسط بهره بردار به دلیل نبود امکانات تعیین نشده است.
EC آب تصفیه شده: EC آب تصفیه شده بین ۶۰۰ الی ۷۰۰ می باشد.
pH آب خام: این پارامتر توسط بهره بردار به دلیل نبود امکانات تعیین نشده است.

pH آب تصفیه شده: این پارامتر توسط بهره بردار به دلیل نبود امکانات تعیین نشده است.
میزان کلر باقی مانده در آب تصفیه شده: ۰/۲ ppm
فرآیندها / تاسیسات پیش تصفیه و آماده سازی آب خام جهت تزریق به فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن جزیره هنگام
افزودن کلر: خیر
فیلتر اولیه: بلی / فیلترهای AZUD / هر زیر واحد ۵ عدد و از دو نوع ۳۰ میکرونی / فیلترهای مربوطه هر ۲۴ ساعت یکبار شستشو می شوند.
فیلتر شنی: بلی / هر زیر واحد ۳ دستگاه
فیلتر کربن فعال: خیر
افزودن آنتی اسکالانت: بلی / جهت تهیه محلول جهت هر زیر واحد، ۰/۵ لیتر ماده موثر در ۲۰ لیتر آب حل می شود / هر ۲۴ ساعت یکبار محلول جهت مصرف تهیه می شود.
افزودن اسید: خیر
افزودن افزودن SMBS: خیر
فیلتر کارتریج: بلی / یک عدد فیلتر ۵ میکرونی برای هر زیر واحد
تواتر زمانی تعویض / شویش فیلترهای کارتریج: فیلترهای کارتریج مورد استفاده هر ۱۴ روز یکبار تعویض می شوند.
فیلتر نهایی: بلی / فیلترهای با مارک Absolute / هر زیر واحد ۴ عدد / فیلترهای مربوطه هر ۲۴ ساعت یکبار شستشو می شوند.
مشخصات فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن جزیره هنگام
تعداد وسل ها:
زیر واحد شماره ۵/۱ عدد

زیر واحد شماره ۲ / ۴ عدد
مارک و مشخصات وسل های مورد استفاده: زیر واحد شماره ۱ / SO PURE زیر واحد شماره ۲ / Code Line
تعداد ممبرین های به کار رفته در هر وسل: ۵ عدد
مارک و مشخصات ممبرین های مورد استفاده: در این واحد آب شیرین کن از ممبرین های FILMTEC استفاده می شود.
تواتر زمانی تعویض / شویش ممبرین ها: ممبرین های مورد استفاده تا کنون تعویض نشده اند. / شویش ممبرین ها سالی یکبار صورت می پذیرد.
تصفیه تکمیلی: خیر
گندزدایی نهایی توسط کلر: بلی / بعد از تصفیه آب توسط واحد RO و قبل از انتقال به مخزن ذخیره نهایی / به میزان ۴ ppm کلر تزریق می شود.
راندمان آب شیرین کن: ۳۰ درصد
فرآیند تصفیه آب خام توسط تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هنگام
در تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هنگام به منظور تصفیه و شیرین سازی آب، ابتدا آب خام از منبع خود (آبگیر احداث شده) توسط خط لوله و پمپ به مخزن ذخیره ۴۰۰ متر مکعبی در مجاورت تاسیسات آب شیرین کن انتقال می یابد. سپس آب خام با استفاده از خط لوله جهت پیش تصفیه به هر یک از زیر واحدهای موجود در تاسیسات انتقال می یابد. در هر زیر واحد و در گام نخست آب وارد فیلترهای AZUD شده و پس از آن از داخل ۳ فیلتر شنی عبور داده می شود. آب پس از عبور از فیلترهای شنی مورد تزریق آنتی اسکالانت واقع شده و بعد از آن وارد فیلتر کارتریج ۵ میکرونی خواهد شد و پس از خروج از این قسمت از فیلترهای ABSOLUTE عبور خواهد کرد. آب خروجی از این فیلترها توسط HPP (High Pressure Pump) وارد فیلترهای RO می گردد. آب خروجی از فیلترهای RO به منظور ذخیره موقت وارد یک مخزن ۵۰۰۰ لیتری

می شود و پس از آنکه حجم آب شرب ذخیره شده در مخزن به میزان مورد نظر رسید، آب توسط خط لوله و پمپ به سمت مخزن ذخیره ۱۰۰۰ متر مکعبی انتقال می یابد. شایان ذکر است که آب پس از خروج از مخزن ذخیره موقت و قبل از ارسال به مخزن ذخیره اصلی مورد تزریق کلر واقع می شود.
سایر توضیحات تکمیلی مرتبط با آب شیرین کن RO جزیره هنگام
✓ میزان برق مصرفی تاسیسات آب شیرین کن جزیره هنگام در هر دوره مصرف (.....) برابر با کیلووات می باشد / هزینه برق مصرفی تاسیسات آب شیرین کن جزیره هنگام رایگان می باشد.
Backwash: هر زیرواحد دارای یک سیستم Back wash متشکل از ۲ فیلتر و یک مخزن ۲۰۰ لیتری می باشد.
Flashing: بلی
مشکلات موجود در تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هنگام
۱- قطعی مکرر برق سراسری، که در زمان مراجعه محققین نیز به مدت ۲ روز ادامه داشت و سیستم را از مدار فرآیند تصفیه خارج کرده بود.
۲- اپراتور تاسیسات آب شیرین کن جزیره هنگام اعلام داشت که با توجه به مشکلات موجود مربوط به قطع برق سراسری، استفاده از ژنراتورهای مولد برق بسیار کارآمد خواهد بود.
۳- با توجه به جنس بست ها و اتصالات به کار رفته، تعویض مرتب قطعات مذکور به علت خرابی امری اجتناب ناپذیر شده است، لذا استفاده از قطعاتی از جنس استیل اصل و با روکش برنجی پیشنهاد می شود.
۴- یکی از مشکلات موجود در تاسیسات مورد مطالعه مربوط به جلبک های موجود در آب خام ورودی می باشد که باعث گرفتگی فیلترها می شود. در این خصوص حفر چاه و استحصال آب دریا از این طریق توسط اپراتور تاسیسات پیشنهاد شد.
۵- خوردگی پروانه مخزن تزریق کلر نیز یکی از مشکلات موجود مربوط به تاسیسات مورد مطالعه می باشد.

ب) تصاویر مربوط به تاسیسات آب شیرین کن RO جزیره هنگام



شکل ۵-۳۸- آب شیرین کن جزیره هنگام



شکل ۵-۳۹- آب شیرین کن جزیره هنگام - مخزن ذخیره (ته نشینی) آب خام



شکل ۵-۴۰- آب شیرین کن جزیره هنگام - فیلترهای اولیه پیش تصفیه (مارک AZUD)



شکل ۵-۴۱- آب شیرین کن جزیره هنگام - فیلترهای شنی



شکل ۵-۴۲- آب شیرین کن جزیره هنگام - مخازن آنتی اسکالانت



شکل ۵-۴۳- آب شیرین کن جزیره هنگام - فیلتر کارتریج



شکل ۵-۴۴- آب شیرین کن جزیره هنگام - فیلترهای نهایی پیش تصفیه (مارک ABSOLUTE)



شکل ۵-۴۵- آب شیرین کن جزیره هنگام - پمپ فشار قوی



شکل ۵-۴۶- آب شیرین کن جزیره هنگام - وصل های RO



شکل ۵-۴۷- آب شیرین کن جزیره هنگام - مخازن ذخیره موقت آب تصفیه شده



شکل ۵-۴۸- آب شیرین کن جزیره هنگام - تاسیسات تزریق کلر



شکل ۵-۴۹- آب شیرین کن جزیره هنگام - نمونه ای از گرفتگی فیلترهای دیسکی

۵-۳-۶- تاسیسات آب شیرین کن RO سوزا

الف) گزارش بازدید میدانی و داده های فنی و اجرایی

نام تاسیسات: تاسیسات آب شیرین کن RO سوزا
تعداد واحد های فعال: یک واحد فعال / متشکل از ۲ زیر واحد با ظرفیت ۷۵۰ مترمکعبی در روز (زیرواحد تمام اتومات (A) و زیر واحد نیمه اتومات (B))
مشخصات واحد
شرکت بهره بردار: صنعت محرک نگین
ظرفیت تولید: ۱۵۰۰ متر مکعب در روز / دو زیر واحد ۷۵۰ متر مکعبی در روز
تاریخ بهره برداری: ۱۳۹۰
منبع آب خام مورد استفاده: آب خام مورد استفاده آب دریا می باشد که در زمان جزر به وسیله آبگیر و در زمان مد توسط کف کش مورد استحصال قرار می گیرد.
تاسیسات انتقال / ذخیره آب خام مورد استفاده: خط لوله / پمپ / مخزن ذخیره (ته نشینی) ۶۰۰ متر مکعبی از جنس فایبر گلاس
دبی ورودی به تاسیسات: ۱۰۰ متر مکعب در ساعت برای هر زیر واحد
دبی خروجی تاسیسات (آب شرب): ۳۰ متر مکعب در ساعت برای هر زیرواحد
دبی خروجی تاسیسات (پساب): ۷۰ متر مکعب در ساعت برای هر زیرواحد
محیط پذیرنده پساب خروجی: دریا
EC آب خام مورد استفاده: EC آب خام مورد استفاده ۳۶۰۰۰ می باشد.
EC آب تصفیه شده: EC آب تصفیه شده توسط هر یک از زیرواحدها به شرح زیر می باشد: زیرواحد A: در حدود ۶۰۰ زیرواحد B: در حدود ۶۷۰

pH آب خام: -
pH آب تصفیه شده: pH آب تصفیه شده توسط هر یک از زیرواحدها به شرح زیر می باشد: زیرواحد A: ۶/۵ الی ۶/۸ زیرواحد B: ۶/۸ الی ۷
میزان کلر باقی مانده در آب تصفیه شده: ۲ppm
فرآیندها / تاسیسات پیش تصفیه و آماده سازی آب خام جهت تزریق به فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن سوزا
افزودن کلر: بلی
فیلتر اولیه: خیر
فیلتر شنی : زیرواحد A: بلی / سه دستگاه فیلتر بزرگ / چند لایه متشکل از زغال و شن دانه بندی شده تا ۱۰ مش مختلف زیرواحد B: بلی / سه دستگاه کوچک / چند لایه متشکل از زغال و شن دانه بندی شده تا ۱۰ مش مختلف
فیلتر کربن فعال: خیر
افزودن آنتی اسکالانت: زیرواحد A: بلی / در ۲۴ ساعت ۱۰۰ لیتر محلول تزریق می شود / جهت تهیه محلول ۵ لیتر ماده موثره را با ۹۵ لیتر آب ترکیب می نمایند. زیرواحد B: بلی / در ۲۴ ساعت ۱۰۰ لیتر محلول تزریق می شود / جهت تهیه محلول ۵ لیتر ماده موثره را با ۹۵ لیتر آب ترکیب می نمایند.
افزودن اسید:
زیرواحد A: بلی / اسید سولفوریک / در ۲۴ ساعت ۱۰۰ لیتر محلول تزریق می شود / جهت تهیه محلول ۱ لیتر

اسید را با ۹۹ لیتر آب ترکیب می نمایند. زیر واحد B: بلی/اسید سولفوریک/ در ۲۴ ساعت ۱۰۰ لیتر محلول تزریق می شود/ جهت تهیه محلول ۱ لیتر اسید را با ۹۹ لیتر آب ترکیب می نمایند.
افزودن افزودن SMBS: زیر واحد A: بلی/ در ۲۴ ساعت ۱۰۰ لیتر محلول تزریق می شود/ جهت تهیه محلول ۷ لیتر ماده موثره را با ۹۳ لیتر آب ترکیب می نمایند. زیر واحد B: بلی/ در ۲۴ ساعت ۱۰۰ لیتر محلول تزریق می شود/ جهت تهیه محلول ۷ لیتر ماده موثره را با ۹۳ لیتر آب ترکیب می نمایند.
فیلتر کارتریج: زیر واحد A: بلی/ ۶ عدد/ فیلترهای کارتریج مورد استفاده از نوع لوله ای می باشند. زیر واحد B: بلی/ ۳ عدد/ فیلترهای کارتریج مورد استفاده از نوع لوله ای می باشند.
تواتر زمانی تعویض / شوی فیلترهای کارتریج: فیلتر کارتریج های مورد استفاده هر ۲۴ ساعت دو مرتبه مورد شستشو واقع می شوند.
فیلتر نهایی: زیر واحد A: بلی/ ۱۲ عدد Bac Filter زیر واحد B: بلی/ ۶ عدد Bac Filter Bac Filter های مورد استفاده در صورتی که آب خام ورودی کثیف باشد، هر ۲۴ ساعت ۶ الی ۷ مرتبه شستشو می شود و در صورتی که آب ورودی تمیز باشد، هر ۲۴ ساعت یکبار و یا هر ۳ روز یکبار مورد شستشو واقع می شود.
مشخصات فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن سوزا
تعداد وسل ها: ۱۳ عدد در هر یک از زیرواحدها
مارک و مشخصات وسل های مورد استفاده:

Code Line
تعداد ممبرین های به کار رفته در هر وسل: تعداد ممبرین های مورد استفاده در هر یک از وسل های موجود در زیر واحدها، ۱۱ عدد می باشد.
مارک و مشخصات ممبرین های مورد استفاده: در آب شیرین کن RO سوزا از ممبرین های زیر استفاده می شود: زیرواحد A: ممبرین های FILMTEC زیرواحد B: ممبرین های ROMEMBRA
تواتر زمانی تعویض / شویش ممبرین ها: شستشو و تعویض ممبرین ها در این تاسیسات برنامه زمانبندی مشخصی ندارد و حسب تغییر کیفیت آب خام این اتفاق می افتد.
تصفیه تکمیلی: زیرواحد A: بلی / ۶ عدد Bac Filter زیرواحد B: خیر
گندزدایی نهایی توسط کلر: بلی / بعد از تصفیه آب توسط واحد RO و قبل از انتقال به مخزن ذخیره نهایی / به مقدار ۲ ppm کلر تزریق می شود.
راندمان آب شیرین کن: ۳۰ درصد.
فرآیند تصفیه آب خام توسط تاسیسات آب شیرین کن RO سوزا
در تاسیسات آب شیرین کن RO سوزا به منظور تصفیه و شیرین سازی آب، ابتدا آب خام از منبع خود (آبگیر واقع در دریا (در زمان جزر) و کف کش (در زمان مد)) توسط خط لوله و پمپ به مخزن ذخیره ۶۰۰ متر مکعبی از جنس فایبر گلاس که در واقع یک استخر ته نشینی بوده و در مجاورت تاسیسات آب شیرین کن می باشد انتقال می یابد. سپس به آب خام کلر زده شده و با استفاده از خط لوله به زیر واحدهای مربوطه منتقل می شود. در ادامه روند کار تصفیه در هر یک از زیر واحدها بصورت جداگانه توضیح داده خواهد شد.

زیر واحد A: آب خام پس از ورود از ۳ عدد فیلتر شنی عبور کرده و پس از آن مورد تزریق اسید، آنتی اسکالانت و SMBS قرار می گیرد. در ادامه آب از داخل ۱۲ عدد فیلتر مخصوص به نام BAC Filter عبور کرده و وارد ۳ عدد فیلتر کاتریج می شود. آب خروجی از فیلتر کاتریج ها توسط HPP (High Pressure Pump) به داخل فیلترهای RO منتقل می گردد. آب خروجی از فیلترهای RO از داخل ۶ عدد BAC Filter دیگر عبور کرده و پس از آن با تزریق کلر راهی شبکه می شود.

زیر واحد B: آب خام پس از ورود از ۳ عدد فیلتر شنی عبور کرده و پس از آن مورد تزریق اسید، آنتی اسکالانت و SMBS قرار می گیرد. در ادامه آب از داخل ۶ عدد فیلتر مخصوص به نام BAC Filter عبور کرده و وارد ۳ عدد فیلتر کاتریج می شود. آب خروجی از فیلتر کاتریج ها توسط HPP (High Pressure Pump) به داخل فیلترهای RO منتقل می گردد. آب خروجی از فیلترهای RO مورد تزریق کلر واقع شده و از آنجا راهی شبکه می شود.

سایر توضیحات تکمیلی مرتبط با آب شیرین کن RO سوزا

✓ مخزن ذخیره (ته نشینی) اولیه که از جنس فایبر گلاس می باشند، هر ۳۰ الی ۴۵ روز یکبار لایروبی می شود. اما در صورتی که در طول دوره بهره برداری دریا موج باشد، میزان زیادی شن و ماسه به داخل مخزن ته نشینی انتقال می یابد که این مسئله می تواند منجر به شکسته شدن مخزن گردند. لذا فرآیند لایروبی زودتر از موعد هیشگی صورت خواهد پذیرفت.

Backwash: بلی

Flashing: بلی

مشکلات موجود در تاسیسات آب شیرین کن RO سوزا

۱- کمبود آب خام ورودی. در حال حاضر شرکت بهره بردار خود یک حوضچه احداث کرده است که در زمان مد پر از آب می شود و در زمان جزر از آب آن استفاده می نمایند.

۲- شرکت بهره بردار هزینه ای را بالغ بر ۴۰۰ میلیون تومان در ۳ سال پیش به منظور حفر دو حلقه چاه با عمق های ۱۴۰ و ۱۶۰ متر متقبل شده است، اما متاسفانه به دلیل میزان بالای گوگرد و EC (حدود ۵۴۰۰۰

الی ۵۷۰۰۰ در مقابل EC اب دریا که برابر با ۳۶۰۰۰ است)، آب خام استحصال شده عملاً قابلیت استفاده خود را از دست داده است. چراکه باعث گرفتگی شدید فیلترهای RO می شود. شاهد این مدعا از کار افتادگی فیلترها پس از ۴ روز بهره برداری از چاه ها می باشد.

۳- عملیات حفاری در نزدیکی تاسیسات آب شیرین کن سوزا جهت استخراج و اکتشاف گاز منجر به از بین رفت کیفیت آب استحصال شده از چاه ها شد چراکه در ته چاه هانفت خام بیرون زد.

۴- بهره بردار آب شیرین کن سوزا اظهار کرد که با نصف هزینه احداث یک حلقه چاه می شود یک حوضچه آرامش احداث کرد که تا یک ماه آب مورد نیاز بصورت ذخیره در اختیار باشد.

ب) تصاویر مربوط به تاسیسات آب شیرین کن RO سوزا



شکل ۵-۵۰- آب شیرین کن سوز

۱



شکل ۵-۵۱- آب شیرین کن سوزا - مخزن ذخیره (ته نشینی) آب خام



شکل ۵۲- آب شیرین کن سوزا - فیلترهای شنی (واحد تمام اتوماتیک)



شکل ۵۳- آب شیرین کن سوزا - فیلترهای شنی (واحد نیمه اتوماتیک)



شکل ۵-۵۴- آب شیرین کن سوزا - مخزن آنتی اسکالانت، اسید و SMBS



شکل ۵-۵۵- آب شیرین کن سوزا - BAC Filters



شکل ۵-۵۶- آب شیرین کن سوزا - فیلتر کارتریج



شکل ۵-۵۷- آب شیرین کن سوزا - وسل های RO



شکل ۵-۵۸- آب شیرین کن سوزا - BAC Filter های نهایی (واحد تمام اتوماتیک)

۵-۳-۷-تاسیسات آب شیرین کن RO در گهان

الف) گزارش بازدید میدانی و داده های فنی و اجرایی

نام تاسیسات: تاسیسات آب شیرین کن RO در گهان
تعداد واحد های فعال: یک واحد فعال متشکل از دو زیر واحد مشابه ۲۵۰۰ متر مکعبی
مشخصات واحد
شرکت بهره بردار: شرکت مهندسی رعد آب جنوب
ظرفیت تولید: ۵۰۰۰ متر مکعب در روز
تاریخ بهره برداری: ۱۳۹۰
منبع آب خام مورد استفاده: آب خام مورد استفاده آب دریا می باشد که توسط آبگیر احداث شده و با استفاده از پمپ و خط لوله به تاسیسات آب شیرین کن منتقل می شود.
تاسیسات انتقال / ذخیره آب خام مورد استفاده: خط لوله / پمپ / مخزن ته نشینی ۱۶۰۰ متر مکعبی
دبی ورودی به تاسیسات: ۳۰۰ متر مکعب در ساعت برای هر زیر واحد
دبی خروجی تاسیسات (آب شرب): هر زیر واحد ۱۰۰ متر مکعب در ساعت
دبی خروجی تاسیسات (پساب): هر زیر واحد ۲۰۰ متر مکعب در هر ساعت
محیط پذیرنده پساب خروجی: دریا
EC آب خام مورد استفاده: ۵۴۰۰۰
EC آب تصفیه شده: ۳۰۰
pH آب خام: ۶/۵ الی ۷
pH آب تصفیه شده: ۷/۵
میزان کلر باقی مانده در آب تصفیه شده: ۰/۷ الی ۰/۸

فرآیندها / تاسیسات پیش تصفیه و آماده سازی آب خام جهت تزریق به فیلتر های RO تاسیسات آب شیرین کن در گهان	
افزودن کلر: بلی	
فیلتر اولیه: بلی / دیسک فیلتر ۲۰۰ میکرون	
فیلتر شنی: بلی / ۱۲ دستگاه برای هر زیر واحد	
فیلتر کربن فعال: خیر	
افزودن آنتی اسکالانت: بلی / در هر زیر واحد جهت تهیه محلول، ۴۰ لیتر ماده در ۲۰۰ لیتر آب حل می شود / محلول تهیه شده در طی ۲۴ ساعت فعالیت آب شیرین کن به آب خام تزریق می شود.	
افزودن اسید: بلی / اسید سولفوریک / در هر زیر واحد میزان ۱۰ لیتر اسید در ۲۰۰ لیتر آب حل شده و در ۲۴ ساعت مورد مصرف قرار می گیرد.	
افزودن افزودن SMBS: بلی / به ازای هر ۱۹۰ لیتر آب خام ۱ کیلوگرم SMBS مورد استفاده قرار می گیرد.	
فیلتر کارتریج: بلی / ۳ دستگاه ۵ میکرونی برای هر زیر واحد / هر فیلتر کارتریج مورد استفاده ۳۵ المان دارد / ۲۰ اینچ در ۴۰ اینچ	
تواتر زمانی تعویض / شویش فیلترهای کارتریج: بسته به وضعیت آب، هر ۱۵ روز یکبار تعویض می شوند و هر ۵ روز یکبار مورد شستشو واقع می شوند، چراکه اختلاف فشار ورودی و خروجی زیاد می شود.	
فیلتر نهایی: خیر	
مشخصات فیلترهای RO تاسیسات آب شیرین کن در گهان	
تعداد وسل ها: هر زیر واحد از ۳۲ عدد وسل تشکیل شده است.	
مارک و مشخصات وسل های مورد استفاده: Code Line	

تعداد ممبرین های به کار رفته در هر وسل: ۷ عدد
مارک و مشخصات ممبرین های مورد استفاده: در این واحد آب شیرین کن از دو نوع ممبرین زیر استفاده می شود. FILMTEC -۱ Hydronautics -۲
تواتر زمانی تعویض / شویش ممبرین ها: بسته به کیفیت آب دریا و گرفتگی ممبرین ها شستشو انجام می شود و برنامه زمانی منظمی ندارد.
تصفیه تکمیلی: خیر
گندزدایی نهایی توسط کلر: بلی / بعد از تصفیه آب توسط واحد RO و قبل از انتقال به مخزن ذخیره نهایی / میزان ۳ کیلوگرم ماده به ۲۰۰ لیتر آب تزریق می شود.
راندمان آب شیرین کن: راندمان این تاسیسات معادل ۳۳/۵ درصد می باشد.
فرآیند تصفیه آب خام توسط تاسیسات آب شیرین کن RO در گهان
فرآیند تصفیه آب در تاسیسات آب شیرین کن در گهان در هر دو زیر واحد فعال کاملاً مشابه است لذا در ادامه به توضیح فرآیند بصورت یکتا پرداخته خواهد شد. در تاسیسات آب شیرین کن RO در گهان به منظور تصفیه و شیرین سازی آب، ابتدا آب خام از منبع خود توسط آبگیر احداث شده و بوسیله خط لوله و پمپ به سمت مخزن ته نشینی ۱۶۰۰ متر مکعبی منتقل می شود. در این مسیر و قبل از ورود آب خام به مخزن، مورد تزریق کلر و آلوم قرار گرفته و از دیسک فیلترهای ۲۰۰ میکرونی عبور داده می شود. سپس آب توسط پمپ از مخزن ته نشینی به داخل فیلترهای شنی هدایت می شود. آب خروجی از فیلترهای شنی، مورد تزریق آنتی اسکالانت، اسید سولفوریک و SMBS واقع شده و سپس از کارتریج فیلترهای ۵ میکرونی عبور کرده و بعد از این مرحله توسط HPP (High Pressure Pump) وارد فیلترهای RO می گردد. آب خروجی از فیلترهای RO مورد تزریق کلر و سود واقع شده و جهت ذخیره به مخزن ۵۰۰۰ متر مکعبی منتقل می شود. همچنین باید به این نکته اشاره کرد که در حال

حاضر یک مخزن ذخیره ۵۰۰۰ متر مکعبی جدید در حال ساخت است.

سایر توضیحات تکمیلی مرتبط با آب شیرین کن RO در گهان

- ✓ فیلترهای شنی لاشه مواد بیولوژیک و پروتوزوآهای موجود در آب خام که توسط تزریق کلر از بین رفته اند را می گیرد.
- ✓ جهت حذف اثر کلر که بسیار خورنده است، از SMBS استفاده می کنند.
- ✓ در تاسیسات آب شیرین کن در گهان از سیستم ERT (Energy Recovery Turbine) به منظور استفاده از انرژی آب خروجی استفاده می شود. چراکه فشار خروجی پمپ معادل ۳۰ بار است که با استفاده از سیستم ERT به ۶۰ بار هم خواهد رسید. مزیت این کار آن است که مصرف ۸kw به ۴ kw کاهش خواهد یافت.
- ✓ میزان کلرور در حدود ۲۰۰۰۰ است.
- ✓ همواره ۲ عدد از کارتریج فیلترها در مدار است و یکی آماده به کار.
- ✓ جنس لوله ها و پمپ های مورد استفاده Duplex Steel می باشد. چراکه جنس های برنجی به علت خوردگی بسیار بالا اصلاً جواب نمی دهند.
- ✓ در این تاسیسات مخزن Crip و Flashing هم وجود دارد.
- ✓ در داخل تاسیسات مورد مطالعه سیستم PLC (Programing Logic Control) وجود دارد که در زمانی که بر روی حالت Remote باشد خود سیستم تعیین می کند که چه اتفاقی در تاسیسات بیافتد و زمانیکه در حالت Local باشد می توان بصورت دستی تغییرات را اعمال کرد.
- ✓ فیلترهای دیسکی مورد استفاده در تاسیسات در گهان، قادرند تا مواد تا ۲۰۰ میکرون را از خود عبور دهند. همچنین فشار روی آنها معادل ۳ بار است.
- ✓ از آب درین تاسیسات جهت Back wash فیلترهای شنی استفاده می شود، چراکه از آب خام بسیار شفاف تر است.
- ✓ از ۱۲ فیلتر شنی مورد استفاده در هر زیرواحد، ۱۱ عدد همواره در حال استفاده و یکی در وضعیت

Back wash می باشد.
Backwash: بلی
Flashing: بلی
مشکلات موجود در تاسیسات آب شیرین کن RO در گهان
۱- کیفیت آب استحصال شده از دریا به لحاظ Turbidity و SDI (Silt Density Index) بالا، جهت استفاده بسیار بد است. جهت درک این مطلب توضیحات تکمیلی زیر ارائه می شود: SDI یک پارامتر بدون بعد می باشد که جهت تعیین آن ابتدا آب را از داخل یک ممبرین کوچک با منافذ ۰/۴۵ میکرونی با فشار ۳۰ Psi عبور می دهند. در ادامه زمان خروج ۵۰۰ سی سی آب را به دست می آورند. سپس می گذارند تا آب به مدت ۱۵ دقیقه از ممبرین عبور کند و مجدد زمان خروج ۵۰۰ سی سی آب را محاسبه می کنند. حال از طریق فرمول $SDI = \left(\frac{1 - \left(\frac{T_1}{T_2} \right)}{15} \right) \times 100$ پارامتر SDI محاسبه می شود. هرچه میزان این پارامتر پایین تر باشد بهتر است، یعنی T1 به T2 نزدیک باشد. لذا بهترین حالت آن است که SDI برابر با صفر باشد. استانداردها می گویند SDI زیر ۳ برای آب شیرین کن های RO مناسب است و هرچه کتر باشد بهتر است. این مسئله در حالی است که SDI آب تاسیسات در گهان پس از عبور از تمام مراحل پیش تصفیه برابر ۵ است و در مقابل در جزیره ابوموسی این رقم معادل ۰/۹ می باشد. ۲- انجام عمل انعقاد نیز نمی تواند مشکل آب خام را حل کند چراکه سوسپانسیون آن قدر بالا است که عمل انعقاد بی نتیجه خواهد ماند. ۳- زمان ماند ۱ ساعته نیز جوابگوی ذرات بسیار سبک و معلق موجود در آب خام نیست، حتی زمان ماند ۴۸ ساعته نیز جوابگو نیست. ۴- به دلیل آنکه جنس زمین در منطقه مورد نظر بصورت مارنی می باشد . از نفوذپذیری کمی برخوردار است، لذا چاه هایی نیز که جهت استحصال آب حفر کرده اند نیز جواب نداده است. دراین ارتباط در فاصله ۲۰۰ الی ۳۰۰ متری دریا نیز چاه هایی حفر شده است که متاسفانه جواب نداده است، حتی چاه حفر شده در فاصله ۵ متری دریا با عمق ۲۰ متر و قطر دهانه ۲ متر نیز جواب نداده و عمق آب جمع شده در چاه به ۱۰ متر نیز

نمی رسد. لذا مجموعه بهره بردار جهت تامین آب خام ناچار به احداث آبیگر روی آورده است.

۵- در صورتی که جنس زمین منطقه ماسه ای و یا مرجانی باشد مانند جزیره ابوموسی، آب شفاف می شود و کیفیت لازم را به دست می دهد.

۶- NTU آب خام مورد استفاده در این تاسیسات برابر ۳۰ واحد می باشد، در صورتی که این رقم در تاسیسات جزیره ابوموسی برابر با ۲ واحد می باشد.

۷- بهره بردار تاسیسات آب شیرین کن درگهان بهترین راهکار پیشنهادی جهت رفع مشکل آب خام را استفاده از اولترافیلتراسیون می داند.

۸- از نظر بهره بردار، پیشنهاد استخر شن نیز رفع کننده مشکل نخواهد بود چراکه مواد کلوئیدی در آب خام منطقه آن قدر بالاست که بعد از ۲۴ ساعت به ارتفاع ۲۰ سانتی متر گل بر روی استخر شن می نشیند و آب با گل رد خواهد شد.

۹- اختلاف فشار ورودی و خروجی در تاسیسات آب شیرین کن RO درگهان به ۷ بار رسیده است که این مسئله در تاسیسات جزیره هرمز پس از ۳ سال بهره برداری به ۲/۵ بار رسیده است.

۱۰- ذرات کلوئیدی موجود در آب خام مورد استفاده در حد میکرون می باشد و لذا استفاده از آلوم هم به هیچ عنوان جواب نمی دهد.

۱۱- با تغییر محل آبیگری تا فاصله ۳ الی ۴ کیلومتر دورتر نیز مشکل مواد کلوئیدی موجود در آب خام به قوت خود باقی است.

۱۲- متاسفانه کشتی سازی نیز که اقدام به تغییر محل آبیگری کرده بود، بعد از مدتی لوله هایشان پر از گل شده و به مشکل برخورد کرده اند.

۱۳- در شهر لندن کشور انگلستان جهت پیش تصفیه آب باران جمع آوری شده که عمدتاً گل آلود است، از ۳۶۰ مخزن مملو از شن با طول ۱ متر، عرض ۰/۶ متر و ارتفاع ۲/۵ متر استفاده می شود. در این فرآیند هر روز ۲ مخزن از سیستم خارج شده و ۲ مخزن جدید جایگزین می گردد. اما متاسفانه در این منطقه به دلیل هزینه های زیاد این کار مقرون به صرفه نیست.

۱۴- سیستم Degazor برای آب شیرین کن های RO کارایی ندارد.

۱۵- استفاده از Softener جهت آب شیرین کن های RO مناسب است چراکه دیگر نیاز به آنتی اسکالانت نمی باشد.

۱۶- در صورتی که طول حوضچه آرامش (در حال حاضر ۳۰ متر در ۲۰ متر می باشد) بیشتر می بود، این امر منجر به زمان ماند بیشتر می شد و به رفع مشکل کمک می کرد.

۱۷- در حال حاضر و از روز گذشته از ترکیب سولفات آلومینیوم جهت انعقاد استفاده می شود.

۱۸- فشار پشت فیلترهای شنی حدود ۳ بار است که این فشار باعث می شود که املاح ناخواسته و گل و لای نیز همراه آب از فیلتر عبور کند. اما نمی توان فشار را کم کرد چراکه جهت راه اندازی HPP حداقل ۲/۵ الی ۳ بار فشار لازم است.

ب) تصاویر مربوط به تاسیسات آب شیرین کن RO در گهان



شکل ۵-۵۹- آب شیرین کن در گهان



شکل ۵-۶۰- آب شیرین کن در گهان استخر آرامش



شکل ۵-۶۱- آب شیرین کن درگهان - فیلترهای شنی



شکل ۵-۶۲- آب شیرین کن درگهان - وصل های RO و مخازن آنتی اسکالانت



شکل ۵-۶۳- آب شیرین کن درگهان - ممبرین های مورد استفاده



شکل ۵-۶۴- آب شیرین کن درگهان - فیلترهای دیسکی



شکل ۵-۶۵- آب شیرین کن درگهان - Energy Recovery Turbine

بررسی تخصصی سایت های RO فین، درگهان و هرمز

۶-۱- سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر فین

۶-۱-۱- آزمایشات تخصصی

به منظور مطالعه و بررسی دقیق تر سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر فین و شناسایی عوامل موثر در کیفیت آب تولیدی فرآیند پیش تصفیه موجود در آب شیرین کن مورد نظر نسبت به انجام یک سری کامل آزمایشات تخصصی منابع آب در آزمایشگاه های معتمد سازمان محیط زیست، دانشگاه تهران و دانشگاه علوم پزشکی تهران به شرح زیر اقدام شد:

- آنالیز پارامترهای شیمیایی شامل آنیون های کلراید، فسفات، نیترات، سولفات، کربنات و بی کربنات و کاتیون های سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آمونیوم، سختی کل، EC، pH، TDS، TS، TSS، کدورت و رنگ.

- آنالیز پارامترهای بیولوژیک شامل Diatomaceae، Cholorophyceae، Cyanophyceae، Protozoa، Rotifera، Crustacea، Nematode و سایر ارگانیزم ها.

- آنالیز طیف اسپکتروفوتومتری در محدوده ی ۸۰۰-۴۰۰ نانومتر و طیف اسپکترومتری UV در محدوده ی ۴۰۰-۲۰۰ نانومتر.

- آنالیز دانه بندی نانومتری و میکرومتری در محدوده ۱۰ میکرون تا ۱۰ نانومتر.

۶-۱-۲- نمونه برداری

نمونه برداری در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۹ از سه نقطه در تاسیسات سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر فین به شرح (۱) آب خام ورودی، (۲) آب قبل از وسل (۳) آب خروجی از وسل صورت گرفت. نمونه شماره (۱) آب خام برداشت شده از چاه فلمن، نمونه ی شماره (۲) آب پیش تصفیه شده و ورودی به غشای RO و نمونه ی شماره (۳) آب خروجی از تاسیسات RO و آماده ی توزیع جهت مصرف شرب شهری می باشد.

نمونه برداری زمانی انجام گرفت که تاسیسات در حال کار بوده و سیستم RO تحت فشار عملیاتی طبق استاندارد های پیمانکار مربوطه قرار داشته است. به منظور انجام آزمایشات مورد نظر از هر نقطه به مقدار ۵ لیتر نمونه آب در سه ظرف پلی اتیلنی ۱,۵ لیتری و یک ظرف پلی اتیلنی ۰,۵ لیتری جمع آوری شد. نمونه ها بلافاصله در شرایط دور از نور مستقیم خورشید برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه های مربوطه ارسال شد.

۶-۱-۳- نتایج آزمایشات

• آنالیز پارامترهای شیمیایی فین

جدول ۶-۱- آنالیز پارامترهای شیمیایی فین

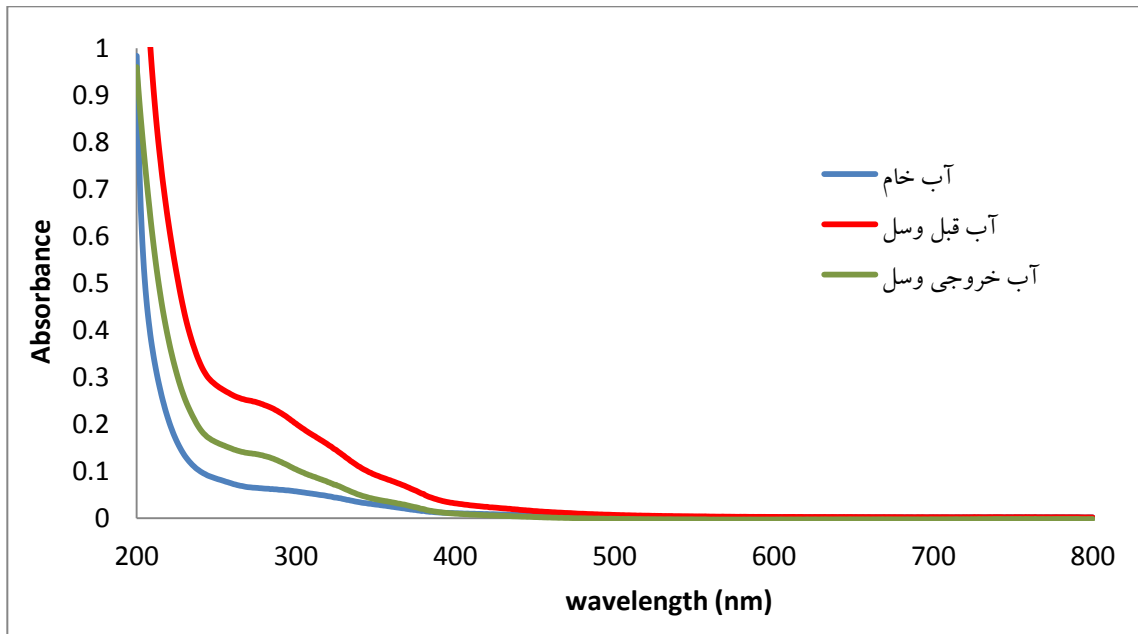
پارامتر	واحد	آب خام ورودی	آب خروجی از وسل	آب قبل از وسل
EC	μs	4073	180	4095
pH	---	7.3	6.06	7.38
کدورت	NTU	1.38	2.11	3.4
رنگ	PtCo	6	2	3
SS 3um	mg/lit	100	---	180
TDS	mg/lit	2296	114	2152
TSS	mg/lit	10	---	8
کلراید	mg/lit	841.35	28.4	795.2
سدیم	mg/lit	471.5	17.02	494.5
پتاسیم	mg/lit	11.7	1.17	11.7
فسفات	mg/lit	0.17	0.12	0.18
نیتрат	mg/lit	0.21	0.05	0.2
کلسیم	mg/lit	211	ND	192
منیزیم	mg/lit	107.4	4.8	103.2
کربنات	mg/lit	0	0	0
بی کربنات	mg/lit	262.3	12.2	189.1
آمونیم	mg/lit	0	0	0
سولفات	mg/lit	585.6	2.4	696
سختی کل	mg/lit	975	20	910

• آنالیز پارامترهای بیولوژیک فین

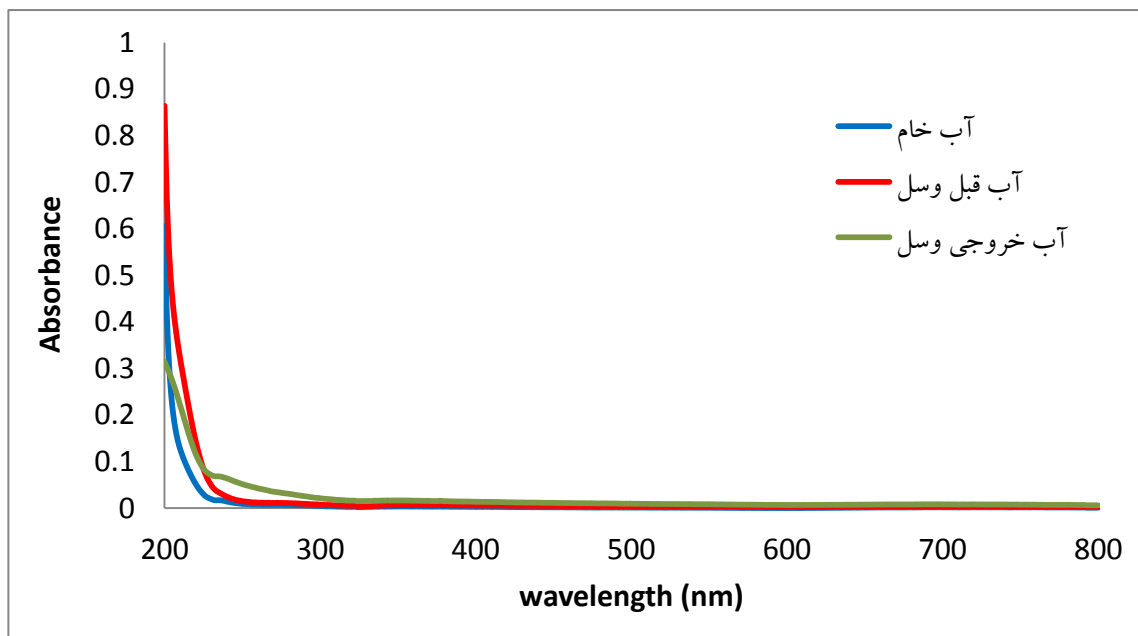
جدول ۶-۲- آنالیز پارامترهای بیولوژیک فین

پارامتر	واحد	نوع	آب خام ورودی	آب قبل از وسل
Diatomaceae	Total per 100 ml	-	۱۰	۴
Cholorophyceae	ml Total per 100	-	۱	۴
Cyanophyceae	ml Total per 100	-	۱	Not Sean
Protozoa	Per 1000 ml	زنده	۲	۱۰
Rotifera	Per 1000 ml	زنده	Not Sean	Not Sean
Crustacea	Per 1000 ml	زنده	Not Sean	Not Sean
Nematode	Per 1000 ml	زنده	۱	۲
Other Organisms	Per 1000 ml	-	Not Sean	Not Sean
Total	Per 100 ml	-	۱۲	۸
	Per 1000 ml	-	۳	۱۲

• آنالیز طیف اسپکتروسکوپی uv-vis. فین



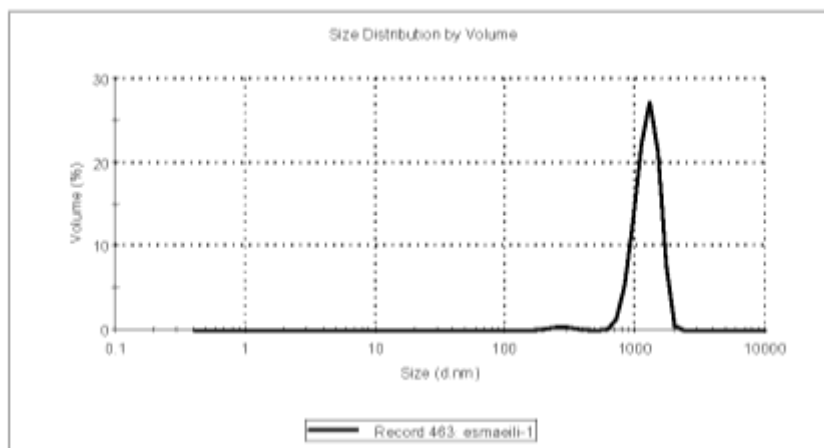
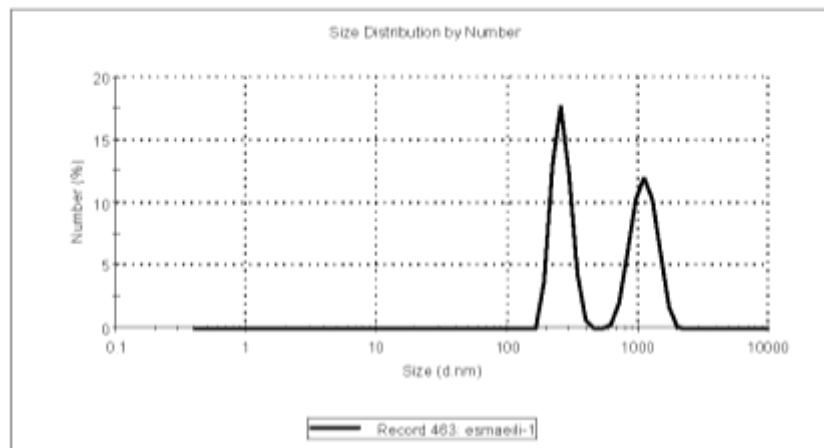
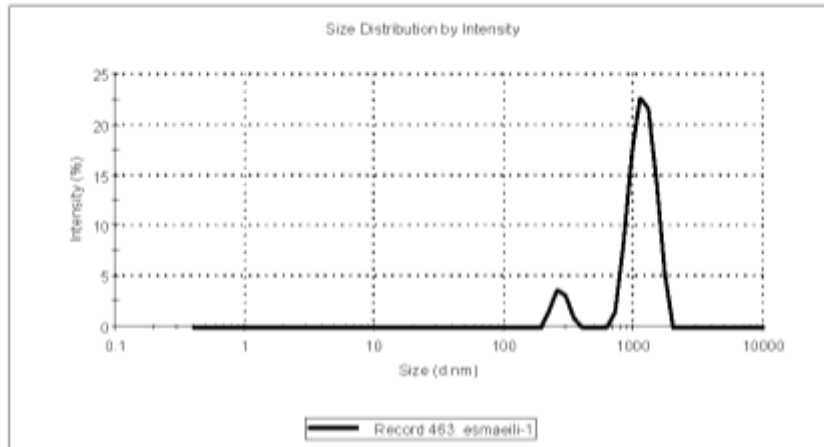
شکل ۶-۱ - طیف اسپکتروسکوپی نمونه ها، آنالیز بلافاصله پس از دریافت نمونه توسط آزمایشگاه



شکل ۶-۲ - طیف اسپکتروسکوپی نمونه ها، آنالیز یک هفته پس از دریافت نمونه توسط آزمایشگاه

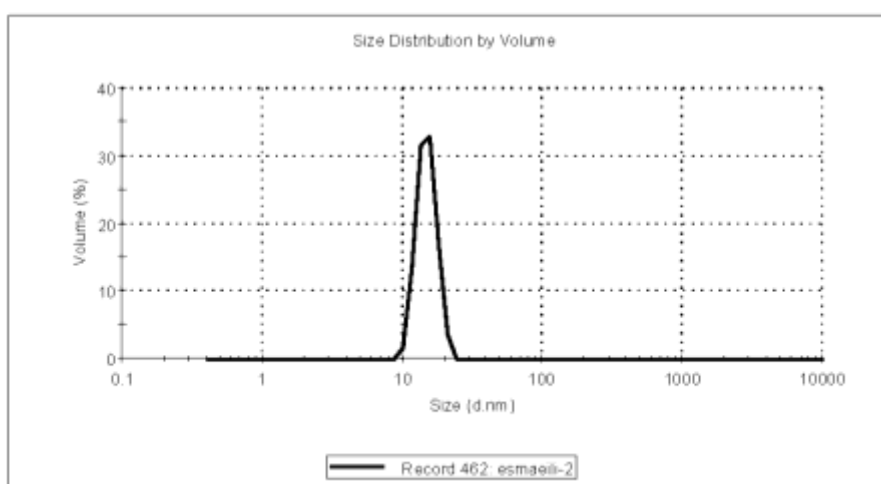
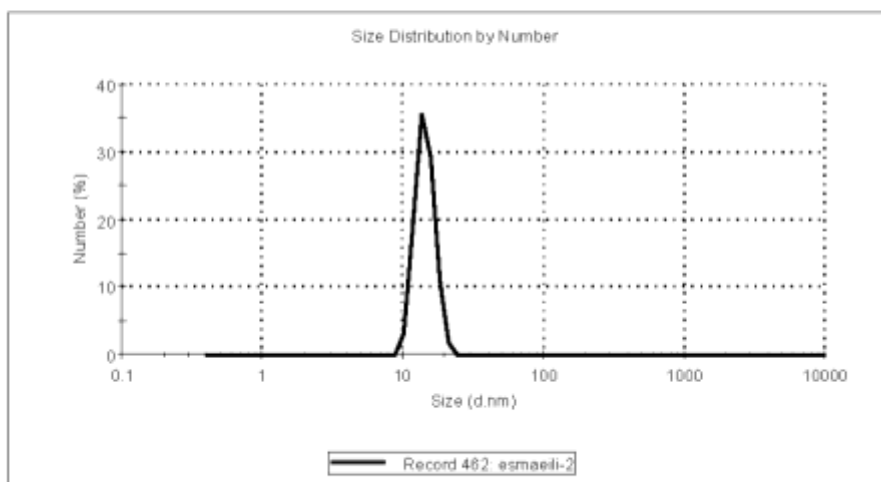
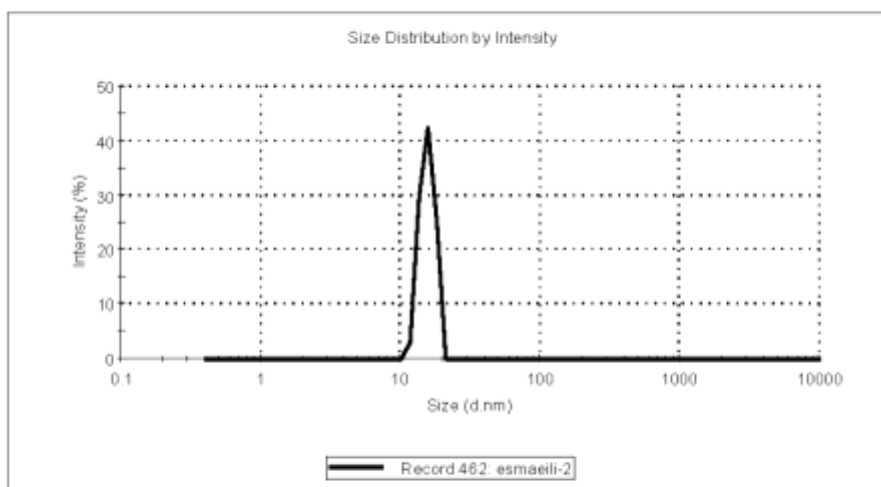
• آنالیز دانه بندی فین

	Diam. (nm)	% Intensity	% Number	% Volume
Z-Average (d.nm): 1570	Peak 1: 1180	90.6	48.4	98.8
PdI: 0.605	Peak 2: 271	9.4	51.6	1.2
Intercept: 0.260	Peak 3: 0.00	0.0	0.0	0.0



شکل ۶-۳- آنالیز دانه بندی نمونه آب خام ورودی

	Diam. (nm)	% Intensity	% Number	% Volume
Z-Average (d.nm): 3.90e4	Peak 1: 15.6	100.0	100.0	100.0
Pdl: 0.792	Peak 2: 0.00	0.0	0.0	0.0
Intercept: 0.0431	Peak 3: 0.00	0.0	0.0	0.0



شکل ۶-۴- آنالیز دانه بندی نمونه آب قبل وسل

۶-۱-۴- تحلیل نتایج آزمایشات سایت فین

الف) تحلیل نتایج آنالیز پارامترهای شیمیایی

نتایج آنالیز پارامترهای شیمیایی شامل آنیون ها، کاتیون ها، سختی کل، انواع جامدات و رنگ و کدورت برای آب خام ورودی به سیستم پیش تصفیه در شهر فین نشان دهنده ی شرایط کیفی خاص از دیدگاه پتانسیل رسوبگذاری سولفات کلسیم، کربنات کلسیم، سولفات منیزیم و کربنات منیزیم در سیستم RO می باشد. حضور آنیون سولفات احتمال فوق اشباع شدن نمک سولفات را در پشت غشا افزایش می دهد. لذا افزایش مواد بازدارنده رسوب گذاری در سیستم پیش تصفیه فین ضروری به نظر می رسد.

نتایج آنالیز آب پیش تصفیه شده نیز همراه با افزایش شاخص سولفات و در عین حال کاهش شاخص سختی است که حکایت از عملکرد مناسب مواد افزودنی به سیستم دارد. افزایش ذرات کلوئیدی نیز می تواند نشان دهنده عملکرد ترکیبات آنتی اسکالانت در محیط و جلوگیری از رسوبگذاری املاح باشد. از طرفی با توجه به وجود خوردگی های گسترده در سیستم انتقال آب در سایت فین که ناشی از فلزی بودن لوله ها، شیرآلات و اتصالات می باشد، می توان افزایش ترکیبات کلوئیدی را ناشی از آهن دانست، به ویژه که ممبران های تعویض شده علاوه بر کدورت پایین آب ورودی دارای رنگ مایه های آجری بودند.

کیفیت آب خروجی از سیستم RO نشان دهنده ی عملکرد بدون نقص سیستم و توانایی آن در شیرین نمودن آب خام ورودی می باشد. بهنحوی که کیفیت آب خروجی آن را در زمره ی یکی از بهترین آب های آشامیدنی موجود در سطح استان قرار می دهد. البته این در شرایطی است که آب تصفیه شده برای افزایش سطح املاح با آب خام و بی هویت ورودی به سیستم ترکیب نگردد.

ب) تحلیل نتایج آنالیز پارامترهای بیولوژیک

آنالیز پارامترهای بیولوژیک نشان دهنده ی یک شرایط عادی برا ی آب خام ورودی است. اما نتایج آب پیش تصفیه شده (قبل وسل RO) کمی گمراه کننده به نظر می رسد. کاهش دیاتومه، افزایش پروتوزا و نماتدها، نشان دهنده ی وجود شرایط نامناسب کیفی در سیستم تاسیسات پیش تصفیه می باشد. بنابراین ضروری به نظر می رسد که فرایند گند زدایی به صورت کامل شامل دو مرحله ی کلر زنی و سپس حذف کلر باقی قبل از ممبران در مجموعه فرایند های پیش تصفیه گنجانده شود.

ج) تحلیل نتایج آنالیز طیف اسپکتروسکوپی. uv-vis.

آنالیز طیف اسپکتروسکوپی در محدوده ی نور مرئی و فرابنفش (۸۰۰-۲۰۰ نانومتر) نشان دهنده حضور ترکیبات ناپایدار، فرار و یا با نیمه عمر کم، در منبع آبی مورد بهره برداری است. به علاوه مقایسه آنالیز طیف اسپکتروسکوپی آب قبل و بعد از پیش تصفیه، حضور موارد افزوده شده ارگانیک در آب قبل از وسل که تحت فرایند پیش تصفیه قرار گرفته است را در ناحیه 280nm مشخص می نماید. این مواد تحت فرایند RO تعدیل شده و کاهش می یابند.

د) تحلیل آنالیز دانه بندی

مقایسه ی نتایج آنالیز دانه بندی آب قبل و بعد از پیش تصفیه (آب خام و آب قبل از وسل) به وضوح نشان دهنده ی حذف ذرات معلق با اندازه ی متوسط ۱,۵۷ میکرونی در آب خام ورودی توسط فرایند موثر پیش تصفیه می باشد.

۶-۲- سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر هرمز

۶-۲-۱- آزمایشات تخصصی

به منظور مطالعه و بررسی دقیق تر سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر هرمز و شناسایی عوامل موثر در کیفیت آب تولیدی فرآیند پیش تصفیه موجود در آب شیرین کن مورد نظر نسبت به انجام یک سری کامل آزمایشات تخصصی منابع آب در آزمایشگاه های معتمد سازمان محیط زیست، دانشگاه تهران و دانشگاه علوم پزشکی تهران به شرح زیر اقدام شد:

- آنالیز پارامترهای شیمیایی شامل آنیون های کلراید، فسفات، نترات، سولفات، کربنات و بی کربنات و کاتیون های سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آمونیوم، سختی کل، EC، pH، TDS، TS، TSS، کدورت و رنگ.
- آنالیز پارامترهای بیولوژیک شامل Cyanophyceae، Cholorophyceae، Diatomaceae، Protozoa، Rotifera، Crustacea، Nematode و سایر ارگانیزم ها.
- آنالیز طیف اسپکتروفتومتری در محدوده ی ۴۰۰-۸۰۰ نانومتر و طیف اسپکترومتری UV در محدوده ی ۲۰۰-۴۰۰ نانومتر.
- آنالیز دانه بندی نانومتری و میکرومتری در محدوده ۱۰ میکرون تا ۱۰ نانومتر.
- آنالیز پیشرفته دستگاهی GC-MS گروماتوگرافی گازی با آشکار ساز اسپکتروسکوپی جرمی مخصوص شناسایی ترکیبات آلی
- آنالیز پیشرفته دستگاهی ICP-MS پلاسمای زوج القایی با آشکار ساز اسپکتروسکوپی جرمی مخصوص شناسایی ترکیبات معدنی

۶-۲-۲- نمونه برداری

نمونه برداری در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۹ از سه نقطه در تاسیسات سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر هرمز به شرح (۱) آب خام ورودی، (۲) آب قبل از وسل (۳) آب خروجی از وسل صورت گرفت. نمونه شماره (۱) آب خام برداشت شده از چاه فلمن، نمونه ی شماره (۲) آب پیش تصفیه شده و ورودی به غشای RO و نمونه ی شماره (۳) آب خروجی از تاسیسات RO و آماده ی توزیع جهت مصرف شرب شهری می باشد.

نمونه برداری زمانی انجام گرفت که تاسیسات در حال کار بوده و سیستم RO تحت فشار عملیاتی طبق استاندارد های پیمانکار مربوطه قرار داشته است. به منظور انجام آزمایشات مورد نظر از هر نقطه به مقدار ۵ لیتر نمونه آب در سه ظرف پلی اتیلنی ۱,۵ لیتری و یک ظرف پلی اتیلنی ۰,۵ لیتری جمع آوری شد. به علاوه یک نمونه ی ۱,۵ لیتری از آب تصفیه شده در مخزن تاسیسات آب شیرین کن و یک نمونه ی ۱,۵ لیتری دیگر از آب مخزن خصوصی در انتهای سیستم توزیع شهری هرمز، به منظور آنالیز تخصصی تر GC-MS و ICP-MS جمع آوری شد. نمونه ها بلافاصله در شرایط دور از نور مستقیم خورشید برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه های مربوطه ارسال شد.

۶-۲-۳- نتایج آزمایشات

• آنالیز پارامترهای شیمیایی هرمز

جدول ۶-۳- آنالیز پارامترهای شیمیایی هرمز

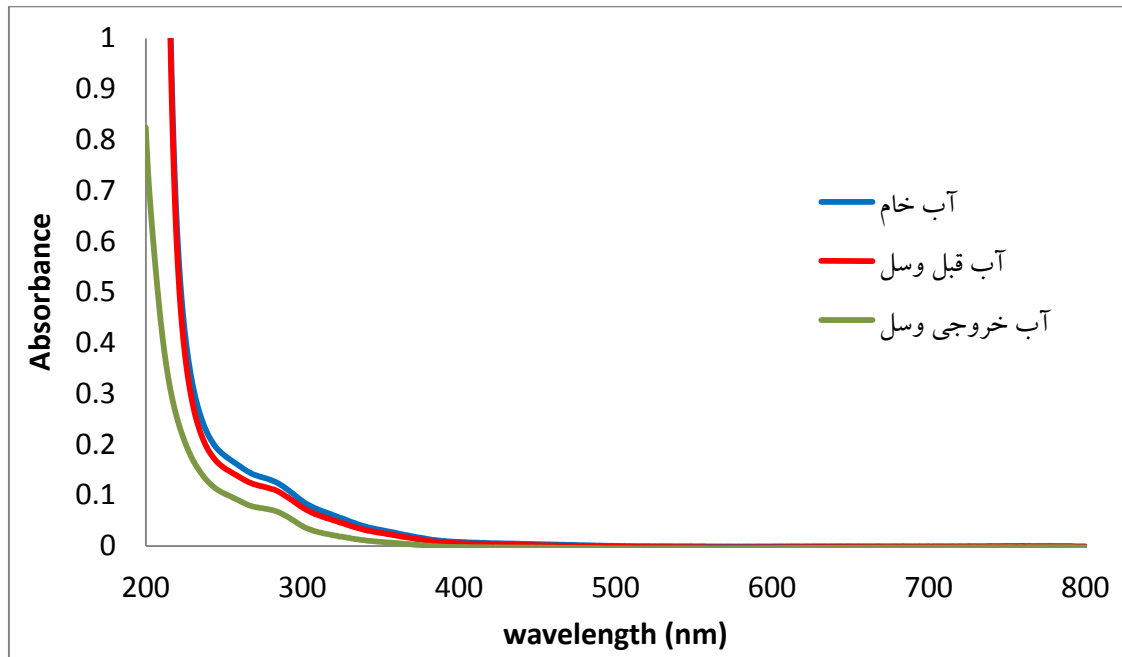
پارامتر	واحد	آب خام ورودی	آب قبل از وسل	آب خروجی از وسل
EC	μs	63282	65216	576
pH	---	7.59	7.59	6.88
کدورت	NTU	8.14	2.65	1.85
رنگ	PtCo	9	3	1
SS 3um	mg/lit	600	500	----
TDS	mg/lit	41542	45730	380
TSS	mg/lit	156	20	----
کلراید	mg/lit	18116	20622.66	143.95
سدیم	mg/lit	11056.33	11730	105.8
پتاسیم	mg/lit	448.5	468	4.29
فسفات	mg/lit	0.46	0.41	0.16
نیتрат	mg/lit	0.13	0.03	0.03
کلسیم	mg/lit	1725	1950	ND
منیزیم	mg/lit	720	396	7.8
کربنات	mg/lit	0	0	0
بی کربنات	mg/lit	170.8	189.1	45.75
آمونیم	mg/lit	0	0	0
سولفات	mg/lit	5707.2	3272.16	14.4
سختی کل	mg/lit	7312.5	6525	32.5

• آنالیز پارامترهای بیولوژیک هرمز

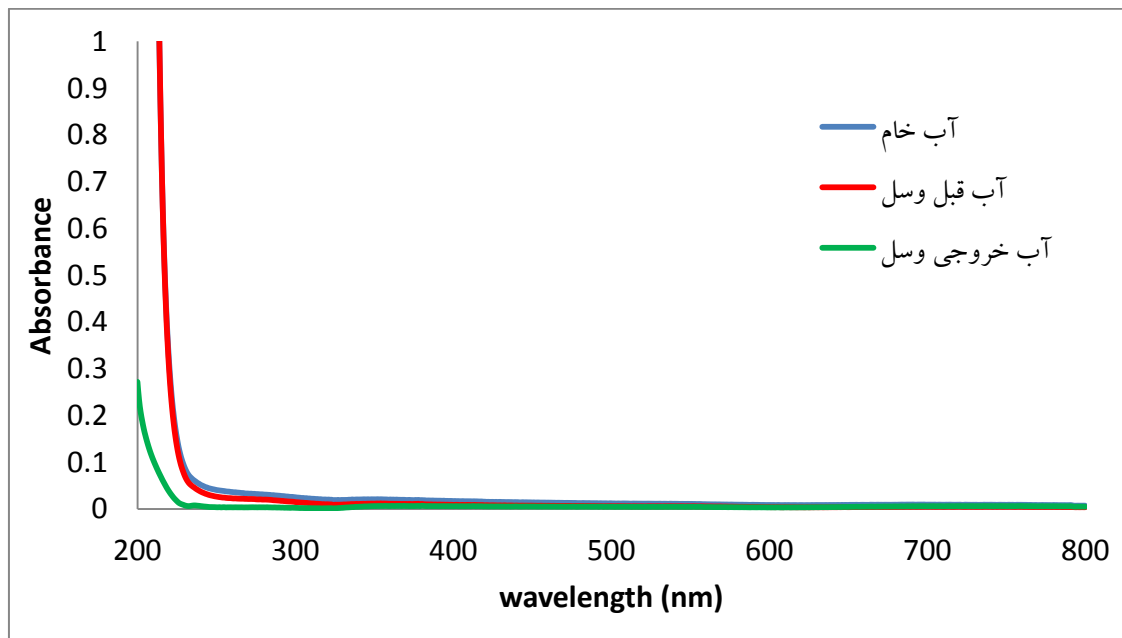
جدول ۶-۴- آنالیز پارامترهای بیولوژیک هرمز

پارامتر	واحد	نوع	آب خام ورودی	آب قبل از وسل
Diatomaceae	Total per 100 ml	-	۳۶۰	۱۲۸
Cholorophyceae	ml Total per 100	-	۱۲	۱
Cyanophyceae	ml Total per 100	-	Not Sean	۱
Protozoa	Per 1000 ml	زنده	۶۰	۴
Rotifera	Per 1000 ml	زنده	Not Sean	Not Sean
Crustacea	Per 1000 ml	زنده	Not Sean	Not Sean
Nematode	Per 1000 ml	زنده	Not Sean	۳
Other Organisms	Per 1000 ml	-	Not Sean	Not Sean
Total	Per 100 ml	-	۳۷۲	۱۳۰
	Per 1000 ml	-	۶۰	۷

• آنالیز طیف اسپکتروسکوپی uv-vis. هرمز



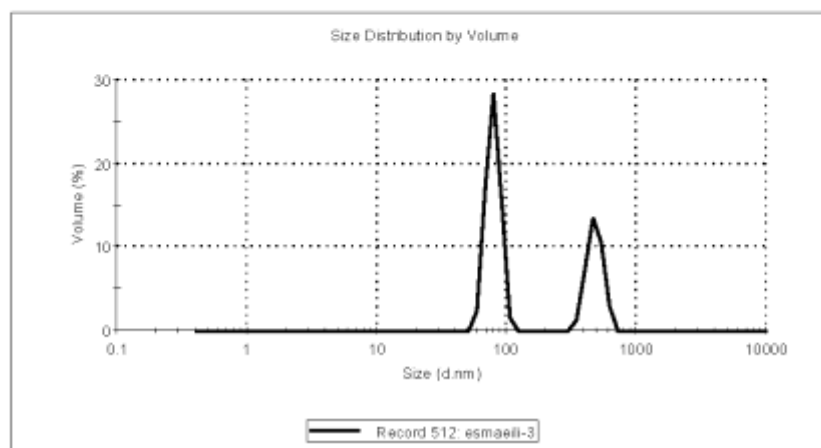
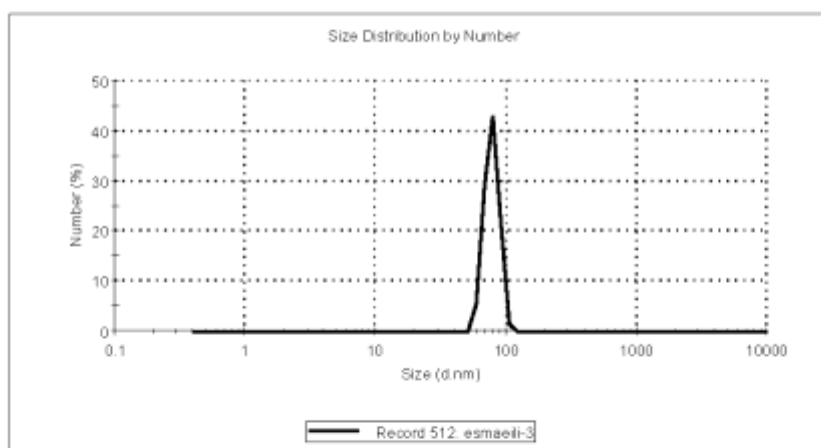
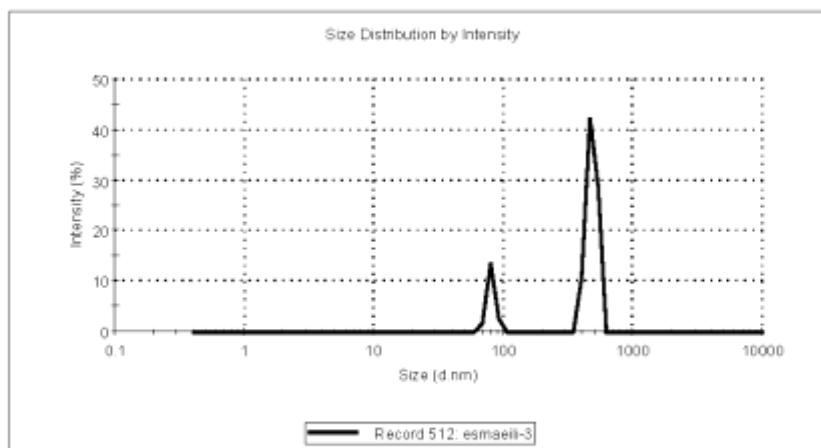
شکل ۶-۵- طیف اسپکتروسکوپی نمونه ها، آنالیز بلافاصله پس از دریافت نمونه توسط آزمایشگاه



شکل ۶-۶- طیف اسپکتروسکوپی نمونه ها، آنالیز یک هفته پس از دریافت نمونه توسط آزمایشگاه

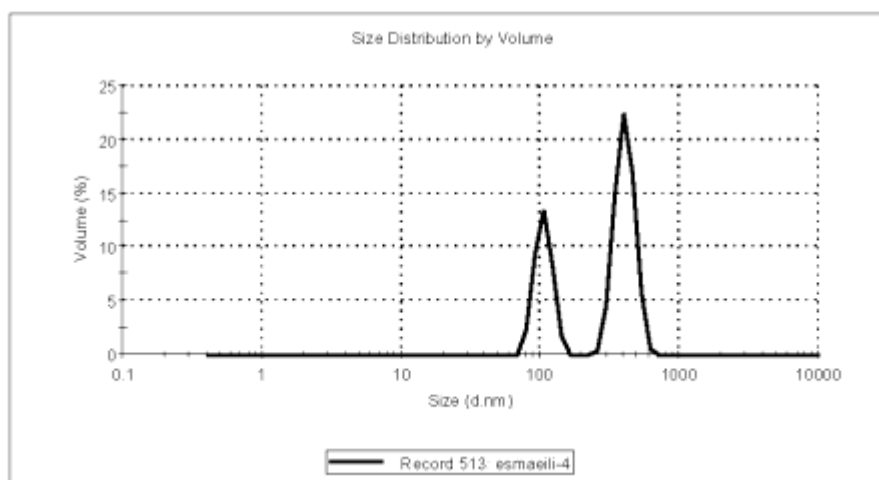
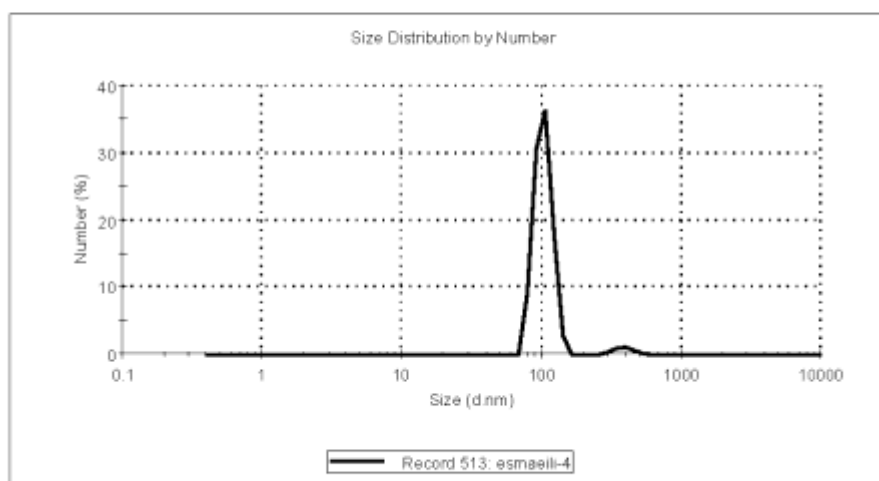
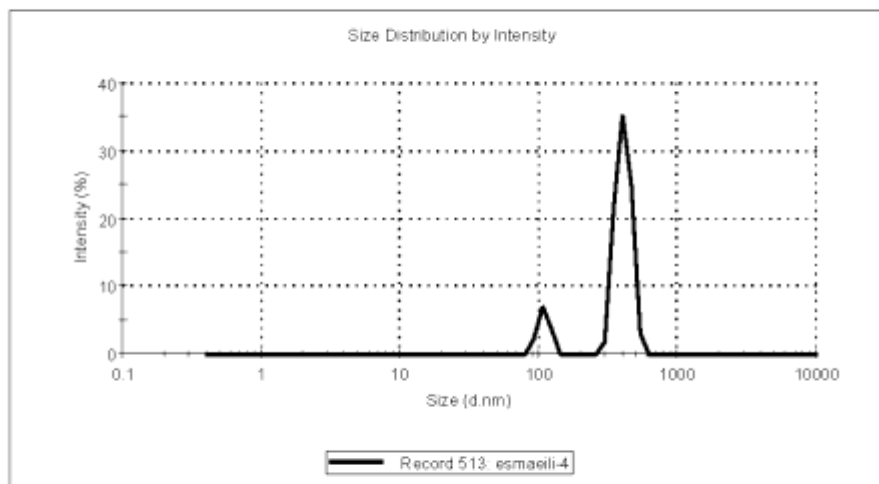
• آنالیز دانه بندی هرمز

		Diam. (nm)	% Intensity	% Number	% Volume
Z-Average (d.nm): 1270	Peak 1:	476	81.9	0.3	35.4
Pdl: 1.000	Peak 2:	79.6	18.1	99.7	64.6
Intercept: 0.558	Peak 3:	0.00	0.0	0.0	0.0



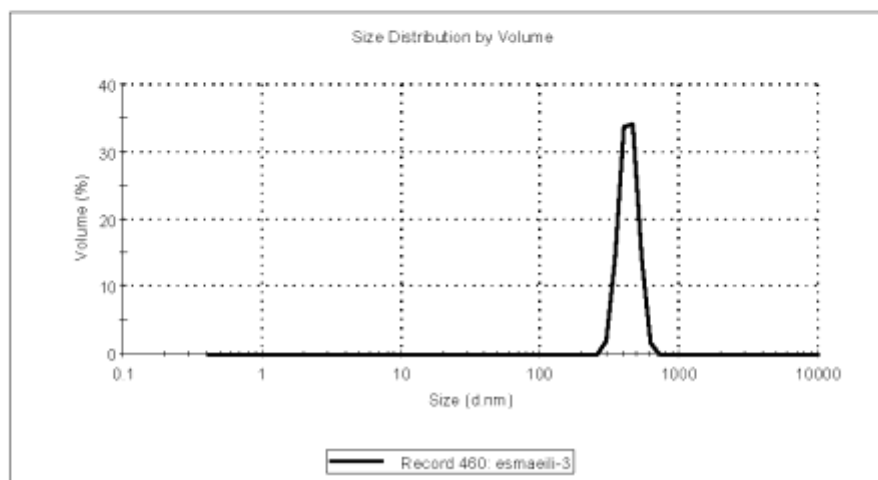
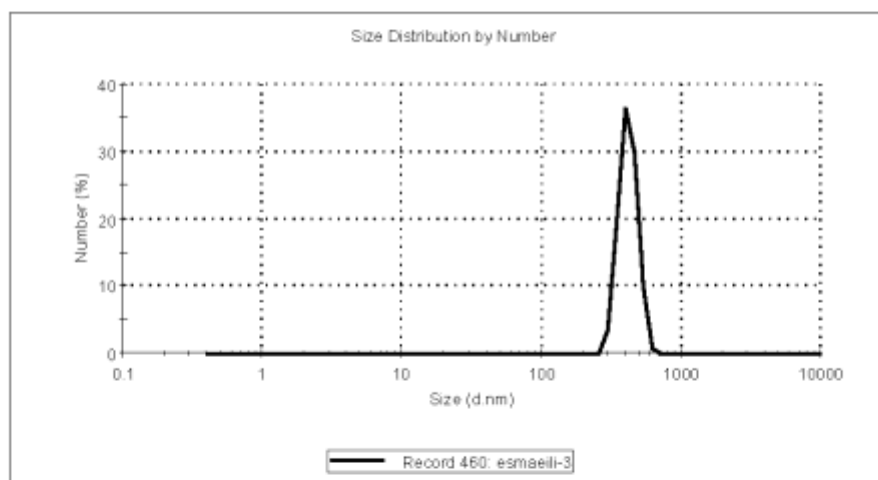
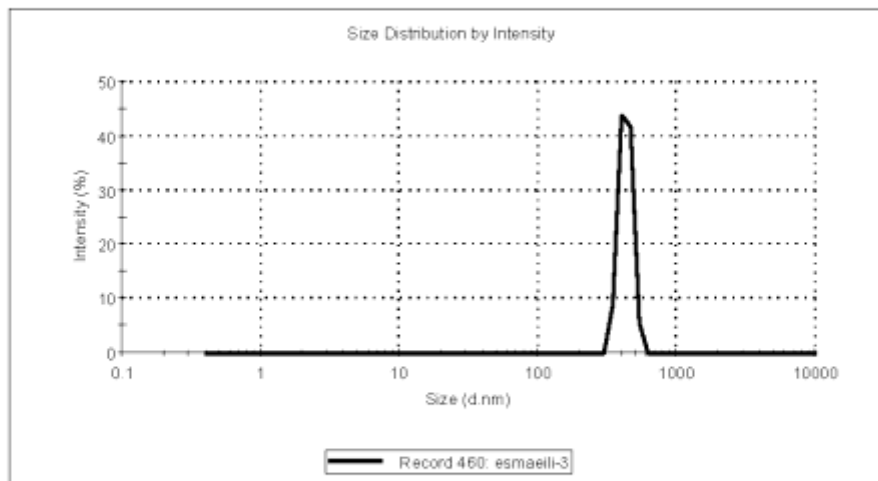
شکل ۶-۷- آنالیز دانه بندی نمونه آب خام ورودی

		Diam. (nm)	% Intensity	% Number	% Volume
Z-Average (d.nm): 2140	Peak 1:	403	86.9	3.3	65.1
Pdl: 1.000	Peak 2:	108	13.1	96.7	34.9
Intercept: 0.304	Peak 3:	0.00	0.0	0.0	0.0



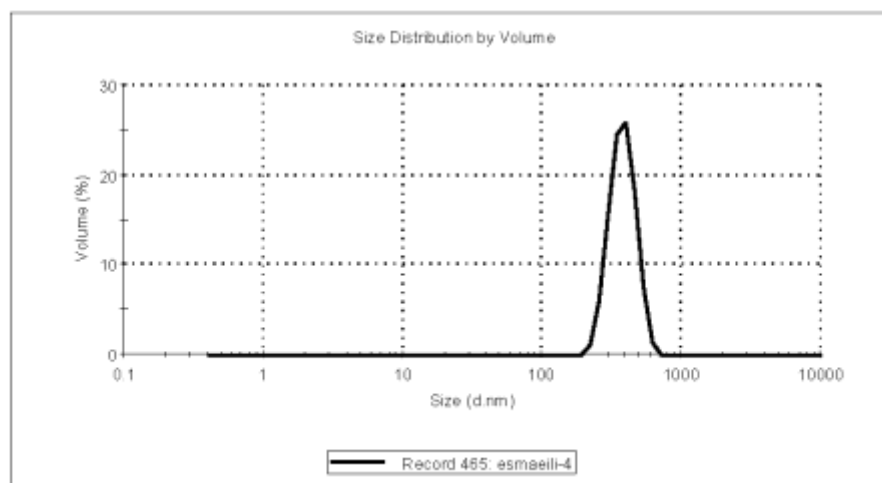
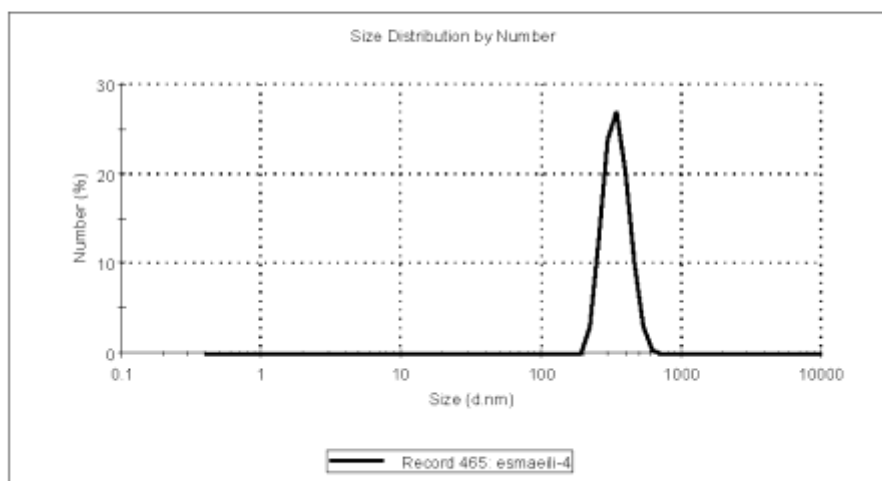
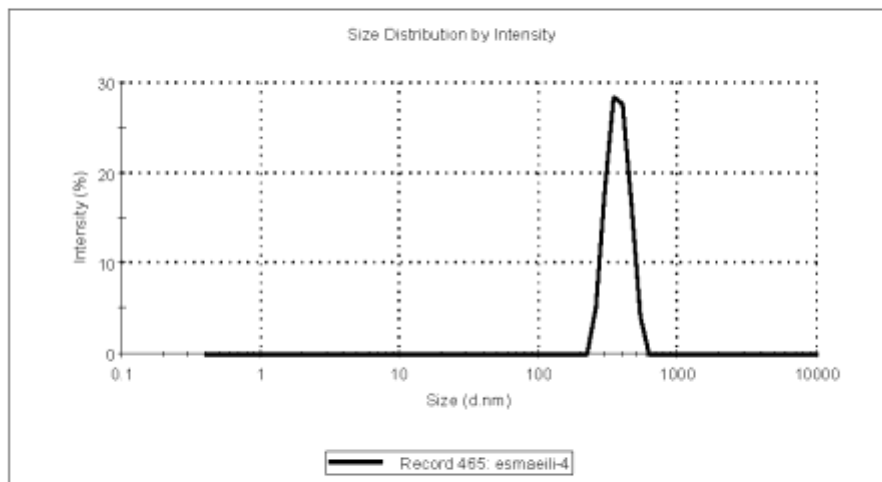
شکل ۶-۸- آنالیز دانه بندی نمونه آب قبل وسل

	Diam. (nm)	% Intensity	% Number	% Volume
Z-Average (d.nm): 1700	Peak 1: 425	100.0	100.0	100.0
Pdl: 1.000	Peak 2: 0.00	0.0	0.0	0.0
Intercept: 0.231	Peak 3: 0.00	0.0	0.0	0.0



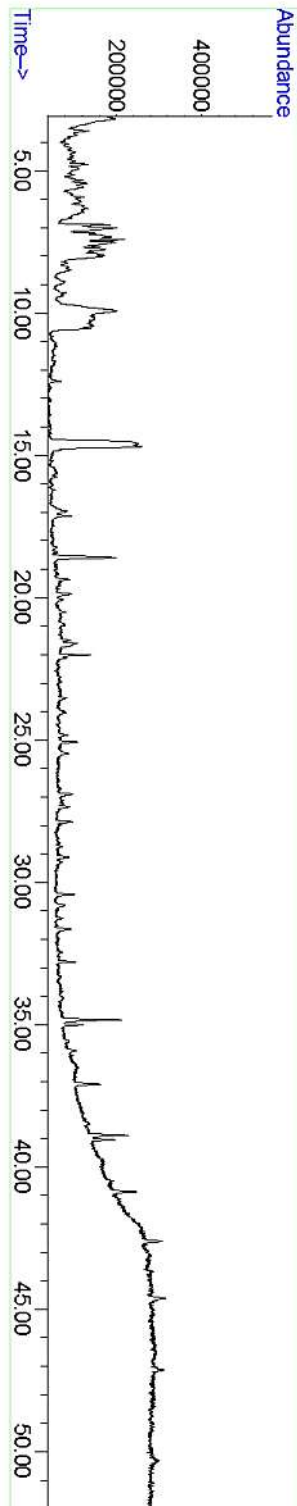
شکل ۶-۹- آنالیز دانه بندی نمونه آب خام ورودی (پس از ترسیب در طول یک هفته)

	Diam. (nm)	% Intensity	% Number	% Volume
Z-Average (d.nm): 848	Peak 1: 371	100.0	100.0	100.0
Pdl: 0.671	Peak 2: 0.00	0.0	0.0	0.0
Intercept: 0.173	Peak 3: 0.00	0.0	0.0	0.0

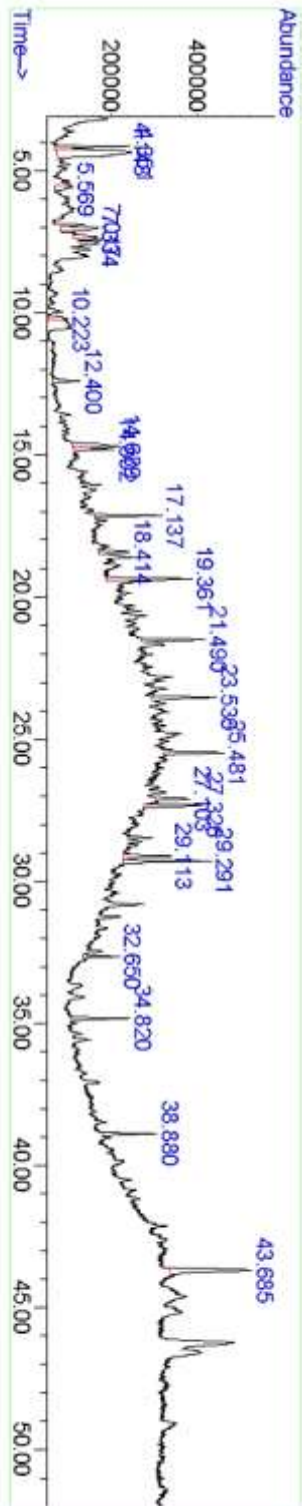


شکل ۶-۱۰- آنالیز دانه بندی نمونه آب قبل وسل (پس از ترسیب در طول یک هفته)

• آنالیز GC-MS مخصوص شناسایی ترکیبات آلی هرمز



شکل ۶-۱۱-ا- طیف اسپکترومتری جرمی از نمونه مخزن خصوصی در انتهای شبکه توزیع، میزان شاخص TPH برابر است با ۰,۷ mg/lit



شکل ۶-۱۱-ب- طیف اسپکترومتری جرمی از نمونه مخزن آب شیرین کن پس از تصفیه، میزان شاخص TPH برابر است با ۱,۴۵ mg/lit

جدول ۶-۵- گزارش کیفی و کمی ترکیبات مشاهده شده از طیف GC-MS

Peak #	Ret. Time	Library machted Compound/CAS #	Amount ppm
1	4.148	l-Limonene/ 005989-54-8	0.073
2	4.351	dl-Limonene/ 000138-86-3	0.224
3	5.569	Cyclohexane, 1,2,4-trimethyl-/ 007667-60-9	0.033
4	7.017	Naphthalene, decahydro-1,6-dimethyl/ 001750-51-2	0.067
5	7.334	Naphthalene, decahydro-2,6-dimethyl/ 001618-22-0	0.030
6	10.223	Cyclohexasiloxane, dodecamethyl-/ 000540-97-6	0.028
7	12.4	Tetradecane/ 000629-59-4	0.034
8	14.689	Megestrol Acetate/ 000595-33-5	0.078
9	14.802	Pentadecane/ 000629-62-9	0.038
10	17.137	Hexadecane/ 000544-76-3	0.062
11	18.414	Oxirane, heptadecyl-/ 067860-04-2	0.032
12	19.361	Heptadecane/ 000629-78-7	0.080
13	21.49	Octadecane/ 000593-45-3	0.055
14	23.53	Nonadecane/ 000629-92-5	0.067
15	25.481	Eicosane/ 000112-95-8	0.054
16	27.103	1-Nonadecene.alpha.-(p-chlorobenzoyl)-p-chloro Acetophenone	0.034
17	27.326	14-.beta.-h-pregna/ 000-00-0	0.053
18	29.113	Docosane/ 000629-97-0	0.048
19	29.291	1-Octadecene/ 000112-88-9	0.086
20	32.65	10-Heneicosene (c,t)/ 095008-11-0	0.035
21	34.82	Bis(2-ethylhexyl) phthalate/ 000117-81-7	0.057
22	38.88	2,6,10,14,18-Pentamethyl-eicosapentaene / 075581-03-2	0.051
23	43.685	1-Aminoinosine/ 000-00-0	0.132
TPH			1.451

• آنالیز ICP-MS مخصوص شناسایی ترکیبات معدنی هرمز

جدول ۶-۶- آنالیز ICP-MS مخصوص شناسایی ترکیبات معدنی هرمز

Location of Sampling	Detection limit	مخزن آب شیرین کن پس از تصفیه	مخزن خصوصی در انتهای شبکه توزیع
Fe	100	< ۰,۰۵	۰,۱۷
Cu	1	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
Cr	1	< ۰,۰۵	< ۰,۰۵
Co	1	< ۰,۰۱	< ۰,۰۱
Ce	1	ND	ND
Cd	0.1	< ۰,۰۱	< ۰,۰۱
Ca	100	۶,۵	۷
Bi	0.2	< ۰,۰۵	< ۰,۰۵
Be	0.2	< ۰,۰۱	< ۰,۰۱
Ba	5	< ۰,۰۱	< ۰,۰۱
As	0.5	< ۰,۰۵	< ۰,۰۵
Al	100	< ۰,۰۵	< ۰,۰۵
Ag	0.1	< ۰,۰۱	< ۰,۰۱
Zr	5	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
Zn	1	۰,۳۵	۰,۱۱
Yb	0.2	ND	ND
Y	0.5	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
W	0.5	ND	ND
V	1	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
U	0.5	ND	ND

Location of Sampling	Detection limit	مخزن آب شیرین کن پس از تصفیه	مخزن خصوصی در انتهای شبکه توزیع
Ti	10	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
Th	0.5	ND	ND
Sr	2	۰,۰۳	۰,۰۳
Sn	0.5	ND	ND
Sc	0.5	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
Sb	0.5	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
Hg	50	< ۰,۰۵	< ۰,۰۵
Pb	1	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
P	10	ND	ND
Ni	1	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
Na	100	۱۴۳	۱۲۹
Mo	0.5	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
Mn	5	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
Mg	100	۶,۵	۵,۳
Li	1	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
La	1	< ۰,۰۲	< ۰,۰۲
K	100	۵,۶	۵,۱

۶-۲-۴- تحلیل نتایج آزمایشات سایت هرمز

الف) تحلیل نتایج آنالیز پارامترهای شیمیایی

نتایج آنالیز پارامترهای شیمیایی شامل آنیون ها، کاتیون ها، سختی کل، انواع جامدات و رنگ و کدورت برای آب خام ورودی به سیستم پیش تصفیه در شهر هرمز نشان دهنده ی عدم وجود شرایط بحرانی از دیدگاه پتانسیل رسوبگذاری در سیستم پیش تصفیه می باشد. حضور مقادیر بسیار بالای املاح به شدت قطبی و یونی از قبیل سدیم کلراید، با ایجاد شرایط خاص پدیده ی یون مشترک در محیط آب دریا خاصیت انحلال پذیری آن را حتی در قبال آنیون حجیم و رسوب کننده سولفات افزایش می دهد. اما این مطلب در خود ممبران های RO به علت حذف یونی صادق نیست و لذا حضور آنیون سولفات احتمال فوق اشباع شدن نمک سولفات را در پشت غشا افزایش می دهد. لذا افزایش مواد بازدارنده رسوب گذاری در سیستم پیش تصفیه هرمز ضروری خواهد بود.

نتایج آنالیز آب پیش تصفیه شده نشان دهنده ی موثر بودن این فرایند بر حذف ذرات معلق و کلوئیدی می باشد. همچنین کاهش قابل توجه شاخص کدورت و همچنین کاهش شاخص رنگ آب پیش تصفیه شده نشانگر موثر بودن پیش تصفیه است. از طرفی افزایش هدایت الکتریکی و TDS نمایانگر افزایش ترکیبات یونی طی فرایند پیش تصفیه می باشد.

کیفیت آب خروجی از سیستم RO نشان دهنده ی عملکرد قابل قبول سیستم و توانایی آن در شیرین نمودن آب خام ورودی می باشد. با این وجود هر چند نتایج پارامترهای عمومی شیمیایی رضایت بخش است اما شاخص رنگ به میزان ۱ واحد PtCo بیانگر وجود نقص در فرایند تصفیه و یا پیش تصفیه می باشد. به خصوص که ترکیبات ایجاد کننده این رنگ خاصیت رسوب گذاری در مخازن را دارد. بنابر این ضروری است یک واحد مستقل پیش تصفیه به منظور حذف این ترکیبات در مدار وارد گردد.

ب) تحلیل نتایج آنالیز پارامترهای بیولوژیک

با توجه به تامین آب خام از چاه فلمن، آنالیز پارامترهای بیولوژیک نشان دهنده ی یک شرایط عادی برای آب خام ورودی است. همچنین نتایج آب پیش تصفیه شده (قبل وسل RO) نشان دهنده ی کاهش موثر دیاتومه، پروتوزا است. با این وجود می توان افزایش نوعی جلبک و نماتدها را به علت سرپوشیده بودن استخر آبگیری دانست. با این وجود برای حفظ شرایط کیفی آب نمی توان اقدام به بازگشایی سقف استخر نمود لذا یشنهاد خاصی در این رابطه وجود ندارد. اما می توان پیشنهاد نمود که مرحله ی کلر زنی برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم ها، پیش از ورود آب خام به استخر آرامش صورت گیرد.

ج) تحلیل نتایج آنالیز طیف اسپکتروسکوپی uv-vis.

آنالیز طیف اسپکتروسکوپی در محدوده ی نور مرئی و فرابنفش (۸۰۰-۲۰۰ نانومتر) نشان دهنده حضور ترکیبات ناپایدار، فرار و یا با نیمه عمر کم، در منبع آبی مورد بهره برداری است. به علاوه مقایسه آنالیز طیف اسپکتروسکوپی آب قبل و بعد از پیش تصفیه، حضور مواد ارگانیک در آب خام را در ناحیه فرابنفش مشخص می نماید. همانطور که از طیف آب خروجی وسل RO می توان دریافت، این مواد تحت فرایند RO تعدیل شده و کاهش می یابند.

د) تحلیل آنالیز دانه بندی

مقایسه ی نتایج آنالیز دانه بندی آب قبل و بعد از پیش تصفیه (آب خام و آب قبل از وسل) به نشان دهنده ی حذف ذرات معلق با اندازه ی متوسط ۲,۱۴ میکرونی در آب خام ورودی توسط فرایند

پیش تصفیه و رساندن آن به اندازه متوسط ۱,۲ میکرون، می باشد. به علاوه می توان از پارامتر Volume در یافت که نسبت ذرات درشت تر در نمونه ی پیش تصفیه شده به مراتب کاهش یافته است.

برای مشخص نمودن اینکه آیا ذرات قابل ته نشینی هستند و یا اینکه کاملاً در آب خاصیت کلوئیدی دارند، آنالیز دانه بندی آب قبل و بعد از پیش تصفیه پس از یک هفته مجدداً انجام شد. نتایج نشان داد که ذرات درشت تر قابلیت ته نشینی بیشتری نسبت به ذرات ریز تر از خود نشان داده اند.

ه) تحلیل آنالیز GS-MS

آنالیز پیشرفته دستگاهی GC-MS گروماتوگرافی گازی با آشکار ساز اسپکتروسکوپی جرمی به منظور شناسایی ترکیبات آلی محتمل در ایجاد رنگ و رسوب در مخارن آب شیرین شده صورت گرفت. به این منظور دو نمونه یکی در مخزن واقع در ابتدای شبکه توزیع و دیگری واقع در انتهای شبکه توزیع مورد آنالیز قرار گرفتند. نتایج به وضوح نشان دهنده ی حضور ترکیبات در مخزن ابتدایی شبکه توزیع و عدم حضور آنها در انتهای شبکه توزیع است.

آنالیز تخصصی تر به منظور شناسایی با استفاده از MS Compound Library نشان داد که ترکیب مشخص شده در کروماتوگرام در زمان پس از دقیقه ی چهارم (4.148-4.351 min) به احتمال ۹۹٪ ترکیب لیمونن با دو آرایش مختلف (DL-Limonene, L-Limonene) می باشد. این ترکیب به احتمال قوی می تواند حضور رنگ با شدت ۱ واحد Pt-Co را در مخازن توجیه نماید. بنابر این می توان پیشنهاد داد که در فرایند پیش تصفیه نسبت به تعویض و یا احیای فیلتر کربن فعال اقدام شود و یا در سیکل پیش تصفیه موجود یک واحد فرایند حذف رنگ و ترکیبات آلی افزوده شود.

و) تحلیل آنالیز ICP-MS

شناسایی ترکیبات معدنی که ممکن است عامل ایجاد رنگ و رسوب در سایت هرمز باشند به کمک آنالیز پیشرفته دستگاهی ICP-MS پلاسمای زوج القایی با آشکار ساز اسپکتروسکوپی جرمی صورت گرفت. به این منظور دو نمونه یکی در مخزن واقع در ابتدای شبکه توزیع و دیگری واقع در انتهای شبکه توزیع مورد آنالیز قرار گرفتند. نتایج نشان دهنده ی یک شرایط تقریباً عادی املاح مورد انتظار از محصول آب شیرین کن RO می باشد. تنها موردی که قابل بیان است افزایش میزان یون آهن در انتهای شبکه ی توزیع نسبت به ابتدای آن است که محتملاً می تواند به دلیل وجود خوردگی در سیستم توزیع و یا لوله کشی مشترکین باشد. همچنین احتمال مرتبط بودن کاتیون آهن با رسوب موجود در آب انتهای شبکه توزیع شهر هرمز را افزایش می دهد. با این وجود بر مبنای آزمایشات صورت گرفته حضور رسوبات زرد و رنگ در حد یک واحد در مخزن ذخیره سایت آب شیرین کن RO را می توان به حضور یون استرانسیم (Sr) نسبت داد. این کاتیون در حضور برخی آنیون ها رسوب زرد رنگ پایدار ایجاد می کند. البته باتوجه به زمین شناسی بسیار نادر و خاص منطقه نباید حضور یون ها و ترکیبات رنگی در آب شیرین شده چندان دور از ذهن باشد.

۶-۳- سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر درگهان

۶-۳-۱- آزمایشات تخصصی

به منظور مطالعه و بررسی دقیق تر سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر درگهان و شناسایی عوامل موثر در کیفیت آب تولیدی فرآیند پیش تصفیه موجود در آب شیرین کن مورد نظر نسبت به انجام یک سری کامل آزمایشات تخصصی منابع آب در آزمایشگاه های معتمد سازمان محیط زیست، دانشگاه تهران و دانشگاه علوم پزشکی تهران به شرح زیر اقدام شد:

- آنالیز پارامترهای شیمیایی شامل آنیون های کلراید، فسفات، نترات، سولفات، کربنات و بی کربنات و کاتیون های سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و آمونیوم، سختی کل، EC، pH، TDS، TS، TSS، کدورت و رنگ.
- آنالیز پارامترهای بیولوژیک شامل Diatomaceae، Cholorophyceae، Cyanophyceae، Protozoa، Rotifera، Crustacea، Nematode و سایر ارگانیزم ها.
- آنالیز طیف اسپکتروفتومتری در محدوده ی ۸۰۰-۴۰۰ نانومتر و طیف اسپکترومتری UV در محدوده ی ۴۰۰-۲۰۰ نانومتر.
- آنالیز دانه بندی نانومتری و میکرومتری در محدوده ۱۰ میکرون تا ۱۰ نانومتر.

۶-۳-۲- نمونه برداری

نمونه برداری در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۹ از سه نقطه در تاسیسات سایت آب شیرین کن RO مستقر در شهر درگهان به شرح (۱) آب خام ورودی، (۲) آب قبل از وسل (۳) آب خروجی از وسل صورت گرفت. نمونه شماره (۱) آب خام برداشت شده از چاه فلمن، نمونه ی شماره (۲) آب پیش تصفیه شده و ورودی به غشای RO و نمونه ی شماره (۳) آب خروجی از تاسیسات RO و آماده ی توزیع جهت مصرف شرب شهری می باشد.

نمونه برداری زمانی انجام گرفت که تاسیسات در حال کار بوده و سیستم RO تحت فشار عملیاتی طبق استاندارد های پیمانکار مربوطه قرار داشته است. به منظور انجام آزمایشات مورد نظر از هر نقطه به مقدار ۵ لیتر نمونه آب در سه ظرف پلی اتیلنی ۱,۵ لیتری و یک ظرف پلی اتیلنی ۰,۵ لیتری جمع آوری شد. نمونه ها بلافاصله در شرایط دور از نور مستقیم خورشید برای انجام آزمایشات به آزمایشگاه های مربوطه ارسال شد.

۶-۳-۳- نتایج آزمایشات

• آنالیز پارامترهای شیمیایی در گهان

جدول ۶-۷- آنالیز پارامترهای شیمیایی در گهان

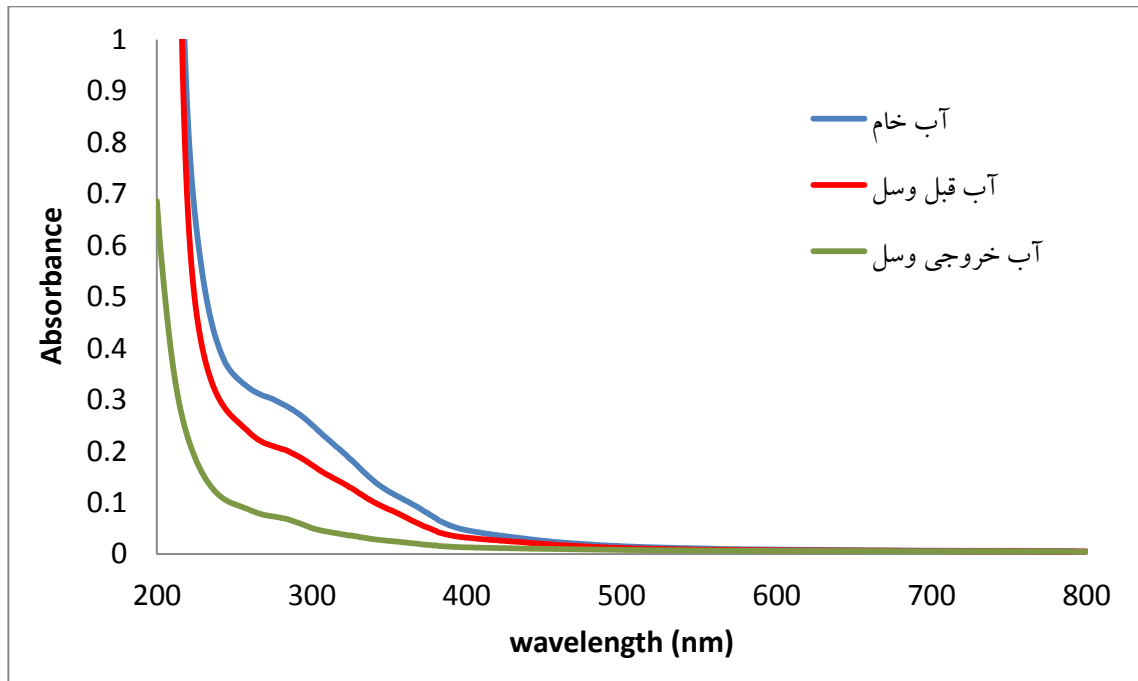
پارامتر	واحد	آب استخر آبگیری	آب قبل از وسل	آب خروجی از وسل
EC	μs	65202	64464	343
pH	---	7.74	6.96	7.21
کدورت	NTU	17.7	11.4	0.667
رنگ	PtCo	9	3	3
SS 3um	mg/lit	800	600	---
TDS	mg/lit	49836	44938	220
TSS	mg/lit	214	108	---
کلراید	mg/lit	17927.5	21317.75	99.4
سدیم	mg/lit	11289.55	13118.05	63.25
پتاسیم	mg/lit	390	448.5	1.95
فسفات	mg/lit	1.01	0.36	0.08
نیتрат	mg/lit	0.35	0.24	0.01
کلسیم	mg/lit	72??	1850	ناچیز
منیزیم	mg/lit	741	312	7.8
کربنات	mg/lit	0	0	0
بی کربنات	mg/lit	213.5	207.4	27.45
آمونیم	mg/lit	0	0.1	0
سولفات	mg/lit	6888	1929.6	9.6
سختی کل	mg/lit	7587.5	3325	32.5

• آنالیز پارامترهای بیولوژیک در گهان

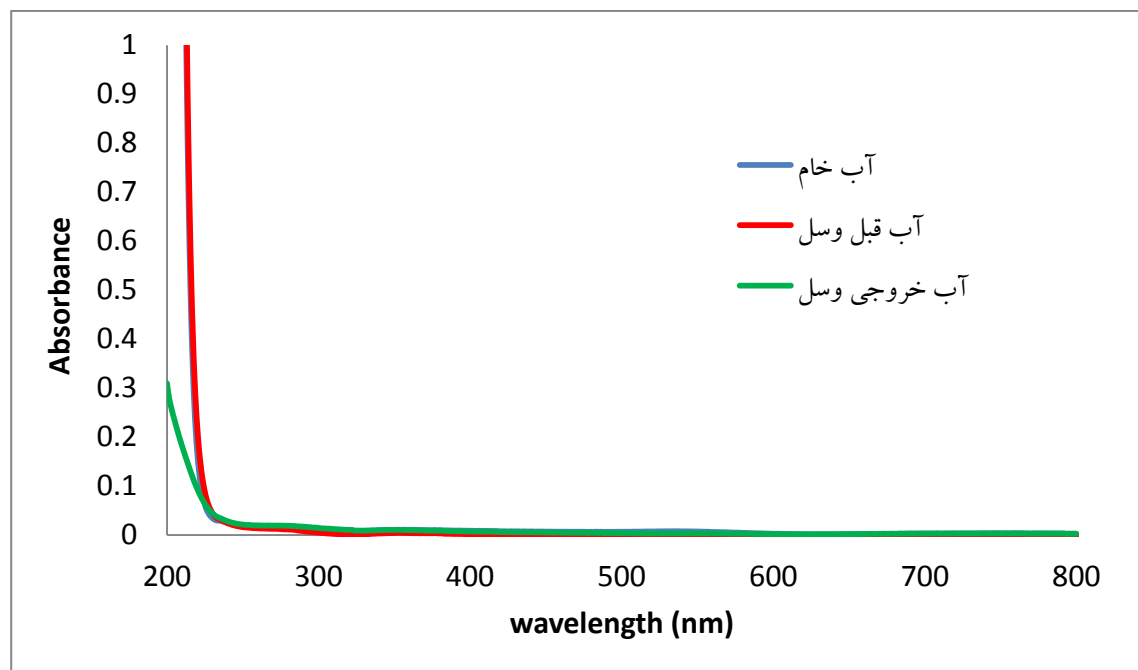
جدول ۶-۸- آنالیز پارامترهای بیولوژیک در گهان

پارامتر	واحد	نوع	آب آگیر ورودی	آب قبل از وسل
Diatomaceae	Total per 100 ml	–	۵۱۱۰	۴۰۲۰
Cholorophyceae	ml Total per 100	–	۴۸۱	۴۰۰
Cyanophyceae	ml Total per 100	–	۱	۱
Protozoa	Per 1000 ml	زنده	۱۰۱	۶
Rotifera	Per 1000 ml	زنده	Not Sean	Not Sean
Crustacea	Per 1000 ml	زنده	Not Sean	Not Sean
Nematode	Per 1000 ml	زنده	Not Sean	Not Sean
Other Organisms	Per 1000 ml	–	Not Sean	Not Sean
Total	Per 100 ml	–	۵۵۹۲	۴۴۲۱
	Per 1000 ml	–	۱۰	۶

• آنالیز طیف اسپکتروسکوپی uv-vis. در گهان



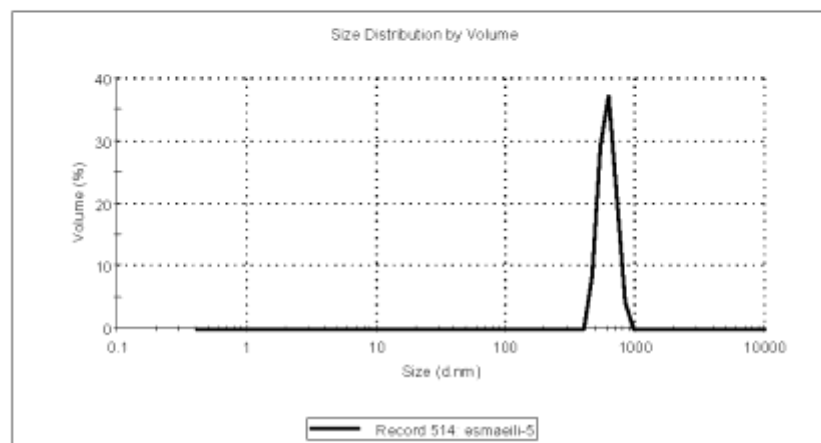
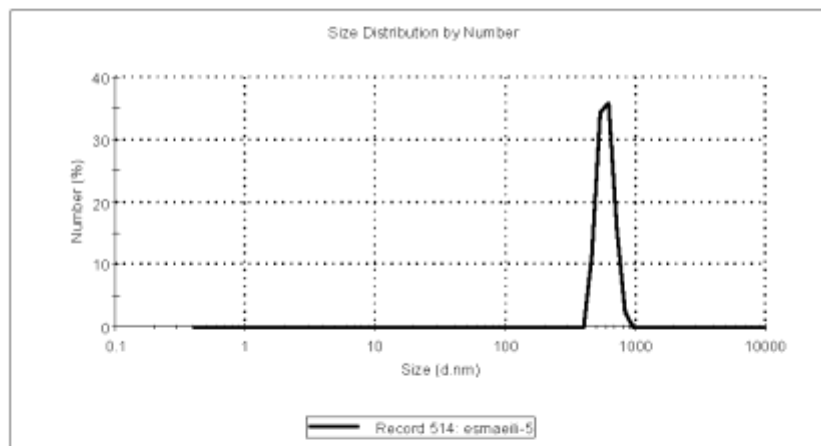
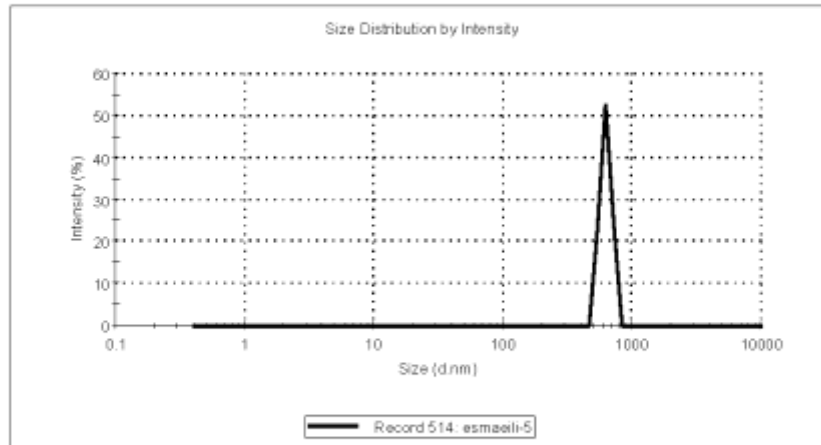
شکل ۶-۱۲- طیف اسپکتروسکوپی نمونه ها، آنالیز بلافاصله پس از دریافت نمونه توسط آزمایشگاه



شکل ۶-۱۳- طیف اسپکتروسکوپی نمونه ها، آنالیز یک هفته پس از دریافت نمونه توسط آزمایشگاه

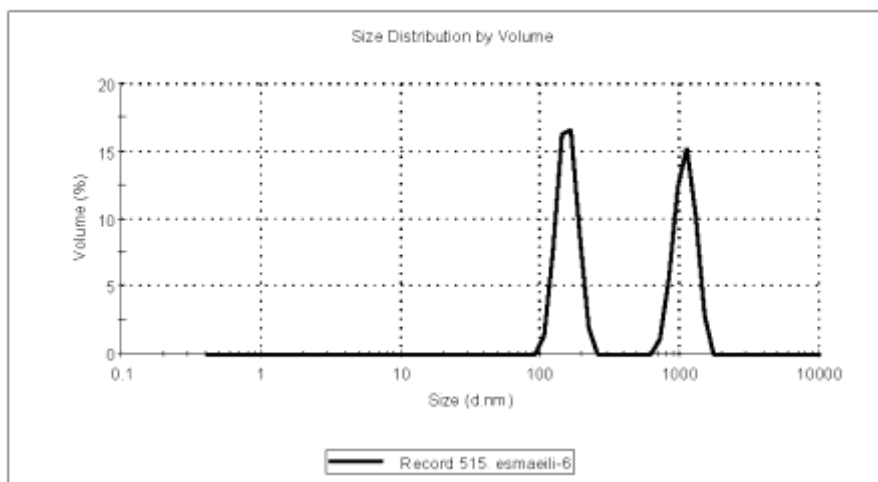
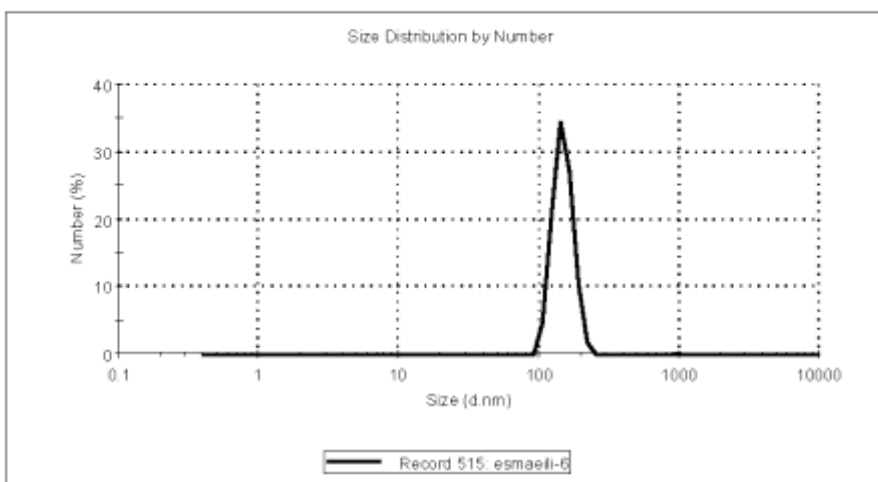
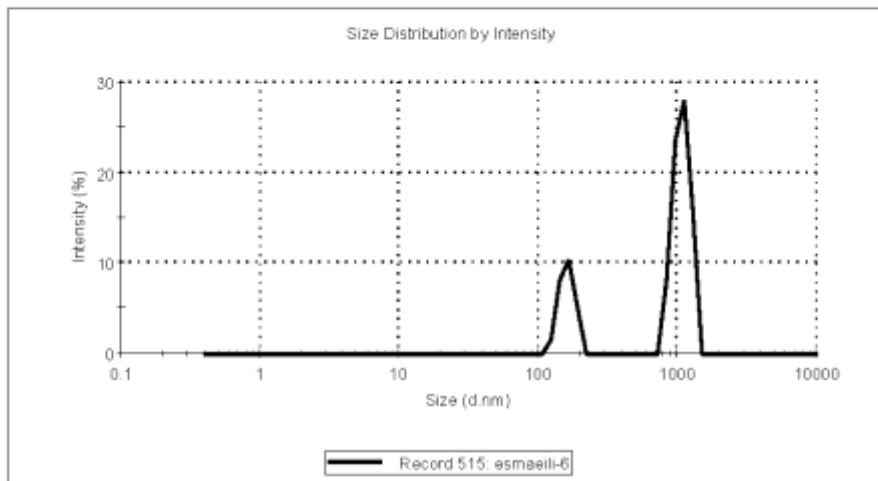
• آنالیز دانه بندی در گهان

		Diam. (nm)	% Intensity	% Number	% Volume
Z-Average (d.nm): 2180	Peak 1:	619	100.0	100.0	100.0
Pdl: 1.000	Peak 2:	0.00	0.0	0.0	0.0
Intercept: 0.418	Peak 3:	0.00	0.0	0.0	0.0



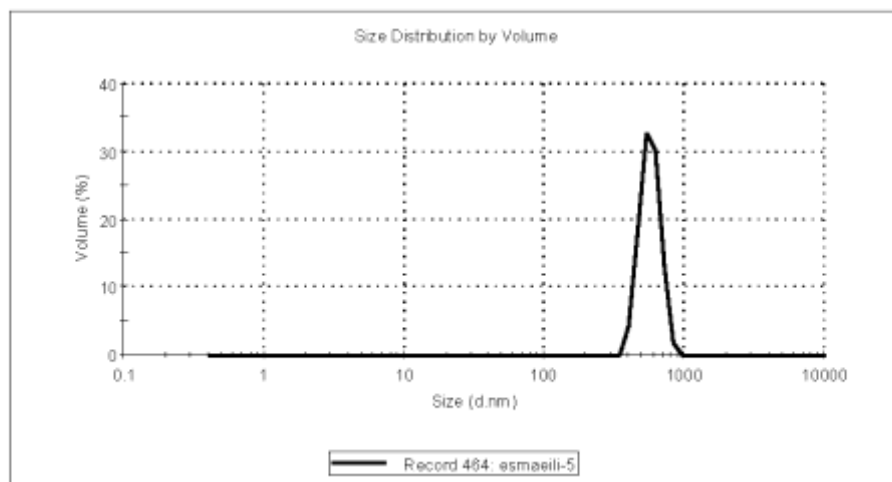
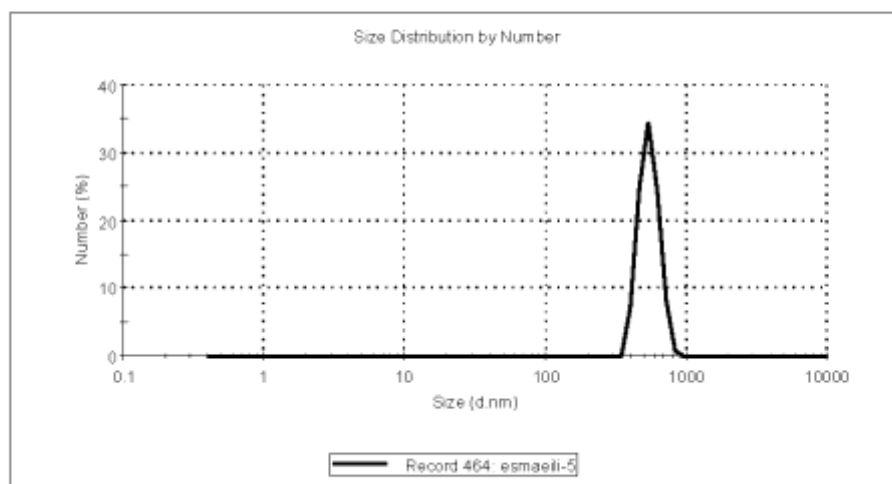
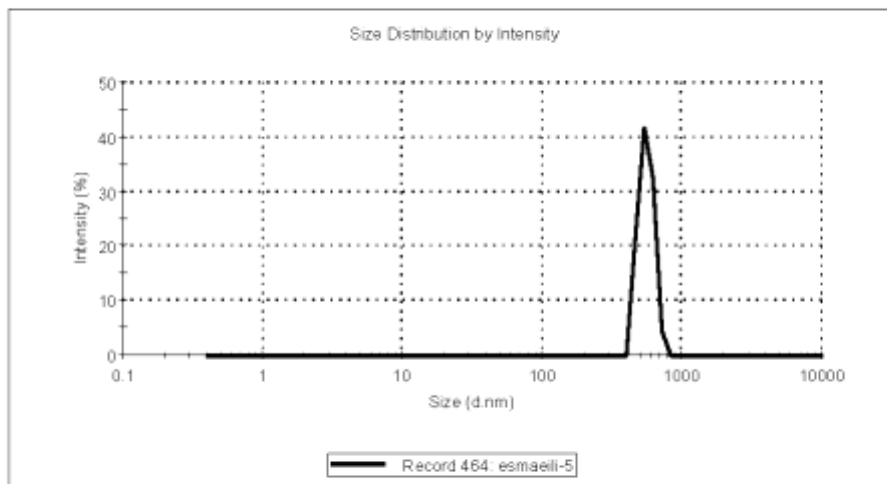
شکل ۶-۱۴ - آنالیز دانه بندی نمونه آب خام ورودی

		Diam. (nm)	% Intensity	% Number	% Volume
Z-Average (d.nm):	942	Peak 1:	1060	74.9	0.3
Pdl:	0.931	Peak 2:	160	25.1	99.7
Intercept:	0.458	Peak 3:	0.00	0.0	0.0



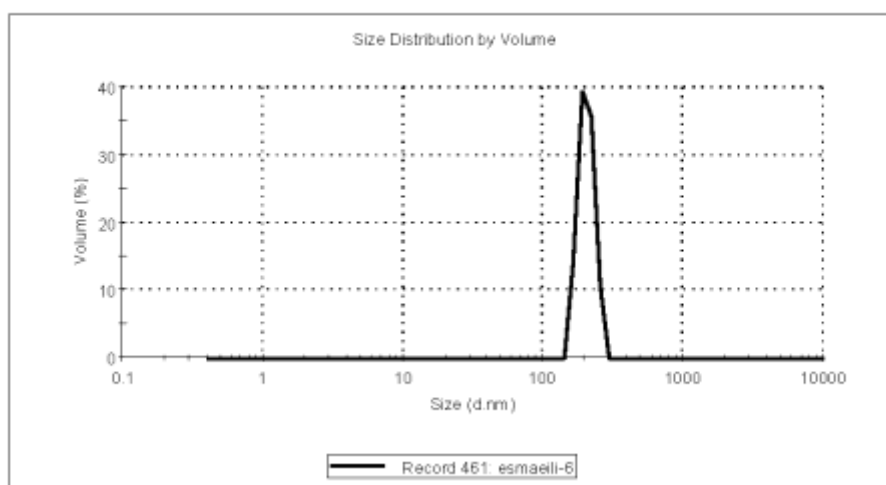
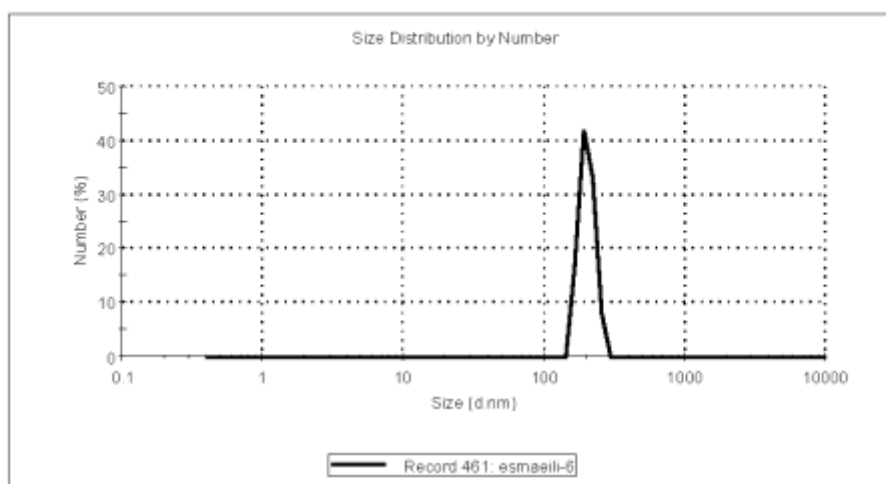
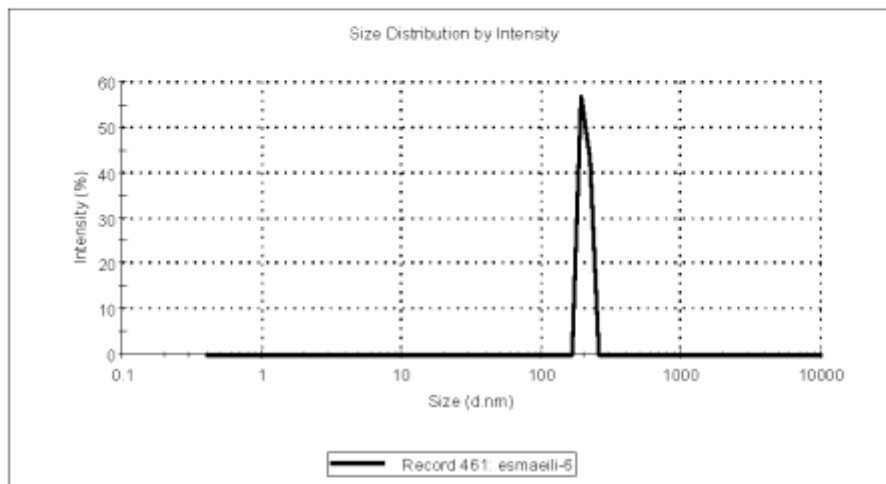
شکل ۶-۱۵- آنالیز دانه بندی نمونه آب قبل وسل

	Diam. (nm)	% Intensity	% Number	% Volume
Z-Average (d.nm): 2020	Peak 1: 551	100.0	100.0	100.0
Pdl: 1.000	Peak 2: 0.00	0.0	0.0	0.0
Intercept: 0.263	Peak 3: 0.00	0.0	0.0	0.0



شکل ۶-۱۶- آنالیز دانه بندی نمونه آب خام ورودی (پس از ترسیب در طول یک هفته)

	Diam. (nm)	% Intensity	% Number	% Volume
Z-Average (d.nm): 1810	Peak 1: 203	100.0	100.0	100.0
Pdl: 1.000	Peak 2: 0.00	0.0	0.0	0.0
Intercept: 0.330	Peak 3: 0.00	0.0	0.0	0.0



شکل ۶-۱۷- آنالیز دانه بندی نمونه آب قبل وسل (پس از ترسیب در طول یک هفته)

۶-۳-۴- تحلیل نتایج آزمایشات سایت در گهان

الف) تحلیل نتایج آنالیز پارامترهای شیمیایی

نتایج آنالیز پارامترهای شیمیایی عمومی آب خام ورودی به سیستم پیش تصفیه در شهر در گهان نشان دهنده ی عدم وجود شرایط بحرانی از دیدگاه پتانسیل رسوبگذاری در سیستم پیش تصفیه می باشد. حضور مقادیر بسیار بالای املاح به شدت قطبی و یونی از قبیل سدیم کلراید، با ایجاد شرایط خاص پدیده ی یون مشترک در محیط آب دریا خاصیت انحلال پذیری آن را حتی در قبال آنیون حجیم و رسوب کننده سولفات افزایش می دهد. اما این مطلب در خود ممبران های RO به علت حذف یونی صادق نیست و لذا حضور آنیون سولفات احتمال فوق اشباع شدن نمک سولفات را در پشت غشا افزایش می دهد. لذا افزایش مواد بازدارنده رسوب گذاری در سیستم پیش تصفیه در گهان ضروری خواهد بود.

نتایج آنالیز آب پیش تصفیه شده نشان دهنده ی موثر بودن این فرایند بر حذف ذرات معلق و کلوئیدی می باشد. همچنین کاهش قابل توجه شاخص کدورت و شاخص رنگ آب پیش تصفیه شده نشانگر موثر بودن پیش تصفیه است. از طرفی کاهش چشمگیر یون سولفات می تواند به دلیل جذب سطحی یون سولفات به میکروارگانیزم های موجود از جمله دیاتومه در طی فرایند پیش تصفیه باشد.

کیفیت آب خروجی از سیستم RO نشان دهنده ی عملکرد قابل قبول سیستم و توانایی آن در شیرین نمودن آب خام ورودی می باشد. با این وجود هر چند نتایج پارامترهای عمومی شیمیایی رضایت بخش است اما شاخص رنگ به میزان ۳ واحد PtCo بیانگر وجود نقص در فرایند تصفیه و یا پیش تصفیه می باشد. این رنگ به احتمال قوی ناشی از تخریب سلولی جلبک ها و ورود رنگدانه ها به آب تحت اثر فشار بسیار بالای سیستم RO است. این مطلب با توجه به گزارش آنالیز بیولوژیک سایت در گهان و عاجز بودن آن در حذف میکروارگانیزم ها به ویژه جلبک ها در سیستم پیش تصفیه بسیار محتمل می نماید.

ب) تحلیل نتایج آنالیز پارامترهای بیولوژیک

با توجه به تامین آب خام از بصورت مستقیم از دریا، آنالیز پارامترهای بیولوژیک نشان دهنده ی یک شرایط عادی برای آب خام ورودی است. علیرغم اینکه نتایج آب پیش تصفیه شده (قبل وسل RO) نشان دهنده ی کاهش کلیه ی پارامترها از جمله دیاتومه، پروتوزا و انواع جلبک می باشد، اما این مقدار کاهش در مقایسه با میزان نسبتاً بالای میکرو ارگانیسم های عبوری از سیستم پیش تصفیه نشان دهنده ی نقص بسیار فاحش این سیستم در سایت درگهان است. به نحوی که تنها قادر به حذف ۲۰٪ میکروارگانیسم ها بوده و مابقی در حدود ۸۰٪ به راحتی وارد سیستم RO، فیلترهای شنی، کارتریج و ممبران ها شده و موجب ایجاد اختلال در فرایند و اتلاف هزینه ی گزاف انرژی و سرمایه می گردد.

پیشنهادهای اولیه می تواند شامل حفر چاه فلن، بهینه سازی مرحله ی کلر زنی برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم ها، پیش از ورود آب خام به استخر آرامش، افزایش زمان ماند و حجم مفید استخر آرامش، استفاده از فرایند انعقاد در پیش تصفیه برای حذف دیاتومه و جلبک ها و نهایتاً استفاده از فیلتر زمین شنی اصلاح شده می باشد.

ج) تحلیل نتایج آنالیز طیف اسپکتروسکوپی UV-vis.

آنالیز طیف اسپکتروسکوپی در محدوده ی نور مرئی و فرابنفش (۸۰۰-۲۰۰ نانومتر) نشان دهنده حضور ترکیبات ناپایدار، فرار و یا با نیمه عمر کم، در منبع آبی مورد بهره برداری است. به علاوه مقایسه آنالیز طیف اسپکتروسکوپی آب قبل و بعد از پیش تصفیه، حضور مواد ارگانیکی در آب خام را در ناحیه فرابنفش مشخص می نماید. همانطور که از طیف آب خروجی وسل RO می توان دریافت، این مواد تحت فرایند RO تعدیل شده و کاهش می یابند.

(د) تحلیل آنالیز دانه بندی

مقایسه ی نتایج آنالیز دانه بندی آب قبل و بعد از پیش تصفیه (آب خام و آب قبل از وسل) به نشان دهنده ی حذف ذرات معلق با اندازه ی متوسط ۲,۱۸ میکرونی در آب خام ورودی توسط فرایند پیش تصفیه و رساندن آن به اندازه متوسط یک میکرون، می باشد. به علاوه می توان از پارامتر Volume در یافت که تنوع اندازه ذرات پس از عبور از سیستم پیش تصفیه بیشتر شده است. این می تواند به دلیل خرد شدن ساختمان میکروارگانیزم ها در عبور از فیلترهای شنی صورت گرفته باشد.

برای مشخص نمودن اینکه آیا ذرات قابل ته نشینی هستند و یا اینکه کاملاً در آب خاصیت کلوئیدی دارند، آنالیز دانه بندی آب قبل و بعد از پیش تصفیه پس از یک هفته مجدداً انجام شد. نتایج نشان داد که ذرات درشت تر قابلیت ته نشینی بیشتری نسبت به ذرات ریز تر از خود نشان داده اند.

ارائه روش های ارتقاء پیش تصفیه RO در سایت های

فین، درگهان و هرمز

۷-۱- شناسایی عوامل موثر در راندمان پیش تصفیه و موانع موجود

به منظور دستیابی به اهداف پروژه ی حاضر، شناسایی عوامل موثر در راندمان پیش تصفیه و موانع موجود در بهبود کیفی آب ورودی به وسل RO بر اساس بازدید میدانی و مطالعات تخصصی صورت خواهد گرفت. به این منظور در ادامه ابتدا نسبت به بررسی معضلات موجود از دیدگاه مسئولین فنی سایت های RO اقدام شده و سپس موارد بیان شده همراه با تحلیل نتایج آزمایشات به تفکیک سایت در جهت ارائه عوامل موثر در کیفیت فرایند پیش تصفیه موجود مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

۷-۱-۱- مسئله خوردندگی آب خام (مشکل بارز در سایت فین)

معضل خوردندگی در تمامی سایت های مورد بازدید کم و بیش خود را نشان می داده است، به نحوی که شرکت های مختلف پیمانکاری هریک شیوه ای را برای کاهش صدمات و هزینه های ناشی از

خوردگی اتخاذ نموده اند. در این میان تنها آب شیرین کن مستقر در سایت فین متحمل بیشترین هزینه و مشکلات بوده است. از جمله (۱) خرابی و نیاز به تعمیرات فصلی در پمپ های مورد استفاده، (۲) تعویض زود هنگام واشرها (O-ring)، (۳) تعوض و جوشکاری مداوم شیرآلات و بست ها و نهایتاً (۴) عملکرد ضعیف پمپ. مسئولین فنی ناظر برسیستم های موجود در هرمز و درگهان به واسطه ی بهره گیری از لوله ها و اتصالات مقاوم به خوردگی، تا کنون چنین مشکلی را گزارش نکرده اند.

آب دریا به واسطه خصلت آن برای بسیاری از مواد، شدیداً خوردنده است برآورد دقیقی از مواد سازنده واحد RO که در تماس مستقیم با آب دریا هستند، بایستی تحت نظر باشند. عوامل متعددی در انتخاب مواد نقش دارند:

- قیمت: معمولاً موادی که نسبت به خوردگی مقاومت بیشتری دارند گران ترند
- طراحی طول عمر: مقاومت در برابر خوردگی و مدت در معرض محیط آب دریا
- توانایی ساخت: مشکل نسبی در ساخت یک جزء برحسب جوش، مکانیک و جفت و جور کردن.
- کیفیت آب تولیدی: یک سامانه RO تک مسیری، آبی تولید می کند که استانداردهای آب آشامیدنی را دارد. اصولاً دو نوع المان های غشایی برای نمک زدایی آب دریا به کار می روند المان های غشایی استاندارد برای آب دریا و المان های غشایی با دفع بالا برای آب دریا. المان های با دفع بالا برخی کیفیت های آب را فدای برخی ویژگی های دیگر آن می کنند.

جدول ۷-۱- انواع مواد مورد نیاز تاسیسات RO با توجه به هزینه

ماده	هزینه	عمر طراحی	توانایی ساخت
تیتانیوم	بالا	بلند	مشکل
هستلوی	بالا	بلند	مشکل
اینکویل ۶۲۵	بالا	بلند	متوسط
CuNi ۷۰/۳۰	بالا	بلند	متوسط
فولاد ضد زنگ ۳۱۶ L	متوسط	متوسط	متوسط
برنز Ni-Al	متوسط	متوسط	متوسط
PVC	پایین	متوسط	ساده
GRP/FRP	پایین	بلند	ساده

۷-۱-۱- عوامل موثر بر خوردگی

خوردگی فلزات در محیط آبهای طبیعی (چاه و دریا) بستگی زیادی به کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب دارد. از جمله پارامترهای مهم در این ارتباط، هدایت الکتریکی آب، pH، غلظت و نوع نمکها و گازهای موجود در آب و مسایل رسوب گذاری ناشی از این عوامل می باشند.

○ اثر pH

اگر چه فلزات نجیب مثل طلا و پلاتین در محلول های اسیدی و بازی پایدار می باشند، برخی از فلزات در محیط های اسیدی محلول بوده و در محیط های قلیایی نامحلول هستند. مثالی برای این دسته از فلزات نیکل، مس، کبالت، کروم، منگنز و منیزیم می باشند. برخی از فلزات که دارای اکسید آمفوتری هستند در pH های بالا یا پایین خوردندگی زیاد دارند و یک pH بهینه برای کمترین خوردندگی آنها قابل تشخیص است. مثلاً این pH برای آلو مینیوم ۶/۵، سرب ۸، قلع ۸/۵ و روی برابر ۱۱/۵ می باشد.

○ اثر نمکهای محلول

تأثیر نمک های محلول در آبهای طبیعی به نوع و غلظت آنها بستگی دارد. حضور یونهای کلر و سولفات سبب تشدید خوردگی و یونهای نظیر کربنات، بی کربنات و کلسیم سبب تقلیل خوردگی می شوند. خواص خوردگی و یا باز دارندگی یونها علاوه بر نوع آنها به غلظت یون نیز بستگی دارد. غالباً مقدار یونهایی که خاصیت بازدارندگی دارند باید بیش از مقدار اکسیژن حل شده در محلول باشد تا سرعت واکنش کاتدی احیاء اکسیژن کاهش یابد. در واقع یونهای مهاجم سبب تخریب فیلمهای محافظ شده و یا از تشکیل آن جلوگیری می کنند. اما یونهایی مثل کربنات، قادرند با تشکیل رسوب کربنات کلسیم، سرعت خوردگی را کاهش دهند.

○ اثر گازهای محلول در آب

از بین گازهای حل شده در آب، بیشتر اکسیژن و کربن دی اکسید مد نظر می باشد. کربن دی-اکسید به دلیل ایجاد کربنیک اسید و در نتیجه کاهش pH، سبب تشدید خوردگی می شود. اکسیژن نقش دو گانه ای دارد، از طرفی می تواند واکنش کاتدی را تسریع نموده و باعث افزایش سرعت خوردگی شود، از طرف دیگر در غلظتهای بالا و شرایط مساعد سبب ایجاد لایه روئین در سطح فلز می شود که در این حالت خوردگی کاهش محسوسی خواهد داشت. توضیح اینکه تقریباً تمام فلزات (به جز طلا) هنگام تماس با هوای خشک یا اکسیژن با یک لایه سطحی اکسید پوشش می شوند. پایداری این لایه وقتی در تماس با آب قرار می گیرد به کیفیت آب بستگی دارد. لایه اکسیدی در تعادل دینامیکی با محلول بوده و پایداری آن به ترمیم یا عدم ترمیم آن در نقاط شکسته شده بستگی دارد. وقتی مقدار

اکسیژن در حد معمول باشد تعدادی از فلزات مثل فولاد زنگ نزن در آب روئین شده و اصطلاحاً حفاظت آندی ایجاد می شود.

اگر غلظت اکسیژن کم شده یا بیش از حد کاهش یابد (بویره در شیارها)، این مواد فعال شده و حل می گردند. مشابه این حالت برای آهن نیز صادق است. جالب اینکه حلالیت اکسیژن با دما کاهش یافته و در ۱۰۰ درجه سانتی گراد به صفر می رسد اما با افزایش دما، افزایش می یابد به طوری که حلالیت آن در ۲۰۰ درجه و ۲۵ درجه برابر می باشد.

○ اثر مواد معدنی

تعدادی از مواد معدنی با غلظت پایین، در آب دریا یافت می شوند که برخی از آنها خاصیت خوردندگی آب را افزایش داده و برخی نیز خاصیت بازدارندگی دارند. از جمله آنها سیلیس می باشد که از خرد شدن و تجزیه سنگها و گاهها توسط میکروارگانیسمها مثل دیاتومه ها به وجود آمده و در آب به صورت متاسیلیک اسید وجود دارد. این ماده از غلظتهای کم تا ۷۵ میلی گرم در لیتر موجود می باشد. سلیکاتها خواص بازدارندگی مشخصی داشته و به آبهای نرم برای کاهش میزان خوردگی افزوده می شوند .

○ مواد آلی موجود در آب

مواد آلی موجود در آب، حاصل از ارگانیزمهای زنده، سوخت و ساز و یا زوال آنهاست. این مواد آلی غالباً به صورت کربنیک اسید، هیومیک اسید، ستریک اسید، استیک اسید و بنزوئیک اسید یافت شده و باعث کاهش pH آب و تسریع خوردگی می شوند. سولفید هیدروژن ممکن است توسط

باکتریهای احیاء کننده سولفات یا سایر ارگانیزمها به وجود آید. آنها ممکن است آمینو اسیدهای خورنده نظیر سیستین اسید (Cystine acid) و یا دی آلفا آمینو بتا پروپیونیک اسید را به وجود آورند که اثرات مخربی روی لوله های آهنی و آلیاژ های مسی ایجاد می کنند. از طرفی باکتریهای آهن گرچه مستقیماً کیفیت آب را تغییر نمی دهند و در واکنش خوردگی شرکت نمی کنند، ولی به دلیل تجمع مقادیر زیاد هیدرات فریک سبب آلودگی خیلی بیشتر از باکتریها شده و به دلیل تشکیل برآمدگی ها سبب بلوکه نمودن و افزایش اصطکاک شده و آب قرمز ایجاد می کنند. این دسته از باکتریها با افزایش کربنات سدیم برای بالا بردن pH تا ۸/۵ و یا افزایش کلر، کنترل می شوند. همچنین برای جلوگیری از رشد جلبکها می توان از افزایش کلر یا سولفات مس استفاده نمود.

۷-۱-۱-۲- باز دارنده های خوردگی

بازدارنده ها موادی هستند که وقتی به مقادیر کم به یک محیط خورنده اضافه گردند، باعث کاهش سرعت خوردگی می شوند. اثر یک بازدارنده بستگی زیادی به محیط اطراف و نوع فلز دارد. خوردگی فلزات در محیط های خنثی و اسیدی دارای دو اختلاف عمده می باشد. اول آنکه در محیط خنثی عمده ترین واکنش کاتدی، احیاء اکسیژن محلول و تولید یون هیدروکسید می باشد، در حالی که این واکنش در محیط های اسیدی احیاء بودن هیدروژن به گاز هیدروژن است. دوم آنکه در حالت خنثی سطح فلز از فیلمهای اکسیدی، هیدروکسیدها، یا نمک های کم محلول پوشیده می شود ولی در محیط های اسیدی این اکسیدها محلول می باشند. به دلیل این اختلاف مکانیسم، بازدارنده های محیطهای خنثی و اسیدی از یکدیگر متمایزند. اساس محافظت و بازدارندگی در محیطهای خنثی، ایجاد ترکیبات پایدار روی سطح فلز می باشد. بازدارنده ها می توانند از نوع کاتدی یا آنودی باشند.

از آنجا که در محلولهای خنثی واکنش کاتدی عمدتاً احیاء اکسیژن و تولید هیدروکسید می باشد، بنابراین با کاهش انتقال اکسیژن به سطح فلز، می توان شدت خوردگی را تا حد زیادی کاهش داد. در این مورد استفاده از نمکهای فلزاتی مثل روی، منیزیم، منگنز یا نیکل باعث می شود تا یون این فلزات با یون هیدروکسید تولید شده در کاتد ترکیب شده و هیدروکسیدهای نامحلول ایجاد نماید که به صورت فیلمی نازک سطح کاتد را بپوشانند. نمک های منیزیم و کلسیم که همواره در آبهای طبیعی حضور دارند نیز ممانعت کننده کاتدی می باشند.

بازدارنده های کاتدی جزء بازدارنده های بی خطر محسوب می شوند. حضور آنیونهای کلرید و سولفات تاثیر چندانی بر آنها نداشته و فیلم تشکیل شده توسط آنها غالباً ضخیم و قابل رویت است. باید توجه نمود که هر گونه کاهش pH یا افزایش CO_2 محلول می تواند این اثر را از بین ببرد. مکانیسم عمل بازدارنده های آندی بر اساس واکنش یونهای فلزی خورده شده با بازدارنده و ایجاد فیلم محافظ (روئین) روی آنند می باشد. این گروه شامل آنیونهای اکسیدان نظیر کروماتها، نتراتها و آنیونهای غیراکسیدان مثل فسفاتها، سیلیکاتها، بنزوات ها و مولیداتها می باشند. این مواد در محیطهای خنثی و قلیایی به کار می روند. این دسته از بازدارنده ها جزء بازدارنده های خطر ناک محسوب می شوند و در صورت ناکافی بودن باعث خوردگی شدید حفره ای می گردند .

۷-۱-۱-۳- عوامل موثر در باز دارندگی

○ ماهیت سطح فلز

سطوح صاف و تمیز غالباً به بازدارنده کمتری احتیاج دارند، کثیف بودن سطح فلز سبب نرسیدن بازدارنده به سطح فلز شده و راندمان عمل کاهش می یابد.

○ ماهیت محیط

چنانچه در محیط خورنده، مواد شیمیایی دیگری نیز وجود داشته باشد، باید دقت شود که بازدارنده و آن مواد واکنشهای متقابلی روی هم نداشته باشند. مثلاً وجود بعضی از آنیونهای خورنده مثل کلرید و سولفات می تواند قدرت بازدارنده را کاهش و میزان مصرف آنرا افزایش دهد.

○ غلظت بازدارنده

باید توجه نمود که در اغلب موارد چنانچه غلظت بازدارنده از حد بحرانی کمتر باشد، خود باعث تشدید خوردگی می شود. از جمله این موارد بازدارنده های آنیونی می باشند.

○ pH سیستم

تمام بازدارنده ها در محدوده معینی از pH بیشترین راندمان را دارند و لذا pH محیطهای خنثی باید به طور مرتب کنترل شود. مثلاً نیتريت ها قدرت بازدارندگی خود را در pH کمتر از ۵/۵ از دست می دهند. این مقدار برای پلی فسفات ها ۷/۵ – ۶/۵ و برای کروماتها حدود ۸/۵ می باشد.

○ درجه حرارت سیستم

به طور کلی سرعت خوردگی با افزایش دما زیاد می شود. معلوم شده است که خوردگی در آب به مقدار زیادی توسط نفوذ اکسیژن به منطقه کاتدی کنترل می شود. واضح است که هر عاملی که روی سرعت نفوذ اثر بگذارد، بر سرعت خوردگی نیز موثر خواهد بود. لذا با افزایش دمای سیستم، غلظت مورد نیاز بازدارنده نیز افزایش می یابد.

○ اثر میکروارگانیسمها

حضور میکروارگانیسمها می تواند سه اثر عمده در محلولهای آبی داشته باشد:

۱- دخالت مستقیم در خوردگی فلزات؛ مثل باکتریهای آهن خوار در محیط های هوازی.

۲- از بین رفتن و مصرف بازدارنده توسط باکتریها.

۳- ایجاد لجن ناشی از تجمع میکروارگانیسمها، تقلیل جریان آب در لوله و رشد و نمو جلبکها.

○ تشکیل رسوب

تشکیل رسوبات ضخیم نمکهای کلسیم و منیزیم در داخل لوله ها از رسیدن بازدارنده به سطح فلز

نیز ممانعت به عمل آورده و باعث کاهش راندمان بازدارنده نیز می شود.

○ اثر سرعت حرکت مایع

سرعت حرکت مایع، فقط بر آن دسته از واکنشهای خوردگی موثر است که تحت کنترل قطبش

غلظتی باشند. عموماً افزایش سرعت حرکت مایع باعث افزایش نفوذ بازدارنده به سطح فلز می شود. لذا

محلولهای ساکن به غلظت بیشتری از بازدارنده نیاز دارند.

○ اختلاط بازدارنده ها

اغلب استفاده از مخلوط چند بازدارنده، نتایج مطلوبتری ارائه می دهد. مثلاً مخلوطی از

بازدارنده های کاتدی نظیر نمکهای فلزاتی مثل روی، منیزیم و... و بازدارنده های آنودی مثل آنیونهای

کرومات، فسفات و نیتريت، باعث افزایش قابل ملاحظه ضریب بازدارندگی می شوند.

۷-۱-۲- مساله رسوب گذاری (مشکل خاص در سایت هرمز)

با افزایش pH در مورد آبی که دارای سختی بی کربنات است، مساله خوردگی تبدیل به مساله رسوبدهی می شود. اگر بتوان کنترل صحیحی اعمال کرد که این دو اثر متعادل گردند، امکان کنترل خوردگی بدون رسوب گذاری بیش از حد کربنات کلسیم مهیا می شود. خوشبختانه هیچ موردی از معضل رسوب گذاری املاح یونی به واسطه ی استفاده ی دقیق از آنتی اکسلانت ها در سایت های مورد مطالعه گزارش نشده است. تنها موردی که قابل بیان در این قسمت است، وجود رسوبات در کف مخازن آب شیرین شده در انتهای سیستم توزیع در شهر هرمز می باشد. و همانطور که بیان شد پس از انجام آزمایشات تخصصی علت امر مشخص گردید.

۷-۱-۳- مسئله وجود انباشتگی (معضل جدی در سایت درگهان)

مسئله وجود انباشتگی یا فولینگ در ممبران ها و فیلترها یکی از مهم ترین معضلاتی است که سایت آب شیرین کن درگهان با آن درگیر می باشد. از آنجا که آبگیری سایت درگهان مستقیماً از دریا صورت می گیرد لذا بیوفولینگ مهم ترین مشکل تاسیسات RO بوده و باعث شده که هزینه و زمان بسیار زیادی به منظور باز و بست نمودن سیستم و شست و شوی ممبران ها و فیلترها اتلاف گردد.

با توجه به اینکه تأمین آب در منطقه مورد مطالعه از چاه های حفر شده در حاشیه ساحل و آب دریا می باشد. لذا Foulant ایجاد شده بستگی به محل برداشت آب خام دارد و انباشتگی های ایجاد شده باید با توجه به کیفیت آب دریا مورد بررسی قرار گیرد. در صورتی که محل برداشت آب خام، آب چاه می بود با توجه به اینکه لایه های خاک حکم مرحله ای از پیش تصفیه را دارند لذا مشکلات و فولینگ که از آب دریا در اثر وجود میکرو ارگانیسم ها ایجاد می شود بسیار کاهش می یافت.

رشد جلبک ها آب های سطحی به مشکلی رو به رشد در تهیه آب آشامیدنی تبدیل شده است. جلبک ها ذرات زیستی (Bio-Particles) که مواد منعقد کننده مورد نیاز در فرآیند تصفیه را مصرف می کنند، شارژ منفی می نمایند. این عمل تاثیری منفی بر روی فرآیند فیلتراسیون دارد؛ جلبک های بزرگتر می توانند منجر به گرفتگی فیلترها شوند. جلبک های کوچک و جنبنده نیز می توانند به داخل بستر فیلتر نفوذ کنند، که این مسئله منجر به کاهش راندمان فیلتر و به تبع آن نیاز به شستشوی معکوس بیشتر را ایجاد می نماید. همچنین مزه ها و بوهای مختلفی نیز می تواند از فعالیت های متابولیک جلبک ها نظیر فساد و تلاشی سلول های مرده آنها در آب ایجاد شود. همچنین جلبک ها می توانند منجر به تولید ترکیبات ناخواسته ای در خلال فرآیند گندزدایی نظیر تری هالومتان ها، هالوآستیک اسید ها و هالوآستونیتریل ها شوند.

از طرفی سایت آب شیرین کن فین نیز با پدیده ای به نام فولینگ آهن روبرو است. هر چند شدت این پدیده در سایت هرمز به مراتب بسیار کم تر از بیوفولینگ در سایت درگهان است اما هر از چند گاهی رسوبات آجری رنگ در سطح ممبران ها و فیلتر ها مشاهده می شود. آب دریا و آب چاه های حفر شده حاوی آهن محلول فرو (Fe^{2+}) کمی هستند که به علت محلول بودن غیرقابل رسوب می باشد. حال در صورتی که محل برداشت چاه های حفر شده باشد آهن محلول Fe^{2+} به علت حضور باکتری های اکسید کننده آهن به آهن غیر محلول Fe^{3+} (فریک) تبدیل می کند. در صورتی که در سایتی برای تخلیه چاه از پمپ های با آلیاژ آهن استفاده شود، این واکنش (تبدیل Fe^{2+}) با شدت بیشتری انجام می گیرد. در برخی از سایت ها در چاه های حفر شده از پمپ هایی استفاده می شود که هیچ گاه قطعات آهنی ندارد و از نیکل برنزو استیل می باشد. لذا علت گرفتگی آهن در آنها می تواند به دلیل وجود قطعات فلزی بکار رفته در سیستم باشد.

بنابراین عمده Foulant های منطقه با توجه به موارد ذکر شده، بیوفولینگ، کربنات کلسیم و آهن می باشند. که مهمترین عامل بیوفولینگ جلبک های موجود در آب دریا می باشد.

۷-۱-۳-۱- علل ایجاد Foulant در منطقه

همانگونه که در بخش روشهای پیش تصفیه توضیح داده شد، این مسئله اهمیت بسیار زیادی در بهره برداری از سیستم RO دارد. لذا در صورتی که پیش تصفیه از آب ورودی به خوبی انجام نشود مشکلات زیادی در بهره برداری و طول عمر سیستم ایجاد می کند. همانطور که اشاره شد مهمترین دلیل ایجاد Foulant های ذکر شده در سایت های مورد مطالعه اصولی نبودن پیش تصفیه می باشد. که هر کدام به اختصار توضیح داده می شود:

○ عدم وجود حوضچه های ته نشینی در ابتدای پیش تصفیه

برای پیش تصفیه در سیستم RO گاهی نیاز به حوضچه های ته نشینی در ابتدای پیش تصفیه می باشد که حوضچه ها بایستی شامل ۷ مرحله باشد ولی در پیش تصفیه تعبیه شده در سایت های مورد مطالعه از حوضچه های کوچک تر جهت پیش تصفیه مقدماتی استفاده می شود و این حوضچه ها شامل ۳ مرحله می باشد. حوضچه های ۳ مرحله ای موجود برای آبشیرین کن های تبخیری که در گذشته مورد بهره برداری قرار می گرفت کافی است ولی طراحی آنها هرگز مناسب سیستم RO نمی باشد. لذا ته نشینی ذرات معلق و کلوئیدها و جلبک ها به درستی انجام نمی شود. همچنین به علت کوچک بودن حوضچه ها و اندک بودن زمان ماند آب در آنها، نمی توان از روش های زلال سازی با انعقاد استفاده نمود و یا ترکیبات منعقد کننده به آب ورودی تزریق کرد. زیرا بسیار محتمل است که خود لخته های ایجاد شده در اثر عدم امکان ترسیب، خود باعث فولینگ سریع تر ممبران ها گردند.

○ عدم کلریناسیون بهینه

همانگونه که در بخش اهمیت پیش تصفیه - کلریناسیون توضیح داده شده یکی از راه های مهم و اساسی در کنترل بیوفولینگ تزریق کلر (کلریناسیون) به آب ورودی می باشد. که متأسفانه در آب ورودی به آب شیرین کن های مورد مطالعه عمل کلریناسیون اولیه به صورت صحیح انجام نمی شود. زیرا یکی از مهم ترین شرایط حصول گندزدایی، ایجاد شرایط ماند آب در مخزن گندزدایی است که در هیچ یک از سایت های RO مورد مطالعه مشاهده نشد.

از طرفی حذف بیوفولینگ برای شرکت های که در منطقه فعالیت دارند از لحاظ اقتصادی نسبت به حذف کلر در (Dechlorination) مقرون به صرفه می باشد و یا خساراتی که کلر به غشاهای پلی آمیدی و دیگر اجزای سیستم RO وارد می کند. نتیجه عدم کلریناسیون می تواند یکی از عمده مشکلات ایجاد بیوفولینگ در سیستم RO شود. همچنین به علت عدم کلریناسیون، باکتری های اکسید کننده آهن که در چاه فعال بوده و به آب ورودی اضافه می شده در میانه راه طول عبور از سیستم) همچنان به فعالیت خود ادامه می دهند و بر روی قطعات فلزی تأثیر می گذارند لذا سیستم را دچار گرفتگی آهن (Iron fouling) می کنند.

○ عدم تزریق منعقد کننده

همانگونه که پیش تر توضیح داده شد تزریق منعقد کننده یکی از مراحل پیش تصفیه می باشد که ترکیبات منعقد کننده دارای بار مثبت می باشد که این خواص باردار بودن منعقد کننده ها به ذرات معلق کمک می کند که به یکدیگر متصل شوند و ته نشینی ذرات راحت تر و بهتر انجام می شود. حال بایستی برای انجام واکنش ذکر شده (منعقد کننده + ذرات معلق) زمان کافی وجود داشته باشد. در

صورتی که زمان کافی جهت واکنش وجود نداشته باشد، ترکیبات منعقد کننده خود یکی از عوامل فولینگ غشا خواهند بود. حال با توجه حوضچه های ته نشینی موجود، منعقد کننده ها از طرفی زمان لازم برای واکنش را ندارند و از طرف دیگر زماند ماند کافی برای ترسیب را نخواهند داشت. با توجه به اینکه حذف و شستشوی فولینگ سریعتر و عملی شدنی تر است نسبت به ترکیبات منعقد کننده، لذا تزریق منعقد کننده برای شرکت ها مقرون به صرفه نمی باشد.

۷-۲- ارائه روش های پیشنهادی به منظور ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه

بر مبنای تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از مراحل قبل که شامل گزارشات بازدید میدانی، مشکلات و معضلات موثر بر راندمان پیش تصفیه از دیدگاه مسئولین فنی سایت های RO، نتایج آنالیز های آزمایشگاهی و تخصصی کیفی و کمی از مراحل مختلف چرخه آب در سیکل فرایندی RO، می توان اقدام به پیشنهاد روش های مختلف اجرایی جهت ارتقاء فرآیند های پیش تصفیه موجود در تاسیسات مورد مطالعه نمود. در جداول ۷-۲ الی ۷-۴ روش های مختلف ارتقای فرایند پیش تصفیه در سایت های مورد مطالعه به تفکیک مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

مضافاً طبق مذاکرات بعمل آمده با نمایندگان شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان و پیرو جلسات فنی و تخصصی فی مابین محققین پروژه حاضر و ناظر محترم شرکت آب و فاضلاب جناب آقای مهندس زیرک راد، با توجه به نیازهای منطقه ای و شرایط کمی و کیفی آب تولیدی، متمم پیشنهادات ارائه شده در قالب نقطه نظرات آن شرکت محترم مشخصاً در ادامه ی پیشنهادات محققین در جداول ۷-۲ الی ۷-۴ به تفکیک سایت های مورد مطالعه الحاق گردیده است. متمم مذکور در راستای ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه با لحاظ نمودن نیازهای فعلی و آتی تاسیسات آب شیرین کن با توجه به سیر افزایشی نیاز کمی و کیفی آب شرب شهری و با استناد به تعداد و شرایط کمی واحد های پیش تصفیه در سایت های مورد مطالعه صورت گرفته است. بنابراین پیشنهادات مذکور با هدف امکان سازی افزایش حجم تولید تاسیسات آب شیرین کن با حفظ شرایط کیفی کنونی ارائه شده است.

جدول ۲-۲- پیشنهاد روش های ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه سایت فین

#	نقص در سیستم پیش تصفیه	روش ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه
۱	(۱) وجود خوردگی های گسترده در سیستم انتقال آب تاسیسات RO (۲) افزایش پتانسیل انباشتگی آهن در آب خروجی پیش تصفیه (Iron Fouling)	تعویض مخازن، لوله ها، شیرآلات و اتصالات فلزی (آلیاژ آهن) با مشابه آن از جنس PVC
۲	افزایش شاخص پروتوزا و نماتدها در آب خروجی پیش تصفیه	(۱) الحاق فرایند گندزدایی به صورت کامل شامل مراحل کلرزنی و حذف کلر باقیمانده (۲) اوزونیزاسیون به عنوان جایگزین بی خطرتر کلرزنی اما بسیار پرهزینه تر (۳) استفاده از فناوری نانو کوتینگ (فیلتر شنی اصلاح شده) در مسیر پیش تصفیه
*۳	(۱) فقدان واحد پیش کلرزنی (۲) فیلتر شنی (۳) فقدان فیلتر کربن فعال (۴) تناوب تعویض فیلترهای کارتریج	(۱) تهیه و الحاق واحد کلریناسیون و دکلریناسیون (۲) تهیه و الحاق فیلتر شنی ثانویه با دانه بندی چندلایه (۳) تهیه و الحاق فیلتر کربن فعال (AC Filter) (۴) افزایش دفعات تعویض فیلتر کارتریج و پرهیز از شستشو و کاربرد مجدد آن (به دلیل تخریب عملکرد جذب سطحی آن)

* متمم پیشنهادات و نکته نظرات ناظر محترم شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان

جدول ۲-۳- پیشنهاد روش های ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه سایت هرمز

#	نقص در سیستم پیش تصفیه	روش ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه
۱	(۱) شاخص رنگ به میزان ۱ واحد PtCo (۲) رسوب گذاری در کف مخازن آب شیرین در محدوده توزیع آب شرب	(۱) اقدام به تعویض و یا احیای فیلتر کربن فعال (۲) افزودن یک واحد جدید به سیستم تصفیه به منظور حذف رنگ و ترکیبات آلی (۳) روش انعقاد (لخته سازی)
۲	افزایش شاخص نوعی جلبک و نماتدها در آب خروجی پیش تصفیه	(۱) اجرای مرحله کلر زنی پیش از ورود آب خام به سیستم برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم ها (۲) استفاده از فناوری نانوکوتینگ (فیلتر های شنی اصلاح شده) در مسیر پیش تصفیه (۳) استفاده از سیستم الترا فیلتراسیون UF
*۳	(۱) Media Filter (BAG Filter) (۲) فقدان فیلتر کربن فعال برای واحدهای فعال و ذخیره (۳) تناوب تعویض فیلترهای کارتریج	(۱) لازم است تعداد این گونه فیلترهای اولیه حداقل دو برابر گردد. (۲) تهیه و الحاق فیلتر کربن فعال (AC Filter) پیش از واحد RO ضروری می باشد. و به ازای هر زیر واحد RO لازم است حداقل یک فیلتر کربنی لحاظ گردد (۳) افزایش دفعات تعویض فیلتر کارتریج و پرهیز از شستشو و کاربرد مجدد آن آن (به دلیل تخریب عملکرد جذب سطحی آن)

* متمم پیشنهادات و نکته نظرات ناظر محترم شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان

جدول ۲-۴- پیشنهاد روش های ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه سایت در گهان

#	نقص در سیستم پیش تصفیه	روش ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه
۱	(۱) شاخص رنگ به میزان ۳ واحد PtCo (۲) ناتوانی سیستم پیش تصفیه در حذف میکروارگانیزم ها به ویژه جلبک ها (۳) بیوفولینگ شدید در پی عبور حدود ۸۰٪ میکروارگانیزم ها از سیستم پیش تصفیه (۴) اختلال در فرایند RO و اتلاف هزینه گزاف انرژی و سرمایه	(۱) افزایش زمان ماند و حجم مفید در آبگیر آرامش (۲) استفاده از میکرو فیلتراسیون MF (۳) حفر چاه فلمن برای تامین آب (۴) استفاده از فرایند پیش اکسایش و انعقاد در پیش تصفیه برای حذف دیاتومه و جلبک ها (۵) استفاده از کانی گارنت در صافی شنی (۶) استفاده از فناوری نانو کوتینگ (۷) استفاده از فیلتر DE
*۲	(۱) فیلتر شنی (۲) فقدان فیلتر کربن فعال (۳) تناوب تعویض فیلترهای کارتریج	(۱) تهیه و الحاق فیلترهای شنی مضاعف با ساختار و دانه بندی چندلایه دارای مش بندی درشت تا ریز برای بهبود کمیت و بازدهی سیستم (۲) تهیه و الحاق فیلترهای کربن فعال (AC Filter) پیش از واحد RO ضروری می باشد. و به ازای هر زیر واحد RO لازم است حداقل یک فیلتر کربنی لحاظ گردد (۳) افزایش دفعات تعویض فیلتر کارتریج و پرهیز از شستشو و کاربرد مجدد آن (به دلیل تخریب عملکرد جذب سطحی آن)

* متمم پیشنهادات و نکته نظرات ناظر محترم شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان

۷-۳- امکان سنجی فنی و اقتصادی روشهای پیشنهادی و انتخاب بهترین راهکارها

۷-۳-۱- پیشنهادات پیش تصفیه سایت فین

به منظور انتخاب بهترین راهکار ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه ضروری است که روش های پیشنهادی با تحلیل اجمالی امکان سنجی فنی و اقتصادی مورد بحث و بررسی قرار گیرند. در این راستا برای برخی پیشنهادات تنها یک راهکار متصور هستیم که ذاتاً غیر قابل تغییر است.

برای حل معضل خوردگی های گسترده در سیستم انتقال آب تاسیسات RO و همچنین کاهش پتانسیل انباشتگی آهن، راهکار تعویض مخازن، لوله ها، شیرآلات و اتصالات فلزی (آلیاژ آهن) با مشابیه آن از جنس PVC و یا دابل استیل ضد زنگ در سایت فین غیر قابل انکار است. با این وجود از لحاظ اقتصادی استفاده از PVC بجای دابل استیل ضد زنگ به مراتب مناسب تر می نماید.

به همین ترتیب برای حل معضل آلودگی بیولوژیک در سایت فین الحاق فرایند گندزدایی به صورت کامل شامل مراحل کلر زنی و حذف کلر باقیمانده به مراحل پیش تصفیه آب یک ضرورت خواهد بود. البته روش گند زدایی اوزون زنی نیز می تواند مطرح باشد ولی از دیدگاه اقتصادی با روش کلرزنی به هیچ وجه قابل رقابت نیست.

استفاده از روش های پیشرفته ی نانو نیز یکی از راهکارهای عملی در حل این معضل است. با این وجود این راهکار نیز نمی تواند از هر دو دیدگاه اقتصادی توجیه پذیری قابل قبولی نسبت به راهکار کلریناسیون داشته باشد. بنابراین می توان راهکار کلریناسیون پیشنهادی به منظور ارتقای پیش تصفیه سایت فین را تنها و مناسب ترین راهکار قلمداد نمود.

۷-۳-۲- پیشنهادات پیش تصفیه سایت هرمز

روش های پیشنهادی در سایت هرمز مرتبط با مسائل و مشکلات ایجاد کننده ی وجود رنگ به میزان ۱ واحد PtCo در آب تصفیه شده و وجود عوامل رسوب گذار در کف مخازن آب شیرین در محدوده توزیع آب شرب می باشد. در این راستا با توجه به مطالعات صورت گرفته می توان دو راهکار عملی را برای ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه متصور بود.

راهکار اول مربوط به تعویض و یا احیای فیلتر کربن فعال مورد استفاده در سایت می باشد. به این منظور ضروری است که کربن فعال موجود در فیلتر مورد بررسی و آزمایش قرار گیرد تا میزان راندمان عملی آن مشخص گردد. که به احتمال قوی نیازمند تعویض و یا احیا (در صورت وجود امکانات دستگاهی و شیمیایی) خواهد بود.

راهکار جایگزین دیگر می تواند شامل افزودن یک واحد جدید به سیستم تصفیه به عنوان واحد پس تصفیه به منظور حذف رنگ و ترکیبات آلی باقیمانده از فرایند RO قلمداد گردد. این واحد جدید می تواند یک فیلتر کربن فعال اصلاح شده باشد. در این حالت آب خروجی از سیستم پس از عبور از فیلتر جاذب وارد مخزن توزیع میگردد. لازم به توضیح است که کلر زنی برای توزیع باید بعد از فیلتر مذکور صورت گیرد. هر دوی این راهکارها از نظر اقتصادی در یک حد قرار دارند. اما از دیدگاه فنی لازم است مطالعات بیشتری در خصوص منشا ترکیبات آلی در آب خروجی سیستم تصفیه صورت گیرد تا بتوان یکی از راهکارها را بر دیگری ترجیح داد. با این حال از نظر اطمینان به عملکرد کیفی راهکار پس تصفیه ی آب خروجی مناسب تر خواهد بود. البته استفاده از روش انعقاد راهکار دیگری است که می توان برای ارتقای کیفی فرایند پیش تصفیه متصور بود. اما این روش نه از دید فنی و نه از نظر اقتصادی توجیه پذیر نیست.

در خصوص معضلات مرتبط با افزایش شاخص نوعی جلبک و نماتدها در آب خروجی پیش تصفیه می توان با تاسیس یک حوضچه مستقل گندزدایی و اجرای مرحله کلر زنی پس از خروج آب خام از استخر آرامش برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم ها اقدام به کنترل شرایط نمود. در این خصوص با دادن فرصت ماند به آب حوضچه، امکان گند زدایی موثر تر به سیستم داده خواهد شد. از دیدگاه اقتصادی این راهکار هزینه بر بوده و می تواند با روش فیلتراسیون (استفاده از یک یا چند فیلتر UF در انتهای سیستم پیش تصفیه، قبل از افزایش SMBS برای حذف کلر مازاد) جایگزین گردد. همانگونه که بیان شد راهکار دوم دارای صرفه ی اقتصادی بیشتری نسبت به راهکار اول می باشد، هرچند از دید فنی راهکار اول کارآمدتر خواهد بود.

استفاده از روش های پیشرفته ی نانو نیز یکی از راهکارهای بسیار عملی در حل این معضل است. که می تواند از هر دو دیدگاه فنی و اقتصادی توجیه پذیری بیشتری نسبت به دو راهکار بیان شده داشته باشد. در ادامه مزایا و معایب تئوری و اجرایی این روش با سایر روش های مشابه مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

مطالعات رشد باکتری ها نشان داده است که باکتری ها در محیط های طبیعی کمتر به صورت معلق رشد می کنند. بدیهی است که آب آلوده رشد میکروبی معلق را فراهم می سازد اما در کل باکتری ها بیشتر در سطح حضور دارند و فعال هستند جایی که غلظت نوترینت¹ ها بالاست. ارگانیسم های سطحی در محیط های طبیعی نسبت به دیگر ارگانیسم ها فعال تر هستند و این ارتباط مستقیم با تجمع مواد مغذی بر روی سطوح دارد.

¹ Nutrient

شن و کربن سطح لازم برای رشد میکروارگانیسم ها را فراهم می کنند. در فیلتر شنی کند با داشتن شن و ماسه این سطح فراهم شده و بعد از گذشت چند روز از بهره برداری لایه ای بیولوژیکی بر روی سطح فیلتر به نام شومازدک تشکیل می شود که به فیلتراسیون نیز کمک می کند. این لایه شامل جلبک، تک یاخته ها، باکتری ها و ... می باشد. این لایه به عنوان اصلی ترین عامل افت فشار مطرح می شود. مقدار منافذ یک فیلتر شنی در حدود ۴۰٪ حجم کل بستر می باشد و در مدت زمانی که آب از منافذ عبور می کند باکتری های درون آب می توانند به سطوح دانه های ماسه یا شن بچسبند و به تبع آن سطح شن نیز همانند لایه شومازدک پوشیده می شود. این لایه غذای مورد نیاز خود را از آبی که از بستر رد می شود تهیه می کند. با فاصله گرفتن از سطح فیلتر تعداد میکروارگانیسم ها کمتر می شود زیرا مقدار ماده غذایی مورد نیاز کمتر می شود. بعد از مدتی رشد بیوفیلم ها روی سطح و ضخیم شدن آنها به علت نرسیدن مواد غذایی به میکروارگانیسم های نزدیک به سطح، بیوفیلم از سطح جدا می شود. در فیلتر های تند نیز همانند فیلتر های کند باکتری ها می توانند رشد کنند و این به علت گرفتار شدن آنها در فیلتر می باشد. اما در فیلتر تند لایه شومازدک روی سطح این فیلتر وجود ندارد.

استفاده از پوشش هایی در اندازه نانو امکانات ویژه ای را بوجود آورده است که می توان به افزایش سطح تماس، افزایش کارایی ماده پوشش داده شده، تثبیت و توزیع نانو ذرات بر روی سطح و ... اشاره کرد. این پوشش می تواند به روش های مختلف فیزیکی و شیمیایی بر روی سطح شن و کربن فعال بنشیند، اما مهمترین مساله در پوشش این مواد باید سادگی کار باشد. همچنین پایداری نانو سیلور بر روی این سطوح نیز حائز اهمیت است. حال سوالی که اینجا مطرح می شود این است که پوشش دادن نقره بر روی سطح کربن فعال و شن باعث کاهش یا حذف میکروارگانیسم ها و در نتیجه ضد عفونی در شرایط

غیر پیوسته می‌شود هدف اصلی از این طرح، بررسی کاربرد نانو سیلور در حذف یا کاهش جمعیت میکروبی رشد یافته در فیلترهای کربن فعال یا شنی می‌باشد.

روش‌های معمول گندزدایی به طور معمول به چهار دسته تقسیم می‌شوند. روش‌های فیزیکی، روش‌های شیمیایی، ابزارهای‌های مکانیکی و تابش از روش‌های معمول هستند که در ادامه به آن پرداخته می‌شود. پنج مکانیسم اصلی برای توضیح چگونگی عمل گندزدایی وجود دارد که عبارتند از:

■ تخریب دیواره سلولی که باعث تحلیل رفتن و در نهایت مرگ سلول می‌شود. بعضی مواد مانند پنی سیلین از سنتز دیواره سلولی جلوگیری می‌کنند.

■ تغییر در نفوذ پذیری سلول که توسط موادی مانند ترکیبات فنولی^۱ و شوینده‌ها انجام شده و قابلیت نفوذپذیری انتخابی پروتوپلاسم را از بین می‌برند و بر اثر همین مواد مغذی حیاتی می‌توانند از سلول خارج شده و موجب مرگ سلول شوند.

■ تغییر در خاصیت کلونیدی پروتوپلاسم^۲ که می‌تواند توسط حرارت دادن، پرتو دهی و استفاده از مواد اسیدی یا بازی قوی به وجود بیاید که همگی بر روی پروتئین سلولی اثر می‌گذارند.

■ تغییر در DNA^۳ و RNA^۴ ارگانیسم‌ها که توسط اشعه فرابنفش ایجاد می‌شود. در اثر تابش در زنجیره DNA و RNA اختلال به وجود آمده و قدرت تولید مثل آنها گرفته می‌شود.

■ جلوگیری از فعالیت آنزیم که توسط مواد اکسید کننده مثل کلر ایجاد می‌شود که می‌تواند آنزیم‌ها را غیر فعال کند و به تبع آن در سوخت و ساز سلول مشکل به وجود آورد.

¹ Phenolic Compounds

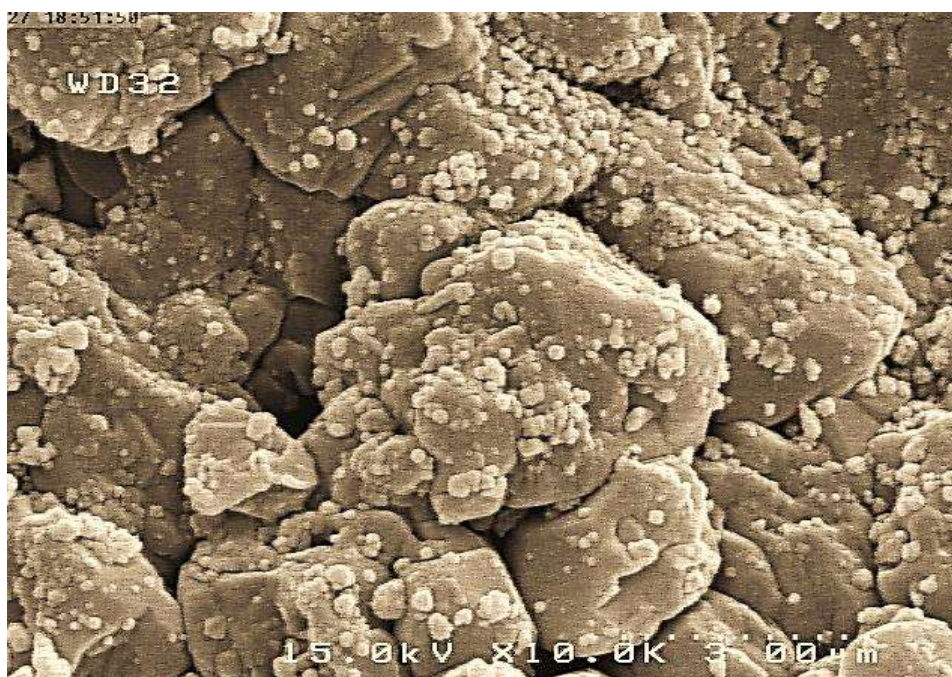
² Protoplasm

³ Deoxyribonucleic acid

⁴ Ribonucleic acid

از دیدگاه فنی روش پوشش دهی نانو نسبت به روش های گند زدایی شیمیایی دارای مزایای ویژه ای است. گند زدهای شیمیایی به دلیل شسته شدن و ایجاد عوارض بسیار خطرناک مواد سمی تولید می کنند از طرفی به ناپایداری این مواد بیوفیلم و جلبک ها در فیلتر رشد می کنند و این موضوع در فیلتر ها و غشاء ها باعث گرفتگی شده که این موضوع یکی از مشکلات عمده تصفیه خانه ها و تجهیزات آب شیرین کنی می باشد. در صورتی که نانو پوشش ها به دلیل پایداری و ماندگاری بسیار بالاتر نقش بسیار موثری در افزایش راندمان و عمر فیلتر ها و غشاء ها خواهند داشت.

از دیدگاه توجیه پذیری اقتصادی هزینه انجام نانو پوششها در فیلترهای RO بین ۲۰ تا ۳۰ درصد هزینه فیلتر خواهد بود (به ازاء حداقل افزایش عمر دوبرابری این فیلترها). هزینه افزایش سطح فیلترهای شنی ۱۰ تا ۱۵ درصد هزینه کل فیلتر بوده و هزینه پوششهای نانوبرروی فیلترهای شنی ۵۰ درصد هزینه فیلتر شنی خواهد بود. بنابر این راهکار سوم (نانو کوتینگ) در مقایسه با راهکارهای بیان شده دارای توجیه پذیری اقتصادی و فنی قابل توجهی است.



شکل ۷-۱- تصویر ذرات نانو پوشش داده شده بر روی دانه های شن

۷-۳-۳- پیشنهادات پیش تصفیه سایت درگهان

مهمترین معضل سایت درگهان عدم کارایی سیستم پیش تصفیه در کنترل و حذف میکروارگانیزم ها از جمله دیاتومه و چند نوع جلبک میکروسکوپی می باشد. این معضل به عنوان مادر سایر مشکلات موجود در سایت درگهان تبدیل شده به نحوی که عملکرد کل سیستم را تحت تاثیر قرار داده است. برای فائق آمدن به این مشکل راهکارهای مختلفی متصور است که در ادامه از نظر فنی و اقتصادی امکان سنجی و مقایسه خواهند شد.

(۱) حفر چاه فلمن برای تامین آب

مطالعات میدانی و همچنین تجارب عملی چندین سایت RO موجود در استان نشان دهنده ی موفقیت آمیز بودن روش بهره برداری از چاه های فلمن در منطقه است. توجه پذیری اقتصادی و فنی حفر و بهره برداری از این چاه ها بر هیچ کسی پوشیده نیست. اما از آنجا که خاک منطقه ی درگهان از نظر زمین شناسی عمدتاً مارنی می باشد، بهره وری چاه های فلمن نمی تواند چندان موثر باشد. مگر اینکه چاه در مناطق بسیار دور تری با ترکیب زمین شناسی مناسب حفر شده و آب توسط لوله (از جنس کمپوزیت پی وی سی و فایبر گلاس) به محل کارخانه منتقل گردد. توجه پذیری فنی این روش مناسب بوده اما از نظر اقتصادی بار مالی اولیه ی زیادی را تحمیل می نماید.

حفر چاه نیمه های مصنوعی با ساختار زمین شناسی از پیش تعیین شده نیز می تواند پاسخگوی این امر باشد، به نحوی که تشکیلات آن قابلیت شستشوی مجدد و بازیابی را داشته باشد. در این روش نیز علیرغم عملکرد موثر چاه نیمه، توجه پذیری اقتصادی بسیار غیر محتمل می نماید.

(۲) بهینه سازی شرایط آبگیر آرامش

بر اساس مطالعات صورت گرفته و مشاهدات میدانی بهینه سازی شرایط استخر آرامش به عنوان یکی از مهم ترین راهکارهای قابل ارائه در سایت در گهان مطرح می باشد. طبق مطالعات صورت گرفته زماند ماند آب خام در استخر موجود برای ته نشینی ذرات معلق موجود در آب دریا به هیچ وجه کافی نمی باشد. از طرفی اغتشاش و تلاطم موجود در استخر به علت به اصطلاح زیگراگ بودن مسیر شرایط را برای ترسیب ذرات به شدت دشوار می نماید. از طرفی در ساخت استخر های موجود هیچ گونه لاگونی برای جمع آوری رسوبات تعبیه نشده است و این خود عاملی برای بازگشت رسوب به جریان است.

فائق آمدن بر این معضل می تواند به صورت ساخت یک استخر آرامش مجزا با طراحی جدید در منطقه صورت گیرد و یا اینکه از استخر دو بخشی موجود به عنوان یک استخر دو مرحله ای واحد استفاده گردد. در حالت اول می توان با اعمال حداکثر طول پیمایش آب خام و افزایش حجم آبگیر شرایط آرامش و ماند کافی برای آب را فراهم نمود. همچنین لازم است لاگونی برای جمع آوری رسوبات در کف شیب دار تعبیه گردد. در این حالت توجه پذیری فنی کاملاً رعایت می شود اما از دیدگاه اقتصادی دارای هزینه ی اولیه ی بالایی است.

در حالت دوم با استفاده از ساخت و ساز های پیشین صورت گرفته می توان طراحی را به نحوی تغییر داد که آبگیر شماره یک به عنوان ورودی آبگیر شماره ۲ عمل نماید. در این حالت بار مالی کمی متوجه پیمانکار بوده و توجه پذیری اقتصادی دارد اما از نظر فنی نمی توانند با کارآمدی حالت اول (ساخت استخر جدید) رقابت کند. به هر حال هریک از دو حالت که در نظر گرفته شود، به توجه به مشاهدات و مطالعات صورت گرفته، لزوم اجرای این راهکار (بهینه سازی آبگیر آرامش) برای ارتقای کیفی سیستم پیش تصفیه کاملاً ضروری و حیاتی به نظر می رسد.

(۳) استفاده از فرایند پیش اکسایش و انعقاد در پیش تصفیه برای حذف دیاتومه و جلبک ها

فرآیندهای انعقاد مرسوم در حال حاضر معمول ترین روش حذف جلبک ها در خلال تصفیه آب به شمار می روند و عمل پیش اکسیداسیون آب های حاوی جلبک به طور ویژه ای می تواند فرآیند انعقاد را بهبود بخشد. پیش اکسیداسیون می تواند فرآیند حذف جلبک را در فیلتراسیون مستقیم از طریق غیر متحرک سازی جلبک های جنبنده بهبود بخشیده و از این طریق منجر به ایجاد بیوپلیمرهایی از جلبک ها شوند که خود به عنوان یک کمک منعقد کننده عمل می نمایند.

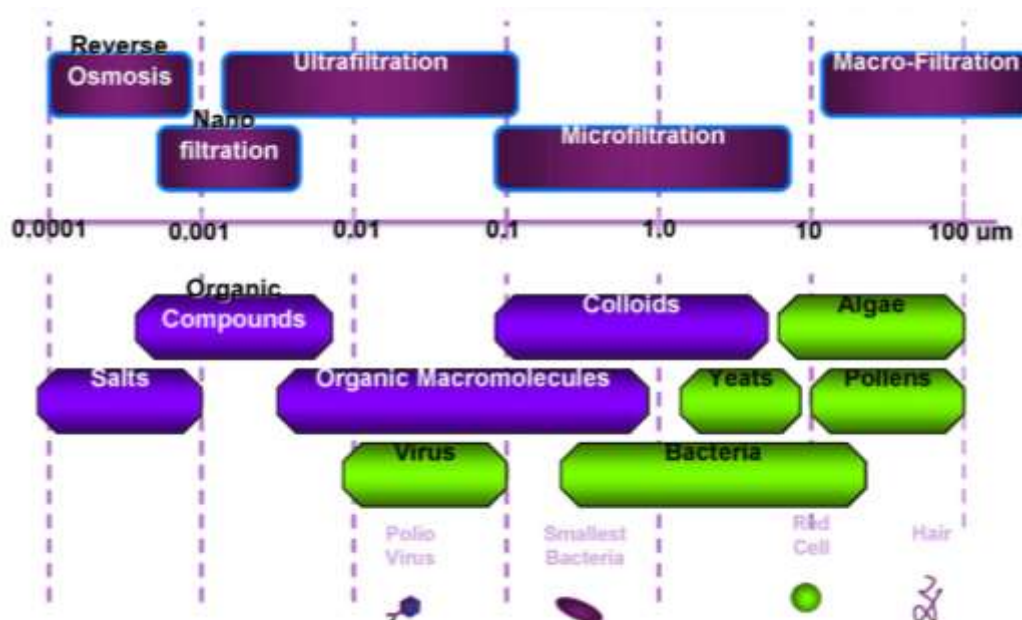
مطالعات قبلی نشان می دهد که پیش تصفیه توسط ترکیبات اکسید کننده مثل کلرین، دی اکسید کلرین و ازن منجر به افزایش انعقاد و حذف جلبک ها می شود. به علاوه پرمنگنات پتاسیم نیز بعنوان یک پیش اکسید کننده جایگزین در افزایش و بهبود عملکرد فیلتراسیون مستقیم آبهای سطحی مطرح می باشد. هدف از این تحقیق تعیین شرایط بهینه حذف جلبک ها با استفاده از پیش اکسیداسیون و به دنبال آن عمل انعقاد بر روی آب حاوی دیاتومه ها، بویژه *Cyclotella* sp. در خلال فرآیند تصفیه آب می باشد. مواد منعقد کننده مورد استفاده در این تحقیق پلی آلومینیوم کلراید ۱۷٪ می باشد که بعنوان موثر ترین منعقد کننده شناخته می شود و نیز اکسید کننده ها عبارتند از کلرین و پرمنگنات پتاسیم.

همانطور که بیان شد راندمان فرآیند انعقاد می تواند بطور ویژه ای توسط پیش اکسیداسیون آب حاوی جلبک ها ارتقاء یابد. با استفاده از آزمایش جارتست شرایط بهینه حذف دیاتومه ها بویژه *Cyclotella* sp. با استفاده از پیش اکسیداسیون و به دنبال آن عملیات انعقاد، مشخص می گردد. به این منظور از غلظت های مختلف پلی آلومینیوم کلراید (PAC) در فرآیند انعقاد با و بدون استفاده از پیش اکسیداسیون همراه کلرین استفاده می گردد. در pH معادل ۷/۷، پیش اکسیداسیون با استفاده از ۲ ppm Cl_2 و به دنبال آن انعقاد با ۷/۵ ppm منعقد کننده PAC توانایی دارد غلظت *Cyclotella* sp. را تا ۸۶٪

کاهش دهد. این حالت حدود ۴۰۰ درصد بهتر از شرایط موجود در سایت درگهان با راندمان حدود ۲۰٪ می باشد. این روش به عنوان راهکار ارتقای پیش تصفیه تنها در شرایطی موثر واقع می شود که آبگیر آرامش سایت درگهان بهینه سازی گردد، در غیر این صورت اجزای لخته شده که ترسیب ننموده اند، می توانند خود عامل فولینگ غشا گردند.

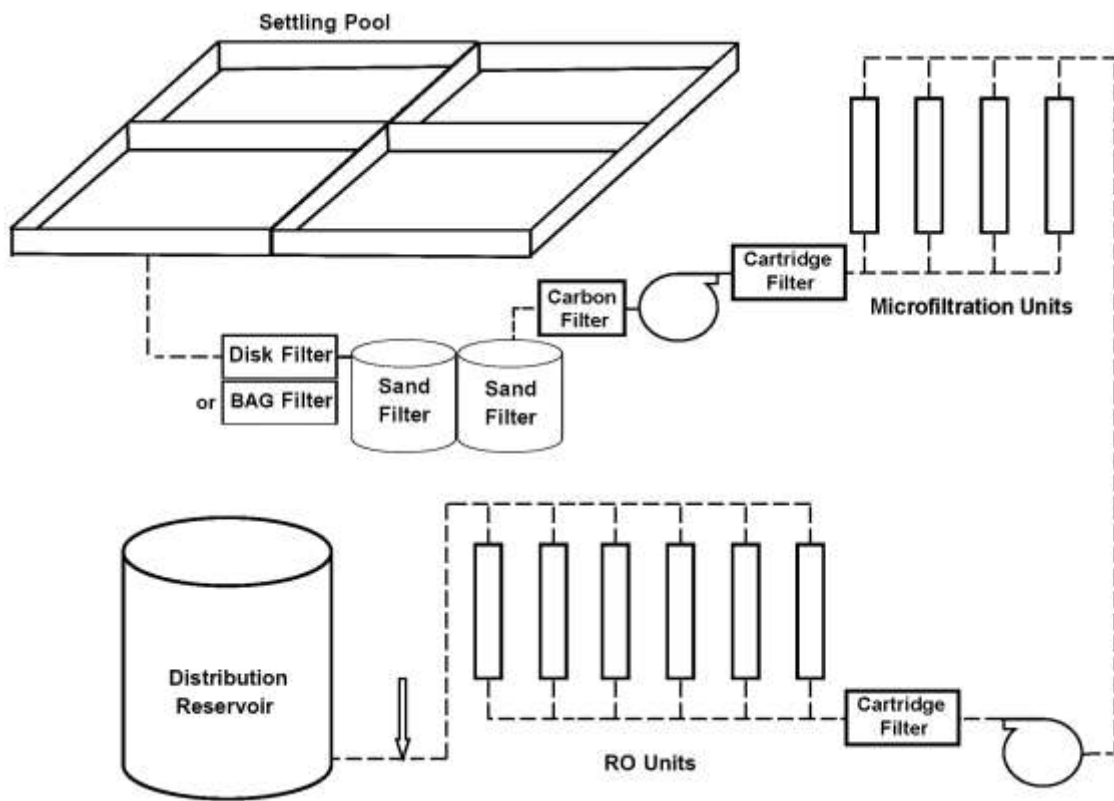
(۴) استفاده از سیستم MF (میکروفیلتراسیون) به عنوان واحد پیش تصفیه ثانویه

سیستم میکروفیلتراسیون به عنوان یک سیستم موفق و شناخته شده در امر پیش تصفیه و تصفیه منابع آب با محدوده ی عملکردی موثر در بازه ی ۰٫۱ تا ۱۰ میکرون می تواند کارایی خود را در مورد خاص سایت درگهان و البته سایر سایت های با معضل مشابه از جمله سایت هنگام، به خوبی نشان دهد (شکل شماره ۷-۲).



شکل شماره ۷-۲- نوع فیلتراسیون متناسب با اندازه ذرات

میکرو فیلتراسیون علاوه بر ذرات در بازه ی ۰٫۱ تا ۱۰ میکرون که شامل ترکیبات کلوئیدی، مخمرها، باکتریها (از کشند سرخ گرفته تا کوچکترین انواع باکتری) و برخی از ماکرومولکولهای بسیار حجیم می باشد، به راحتی از عبور ذرات بزرگ تر از ۱۰ میکرون از جمله جلبک ها و گرده ها و میکروارگانیزم ها نیز جلوگیری می نماید. هرچند برای جلوگیری کاهش کارایی این سیستم به ویژه در سایت درگهان لازم است این سیستم به عنوان پیش تصفیه ثانویه و در انتهای مسیر پیش تصفیه موجود (البته پس از بهینه سازی استخر آرامش) در مدار قرار گیرد (شکل شماره ۷-۲).



شکل شماره ۷-۲- طراحی شماتیک سایت درگهان و موقعیت پیشنهادی میکرو فیلتراسیون MF

(۵) استفاده از کانی گارنت در صافی شنی

امروزه صافی های ماسه ای تند تک لایه، به دلیل ضعف کارایی و انسداد سریع صافی، جای خود را به صافی های دولایه و سه لایه داده اند. ماسه سیلیسی به علت دوام زیاد و قیمت کم همیشه به عنوان یک لایه از بستر صافی دو لایه مطرح بوده است.

از جمله معایب صافی های تک لایه می توان به رشد ارگانیزم ها درون صافی اشاره کرد که نشان دهنده ساختار یک لایه فعال بیولوژی است که به قشر لزج روی صافی موسوم است و در طی بهره برداری از یک صافی شنی کند به وجود می آید و باعث ایجاد افت فشار در صافی تک بستری می شود. یکی دیگر از معایب این نوع صافی ها این است که بستر پس از شستشو، به لایه هایی تقسیم می شود که لایه های بالایی را ماسه های ریز دانه و لایه های پایینی را ماسه های درشت دانه تشکیل می دهند. یکی از روشها، استفاده از صافی های دو لایه و سه لایه است. در این نوع صافی ها از بالا به پایین اندازه دانه ها کوچک تر می شود و وزن مخصوصشان افزایش می یابد. در نتیجه در لایه های بالایی تجمع ذرات، یکسان تر انجام می گردد و سبب می شود که بعد از هر بار شستشوی صافی، بستر صافی حالت قبلی خود را حفظ کند. به این طریق از کل عمق صافی بهره برداری می شود و حجم بیشتری از مواد معلق در صافی به جا می ماند و در نتیجه حجم بیشتری از آب در بین دو شستشو، تصفیه می شود.

کیفیت آب فیلتر شده بستگی به دو عامل نوع بستر و اندازه بستر دارد. اگر دانسیته ذرات تشکیل دهنده صافی با هم متفاوت باشند، ذرات لایه بندی می شوند و توده چند لایه ای در محیط صافی به وجود می آید که منجر به افزایش عمق و کارایی و به حداقل رساندن عمل شستشوی معکوس می شود. استفاده از گارنت در صافی های چند بستری این امتیاز را دارد که زمان مورد نیاز برای شستشوی معکوس کمتر می شود. گارنت یک نوع گرانول شیمیایی با فرمول عمومی $A_3B_2(SiO_4)_3$ است که در آن A

معرف کاتیون های فلزات قلیایی خاکی است. همچنین گارنت به علت دارا بودن سختی و پایداری در مقابل فرسایش، بسیار مقاوم است. از گارنت نیز و در فرایند تصفیه آب دارای استاندارد NSF و AWWA استفاده می شود.

گزارشات نشان می دهد که کارایی حذف کدورت، دیاتومه، جلبک، روتیفر و نماتد در شرایط لایه بندی مطلوب و استفاده از سیستم شستشوی معکوس با استفاده از آب و هوا در صافی پایلوت بین ۹۲ تا ۹۸ درصد و صافی شاهد دو لایه ای بین ۷۲ تا ۸۹ درصد بوده است که نشان دهنده برتری غیر قابل انکار کارایی استفاده از صافی سه لایه ای با گارنت نسبت به صافی دو لایه ای در حذف پارامترهای مورد سنجش است. از دیدگاه فنی و اقتصادی به کار بردن این روش در سیستم پیش تصفیه RO در درگاهان می تواند برای حذف ذرات معلق و میکرو ارگانیسم ها موثر باشد.

(۶) استفاده از نانو کوتینگ

همانطور که قبلاً نیز بیان شد استفاده از روش های پیشرفته ی نانو نیز یکی از راهکارهای بسیار عملی در حل این معضل است. که می تواند از هر دو دیدگاه فنی و اقتصادی توجیه پذیری بیشتری نسبت به دو راهکار بیان شده داشته باشد. از دیدگاه فنی روش پوشش دهی نانو نسبت به روش های گند زدایی شیمیای دارای مزایای ویژه ای است. نانو پوشش ها به دلیل پایداری و ماندگاری بسیار بالاتر نقش بسیار موثری در افزایش راندمان و عمر فیلتر ها و غشاء ها خواهند داشت. به علاوه هزینه انجام نانو پوششها در فیلترهای RO بین ۲۰ تا ۳۰ درصد هزینه فیلتر خواهد بود. هزینه افزایش سطح فیلترهای شنی ۱۰ تا ۱۵ درصد هزینه کل فیلتر بوده و هزینه پوششهای نانوبرروی فیلترهای شنی ۵۰ درصد هزینه فیلتر شنی خواهد بود.

(۷) استفاده از فیلتر DE

در این روش بقایای دیاتومه های موجود در آب دریا به عنوان صافی عمل می نماید که به آن Diatomaceous Earth (DE) گفته می شود. فیلتراسیون به روش DE فرآیندی است که در آن از دیاتومه ها (بقایای اسکلت موجودات زنده تک سلولی) بعنوان مدیای فیلتر استفاده می شود. فیلتراسیون به روش DE مبتنی بر یک لایه ایجاد شده از Diatomaceous earth بر روی ساختار فیلتر می باشد.

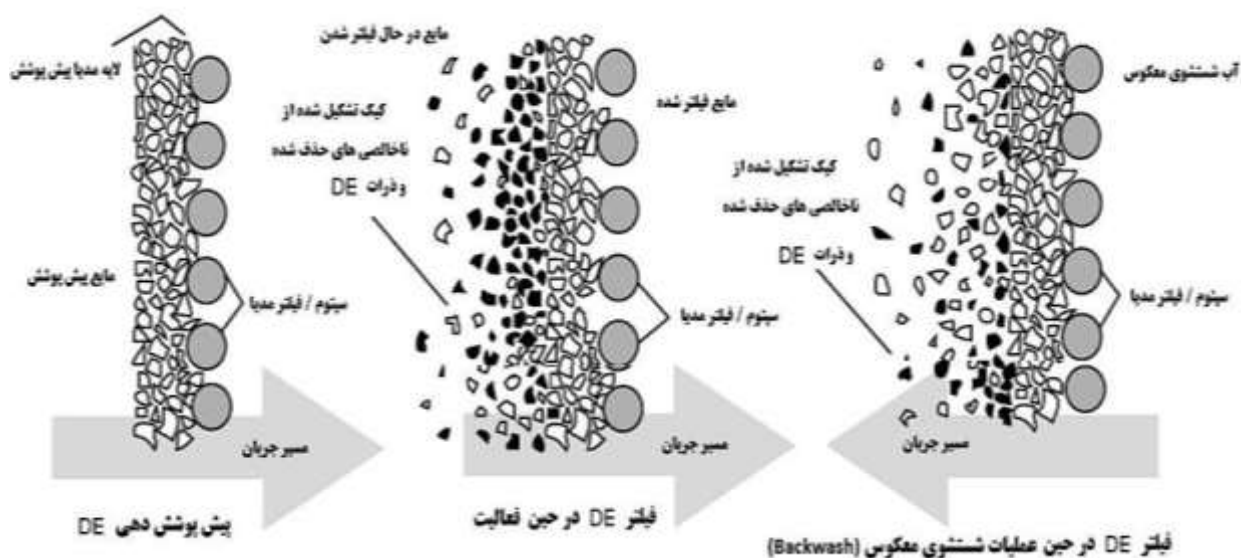
فیلترهای DE از بهره برداری آسانی برخوردار بوده و در حذف کیست ها، جلبک ها و آزبست از آب بسیار کارآمد می باشد. فیلتراسیون به روش DE در بسیاری از صنایع غذایی و تولید ماء الشعیر از ۷۰ سال پیش تا کنون مورد استفاده قرار داشته است. از این رو این روش بعنوان یک روش ارزان قیمت جهت تولید آب آشامیدنی با کیفیت بالا مورد استفاده قرار گرفته است. در حال حاضر روش DE یکی از روش های مورد تایید آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) به منظور تصفیه آبهای سطحی می باشد و برای جوامع با جمعیت کم بسیار مناسب است.

DE در بردارنده اسکلت های فسیلی شکل از گیاهان آبرزی میکروسکوپی به نام دیاتومه ها می باشد. سایز و اندازه این دیاتومه ها در بازه کمتر از ۵ میکرومتر و بزرگتر از ۱۰۰ میکرومتر قرار می گیرد و این ذرات از قابلیت ویژه ای در استخراج سیلیکا از آب به منظور ساخت ساختار اسکلتیشان برخوردارند. زمانی که دیاتومه ها می میرند، بقایای اسکلت آنها منجر به تولید دیاتومیت ها می شوند. در حالت طبیعی ۸۵ درصد دیاتومیت را سیلیکای بی اثر (خنثی) تشکیل می دهد، همچنین بخش محلول دیاتومیت نیز بسیار کم و ناچیز (کمتر از ۱ درصد) می باشد. ویژگی های بی بو بودن، بی مزه بودن و از لحاظ شیمیایی خنثی بودن، DE را به ترکیبی امن جهت فیلتراسیون آب و سایر ترکیبات مایع مورد استفاده انسان بدل ساخته است.

در روش فیلتراسیون DE ذرات ریز موجود در آب گرفته می شود و این در حالی است که در این فرآیند به ندرت از ترکیبات شیمیایی منعقد کننده استفاده می شود. در گام نخست لایه ای از ذرات DE بر روی صفحات فیلتر نشانداده می شود. یک لایه محافظ نازک از DE بر روی غشای فیلتری متخلخل (یک لایه نفوذپذیر بالای کانال های جمع آوری درونی) و یا ممبرین ایجاد و یا تجمع می یابد. بازچرخانی DE بصورت دوغاب به داخل غشای فیلتر منجر به ایجاد این لایه خواهد شد. غشای مورد نظر در اغلب موارد یک پارچه پلاستیکی یا فلزی است که بر روی یک قاب فولادی پوشیده شده از سیمهای مش بندی شده پوشش داده شده است. به روش DE همچنین فیلتراسیون پیش پوشش نیز اطلاق می گردد چراکه جامدات جدا شده در ابتدای فرآیند بر روی لایه پیش پوشش داده شده از DE قرار می گیرند.

پس از شکل گیری پیش پوشش بر روی صفحات فیلتر (معمولاً رسیدن به ضخامت ۴ سانتیمتر) آب خام در بردارنده میزان کمی از DE که به آن خوراک بدن (Body Feed) گفته می شود، به داخل فیلتر تزریق می شود. به این ترتیب ذرات جامد موجود در جریان تولیدی و ذرات ریز ناخواسته در واقع به بخشی از مدیای فیلتر تبدیل می شوند. تجمع خوراک بدن DE بر روی فیلتر منجر به کاهش ملایم هد جریان (Hydraulic head) می شود. زمانی که ماکزیمم مقدار کاهش هد جریان به دست آمد، جریان آب ورودی به داخل فیلتر متوقف شده و کیک فیلتر (Cake Filter) تمیز می شود.

فشار بالا مستقیماً بر روی کیک فیلتر انباشته شده اسپری می شود و این امر باعث جدایش کیک و ایجاد یک محلول رقیق برای زهکشی ذرات سوسپانسیون از داخل وسل می شود. (شکل شماره ۷-۳).



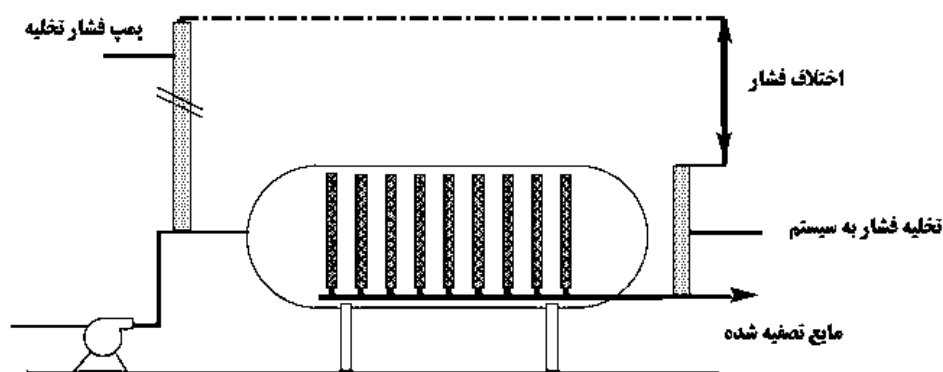
شکل شماره ۷-۳- فیلتر DE

دو روش متفاوت در فیلتراسیون به روش DE وجود دارد:

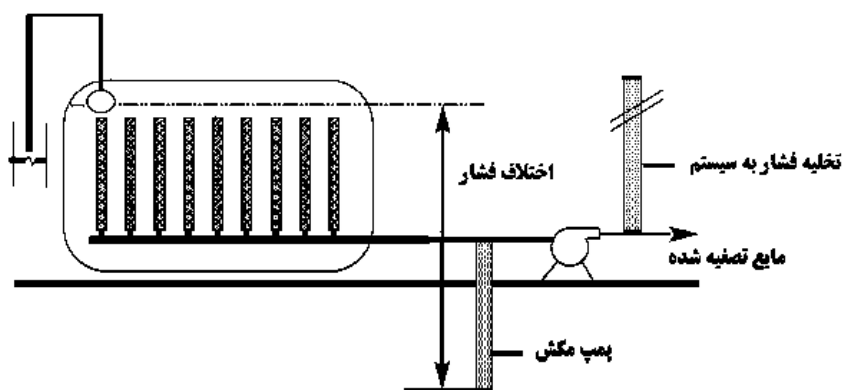
۱- فیلترهای تحت فشار، که دربردارنده یک پمپ و یا یک منبع آب با فشار بالا در سمت جریان ورودی می باشند.

۲- فیلترهای وکیوم، که دارای یک پمپ در سمت جریان خروجی می باشند.

فیلترهای وکیوم دارای مسیر دسترسی به هوای آزاد هستند و این درحالی است که فیلترهای فشاری توسط محفظه های مخصوص در بسته تحت فشار هستند. به واقع پایه و اساس اصلی طراحی هر یک از دو نوع فیلتر DE مبتنی بر حالت و شرایط هیدرولیک بهره برداری می باشد. در شکل های شماره ۴-۷ و ۵-۷ هر دو نوع این فیلترها بصورت شماتیک نشان داده شده اند. شایان ذکر است که هدهای بالاتر قابل دسترسی در فیلترهای تحت فشار از مزایای آنها نسبت به وکیوم فیلترها می باشد.



شکل شماره ۷-۴- فیلتر DE از نوع تحت فشار



شکل شماره ۷-۵- فیلتر DE از نوع وکیوم

به عنوان یک جمع بندی در ارتباط با روش های مورد نظر برای سایت در گهان باید اذعان نمود که استفاده از یک راهکار به تنهایی نمی تواند در این خصوص چاره گر باشد. بنابر این با توجه به توجیه پذیری اقتصادی و فنی هر یک از روشها می توان موارد زیر را به عنوان راهکار اساسی و نهایی ارتقای پیش تصفیه سایت در گهان اعلام نمود:

- (۱) بهینه سازی آبگیر آرامش و استفاده از فرایند پیش اکسایش و انعقاد در پیش تصفیه
- (۲) الحاق سیستم MF (میکروفیلتراسیون) به انتهای سیستم پیش تصفیه کنونی به عنوان واحد پیش تصفیه مضاعف.

نتیجه گیری و پیشنهادات

۸-۱- نتیجه گیری و پیشنهادات

بررسی های تحقیق حاضر نشان می دهد که تاسیسات آب شیرین RO موجود در استان هرمزگان با وجود آنکه از یک ساز و کار و فلسفه یکسان در شیرین سازی آب استفاده می نمایند، اما به لحاظ فرآیندی و بهره برداری تفاوت های قابل توجهی با یکدیگر دارند.

این مسئله در سیستم پیش تصفیه، فرآیندهای مورد استفاده و مواد مصرفی مورد استفاده در هریک از سایت های مورد مطالعه به طور قابل توجهی نمود عینی دارد. این در حالی است که نظام مندی بهره بردار و ساز و کار سازمانی نظم یافته نیز که خود یکی از عوامل موثر در ارتقاء فرآیند پیش تصفیه می باشد، در تاسیسات مورد مطالعه کاملاً با یکدیگر متفاوت می باشد.

بررسی ها همچنین نشان می دهند که معضلات موجود عمدتاً شامل خوردگی، رسوب گذاری و انباشتگی یا فولینگ می باشد؛ که این مشکلات به دلیل عدم وجود تاسیسات مناسب و همچنین طراحی ناهماهنگ سیستم پیش تصفیه موجود با شرایط طبیعی منطقه و صرفه جویی های بعضاً غیر ضروری می باشد. لذا محققین پیشنهادات ذیل را جهت بهبود شرایط موجود پیشنهاد می نمایند:

- ۱- تعویض مخازن، لوله ها، شیرآلات و اتصالات فلزی (آلیاژ آهن) با مشابه آن از جنس PVC و یا دابل استیل ضد زنگ در سایت فین.
- ۲- الحاق فرایند گندزدایی به صورت کامل شامل مراحل کلر زنی و حذف کلر باقیمانده به مراحل پیش تصفیه آب در سایت فین.
- ۳- تعویض و یا احیای فیلتر کربن فعال مورد استفاده در سایت هرمز.
- ۴- افزودن یک واحد جدید به سیستم تصفیه کربن فعال اصلاح شده به عنوان واحد پس تصفیه به منظور حذف رنگ و ترکیبات آلی باقیمانده از فرایند RO در سایت هرمز.
- ۵- استفاده از روش های پیشرفته ی نانو کوتینگ بسترهای شنی بعنوان فیلترهای شنی اصلاح شده در سایت هرمز.
- ۶- بهینه سازی آبگیر آرامش در سایت در گهان.
- ۷- الحاق سیستم MF (میکروفیلتراسیون) به انتهای سیستم پیش تصفیه کنونی جهت افزایش راندمان عملکرد واحد RO در سایت در گهان.
- ۸- استفاده از فیلتر های شنی اصلاح شده به صورت تصحیح سه لایه ای با گارنت و یا پوشش نانو همزمان با فیلتر های شنی موجود در مسیر پیش تصفیه.
- ۹- بر اساس نتایج آنالیز آزمایشگاهی، آب خروجی از آب شیرین کن های مورد مطالعه عموماً دارای مقادیر pH کمتر از ۷ بوده و می توان گفت از ماهیت نسبتاً اسیدی برخوردارند. بنابر این ضروری است پیش از توزیع آب تصفیه شده، واحد فرایند کنترل خوردگی که شامل افزایش املاح قلیایی برای تثبیت pH در حدود ۷٫۵-۷ می باشد، به سیستم تصفیه الحاق گردد.

۸-۲- پیشنهاد استاندارد های کیفی آب شرب تولیدی سامانه های RO

علیرغم اینکه محدوده ی تحقیقاتی در این گزارش به مسائل سیستم پیش تصفیه محدود می شود، اما مولفین بنا به مشاهدات، آزمایشات و تجربیات کسب شده از مطالعات صورت گرفته و مشاوره با کارشناسان و اساتید امر بر خود وظیفه می دانند تا نکاتی چند بر پیشنهادات افزوده و بار وظیفه را سلامت به سر منزل برسانند.

باتوجه به اینکه مهم ترین هدف از تامین آب شرب، حفظ سلامت جامعه می باشد، و از طرفی پتانسیل بالای تامین آب شرب با کیفیت در استان با احداث روزافزون سایت های RO وجود دارد، لذا ضروری است نگاهی چند به فلسفه ی استانداردهای کیفی تامین آب شرب داشته باشیم.

استانداردهای کیفیت و کنترل آلاینده ها، قوانین، بخشنامه ها و دستورالعمل هایی هستند که توسط سامان های مرتبط با محیط زیست وضع می گردند و به علت داشتن پشتوانه قانونی پیروی از آنها الزامی است. الزامی بودن استانداردها لزوماً به معنی داشتن پشتوانه علمی و تحقیقاتی مناسب نیست.

بر خلاف استانداردها، معیارها بر پایه تحقیقات و اطلاعات میدانی از کیفیت آب و اثرات آلاینده ها تدوین می گردند ولی پشتوانه قانونی ندارند. به عبارت دیگر در صورتی که معیارها توسط سازمان های مسئول به صورت قانون تصویب گردند، استاندارد نامیده می شوند. در کشور ما در حال حاضر استانداردهای محدودی برای منابع آب وجود دارد و در موارد دیگر از توصیه های سازمان های معتبری چون سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) استفاده می گردد. در ادامه دو تعریف اساسی در ارتباط با استاندارد ها مورد بحث و بررسی قرار گرفته است:

◀ حداکثر مطلوب: عبارت است از حداکثر غلظتی از مواد که برای تخصیص نسبت به مورد مناسب تشخیص داده می شود. چنانچه منبع مورد مطالعه حاوی موادی در غلظت بالاتر از

حداکثر مطلوب باشد، از نظر کیفیت در حد پایین تری قرار دارد اما تا رسیدن به سطح حداکثر مجاز قابل تخصیص است.

◀ حداکثر مجاز: عبارت است از حدی که اگر غلظت مواد موجود در منبع مورد مطالعه از آن تجاوز کند، منبع مذکور به منظور تخصیص نسبت به مورد، مناسب نمی باشد و تخصیص مداوم آن در دراز مدت اثرات زیان بخش و مخربی را بر سلامت و حیات مصرف کننده موردی باقی خواهد گذاشت.

همانطور که مشاهده می شود استفاده از واژه ی «حداکثر» در هر دو تعریف به خوبی به حد بالایی کمیت پارامتر مورد نظر اشاره می نماید. لذا در استفاده از استاندارد های کیفی و اعمال آنها باید توجه داشت که کیفیت منبع زمانی در شرایط ایده آل قرار دارد که حداکثر فاصله را از حد تعریف شده داشته باشد.

بر همین اساس در ارتباط با پارامتر های کیفی منابع آب شرب استان هرمزگان و با استناد به مطالعات بسیار دقیق آزمایشگاهی و تحلیل نتایج آنها می توان به جرات اعلام نمود که آب خروجی از اکثر آب شیرین کن های استان چه از نظر استانداردها و چه از نظر معیار ها، در حد قابل قبول و بعضاً عالی قرار دارند.

با این وجود با کمال تاسف و اندوه مشاهده می شود که برخی پیمانکاران سایت های RO به استناد قرارداد منعقد با شرکت آب و فاضلاب استان و بر مبنی حدود کیفی حداکثر مجاز اشاره شده در آن، اقدام به کاهش شدید کیفیت آب خروجی از سیستم نهایی خود می نمایند.

با علم بر این مطلب که منبع آبی با شرایط کیفی «حداکثر حد مجاز» **تنها و تنها** در شرایطی قابل تخصیص خواهد بود که منبع آبی با شرایط بهتر موجود نبوده یا تولید آن مقدور نباشد، پیشنهاد می شود شرکت آب و فاضلاب استان هرمزگان در اسرع وقت اقدام به تصحیح قرارداد و صدور ابلاغیه به پیمانکاران مبنی بر تخصیص آب خروجی از تاسیسات RO **بدون کاهش کیفیت** نماید. مضافاً اینکه مطابق با آخرین ویرایش استانداردهای کیفی آب شرب^۱ منتشر شده توسط آژانس بسیار معتبر EPA میزان حداکثر مجاز پارامتر کیفی TDS برابر با 500 mg/L اعلام شده است (۲۲).

در همین خصوص لازم و ضروری است که بازدید، نمونه برداری و آنالیز ادواری از آب تولیدی کلیه سایت های اسمز معکوس حداقل به صورت سه ماه یکبار (فصلی) و ترجیحاً ماهانه و بدون اعلام قبلی صورت گیرد. نتایج بایستی شامل برگه آنالیز پارامترهای فیزیکوشیمیایی و بیولوژیک (میکربی و انگلی) بوده و توسط حداقل یک آزمایشگاه همکار شرکت آب و فاضلاب و معتمد سازمان حفاظت محیط زیست مورد تائید قرار گیرد. این برنامه می تواند تحت عنوان پایش کیفی آب شرب استان در شرکت آب و فاضلاب طبقه بندی گردد.

بر این اساس، معیارهای کیفی آب شرب تولیدی از سامانه های RO موجود در استان هرمزگان، که منطبق با استاندارد کیفی آب آشامیدنی شرکت آب و فاضلاب در تاریخ ۸۹/۶/۱۰ می باشد در جدول شماره ۱-۸ به تفصیل بیان شده است. شایان ذکر است که مفاد جدول زیر در انطباق کامل با استانداردهای کیفی آب شرب سازمان بهداشت جهانی (WHO) نیز می باشد که با توجه به شرایط کیفی در استان هرمزگان بهینه سازی شده است.

¹ 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories, EPA 822-S-12-001

جدول شماره ۸-۱- استاندارد پیشنهادی کیفیت آب تولیدی سامانه های RO استان هرمزگان

ردیف	پارامتر	واحد اندازه گیری	استاندارد پیشنهادی	اندازه گیری
۱.	باکتری های هتروتروف	CFU/ml	۵۰۰	آزمایشگاه
۲.	کل کلیفرم	MPN/100ml	صفر	باکتریولوژی
۳.	بو	TON	قابل قبول مصرف کننده	تست سه نفره
۴.	pH	-	۶٫۵ - ۸٫۵	آزمایشگاه آب
۵.	رنگ حقیقی	Pt-Co unit	کمتر یا مساوی ۱	
۶.	TDS	mg/l	۵۰۰	
۷.	سدیم	mg/l	۲۰۰	
۸.	کلراید	mg/l	۲۵۰	
۹.	سولفات	mg/l	۲۵۰	
۱۰.	نیتрат	mg/l	۵۰	
۱۱.	نیتريت	mg/l	۳	
۱۲.	مجموع نیترات و نیتريت	$\frac{NO_3}{50} + \frac{NO_2}{3}$	کمتر یا مساوی ۱	
۱۳.	آمونیاک	mg/l	۱٫۵	
۱۴.	سیاناید	mg/l	۰٫۰۷	
۱۵.	فلوئوراید	mg/l	۱٫۵	
۱۶.	برمات	mg/l	۰٫۰۱	
۱۷.	BOD	mg/l	۳	
۱۸.	کروم	mg/l	۰٫۰۵	تست ۴۰ عنصری ICP-MS
۱۹.	کادمیوم	mg/l	۰٫۰۰۳	
۲۰.	مس	mg/l	۲	
۲۱.	سرب	mg/l	۰٫۰۱	
۲۲.	نیکل	mg/l	۰٫۰۲	

	۳	mg/l	روی	۲۳.
	۰,۵	mg/l	بر	۲۴.
	۰,۲	mg/l	آلومینیوم	۲۵.
	۰,۳	mg/l	آهن	۲۶.
	۰,۳	mg/l	منگنز	۲۷.
	۰,۰۱	mg/l	آرسنیک	۲۸.
	۰,۰۰۱	mg/l	جیوه	۲۹.
	۰,۰۱	mg/l	سلنیم	۳۰.
	۰,۷	mg/l	باریم	۳۱.
	۰,۰۷	mg/l	مولیبدن	۳۲.
	۰,۰۰۵	mg/l	آنتیموان	۳۳.
	۰,۱	mg/l	وانادیوم	۳۴.
تست GC-MS	پیوست ب	mg/l	TPH, PAH	۳۵.
	پیوست ب	mg/l	PCBs	۳۶.

* مآخذ: شرکت آب و فاضلاب کشور استاندارد شماره TA-CO-15 ver.2. سازمان بهداشت جهانی (WHO)، سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا استاندارد شماره 822-S-12-001.

⁺ کلیه اندازه گیری ها باید طبق تواتر و دستورالعمل مصوب کنترل کیفیت در تصفیه خانه های آب به شماره ۳۱۸ صورت گیرد (به پیوست الف مراجعه نمایید).

منابع و مراجع

۱. انجمن بین المللی نمک زدایی، ۱۹۹۸، گزارش سالانه IDA Yearbook 1998، تاپسفیلد، ماساچوست.
۲. صمیمی، حسین، ۱۳۶۹، رساله تحت عنوان: ساخت و بررسی غشاءهای فشار پائین در روش اسمز معکوس، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان.
۳. صاحب‌دل‌فر، سعید، ۱۳۷۰، رساله تحت عنوان: بررسی مکانیزم جداسازی چند جزئی در روش اسمز معکوس، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف.
۴. مولایی نژاد، خدیجه، ۱۳۷۵، رساله تحت عنوان: مدلسازی سیستم‌های اسمز معکوس در حالت ویژه جذب موثر غشاء - حل شونده، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.
۵. نویدی قاضیانی، فرشته، رساله تحت عنوان: مدلسازی کارتریج‌های حلزونی اسمز معکوس بر اساس مدل انتقال MD - SF - PF، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس.
۶. مهدیه، مهری، ۱۳۸۴، رساله تحت عنوان: مدلسازی سیستم‌های اسمز معکوس در تهیه آب شیرین از آب دریا، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
۷. سرچشمه پور، مهرنوش، ۱۳۸۷، رساله تحت عنوان: پیش بینی عملکرد غشاهای اسمز معکوس با استفاده از مدل سازی ریاضی و شبکه عصبی، دانشکده فنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
۸. مصباحی، یعقوب، ۱۳۸۴، رساله تحت عنوان: نقش غشاء در تصفیه آب و پسابهای صنعتی از طریق اسمز معکوس، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۹. رضائیان، کامیار، ۱۳۸۹، رساله تحت عنوان: تصفیه پساب با استفاده از اکسیداسیون پیشرفته و اسمز معکوس، دانشکده فنی، دانشگاه رازی کرمانشاه.

۱۰. محمدی، تورج، طرح تحقیقاتی با عنوان: بررسی عملکرد علمی روشهای جلوگیری از گرفتگی (Fouling) غشاء RO، دانشگاه علم و صنعت ایران.

۱۱. قلائی، حسن، طرح تحقیقاتی با عنوان: تصفیه آب شهرهای بلوچستان با متد اسمز معکوس، دانشگاه بلوچستان.

۱۲. سلطانی، محمد و طاهرزاده، محمدجعفر، طرح تحقیقاتی با عنوان: مطالعه مکانیزم جداسازی اسیدهای ضعیف در سلهای اسمز معکوس، دانشگاه صنعتی شریف.

۱۳. امیری، محمد چالکش، ۱۳۸۹، اصول تصفیه آب، چاپ هشتم، انتشارات ارکان دانش. ص ۴۲۸.

۱۴. نفری، محمد رضا، ۱۳۸۹، اسمز معکوس، انتشارات انجمن خوردگی ایران، ص ۱۰۸۴ (ترجمه).

15. Byrne, W, 2002, Reverse Osmosis: A Practical Guide for Industrial Users, 2nd ed., Littleton, CO, Tall Oaks Publishing Inc.

16. Chon K., et.al., 2012, Combined coagulation-disk filtration process as a pretreatment of ultrafiltration and reverse osmosis membrane for wastewater reclamation: An autopsy study of a pilot plant, Water Research, Volume 46, Issue 6, Pages 1803–1816.

17. Byrne, W, 1985, Calculations to assist in evaluating RO performance data, Ultrapure Water, 2(2) 43-44.

18. Kraft, R.L., 1985, Elimination of degasifiers from high purity water systems, Ultrapure Water, 2(2), 20-27.

19. Permaseb Engineering Manual, 1982, Bulletin 304, P4, DuPont Co. Wilmington, Delaware.
20. Collentro, W.V., 1985, Use of progressive piping, Ultrapure Water, 2(4), 45-46.
21. Nusbaum, I., Argo, D.G., 1991, Design, operation and maintance of 5-MDG wasterwaterreclamation reverse osmosis plant, in Synthetic membrane processes, (Belfort G., Ed.), Academic Press, HBJ, New York.
22. EPA, 2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories, EPA 822-S-12-001, Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC.

پیوست ها

پیوست الف - دستور العمل کنترل کیفیت در تصفیه خانه های آب، نشریه شماره ۳۱۸.

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور

دستور العمل کنترل کیفیت در تصفیه خانه های آب

نشریه شماره ۳۱۸

وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
دفتر استانداردها و معیارهای فنی

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و
کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

۱۳۸۴

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور ۸۴/۰۰/۱۰۵

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

باتوجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای صنعت آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله) براساس ماده ۳۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است. استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است:

- استفاده از تخصص‌ها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
 - استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
 - بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
 - پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
 - توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استانداردها و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد
- ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیت‌های کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۴

ترکیب اعضای کمیته

پیش‌نویس اولیه این استاندارد توسط افراد زیر تهیه شده است:

آقای محمد شریفی سیستانی	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق‌لیسانس آب و فاضلاب
آقای غازی عیدان	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس بهداشت محیط

این پیش‌نویس توسط خانم مهندس نشاط مجد بازنگری و تکمیل شده است. اسامی اعضای کمیته تخصصی آب و فاضلاب دفتر استandarدها و معیارهای فنی که مسئولیت نظارت و تأیید پیش‌نویس حاضر را به عهده داشته‌اند، به ترتیب حروف الفبا عبارتند از:

آقای فرخ افرا	مهندسی مشاور سختاب	فوق‌لیسانس راه و ساختمان
آقای نعمت‌اللهی پناه	شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور	فوق‌لیسانس هیدرولوژی
آقای ابوالقاسم توتونچی	شرکت مهندسی مشاور ایراناب	فوق‌لیسانس راه و ساختمان
آقای علیرضا تولایی	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس راه و ساختمان
آقای عباس حاج‌حریری	شرکت آب و فاضلاب استان تهران	فوق‌لیسانس مدیریت صنایع
خانم مینا زمانی	دفتر استandarدها و معیارهای فنی	لیسانس مهندسی شیمی
آقای جلال‌الدین شایگان	دانشگاه صنعتی شریف	دکتر در مهندسی بیوشیمی
آقای علی‌اکبر هوشمند	شرکت تهران میراب	لیسانس مهندسی مکانیک

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	مقدمه
۲	۱- هدف
۲	۲- دامنه کاربرد
۲	۳- شرایط لازم برای آزمایشگاه تصفیه‌خانه
۳	۴- واحدهای یک تصفیه‌خانه متعارف
۴	۵- آزمایشهای مورد نیاز
۴	۵-۱ آزمایشهای فیزیکی - شیمیایی
۴	۵-۱-۱ دما
۴	۵-۱-۲ رنگ
۵	۵-۱-۳ بو
۶	۵-۱-۴ کدورت
۷	۵-۱-۵ کل جامدات معلق (TSS)
۷	۵-۱-۶ pH
۸	۵-۱-۷ اندازه‌گیری اکسیژن محلول (DO)
۸	۵-۱-۸ اندازه‌گیری کربن دی اکسید (CO_2)
۹	۵-۱-۹ هدایت الکتریکی (EC)
۹	۵-۱-۱۰ کل جامدات محلول (TDS)
۱۰	۵-۱-۱۱ قلیابیت کل (TA)
۱۰	۵-۱-۱۲ سختی کل (TH)
۱۱	۵-۱-۱۳ سولفات (SO_4^{2-})
۱۱	۵-۱-۱۴ کلرید (Cl^-)
۱۲	۵-۱-۱۵ سدیم (Na)
۱۲	۵-۱-۱۶ آمونیاک (NH_3)
۱۳	۵-۱-۱۷ نیترات و نیتريت (NO_3^- و NO_2^-)
۱۳	۵-۱-۱۸ کلر آزاد باقیمانده (Cl_2)
۱۴	۵-۱-۱۹ آهن (Fe)

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱۴	۵-۱-۲۰ منگنز (Mn)
۱۵	۵-۱-۲۱ آلومینیم (Al)
۱۵	۵-۱-۲۲ آزمایش جار
۱۶	۵-۲ آزمایشهای میکروبیولوژیکی
۱۶	۵-۲-۱ آزمایشهای باکتریایی
۱۷	۵-۲-۲ آزمایشهای زیست‌شناختی
۱۷	۵-۳ آزمایش فلزات سنگین
۱۸	۵-۳-۱ مس (Cu)
۱۸	۵-۳-۲ روی (Zn)
۱۸	۵-۳-۳ سرب (Pb)
۱۹	۶- آزمایش مواد کمیاب
۱۹	۶-۱ فلورید (F^-)
۲۰	۶-۲ برومید (Br^-)
۲۰	۶-۳ مواد پاک‌کننده
۲۱	۷- آزمایشهای مواد آلی
۲۱	۷-۱ آزمایش COD
۲۱	۷-۲ آزمایش BOD_5
۲۲	۷-۳ کل کربن آلی (TOC)
۲۲	۷-۴ چربی و روغن
۲۳	۸- آزمایشهای مواد پرتوزا
۲۳	۹- انجام آزمایشها
۲۳	۹-۱ لوازم مورد نیاز
۲۵	۹-۲ تجهیزات و مواد مصرفی آزمایشگاهی
۳۲	منابع و مراجع

مقدمه

با توجه به اینکه کیفیت آب خام در منابع آبهای سطحی و زیرزمینی متفاوت است، فرایندهای گوناگونی برای بهداشتی نمودن آب شرب وجود دارد. مجموعه این فرایندها که تصفیه آب نامیده می‌شود، شامل روشهای مختلف فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی است که با توجه به کیفیت آب خام، انتخاب و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هرگونه تغییر در کیفیت آب خام ورودی به تصفیه‌خانه، موجب تغییر در فرایند تصفیه می‌شود، تا کیفیت آب تصفیه‌شده همچنان ثابت بماند. پایش این تغییرات تنها زمانی ممکن است که آب خام ورودی طبق برنامه زمان‌بندی شده، نمونه‌برداری و مورد آزمایشهای لازم قرار گیرد.

از این‌رو، کنترل و نظارت مستمر کیفیت آب در محل ورود به تصفیه‌خانه، در مراحل مختلف فرایند تصفیه بسیار مهم و ضروری است.

به‌منظور تدوین مطالب این دستورالعمل، تصفیه‌خانه‌ای با مشخصات زیر برای تعداد آزمایشها و لوازم مورد نیاز آزمایشگاهی فرض شده است:

منبع تأمین آب ← آب سطحی (رودخانه)
کیفیت آب خام ← نمکها و مواد جامد محلول در حد مجاز آب خام، کدورت و غلظت مواد معلق متغیر و دارای افزایش هنگام بارندگی
مصارف آب تصفیه‌شده ← آشامیدنی و دیگر مصارف شهری
کیفیت آب تصفیه‌شده ← استاندارد ملی ایران برای آب آشامیدنی
فرایند تصفیه ← اشغال‌گیری فیزیکی، انعقاد و ته‌نشینی شیمیایی، صاف‌سازی، گندزدایی
ظرفیت تصفیه ← ۲۰ هزار متر مکعب در هر روز

استاندارد حاضر به‌منظور راهنمایی دست‌اندرکاران تصفیه‌خانه‌های آب (مهندسان مشاور و طراح، پیمانکاران، مجریان و مدیران) تهیه شده است تا با توجه به شرایط کیفی آب خام و تنوع فرایند تصفیه آب، لوازم و تجهیزات را بر مبنای نیازهای آزمایشگاهی تعیین و برنامه‌های نظارت کیفی آب را با جدیت دنبال کنند.

استفاده‌کنندگان از این دستورالعمل، باید با توجه به تفاوت‌های کیفی آب خام، آب تصفیه‌شده، فرایندهای تصفیه شرح داده شده در این استاندارد و مقایسه آن با شرایط موردنظر خود؛ تعداد و نوع آزمایشهای لازم را مشخص کرده و با توجه به نتایج این بررسی، لوازم و مواد مصرفی آزمایشگاه تصفیه‌خانه موردنظر را تعیین کنند.

۱- هدف

هدف از تدوین این دستورالعمل معرفی و تشریح آزمایشهای کیفی موردنیاز برای کنترل و بهینه‌سازی فرایند تصفیه و عملیات بهره‌برداری در تصفیه‌خانه‌های آب شهری است، به‌گونه‌ای که کیفیت آب تصفیه‌شده، با استانداردهای ملی و معتبر جهانی مطابقت کند.

۲- دامنه کاربرد

این دستورالعمل برای تصفیه‌خانه‌های آب شهری تهیه شده است ولی در تصفیه‌خانه‌هایی با مراکز جمعیتی کوچک‌تر نیز می‌تواند کاربرد داشته باشد.

۳- شرایط لازم برای آزمایشگاه تصفیه‌خانه

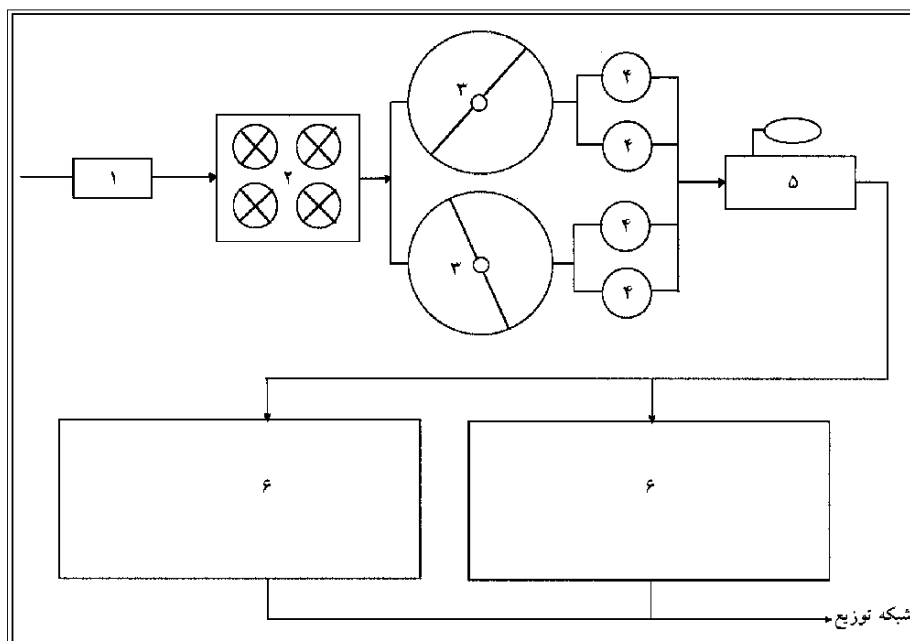
برای انجام آزمایشهای کیفی آب، هر تصفیه‌خانه باید دارای آزمایشگاهی با شرایط زیر باشد:

- نوازم و تجهیزات برای انجام آزمایشهای مورد نیاز بر اساس استانداردها
 - کارکنان آموزش‌دیده و با تجربه برای ارائه خدمات آزمایشگاهی
 - بهره‌گیری از دستورالعملها و روشهای نوین استاندارد آزمایشهای آب
- آزمایشگاه تصفیه‌خانه آب می‌تواند به‌عنوان یک آزمایشگاه معتبر، محل مراجعه اشخاص حقیقی یا حقوقی باشد و در برابر ارائه خدمات، هزینه دریافت کند.

۴- واحدهای یک تصفیه‌خانه متعارف

بخشهای سازنده یک تصفیه‌خانه متعارف که در شکل ۱ نشان داده شده، به شرح زیر است:

- واحد آشغالگیر (۱)
- واحد حوض انعقاد و لخته‌سازی (۲)
- واحد حوض ته‌نشینی (۳)
- واحد صافی شنی تحت فشار (۴)
- واحد سیستم تزریق گاز کلر (۵)
- مخزن ذخیره آب تصفیه‌شده (۶)



شکل ۱- طرح شماتیک تصفیه‌خانه متعارف

۵- آزمایشهای مورد نیاز

تعداد و نوع آزمایشهای مورد نیاز در یک تصفیه‌خانه آب، بستگی به کیفیت آب خام، فرایند تصفیه، و تعداد واحدهای تصفیه دارد. نوع آزمایشهای مورد نیاز همراه با دلایل انجام آزمایش، برای کنترل راهبری تصفیه‌خانه و کنترل کیفیت آب تصفیه‌شده در زیر تشریح شده است.

استفاده از سیستم پیوسته^۱ نیز برای اندازه‌گیری بسیاری از پارامترها پیشنهاد می‌شود.

۵-۱ آزمایشهای فیزیکی - شیمیایی

۵-۱-۱ دما

به‌طور کلی، آب سرد برای آشامیدن مطلوب‌تر از آب گرم است. دمای بالای آب، باعث تسریع رشد میکروارگانیسم‌ها می‌شود و در ایجاد طعم، بو، رنگ و مسئله خوردگی مؤثر است. در استانداردها هیچ مقدار رهنمودی برای دمای آب پیشنهاد نشده است، اما دمای آب باید مورد پذیرش مصرف‌کننده باشد. میزان دمای آب در فرایند انعقاد نقش مهمی دارد.

در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات اندازه‌گیری دما (جدول ۱) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۱- محل و دفعات اندازه‌گیری دما

محل اندازه‌گیری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	هر ۸ ساعت یک‌بار
آب خروجی از حوض ته‌نشینی	هر ۸ ساعت یک‌بار
آب خروجی از صافی	هر ۸ ساعت یک‌بار
آب خروجی از تصفیه‌خانه	هر ۸ ساعت یک‌بار

۵-۱-۲ رنگ

رنگ آب، به‌طور معمول در اثر وجود ترکیبات آلی رنگ‌دار (عمدتاً اسیدهای هیومیک و فولویک)، تجزیه گیاهان، انحلال خاک در آب و همچنین مواد معدنی مانند آهن کلوییدی، منگنز و دیگر فلزهاست که به‌صورت ناخالصیهای طبیعی ایجاد می‌شوند. همچنین ممکن است رنگ آب در اثر تخلیه پسابهای صنعتی به منابع آب، تغییر کند.

رنگ آب به دو دسته حقیقی و ظاهری تقسیم می‌شود. رنگ حقیقی مربوط به انحلال مواد است و در مراحل صاف‌سازی از بین نمی‌رود، درحالی‌که رنگ ظاهری که به‌دلیل وجود ذرات ریز معلق، جلبک‌ها و مانند آن است، با صاف‌سازی از بین می‌رود.

1 - Online

اغلب مردم رنگهای بالاتر از ۱۵ واحد رنگ حقیقی (TCU)^۱ را در یک لیوان تشخیص می‌دهند. معمولاً مردم رنگهای زیر این مقدار را می‌پذیرند. حد مطلوب رنگ در استاندارد ایران، کمتر یا مساوی ۱ واحد و حداکثر مجاز آن ۲۰ واحد است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات اندازه‌گیری رنگ (جدول ۲) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲- محل و دفعات اندازه‌گیری رنگ

محل اندازه‌گیری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز (۱ نمونه)
آب خروجی از حوض ته‌نشینی	یک‌بار در روز (۲ نمونه)
آب خروجی از صافی شنی	یک‌بار در روز (۴ نمونه)
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز (۱ نمونه)

۳-۱-۵ بو

فعالیت بیش از حد جانداران آبی و زیست‌شناختی، علت اصلی ایجاد بو در منابع آبهای سطحی است. همچنین بو به‌عنوان یکی از فراورده‌های جانبی گندزدایی (کلر زنی) نیز مطرح می‌شود. بو ممکن است نشانه آلودگی و یا نقص عملیات تصفیه یا توزیع آب باشد. اگر مقدار بو افزایش زیادی یابد، باید علت آن به سرعت بررسی شود. بوی آب آشامیدنی نباید باعث اعتراض مصرف‌کننده شود، بلکه باید مورد قبول وی باشد. ساده‌ترین راه اندازه‌گیری بو، استفاده از عدد TON^۲ یا عدد آستانه بو است که جزو روشهای حسی به‌شمار می‌آید. در این روش، یک نمونه ۲۰۰ میلی‌لیتری آب، با آب مقطر، در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد پیوسته رقیق شده تا دیگر بویی حس نشود. سپس عدد TON از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$TON = \frac{\text{حجم آب مقطر مصرف‌شده} + \text{حجم اولیه نمونه آب}}{\text{حجم اولیه نمونه آب}}$$

عدد TON در استاندارد ملی ایران، ۲ واحد در ۱۲ درجه سلسیوس و ۳ واحد در ۲۵ درجه سلسیوس است.

1 - TC U= True Color Unit
2 - TON =Threshold Odour Number

در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات اندازه‌گیری بو (جدول ۳) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۳- محل و دفعات اندازه‌گیری بو

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

۴-۱-۵ کدورت

کدورت آب در اثر وجود ذرات کلوییدی است که اغلب با افزایش مواد معلق در منبع تأمین‌کننده آب به‌وجود می‌آید. این افزایش بر اثر عوامل جوی از جمله بارندگی و سیلاب است. مقادیر بالای کدورت، می‌تواند از تأثیر ماده گندزدا بر میکروارگانیسمها بکاهد و باعث تشدید رشد باکتریها در شبکه توزیع شود.

مقایسه کدورت آب ورودی و خروجی در فرایند تصفیه می‌تواند بیان‌کننده بازدهی و میزان کارایی سیستم باشد. آبی با کدورت کمتر از ۵ واحد (NTU)^۱، معمولاً مورد قبول مصرف‌کنندگان است. حد مطلوب کدورت در استاندارد ملی ایران، کمتر یا مساوی ۱ واحد و حداکثر مجاز آن در استاندارد ایران و استاندارد WHO، ۵ واحد ذکر شده است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات اندازه‌گیری کدورت (جدول ۴) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۴- محل و دفعات اندازه‌گیری کدورت

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	هر یک ساعت یک‌بار
آب خروجی از حوض ته‌نشینی	هر یک ساعت یک‌بار
آب خروجی از صافی شنی تحت فشار	هر یک ساعت یک‌بار
آب خروجی از تصفیه‌خانه	هر یک ساعت یک‌بار

1 - NTU = Nephelometric Turbidity Unit

۵-۱-۵ کل جامدات معلق (TSS)^۱

کل جامدات معلق، به صورت مواد معلق موجود در آب و به طور کلی به صورت گل و لای هستند. مقایسه غلظت این جامدات، که از آب ورودی و آب خروجی از صافی‌ها به دست می‌آید نشان‌دهنده میزان کارایی واحدها در حذف و کاهش مواد معلق است. بنابراین، چگونگی عملکرد حوضهای لخته‌ساز، ته‌نشینی، و صافیهای شنی را می‌توان با این آزمایش بررسی کرد. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات اندازه‌گیری TSS (جدول ۵) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۵- محل و دفعات اندازه‌گیری TSS

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز (۱ نمونه)
آب خروجی از حوضهای ته‌نشینی	یک‌بار در روز (۲ نمونه)
آب خروجی از صافیهای شنی	یک‌بار در روز (۴ نمونه)
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز (۱ نمونه)

۵-۱-۶ pH

اگرچه pH در محدوده استاندارد به طور معمول اثر مستقیم بهداشتی روی مصرف‌کنندگان ندارد، اما از دیدگاه بهره‌برداری، یکی از پارامترهای مهم کیفی آب به‌شمار می‌آید. به‌منظور دستیابی به اثربخشی تصفیه و گندزدایی مطلوب، توجه دقیق به میزان pH در همه مراحل تصفیه آب ضروری است برای گندزدایی مؤثر با کلر، لازم است تنظیم در محدوده $\text{pH} < 8$ باشد. تنظیم pH آب در محدوده pH_8 (شباع) در شبکه توزیع برای حداقل خوردگی یا رسوبگذاری در سیستم الزامی است. مقادیر زیاد pH می‌تواند نتیجه تخلیه پسابهای صنعتی به منابع آب باشد. در استاندارد ملی ایران، حد مطلوب pH، بین ۷ تا ۸/۵ و برای حداکثر مجاز pH، بین ۶/۵ تا ۹ و در استاندارد WHO، $\text{pH} \leq 8$ است.

1 - T SS= Total Suspended Solid

در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات اندازه‌گیری pH (جدول ۶) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۶- محل و دفعات اندازه‌گیری pH

محل اندازه‌گیری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	هر ۸ ساعت یک‌بار (۳ نمونه)
آب خروجی حوض ته‌نشینی	هر ۸ ساعت یک‌بار در هر حوض (۶ نمونه)
آب خروجی صافی شنی	هر ۸ ساعت یک‌بار در هر صافی (۱۲ نمونه)
آب خروجی از تصفیه‌خانه	هر ۸ ساعت یک‌بار (۳ نمونه)

۵-۱-۷ اندازه‌گیری اکسیژن محلول (DO)

حلالیت اکسیژن در آب، تابع درجه حرارت و فشار جزئی این گاز است. محل و دفعات اندازه‌گیری اکسیژن (با استفاده از دستگاه اکسیژن‌سنج) در تصفیه‌خانه متعارف (جدول ۷) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود.

جدول ۷- محل و دفعات اندازه‌گیری DO

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

۵-۱-۸ اندازه‌گیری کربن دی‌اکسید (CO_2)

حلالیت این گاز، وابسته به دما و فشار جزئی گاز است و ضمن انحلال در آب، با عوامل موجود در آب ترکیب می‌شود. اندازه‌گیری به روش تیتراسیون در تصفیه‌خانه متعارف (جدول ۸) به شرح زیر است:

جدول ۸- محل و دفعات اندازه‌گیری CO_2

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

۵-۱-۹ هدایت الکتریکی (EC)^۱

هدایت الکتریکی، یکی از شاخصهای کیفی آب آشامیدنی است که ساده و به سرعت قابل اندازه گیری است و بیان کننده قدرت یونی آب برای انتقال جریان الکتریسیته و یا برق است. هدایت الکتریکی بر حسب واحد میکروموس بر سانتی متر اندازه گیری می شود و نسبت به دما، غلظت و نوع یونهای آب، تغییر می کند. اندازه گیری این پارامتر می تواند سریعاً وضعیت کلی نمکهای موجود در آب را مشخص کرده و درستی آزمایش کل جامدات محلول در آب را نیز تأیید نماید. در تصفیه خانه متعارف، محل و دفعات اندازه گیری هدایت الکتریکی (جدول ۹) به شرح زیر پیشنهاد می شود:

جدول ۹- محل و دفعات اندازه گیری هدایت الکتریکی

محل نمونه برداری	تعداد اندازه گیری
آب ورودی به تصفیه خانه	یک بار در روز
آب خروجی تصفیه خانه	یک بار در روز

۵-۱-۱۰ کل جامدات محلول (TDS)^۲

کل جامدات محلول شامل نمکهای معدنی محلول در آب به صورت کاتیونها (کلسیم، منیزیم، پتاسیم، سدیم، آهن و منگنز و ...) و آنیونها (بی کربناتها، هیدروکسیدها، کلریدها، سولفاتها، نیتراتها، فسفاتها و ...) است. مقدار TDS در آب به دلیل اختلاف حلالیت مواد معدنی در مناطق جغرافیایی مختلف، بسیار متفاوت است. مقدار TDS در آب، تأثیر بسزایی در طعم آب آشامیدنی دارد. آبی با TDS کمتر از ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر، به طور معمول برای آشامیدن، خوب در نظر گرفته می شود. حداکثر TDS در استاندارد سازمان بهداشت جهانی، ۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر و در استاندارد ملی ایران برابر ۱۵۰۰ میلی گرم بر لیتر است.

در تصفیه خانه متعارف، محل و دفعات اندازه گیری TDS (جدول ۱۰) به شرح زیر پیشنهاد می شود:

جدول ۱۰- محل و دفعات اندازه گیری TDS

محل نمونه برداری	تعداد اندازه گیری
آب ورودی به تصفیه خانه	یک بار در روز
آب خروجی از تصفیه خانه	یک بار در روز

1 - E C= Electrical Conductivity

2 - T D S= Total Dissolve Solid

۵-۱-۱۱ قلیابیت کل (TA)^۱

قلیابیت کل آب، مقدار یونهای موجود در آب است که بر اثر واکنش با یون هیدروژن خنثی می‌شوند. به این ترتیب، قلیابیت میزان توانایی آب برای خنثی کردن اسیدها است. این ترکیبات از انحلال مواد معدنی خاک و اتمسفر به دست می‌آید. به طور معمول یونهای بی‌کربنات، کربنات و هیدروکسید قلیابیت آب را تشکیل می‌دهد. قلیابیت زیاد، سبب ایجاد طعم تلخ آب می‌شود. اندازه‌گیری قلیابیت در تصفیه‌خانه‌هایی که از منعقدکننده‌ها استفاده می‌کنند، اهمیت زیادی دارد.

در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات اندازه‌گیری قلیابیت کل (جدول ۱۱) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۱۱- محل و دفعات اندازه‌گیری قلیابیت

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

۵-۱-۱۲ سختی کل (TH)^۲

به‌طور کلی غلظت نمکهای کلسیم و منیزیم محلول، سختی کل آب را تشکیل می‌دهند که بر حسب کربنات کلسیم بیان می‌شود. بسته به مقدار pH و قلیابیت، سختی بیش از ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در اثر حرارت، رسوب ایجاد می‌کند و مصرف صابون را افزایش می‌دهد. آبهای سبک با سختی کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، ظرفیت بافری کمی داشته و ممکن است برای لوله‌های آب خوردگی بیشتری داشته باشد.

در هر جامعه با توجه به شرایط محلی، مقبولیت عمومی از نظر میزان سختی آب، به‌طور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند. استاندارد ایران رقم سختی کل در آب آشامیدنی را ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تعیین کرده اما در استاندارد WHO رقمی ارائه نشده است.

در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات اندازه‌گیری سختی کل (جدول ۱۲) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۱۲- محل و دفعات اندازه‌گیری سختی کل

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

1 - Total Alkalinity

2 - TH= Total Hardness

۵-۱-۱۳ سولفات (SO_4^{2-})

سولفات به طور طبیعی در بسیاری از مواد معدنی وجود دارد و در آبهای زیرزمینی با غلظتهای زیاد مشاهده می‌شود. سولفات از آنیونهای است که کمترین سمیت را دارد. وجود سولفات ممکن است طعم قابل تشخیصی را در مقادیر بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ایجاد کند. مقادیر بیش از ۱۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفات همراه با منیزیم، سبب ناراحتیهای گوارشی و از دست‌رفتن آب بدن می‌شود.

استاندارد WHO برای سولفات، ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در استاندارد ملی ایران، ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات اندازه‌گیری سولفات (جدول ۱۳) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۱۳- محل و دفعات اندازه‌گیری سولفات

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

۵-۱-۱۴ کلرید (Cl^-)

کلرید در آب آشامیدنی، از منابع طبیعی، فاضلابهای خانگی، روانابهای شامل نمکهای ذوب‌کننده یخ و ورود آبهای شور ناشی می‌شود. غلظتهای اضافی کلرید، بسته به قلباییت آب، سرعت خوردندگی فلزات را در شبکه توزیع افزایش می‌دهد. در نتیجه، این امر منجر به افزایش غلظت فلزات در آب می‌شود.

غلظتهای بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کلرید، می‌تواند سبب پیدایش طعم قابل تشخیص در آب شود. استاندارد WHO برای کلرید، ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و در استاندارد ملی ایران، ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات اندازه‌گیری کلرید (جدول ۱۴) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۱۴- محل و دفعات اندازه‌گیری کلرید

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

۵-۱-۱۵ سدیم (Na)

نمکهای سدیم، انحلال پذیری زیادی در آب دارند. اگرچه غلظت سدیم به طور طبیعی در آبهای سطحی کم است اما ممکن است در برخی از مناطق به مقدار زیاد در آب وجود داشته و سبب تغییر طعم آب شود. غلظتهای بالاتر از ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر، ممکن است طعم غیر قابل قبولی برای مصرف کننده ایجاد کند.

غلظت آستانه طعم سدیم در آب، بستگی به آنیون مربوط و دمای آب دارد.

حد مجاز استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران برای سدیم، ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر است.

در تصفیه خانه متعارف، محل و دفعات نمونه گیری برای سدیم (جدول ۱۵) به شرح زیر پیشنهاد می شود:

جدول ۱۵- محل و دفعات اندازه گیری سدیم

محل نمونه برداری	تعداد اندازه گیری
آب ورودی به تصفیه خانه	یک بار در هفته
آب خروجی از تصفیه خانه	یک بار در هفته

۵-۱-۱۶ آمونیاک (NH_3)

آمونیاک شامل NH_3 غیر یونیزه و NH_4^+ یونیزه است. آمونیاک در محیط، از فرایندهای کشاورزی و صنعتی منشأ می گیرد. پرورش گسترده حیوانات اهلی نیز می تواند موجب افزایش آمونیاک در آبهای سطحی منجر شود. وجود آمونیاک در آب، شاخصی برای آلودگی احتمالی باکتریایی، فاضلابی و مواد زائد حیوانی است.

حد مجاز استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران برای آمونیاک، ۱/۵ میلی گرم بر لیتر (بر حسب NH_3) است.

در تصفیه خانه متعارف، محل و دفعات نمونه گیری برای آمونیاک (جدول ۱۶) به شرح زیر پیشنهاد می شود:

جدول ۱۶- محل و دفعات اندازه گیری آمونیاک

محل نمونه برداری	تعداد اندازه گیری
آب خروجی از تصفیه خانه	دو بار در هفته

۱۷-۱-۵ نیترات و نیتريت (NO_۳ و NO_۲)

نیترات و نیتريت یونهای هستند که به عنوان بخشی از چرخه طبیعی نیتروژن وجود دارند. در بسیاری از آبهای زیرزمینی، افزایش مقدار نیترات به دلیل دفع نادرست فاضلاب به چاههای جذبی و توسعه فعالیتهای کشاورزی است. وجود این ترکیبات سبب ایجاد عارضه متهموگلوبینمیا در نوزادان شیرخوار می شود و نگرانی هایی در مورد افزایش خطر سرطان در بزرگسالان در اثر ترکیبات N – نیتروز وجود دارد.

در استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران، غلظت نیترات ۵۰ میلی گرم بر لیتر (بر حسب NO_۳) است. همچنین استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران برای نیتريت، ۳ میلی گرم بر لیتر (بر حسب NO_۲) است. در هر حال، نباید میزان نیترات و نیتريت به تنهایی مورد قضاوت قرار گیرد، بلکه مجموع نسبت غلظت هر کدام، با توجه به مقادیر توصیه شده نباید از یک تجاوز کند.
$$\left(\frac{NO_3}{50} + \frac{NO_2}{3} \right) \leq 1$$

در تصفیه خانه متعارف، محل و دفعات نمونه گیری برای نیترات و نیتريت (جدول ۱۷) به شرح زیر پیشنهاد می شود:

جدول ۱۷- محل و دفعات اندازه گیری نیترات و نیتريت

محل نمونه برداری	تعداد اندازه گیری
آب خروجی از تصفیه خانه	دو بار در هفته

۱۸-۱-۵ کلر آزاد باقیمانده (Cl_۲)

به منظور تصفیه و سالم سازی آب آشامیدنی، باید از یک ماده گندزدا مانند کلر استفاده کرد. این ماده باید به مقدار مناسب به آب تزریق شود و زمان تماس کافی برای تکمیل عمل گندزدایی وجود داشته باشد و همچنین باقیمانده ماده گندزدا و ترکیبات جانبی ایجاد شده، نباید اثر ناگوار بهداشتی داشته باشد.

حدود آستانه طعم و بو برای کلر در آب مقطر، به ترتیب ۵ و ۲ میلی گرم بر لیتر است. بیشتر افراد طعم کلر یا فراورده های فرعی آن را با غلظتهای زیر ۵ میلی گرم بر لیتر تشخیص می دهند. در واقع، طعم کلر در غلظتهای بین ۰/۶ تا ۱ میلی گرم بر لیتر، برای اغلب افراد قابل تشخیص است، اما اثر زیان بخشی ندارد.

در تصفیه خانه متعارف، محل و دفعات نمونه گیری برای کلر آزاد باقیمانده (جدول ۱۸) به شرح زیر پیشنهاد می شود:

جدول ۱۸- محل و دفعات نمونه گیری کلر آزاد باقیمانده

محل نمونه برداری	تعداد اندازه گیری
آب خروجی از تصفیه خانه	سه بار در روز

۱۹-۱-۵ آهن (Fe)

آهن یکی از فراوان‌ترین عناصر پوسته زمین و عنصری ضروری در رژیم غذایی است. در تصفیه‌خانه‌هایی که از نمکهای آهن برای انعقاد، استفاده می‌شود، ممکن است مقدار آهن در آب تصفیه‌شده افزایش یابد. خوردگی لوله‌های فولادی و چدنی در شبکه توزیع نیز باید مد نظر قرار گیرد. حد مجاز استاندارد آهن در WHO و استاندارد ملی ایران، ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای آهن (جدول ۱۹) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۱۹- محل و دفعات نمونه‌گیری آهن

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی صافی شنی	یک‌بار در روز
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

* در صورتی که از نمکهای آهن برای انعقاد استفاده شود، تعداد نمونه‌برداری روزانه افزایش می‌یابد.

۲۰-۱-۵ منگنز (Mn)

منگنز در آبهای سطحی معمولاً به مقدار کم وجود دارد. وجود بیش از حد یون منگنز، رنگ آب را تغییر می‌دهد و آب برای آشامیدن نامناسب می‌شود. غلظت منگنز در آبهای فاقد اکسیژن محلول، ممکن است به چندین میلی‌گرم بر لیتر برسد، اما حضور اکسیژن محلول سبب رسوب نمکهای منگنز می‌شود. منگنز با مقادیر جزئی، عنصری ضروری برای بدن به‌شمار می‌آید اما با مقادیر زیاد و بلع طولانی مدت، اثرات زیان‌آوری به‌همراه دارد.

حد مجاز استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران برای منگنز، ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای منگنز (جدول ۲۰) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲۰- محل و دفعات نمونه‌گیری منگنز

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

۵-۱-۲۱ آلومینیم (Al)

آلومینیم عنصری فراوان با پراکندگی گسترده است. در سال‌های اخیر، کاربرد گسترده نمک‌های آلومینیم، برای انعقاد در فرایند تصفیه موجب وجود آن در آب آشامیدنی شده و این امر به دلیل عدم بهره‌برداری صحیح فرایند است. حد مجاز استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران برای آلومینیم، 0.2 میلی‌گرم بر لیتر است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای آلومینیم (جدول ۲۱) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲۱- محل و دفعات نمونه‌گیری آلومینیم

تعداد اندازه‌گیری	محل نمونه‌برداری
یک‌بار در هفته	آب ورودی به تصفیه‌خانه
یک‌بار در هفته	آب خروجی از صافی
یک‌بار در هفته	آب خروجی از تصفیه‌خانه

* در صورتی‌که از نمک‌های آلومینیم برای انعقاد استفاده می‌شود، نمونه‌برداری روزانه پیشنهاد می‌شود.

۵-۱-۲۲ آزمایش جار^۱

تعیین نوع ماده منعقدکننده و مقدار مناسب آن، با توجه به کیفیت آب خام (بویژه کدورت و pH) با استفاده از دستگاه جار انجام می‌شود. تعیین مقدار بهینه ماده منعقدکننده، از مهم‌ترین آزمایش‌ها در تصفیه‌خانه بوده و در این راستا، تنظیم pH آب در محدوده pH_8 برای جلوگیری از رسوب‌کنندگی یا خوردگی در شبکه آب آشامیدنی، بسیار مهم است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای آزمایش جار (جدول ۲۲) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲۲- محل و دفعات نمونه‌گیری آزمایش جار

تعداد اندازه‌گیری	محل نمونه‌برداری
یک‌بار در روز	آب خام ورودی به تصفیه‌خانه

*در مواقع سیلابی و تغییرات محسوس کیفی آب رودخانه این آزمایش باید براساس نیاز، در طول روز تکرار شود.

همچنین آزمایش جار بیان‌کننده وضعیت کمی و کیفی لجن حاصل از عملیات تصفیه است که خود در تنظیم فرایند زلال‌سازی بسیار مفید خواهد بود. از پارامترهای مهم در این رابطه، می‌توان به ضریب چسبندگی لجن^۱ ته‌نشین‌شده اشاره کرد.

۲-۵ آزمایشهای میکروبیولوژیکی

شناخت کیفیت میکروبیولوژیک آب آشامیدنی، ارتباط مستقیم با سلامت انسان و جامعه دارد. شناسایی باکتریها، میکروارگانیسمها و موجودات آبی که به‌طور عمده بیماری‌زا نیز هستند از دیدگاه بهداشتی، اهمیت ویژه‌ای دارد و آب آشامیدنی باید عاری از هر گونه میکروارگانیسم بیماری‌زا باشد.

آزمایشهای میکروبیولوژیک در دو بخش باکتریایی و زیست‌شناختی به‌شرح زیر ارائه می‌شود:

۱-۲-۵ آزمایشهای باکتریایی

باکتریها موجودات بسیار ریزی هستند که برخی از گونه‌های آنها بیماری‌زا بوده و می‌توانند از راه آب آلوده منتقل و بیماریهای مختلف باکتریایی را باعث شوند.

با توجه به تنوع باکتریهای بیماری‌زا در آب، کنترل آب آشامیدنی، از راه شناسایی و شمارش باکتریهای شاخص (به‌طور عمده کل کلیفرمها^۲، کلیفرمهای گرم‌پای^۳ و استریتوکوکهای مدفوعی^۴) انجام می‌شود. شمارش باکتریهای هتروتروف^۵ نیز برای بررسی میزان کارایی و عملکرد تصفیه‌خانه مهم است.

در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای آزمایش باکتریایی آب (جدول ۲۳) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲۳- محل و دفعات نمونه‌گیری آزمون باکتریایی آب

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی زلال‌ساز	یک‌بار در روز
آب خروجی صافی	یک‌بار در روز
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

-
- 1 - Sludge eCoefficient Cohesion
 2 - Total Coliforms
 3 - Thermotolerant Coliforms
 4 - Fecal Streptococci
 5 - Heterotrophic

۲-۳-۵ آزمایشهای زیست‌شناختی

ارزیابی کیفیت زیست‌شناختی آب بر اساس شناسایی و شمارش میکروارگانیسمهای آبی، میزان فراوانی، ترکیب گونه‌ها، تولید مثل و شرایط فیزیکوشیمیایی موجودات ساکن در آب انجام می‌شود. اطلاعات حاصل از آزمایشهای به‌عمل آمده موجب شناخت عوامل ایجاد رنگ، کدورت، بو و طعم و انسداد صافیها می‌شود که این امر در طراحی فرایند تصفیه و انتخاب گندزدای مناسب در شبکه توزیع آب آشامیدنی و نیز کنترل میزان کارایی تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب مؤثر است.

پلانکتونها میکروارگانیسمهای شاخص زیست‌شناختی، هستند که به‌صورت موجودات آبی و میکروسکوپی (اغلب کوچک‌تر از ۲ میلی‌متر)، در آب شناور هستند. پلانکتونها^۱ شامل انواع گیاهی (فیتوپلانکتون) و جانوری (زئوپلانکتون) هستند که به همراه جریان آب در حرکت بوده و قادرند تنها به کمک حرکات قائم، عمق مناسب زیست خود را تنظیم کنند، اما قادر به حرکت از مکانی به مکان دیگر نیستند.

در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای آزمایشهای زیست‌شناختی (جدول ۲۴) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲۴- محل و دفعات نمونه‌گیری آزمونه‌های زیست‌شناختی

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز
آب خروجی زلال‌ساز	یک‌بار در روز
آب خروجی صافی	یک‌بار در روز
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در روز

۳-۵ آزمایش فلزات سنگین^۲

آزمایش فلزات سنگین نیاز به تجهیزات خاص و گران‌قیمت دارد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود آزمایشهای مذکور (به‌طور عمده مس، روی، سرب، کروم، کادمیم، جیوه، آرسنیک و ...) توسط آزمایشگاه مرجع یا مؤسسه‌های پژوهشی و دانشگاهی انجام شود. برای مثال، چند نمونه در زیر ارائه می‌شود:

1 - Plankton
2 - Heavy Metals

۵-۳-۱ مس (Cu)

مقدار مس در آب آشامیدنی کم و در حد میکروگرم بر لیتر است اما در لوله‌کشی مسی، غلظتهای بالاتر نیز دیده شده است. مس عنصری ضروری برای بدن است، اما بلع دراز مدت آن در مقادیر زیاد، ممکن است به سیروز کبدی منجر شود. در ضمن، مس می‌تواند منجر به ایجاد طعم و رنگ در آب شود. استاندارد WHO برای مس ۱ میلی‌گرم بر لیتر است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای مس (جدول ۲۵) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲۵- محل و دفعات نمونه‌گیری مس

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در ماه
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در ماه

۵-۳-۲ روی (Zn)

روی عنصری ضروری و کمیاب است که در آب به‌صورت کمپلکس و یا نمک وجود دارد. غلظت روی در آب به‌طور طبیعی حدود ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر است. استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران برای روی، ۳ میلی‌گرم بر لیتر است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای روی (جدول ۲۶) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲۶- محل و دفعات نمونه‌گیری روی

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در ماه
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در ماه

۵-۳-۳ سرب (Pb)

سرب از عناصری است که در اثر انباشته شدن، در بدن ایجاد مسمومیت می‌کند. از این‌رو، مقدار بالاتر از حد مجاز سرب در آب آشامیدنی مشکل‌ساز است.

حد مجاز استاندارد سرب در استاندارد بین‌المللی ۰/۰۵ میلی‌گرم بر لیتر و در استاندارد WHO ۰/۰۱ میلی‌گرم بر لیتر است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای سرب (جدول ۲۷) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲۷- محل و دفعات نمونه‌گیری سرب

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در ماه
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در ماه

۶- آزمایش مواد کمیاب^۱

وجود بیش از حد مجاز برخی از عناصر کمیاب، آب را غیرقابل آشامیدن می‌سازد. وجود این ترکیبات در آب، بیشتر ناشی از تخلیه پسابهای صنعتی به منابع پذیرنده آبهای سطحی است. مهم‌ترین این عناصر، پرومید، فلورید و سیانید است. اندازه‌گیری ترکیبات فنی و شونده‌ها پیشنهاد می‌شود. در راستای حفظ سلامت آب، آزمایش پارامترهای فوق در آب خروجی از تصفیه‌خانه هر ماه یک‌بار پیشنهاد می‌شود.

۱-۶ فلورید (F⁻)

مقدار فلورید در آب خام، به‌طور معمول کمتر از ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر است و بستگی به شرایط طبیعی و دمای محیط دارد. فلورید محلول پس از ورود به بدن، به سرعت جذب سیستم گوارش می‌شود. غلظت‌های بالاتر از ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر افزایش خطر فلوروزیس دندان را به دنبال دارد و غلظت‌های بسیار بالاتر، به فلوروزیس اسکلتی می‌انجامد. حد مجاز WHO برای فلورید، ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر با در نظر گرفتن دمای آب است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای فلورید (جدول ۲۸) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲۸- محل و دفعات نمونه‌گیری فلورید

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در هفته

۲-۶ برومید (Br^-)

اکسایش یونهای برومید در مراحل اوزون‌زنی و یا دیگر مواد اکسیده، در نهایت منجر به تشکیل برومات در آب تصفیه‌شده می‌گردد. برومات موجب بروز تومورهای کلیوی در حیوانات آزمایشگاهی شده است، از این رو مؤسسه بین‌المللی سرطان، برومات را به‌عنوان ماده‌ای با امکان سرطان‌زایی در انسان رده‌بندی کرده است.

استاندارد WHO برای برومات، ۲۵ میکروگرم بر لیتر است.

اندازه‌گیری این پارامتر در آب‌های ورودی و خروجی از تصفیه‌خانه، هر هفته یکبار پیشنهاد می‌شود. اما در صورت استفاده از اندازه‌گیری باید روزانه صورت گیرد.

در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای برومید (جدول ۲۹) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۲۹- محل و دفعات نمونه‌گیری برومید

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در هفته
آب خروجی از صافی شنی	یک‌بار در هفته
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در هفته

۳-۶ مواد پاک‌کننده

مواد پاک‌کننده در شوینده‌ها استفاده می‌شوند. این ترکیبات به‌صورت مصنوعی ساخته می‌شوند و در نتیجه به طور طبیعی در آبها وجود ندارند. ورود آنها به آبهای سطحی از راه تخلیه فاضلابهای شهری و یا صنعتی است. این ترکیبها مشکلاتی مانند ایجاد کف، طعم و بو در آب به‌همراه دارند.

WHO برای پاک‌کننده‌ها استاندارد اراکه نکرده، اما استاندارد ملی ایران (MBAS) برای آنها ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر است.

در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای مواد پاک‌کننده (جدول ۳۰) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۳۰- محل و دفعات نمونه‌گیری مواد پاک‌کننده

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در هفته
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در هفته

۷- آزمایشهای مواد آلی

وجود سموم شیمیایی مانند حشره کشها، آفت کشها و نظایر آنها در منابع آب آشامیدنی، بیشتر نتیجه توسعه بی رویه فعالیتهای انسانی است. این سموم شامل آلدین، آندین، هپتاکلر، هپتاکلراپوکسید، لیندن، منوکسی کلر، کاربامات، کلردان، توگرافن، د.د.ت، کلروفنوکسی، ۲ و ۴ - دی کلروفنوکسی، ۲ و ۴ و ۵ - تی پی سیلوکس، آلاکلر، بوتاکلر، تری هالومتانها (THMs) و هالواستیک اسیدها (HAAs) هستند.

آزمایش ترکیبات فوق در آب خروجی از تصفیه خانه، هر ۳ ماه یکبار پیشنهاد می شود. مهم ترین آزمایشهای مواد آلی شامل موارد زیر است:

۷-۱ آزمایش COD

COD: اکسیژن مورد نیاز واکنشهای شیمیایی

روش کار Closed reflux: این روش با استفاده از راکتور COD و در دو ساعت انجام می شود و سپس توسط دستگاه DR4000 مقدار COD تعیین و بر حسب میلی گرم بر لیتر O_2 گزارش می شود. در تصفیه خانه متعارف، محل و دفعات نمونه گیری COD (جدول ۳۱) به شرح زیر پیشنهاد می شود:

جدول ۳۱- محل و دفعات نمونه گیری COD

تعداد اندازه گیری	محل نمونه برداری
یکبار در روز	آب ورودی به تصفیه خانه
یکبار در روز	آب خروجی از تصفیه خانه

۷-۲ آزمایش BOD_5

BOD_5 : اکسیژن مورد نیاز واکنشهای زیست شناختی

روش کار با دستگاه اکسیژن سنج براساس دستورالعمل استاندارد انجام می شود. در تصفیه خانه متعارف، محل و دفعات نمونه گیری برای BOD_5 (جدول ۳۲) به شرح زیر پیشنهاد می شود:

جدول ۳۲- محل و دفعات نمونه گیری BOD_5

تعداد اندازه گیری	محل نمونه برداری
یکبار در هفته	آب ورودی به تصفیه خانه
یکبار در هفته	آب خروجی از تصفیه خانه

۳-۷ کل کربن آلی (TOC)^۱

در کنار اندازه‌گیری مواد آلی BOD_۵ و COD، اندازه‌گیری شاخص TOC نیز متداول است. کل کربن آلی شامل تمام مواد آلی دارای پایه کربن است. این دسته، شامل بیشتر مواد آلی طبیعی (NOM)^۲ است که در آبهای سطحی یافت می‌شوند. از آنجا که فرایند انعقاد و ته‌نشینی در صورت بهره‌برداری بهینه و درست قادر به کاهش TOC است، اندازه‌گیری TOC در آب خروجی از تصفیه‌خانه نیز پیشنهاد شده است. تاکنون حد مجازی برای غلظت TOC در آب خام و یا تصفیه‌شده ارائه نشده است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای TOC (جدول ۳۳) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۳۳- محل و دفعات نمونه‌گیری TOC

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در هفته
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در هفته

۴-۷ چربی و روغن

وجود چربی و روغن در آبهای سطحی معمولاً غیرطبیعی و ناشی از حوادث اتفاقی است. شکستگی لوله‌های انتقال نفت، سقوط تانکرهای حامل مواد چربی و مانند آن ممکن است سبب افزایش چربی و روغن در منابع آب خام شود. حد مجازی برای چربی و روغن در آب آشامیدنی ارائه نشده است. در تصفیه‌خانه متعارف، محل و دفعات نمونه‌گیری برای چربی و روغن (جدول ۳۴) به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

جدول ۳۴- محل و دفعات نمونه‌گیری چربی و روغن

محل نمونه‌برداری	تعداد اندازه‌گیری
آب ورودی به تصفیه‌خانه	یک‌بار در هفته
آب خروجی از تصفیه‌خانه	یک‌بار در هفته

* در زمان وقوع حوادث، ممکن است آزمایش چند بار در روز انجام شود.

1 - Total Organic Carbon
2 - Natural Organic Matter

۸- آزمایشهای مواد پرتوزا

وجود بیش از حد مواد رادیواکتیو و پرتوزای خطرناک در آب، ممکن است در اثر وجود رگه‌های طبیعی این عناصر در زمین و یا دفع نادرست پسابهای بیمارستانی و مراکز پژوهشی یا نیروگاههای اتمی باشد. برای اطمینان از عدم وجود آلودگی به پرتوهای آلفا و بتا، آب ورودی به تصفیه‌خانه باید حداقل یکبار در سال آزمایش شود. این آزمایش برای آبهای زیرزمینی اهمیت بیشتری دارد، هرچند پس از حوادث طبیعی، بویژه زمین‌لرزه، باید تکرار شود.

۹- انجام آزمایشها

استفاده از دستورالعمل استاندارد در همه آزمایشگاهها الزامی است. بنابراین، دستورالعمل فوق باید در دسترس آزمایشگاه باشد و همه آزمایشهای ذکر شده، دقیقاً بر اساس دستورالعمل استاندارد انجام شود. برای اندازه‌گیری آنیونها و کاتیونها می‌توان از دستگاه IC (ایون کروماتوگراف^۱) نیز استفاده کرد.

۹-۱ لوازم مورد نیاز

لوازم و وسایل مورد نیاز برای انجام آزمایشهای مذکور با رعایت دستورالعملهای استاندارد به شرح زیر است:

پارامتر مورد آزمایش	لوازم و وسایل
pH	دستگاه pH متر وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی
دما	دماسنج ۵۰ تا ۱۰- درجه سانتی‌گراد (با دقت ۰/۵ تا ۱ درجه) دماسنج ۱۵۰ تا ۱۰- درجه سانتی‌گراد (با دقت ۰/۵ تا ۱ درجه) دماسنج ۲۶۰ تا ۱۰- درجه سانتی‌گراد (با دقت ۰/۵ تا ۱ درجه)
اکسیژن محلول	دستگاه DO متر
کربن دی‌اکسید محلول	لوازم شیشه‌ای
رنگ	اسپکتروفتومتر وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی
کدورت	دستگاه کدورت‌سنج وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی
بو	وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی
کل جامدات معلق	پمپ خلاء آزمایشگاهی خشک کن ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد دسیکاتور (رطوبت‌گیر) ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ میلی‌گرم وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی و یا دستگاه اسپکتروفتومتر

نوع آزمایش	لوازم و وسایل
کل جامدات محلول	حمام بن ماری بوته چینی ترازوی آزمایشگاهی خشک کن ۱۸۰ درجه سانتی گراد کاغذ صافی لوازم شیشه‌ای آزمایشگاهی و یا دستگاه اسپکتروفتومتر
هدایت الکتریکی	دستگاه هدایت سنج وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی
قلیابیت	وسایل شیشه‌ای مختلف
سختی کل	وسایل شیشه‌ای مختلف
سولفات	همزن مغناطیسی با قابلیت تنظیم دور اسپکتروفتومتر وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی
کلرید	وسایل شیشه‌ای مختلف
آمونیاک	اسپکتروفتومتر وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی
نیترات	اسپکتروفتومتر (مجهز به طیف UV) وسایل شیشه‌ای آزمایشگاهی
نیتریت	اسپکتروفتومتر وسایل شیشه‌ای مختلف
مواد پاک کننده (MABS)	اسپکتروفتومتر وسایل شیشه‌ای مختلف قیف دکانتور
فلورید	اسپکتروفتومتر وسایل شیشه‌ای مختلف
چربی و روغن	دستگاه سوکسله وسایل شیشه‌ای مختلف خشک کن ۱۰۳ درجه سانتی گراد
سدیم	فلیم فتومتر وسایل شیشه‌ای مختلف

نوع آزمایش	لوازم و وسایل
کلر آزاد باقیمانده	کیت کلر سنج DPD
ماده منعقد کننده	دستگاه آزمایش جار
کل کربن آلی	دستگاه اندازه گیری TOC
شاخصهای باکتریایی	انکوباتور، اتوکلاو، خشک کن (اتوو)، بن ماری، pH سنج همزن مغناطیسی مجهز به گرم کن، چراغ الکی، پلیت کانتیر، میکروسکوپ نوری، پیپتور، توزیع کننده محیط کشت، پلیت متوسط، ترازو، لامپ UV، وسایل شیشه ای مختلف کاغذ صافی ۰/۴۵ میکرون، دستگاه فیلتراسیون، پمپ خلأ دستگاه آب مقطرگیری، هود میکروبی
شاخصهای زیست شناختی	میکروسکوپ نوری با عدسی چشمی ۱۰ و شیئی ۲/۵، ۱۰، ۴۰، ۱۰۰، صافی غشایی و پمپ خلأ، کاغذ صافی غشایی با منافذ ۰/۴۵، ۰/۸ و ۳ میکرون، لام (Sedgwick rafter) و لامل لوازم شیشه ای مختلف

۹-۲ تجهیزات و مواد مصرفی آزمایشگاهی

در تصفیه خانه متعارف، برای انجام آزمایشهای مورد اشاره، تجهیز آزمایشگاهها به شرح زیر ضرورت دارد. بدیهی است با تغییر نوع فرایند و تعداد واحدهای تصفیه دستورالعملها متفاوت خواهد بود.

جدول الف - دستگاهها و تجهیزات

ردیف	شرح	مقدار
۱	اسپکتروفتومتر	۱ دستگاه
۲	pH متر آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۳	pH متر صحرایی (قابل حمل)	۲ دستگاه
۴	انکوباتور ۲۰ درجه سلسیوس	۱ دستگاه
۵	اجاق الکتریکی	۲ دستگاه
۶	دستگاه تهیه آب مقطر	۱ دستگاه

ردیف	شرح	مقدار
۷	ترازوی حساس با دقت ۰/۱ میلی گرم	۱ دستگاه
۸	خشک کن حرارتی 103 ± 2 درجه سلسیوس	۱ دستگاه
۹	ترازوی دو کفه ای	۱ دستگاه
۱۰	دستگاه آزمایش جار	۱ دستگاه
۱۱	گرم کن ۶ خانه با پایه ها و گیره ها	۱ دستگاه
۱۲	ترازوی معمولی	۱ دستگاه
۱۳	اتوکلاو	۱ دستگاه
۱۴	پمپ خاگ آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۱۵	تلمبه هوا	۱ دستگاه
۱۶	دستگاه اندازه گیری هدایت الکتریکی	۱ دستگاه
۱۷	یخچال	۱ دستگاه
۱۸	گرم کن با همزن مغناطیسی	۳ دستگاه
۱۹	دستگاه بن ماری	۱ دستگاه
۲۰	دستگاه اسپکتروفتومتر	۱ دستگاه
۲۱	دستگاه کدورت سنج	۱ دستگاه
۲۲	میکروسکوپ	۱ دستگاه
۲۳	دستگاه شمارش کلنی	۱ دستگاه
۲۴	انکوباتور ۳۵ درجه سلسیوس	۱ دستگاه
۲۵	انکوباتور ۴۵ درجه سلسیوس	۱ دستگاه
۲۶	پایه میله ای تیتراسیون	۳ دستگاه
۲۷	هود آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۲۸	دستگاه فلیم فتومتر	۱ دستگاه
۲۹	کوره 550 ± 5 درجه سلسیوس	۱ دستگاه
۳۰	دستگاه ساترِفِوژ و ظروف مربوط	۱ دستگاه
۳۱	دستگاه کلرسنجی	۲ دستگاه

جدول ب- وسایل شیشه‌ای و لوازم متفرقه (برای یک سال عملیات آزمایشگاه)

ردیف	شرح	مقدار
۱	دیش تبخیر شیشه‌ای ۷۰ میلی‌متری	۶ عدد
۲	دیش تبخیر چینی ۷۰ میلی‌متری	۶ عدد
۳	هاون چینی	۱ عدد
۴	ظرف توزین	۲۰ عدد
۵	بطری دهان‌گشاد ۱۰۰ میلی‌لیتری	۱۸ عدد
۶	بطری دهان‌گشاد ۲۵۰ میلی‌لیتری	۱۸ عدد
۷	بطری دهان‌گشاد ۱ لیتری	۱۲ عدد
۸	بطری دهان‌گشاد ۲ لیتری	۶ عدد
۹	بطری دهان‌گشاد ۴ لیتری	۶ عدد
۱۰	پیپت حجمی ۱ میلی‌لیتری	۲۴ عدد
۱۱	پیپت حجمی ۲ میلی‌لیتری	۲۴ عدد
۱۲	پیپت حجمی ۵ میلی‌لیتری	۲۴ عدد
۱۳	پیپت حجمی ۱۰ میلی‌لیتری	۲۴ عدد
۱۴	پیپت حجمی ۲۵ میلی‌لیتری	۱۲ عدد
۱۵	پیپت حجمی ۵۰ میلی‌لیتری	۶ عدد
۱۶	پیپت حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری	۶ عدد
۱۷	میله شیشه‌ای ۲۵ سانتی‌متری	۱ بسته
۱۸	میله شیشه‌ای ۵۰ سانتی‌متری	۱ بسته
۱۹	موزر ۱۰۰۰ میلی‌لیتری	۴
۲۰	پیپت مدرج ۱ میلی‌لیتری	۱۲
۲۱	پیپت مدرج ۲ میلی‌لیتری	۱۲
۲۲	پیپت مدرج ۵ میلی‌لیتری	۱۲
۲۳	پیپت مدرج ۱۰ میلی‌لیتری	۱۲
۲۴	پیپت مدرج ۲۵ میلی‌لیتری	۱۲
۲۵	پیپت مدرج ۵۰ میلی‌لیتری	۶
۲۶	بورت ۱۰ میلی‌لیتری	۶
۲۷	بورت ۲۵ میلی‌لیتری	۶
۲۸	بشر ۵۰ و ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌لیتری	از هر کدام ۱۲ عدد

ردیف	شرح	مقدار
۲۹	قیف ایمهوف مدرج (شیشه‌ای و یا پیرکس) یک لیتری	۴ عدد
۳۰	جا لوله‌ای ۲۰ خانۀ فولاد زنگ‌نزن	۶ عدد
۳۱	بوته چینی ۲۵ میلی لیتری	۱۲ عدد
۳۲	نگهدارنده فیلتر ۴۷ میلی لیتری	۳ عدد
۳۳	صافی فایبر گلاس ۲۱ میلی متری	۴ بسته
۳۴	صافی فایبر گلاس ۴۷ میلی متری	۲ بسته
۳۵	دیسک فایبر گلاس	۱۲ عدد
۳۶	صافی غشایی ۰/۴۵ ، ۰/۸ و ۳ میکرونی ۴۷ میلی متری	۴ بسته
۳۷	جای پیبت	۳ عدد
۳۸	شیشه قطره چکان سفید ۵۰ میلی لیتری	۱۸ عدد
۳۹	شیشه قطره چکان رنگی ۵۰ میلی لیتری	۱۸ عدد
۴۰	قیف شیشه‌ای به قطر ۷-۸ سانتی متر	۱۲ عدد
۴۱	قیف شیشه‌ای به قطر ۵ سانتی متر	۴ بسته
۴۲	صافی گرد به قطر ۷ سانتی متر	۴ بسته
۴۳	صافی گرد به قطر ۱۱ سانتی متر (واتمن ۱ تا ۴)	۴ بسته
۴۴	صافی آزیست مخصوص کوره	۲ بسته
۴۵	پایه و گیرۀ بورت	۸ عدد
۴۶	پنس	۴ عدد
۴۷	انبر آزمایشگاهی برای کوره و آون	۳ عدد
۴۸	اسپاتول	۴ عدد
۴۹	پایه نگهدارنده قیف ایمهوف	۴ عدد
۵۰	پیبت پرکن لاستیکی	۱۲ عدد
۵۱	بالن ژوژۀ ۱۰۰ میلی لیتری	۱۸ عدد
۵۲	بالن ژوژۀ ۲۵۰ میلی لیتری	۱۲ عدد
۵۳	بالن ژوژۀ ۵۰۰ میلی لیتری	۶ عدد
۵۴	بالن ژوژۀ ۱ لیتری	۶ عدد
۵۵	حلقه‌های فلزی به قطر ۵ و ۷ سانتی متر	۸ عدد
۵۶	لوله لاستیکی با قطرهای اسمی $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{4}$ اینچ	از هر کدام ۳۰ متر
۵۷	لوله آزمایش ساده	۱۰۰ عدد

ردیف	شرح	مقدار
۵۸	لوله آزمایش دردار	۵۰ عدد
۵۹	قیف بوختر و متعلقات	۲ عدد
۶۰	ارلن خال ۲۵۰ میلی لیتری	۳ عدد
۶۱	ارلن خال ۱ لیتری	۲ عدد
۶۲	ارلن مخصوص آزمایش COD	۱۲ عدد
۶۳	ظرف شیشه‌ای ۱۰ لیتری شیردار برای آب مقطر	۲ عدد
۶۴	کاغذ صافی واتمن شماره یک یا معادل به قطر ۴۷ میلی متر	۵ بسته
۶۵	رطوبت گیر	۳ عدد
۶۶	بشر شیشه‌ای یک لیتری	۱۲ عدد
۶۷	کندانسور مارپیچ ۴۰ سانتی متری در سمباده‌ای	۱۲ عدد
۶۸	بالن ته صاف پیرکس در سمباده‌ای ۲۵۰ میلی لیتر	۱۲ عدد
۶۹	گلوله شیشه‌ای به قطر ۳ میلی متر	۲۰۰ گرم
۷۰	ارلن ۱۰۰ و ۲۵۰ و ۵۰۰ میلی لیتر	از هر کدام ۱۸ عدد

جدول ج - مواد شیمیایی مورد نیاز برای یک سال

ردیف	شرح	مقدار
۱	سدیم استات (Sodium Acetate)	۱×۵۰۰ گرم
۲	سدیم آرسنات (Sodium Arsenate)	۱×۵۰۰ گرم
۳	سدیم آزاید (Sodium Azide)	۴×۲۵ گرم
۴	سدیم آزی (Sodium Aziae)	۱×۲۵ گرم
۵	سدیم اسکوربیت (Sodium Ascorbate)	۱×۵۰ گرم
۶	سدیم کربنات (Sodium Carbonate)	۲۵۰ گرم
۷	سدیم سیترات (Sodium Citrate)	۲×۵۰۰ گرم
۸	SPADNS	۱×۵۰ گرم
۹	سدیم فلورید بدون آب (Sodium Floride Anhydrate)	۱×۵۰ گرم
۱۰	سدیم سولفید (Sodium Sulfide)	۱×۱۰۰ گرم
۱۱	Sodium 2-(Parasulfophenylazo)-1,8-Dihyxy-3,6-Naphthalene Disulfonate	۱×۵۰ گرم

ردیف	شرح	مقدار
۱۲	سولفات نقره (Silver Sulfate)	۶×۲۵ گرم
۱۳	نیترات نقره (Silver Nitrate)	۶×۲۵ گرم
۱۴	سدیم کلرید (Sodium Chloride)	۱×۵۰۰ گرم
۱۵	سدیم تتراپورات (Sodium Tetraborate)	۲×۱۰۰ گرم
۱۶	سدیم هیدروکسید (Sodium Hydroxide)	۶×۵۰۰ گرم
۱۷	سدیم مونوهیدروژن فسفات (Sodium Monohydrogen Phosphate)	۱×۵۰۰ گرم
۱۸	سدیم پتاسیم تارتارات (Sodium potassium Tartrate)	۲×۵۰۰ گرم
۱۹	سدیم سولفات بدون آب (Sodium Sulfate Anhydrate)	۲×۵۰۰ گرم
۲۰	سدیم سولفیت (Sodium Sulfite)	۱×۵۰۰ گرم
۲۱	سدیم نیتريت (Sodium Nitrite)	۱×۱۰۰ گرم
۲۲	سدیم تیوسولفات (Sodium Thiosulfate)	۳×۵۰۰ گرم
۲۳	نشاسته (Starch)	۲×۱۰۰ گرم
۲۴	سولفاتیلک اسید (Sulfanilic Acid)	۱×۱۰۰ گرم
۲۵	سولفوریک اسید (Sulfuric Acid)	۸×۲/۵ لیتر
۲۶	سولفامیک اسید (Sulfamic Acid)	۱×۱۰۰ گرم
۲۷	تولون (Tolouene)	۲×۱ لیتر
۲۸	کلرید روی (Zinc Chloride)	۱×۵۰۰ گرم
۲۹	سولفات روی (Zinc Sulfate)	۱×۵۰۰ گرم
۳۰	استات سدیم بی آب (Sodium Acetate Anhydrate)	۱×۵۰۰ گرم
۳۱	نیترات پتاسیم (Potaassium Nitrate)	۱×۵۰۰ گرم
۳۲	کلرید منیزیم ۶ آبه (Magnesium Chloride 6. H ₂ O)	۱×۵۰۰ گرم
۳۳	کلریدریک اسید	۱×۵۰۰ گرم
۳۴	زیرکونیل کلراید (Zirconyl Chloride)	۱×۵۰ گرم
۳۵	زیرکونیل اسید (Zirconyl Acid)	۱×۵۰ گرم
۳۶	فلز روی (Zinc Metal)	۱×۵۰ گرم
۳۷	محیط کشت لاکتوزیرات (Lactose Broth)	۲×۱۰۰۰ گرم
۳۸	محیط کشت لوریل تریپتوز (Loryle Triptose)	۲×۲۵۰ گرم
۳۹	محیط کشت برلیانت گرین (Brilliant Green)	۲×۱۰۰۰ گرم
۴۰	محیط کشت آئوزین متیل بلو	۲×۱۰۰۰ گرم
۴۱	(DPD) N,N-Diethyl-p-phenylenediamine	۳×۱ لیتر

ردیف	شرح	مقدار
۴۲	مونوپتاسیم هیدروژن فسفات بدون آب (Monopotassium Hydrogen Phosphate)	۱×۵۰۰ گرم
۴۳	دی سدیم هیدروژن فسفات بدون آب (Disodium Hydrogen Phosphate)	۱×۵۰۰ گرم
۴۴	مرکوری کلرید (HgCl_2)	۲۵ گرم

اندازه‌گیری pH گازهای محلول، کلر آزاد باقیمانده و چند فاکتور دیگر می‌تواند به‌صورت پیوسته نیز در تصفیه‌خانه انجام شود.

منابع و مراجع

- 1- W.H.O.Guidelines for Drinking water Quality, 2nd Water Quality, 2nd Edition, 1996
- 2- AWWA, APHA, WEF, Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, 1998.
- ۳- استاندارد کیفیت آب آشامیدنی، دفتر استانداردهای مهندسی آب کشور، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سال ۱۳۷۱.



2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories



2012 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories

EPA 822-S-12-001

**Office of Water
U.S. Environmental Protection Agency
Washington, DC**

Spring 2012
Date of update: April, 2012

Recycled/Recyclable
Printed on paper that contains
at least 50% recycled fiber.



Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page iii of vi

The Health Advisory (HA) Program, sponsored by the EPA's Office of Water (OW), publishes concentrations of drinking water contaminants at Drinking Water Specific Risk Level Concentration for cancer (10^{-4} Cancer Risk) and concentrations of drinking water contaminants at which noncancer adverse health effects are not anticipated to occur over specific exposure durations - One-day, Ten-day, and Lifetime - in the *Drinking Water Standards and Health Advisories* (DWSHA) tables. The One-day and Ten-day HAs are for a 10 kg child and the Lifetime HA is for a 70 kg adult. The daily drinking water consumption for the 10 kg child and 70 kg adult are assumed to be 1 L/day and 2 L/day, respectively. The Lifetime HA for the drinking water contaminant is calculated from its associated Drinking Water Equivalent Level (DWEL), obtained from its RfD, and incorporates a drinking water Relative Source Contribution (RSC) factor of contaminant-specific data or a default of 20% of total exposure from all sources. Maximum Contaminant Levels (MCLs) and Maximum Contaminant Level Goals (MCLGs) for some regulated drinking water contaminants are also published.

HAs serve as the informal technical guidance for unregulated drinking water contaminants to assist Federal, State and local officials, and managers of public or community water systems in protecting public health as needed. They are not to be construed as legally enforceable Federal standards. EPA's OW has provided MCL, MCLGs, RfDs, One-Day HAs, Ten-day HAs, DWELs, and Lifetime HAs. Drinking Water Specific Risk Level Concentration for cancer (10^{-4} Cancer Risk), and Cancer Descriptors in the DWSHA tables. HAs are intended to protect against noncancer effects. The 10^{-4} Cancer Risk level provides information concerning cancer effects. The MCL values for specific drinking water contaminants must be used for regulated contaminants in public drinking water systems.

The DWSHA tables are revised periodically by the OW so that the benchmark values are consistent with the most current Agency assessments. Reference dose (RfD) values are updated to reflect the values in the Integrated Risk Information System (IRIS) and the Office of Pesticide Programs (OPP) Reregistration Eligibility Decisions (REDs) documents. The associated DWEL is recalculated accordingly.

A Lifetime noncancer benchmark is made available to risk assessment managers for comparison to the cancer risk level drinking water concentration (10^{-4} Cancer Risk) and to determine whether the noncancer Lifetime HA or the cancer risk level drinking water concentration provides a more meaningful scenario-specific risk reduction. In this regard, the Office of Water defines the Lifetime HA as the concentration in drinking water that is not expected to cause any adverse noncarcinogenic effects for a lifetime of exposure, whereas the 10^{-4} Cancer Risk is the concentration of the chemical contaminant in drinking water that is associated with a specific probability of cancer. The Office of Water also advises consideration of the more conservative cancer risk levels (10^{-5} , 10^{-6}), found in the IRIS or OPP RED source documents, if it is considered more appropriate for exposure-specific risk assessment.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page iv of vi

Many of the values on the DWSHA tables have been revised since the original HAs were published. Revised RfDs, 10^{-4} Cancer Risk values, and cancer designations or descriptors obtained from Integrated Risk Information System (IRIS), and One-day and Ten-day Health Advisories are presented in **BOLD** type. Revised RfDs, 10^{-4} Cancer Risk values, and cancer designations or descriptors obtained from Office of Pesticide Program's Registration Eligibility Decision (OPP RED) are presented in ***BOLD ITALICS*** type.

The summaries of IRIS Toxicological Reviews from which the RfDs and cancer benchmarks, as well as the associated narratives and references can be accessed at: <http://www.epa.gov/IRIS>. Those from OPP REDs can be accessed at: <http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/status.htm>.

In some cases, there is an HA value for a contaminant but there is no reference to an HA document. Such HA values can be found in the Drinking Water Criteria Document for the contaminant.

With a few exceptions, the RfDs, Health Advisories, and Cancer Risk values have been rounded to one significant figure following the convention adopted by IRIS.

For unregulated chemicals with current IRIS or OPP REDs RfDs, the Lifetime Health Advisories are calculated from the associated DWELs, using the RSC values published in the HA documents for the contaminants.

The DWSHA tables may be reached from the Water Science home page at: <http://www.epa.gov/waterscience/>. The DWSHA tables are accessed under the Drinking Water icon.

Copies the Tables may be ordered free of charge from

SAFE DRINKING WATER HOTLINE
1-800-426-4791
Monday thru Friday, 9:00 AM to 5:30 PM EST

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page v of vi

DEFINITIONS

The following definitions for terms used in the DWSHA tables are not all-encompassing, and should not be construed to be “official” definitions. They are intended to assist the user in understanding terms used in the DWSHA tables.

Action Level: The concentration of a contaminant which, if exceeded, triggers treatment or other requirements which a water system must follow. For example, it is the level of lead or copper which, if exceeded in over 10% of the homes tested, triggers treatment for corrosion control.

Cancer Classification: A descriptive weight-of-evidence judgment as to the likelihood that an agent is a human carcinogen and the conditions under which the carcinogenic effects may be expressed. Under the 2005 EPA *Guidelines for Carcinogen Risk Assessment*, Cancer Descriptors replace the earlier alpha numeric Cancer Group designations (US EPA 1986 guidelines). The Cancer Descriptors in the 2005 EPA *Guidelines for Carcinogen Risk Assessment* are as follows:

- “carcinogenic to humans” (H)
- “likely to be carcinogenic to humans” (L)
- “likely to be carcinogenic above a specified dose but not likely to be carcinogenic below that dose because a key event in tumor formation does not occur below that dose” (L/N)
- “suggestive evidence of carcinogenic potential” (S)
- “inadequate information to assess carcinogenic potential” (I)
- “not likely to be carcinogenic to humans” (N)

The letter abbreviations provided parenthetically above are now used in the DWSHA tables in place of the prior alpha numeric identifiers for chemicals that have been evaluated under the new guidelines (the 2005 guidelines or the 1996 and 1999 draft guidelines) or whose records in the DWSHA tables have been revised.

Cancer Group: A qualitative weight-of-evidence judgment as to the likelihood that a chemical may be a carcinogen for humans. Each chemical was placed into one of the following five categories (US EPA 1986 guidelines). The Cancer Group designations are given in the Tables for chemicals that have not yet been evaluated under the new guidelines or whose records in the DWSHA tables have been revised.

Group Category

- A** Human carcinogen
- B** Probable human carcinogen:
 - B1** indicates limited human evidence

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page vi of vi

	B2 indicates sufficient evidence in animals and inadequate or no evidence in humans
C	Possible human carcinogen
D	Not classifiable as to human carcinogenicity
E	Evidence of noncarcinogenicity for humans

10⁻⁴ Cancer Risk: The concentration of a chemical in drinking water corresponding to an excess estimated lifetime cancer risk of 1 in 10,000.

Drinking Water Advisory: A nonregulatory concentration of a contaminant in water that is likely to be without adverse effects on health and aesthetics for the period it is derived.

DWEL: Drinking Water Equivalent Level. A DWEL is a drinking water lifetime exposure level, assuming **100%** exposure from that medium, at which adverse, noncarcinogenic health effects would not be expected to occur.

HA: Health Advisory. An estimate of acceptable drinking water levels for a chemical substance based on health effects information; an HA is not a legally enforceable Federal standard, but serves as technical guidance to assist Federal, State, and local officials.

One-Day HA: The concentration of a chemical in drinking water that is not expected to cause any adverse noncarcinogenic effects for up to one day of exposure. The One-Day HA is intended to protect a 10-kg child consuming 1 liter of water per day.

Ten-Day HA: The concentration of a chemical in drinking water that is not expected to cause any adverse noncarcinogenic effects for up to ten days of exposure. The Ten-Day HA is also intended to protect a 10-kg child consuming 1 liter of water per day.

Lifetime HA: The concentration of a chemical in drinking water that is not expected to cause any adverse **noncarcinogenic effects** for a lifetime of exposure, incorporating a drinking water RSC factor of contaminant-specific data or a default of 20% of total exposure from all sources. The Lifetime HA is based on exposure of a 70-kg adult consuming 2 liters of water per day. For Lifetime HAs developed for drinking water contaminants before the Lifetime HA policy change to develop Lifetime HAs for all drinking water contaminants regardless of carcinogenicity status in this DWSHA update, the Lifetime HA for Group C carcinogens, as indicated by the 1986 Cancer Guidelines, includes an uncertainty adjustment factor of 10 for possible carcinogenicity.

MCLG: Maximum Contaminant Level Goal. A non-enforceable health benchmark goal which is set at a level at which no known or anticipated adverse effect on the health of persons is expected to occur and which allows an adequate margin of safety.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page vii of vi

MCL: Maximum Contaminant Level. The highest level of a contaminant that is allowed in drinking water. MCLs are set as close to the MCLG as feasible using the best available analytical and treatment technologies and taking cost into consideration. MCLs are enforceable standards.

Oral cancer slope factor: The slope factor is the result of application of a low-dose extrapolation procedure and is presented as the risk per (mg/kg)/day.

RfD: Reference Dose. An estimate (with uncertainty spanning perhaps an order of magnitude) of a daily oral exposure to the human population (including sensitive subgroups) that is likely to be without an appreciable risk of deleterious effects during a lifetime.

Risk Specific Level Concentration: The concentration of the chemical contaminant in drinking water or air providing cancer risks of 1 in 10,000, 1 in 100,000, or 1 in 100,000,000.

SDWR: Secondary Drinking Water Regulations. Non-enforceable Federal guidelines regarding cosmetic effects (such as tooth or skin discoloration) or aesthetic effects (such as taste, odor, or color) of drinking water.

TT: Treatment Technique. A required process intended to reduce the level of a contaminant in drinking water.

Unit Risk: The unit risk is the quantitative estimate in terms of either risk per $\mu\text{g/L}$ drinking water or risk per $\mu\text{g/m}^3$ air breathed.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page viii of vi

ABBREVIATIONS

D	Draft
DWEL	Drinking Water Equivalent Level
DWSHA	Drinking Water Standards and Health Advisories
F	Final
HA	Health Advisory
I	Interim
IRIS	Integrated Risk Information System
MCL	Maximum Contaminant Level
MCLG	Maximum Contaminant Level Goal
NA	Not Applicable
NOAEL	No-Observed-Adverse-Effect Level
OPP	Office of Pesticide Programs
OW	Office of Water
P	Proposed
Pv	Provisional
RED	Registration Eligibility Decision
Reg	Regulation
RfD	Reference Dose
TT	Treatment Technique

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 1 of 12

Chemicals	CASRN Number	Standards		Status HA Document	Health Advisories							Cancer Descriptors	
		Status Reg.	MCLG (mg/L)		MCL (mg/L)	10-kg Child		mg/L at 10 ⁻⁶ Cancer Risk					
						One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWEL (mg/L)	Lifetime (mg/L)			
ORGANICS													
Acenaphthene	83-32-9	-	-	-	-	-	0.06	2	-	-	-	L/N	
Acetfluorfen (sodium)	62476-59-9	-	-	F ⁸⁸	2	2	0.01	0.4	-	-	0.1	L	
Acrylamide	79-06-1	F	zero	F ⁸⁷	1.5	0.3	0.002	0.07	-	-	-	B1	
Acrylonitrile	107-13-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.006	B1	
Alachlor	15972-60-8	F	zero	F ⁸⁸	0.1	0.1	0.01	0.4	-	-	0.04	B2	
Aldicarb ³	116-06-3	F ⁴	0.001	F ⁹⁵	0.01	0.01	0.001	0.035	0.007	-	-	D	
Aldicarb sulfone ³	1646-88-4	F ⁴	0.001	F ⁹⁵	0.01	0.01	0.001	0.035	0.007	-	-	D	
Aldicarb sulfoxide ³	1646-87-3	F ⁴	0.001	F ⁹⁵	0.01	0.01	0.001	0.035	0.007	-	-	D	
Aldrin	309-00-2	-	-	F ⁹²	0.0003	0.0003	0.00003	0.001	-	-	0.0002	B2	
Ametrin	834-12-8	-	-	F ⁸⁸	9	9	0.009	0.3	-	0.06	-	D	
Ammonium sulfamate	7773-06-0	-	-	F ⁸⁸	20	20	0.2	8	-	2	-	D	
Anthracene (PAH) ⁵	120-12-7	-	-	-	-	-	0.3	10	-	-	-	D	
Atrazine	1912-24-9	F	0.003	F ⁸⁸	-	-	0.02	0.7	-	-	-	N	
Baygon	114-26-1	-	-	F ⁸⁸	0.04	0.04	0.004	0.1	0.003	-	-	C	
Bentazon	25057-89-0	-	-	F ⁹⁹	0.3	0.3	0.03	1	0.2	-	-	E	
Benz[<i>a</i>]anthracene (PAH)	56-55-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B2	
Benzene	71-43-2	F	zero	F ⁸⁷	0.2	0.2	0.004	0.1	0.003	1 to 10	0.0005	H	
Benz[<i>a</i>]pyrene (PAH)	50-32-8	F	zero	-	-	-	-	-	-	-	-	B2	
Benz[<i>b</i>]fluoranthene (PAH)	205-99-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B2	
Benz[<i>k</i>]fluoranthene (PAH)	191-24-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	
Benzol[<i>ghi</i>]perylene (PAH)	207-08-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B2	
Bis(2-chloro-1-methyl-ethyl) ether	108-60-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	
Bromobenzene	314-40-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I	
Bromobenzene	108-86-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	I	

¹ Chemicals evaluated under the 2005 Cancer Guidelines or the 1996 or 1999 drafts are denoted by an abbreviation for their weight-of-the-evidence descriptor (see page iii). If the agency has not completed a new assessment for the chemical, the 1986 Guidelines Group designation (see page iii) is given in the Cancer Descriptor column.

² When Acrylamide is used in drinking water systems, the combination (or product) of dose and monomer level shall not exceed that equivalent to a polyacrylamide polymer containing 0.05% monomer dosed at 1 mg/L.

³ The MCL value for any combination of two or more of these three chemicals should not exceed 0.007 mg/L because of a similar mode of action.

⁴ Administrative stay of the effective date.

⁵ PAH = Polycyclic aromatic hydrocarbon.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 2 of 11

Chemicals	CASRN Number	Standards			Status HA Document	Health Advisories							Cancer Descriptor
		Status Reg.	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)		10 kg Child					mg/L at 10 ⁻⁴ Cancer Risk		
						One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWEL (mg/L)	Life-time (mg/L)			
Bromoethanolmethane	74-97-5	-	-	-	F 89	50	1	0.01	0.5	0.09	-	D	
Bromochloromethane (THM)	75-27-4	F	zero	0.08 ¹	-	1	0.6	0.003	0.1	-	0.1	L	
Bromoform (THM)	75-25-2	F	zero	0.08 ¹	-	5	0.2	0.03	1	-	0.8	L	
Bromomethane	74-83-9	-	-	-	D 89	0.1	0.1	0.001	0.05	0.01	-	D	
Butyl benzyl phthalate	85-68-7	-	-	-	-	-	-	0.2	7	-	-	C	
Butylate	2008-41-5	-	-	-	F 89	2	2	0.05	2	0.4	-	D	
Carbaryl	63-25-2	-	-	-	F 88	1	1	0.01	0.4	-	4	L	
Carbofuran	1563-66-2	F	0.04	0.04	F 87	-	-	0.00006	-	-	-	N	
Carbon tetrachloride	56-23-5	F	zero	0.005	F 87	4	0.2	0.004	0.1	0.03	0.05	L	
Carboxin	5234-68-4	-	-	-	F 88	1	1	0.1	3.5	0.7	-	D	
Chloranban	133-90-4	-	-	-	F 88	3	3	0.015	0.5	0.1	-	D	
Chloroauric	12798-03-6	F	zero	0.002	F 87	0.06	0.06	0.0005	0.02	0.004	0.01	B2	
Chloroform (THM)	67-66-3	F	0.07	0.08 ¹	-	4	4	0.01	0.35	0.07	-	L/N	
Chloromethane	74-87-3	-	-	-	F 89	9	0.4	-	-	-	-	I	
Chlorophenol (2-)	95-57-8	-	-	-	D 94	0.5	0.5	0.005	0.2	0.04	-	D	
Chlorophenol	1897-45-6	-	-	-	F 88	0.2	0.2	0.015	0.5	-	0.15	B2	
Chlorotoluene o-	95-49-8	-	-	-	F 89	2	2	0.02	0.7	0.1	-	D	
Chlorotoluene p-	106-43-4	-	-	-	F 89	2	2	0.02	0.7	0.1	-	D	
Chlorpyrifos	2921-88-2	-	-	-	F 92	0.03	0.03	0.0003	0.01	0.002	-	D	
Chrysene (PAH)	218-01-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B2	
Cymazene	21725-46-2	-	-	-	D 96	0.1	0.1	0.002	0.07	0.001	-	-	

¹ 1998 Final Rule for Disinfectants and Disinfection By-products: The total for trihalomethanes (THM) is 0.08 mg/L.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 3 of 12

Chemicals	CASRN Number	Standards			Status HA Document	Health Advisories							Cancer Descriptor
		Status Reg.	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)		10-kg Child		Adult			mg/L at 10 ⁻⁶ Cancer Risk		
						One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWEL (mg/L)	Life-time (mg/L)			
Cyanogen chloride ¹ 2,4-D (2,4- dichlorophenoxyacetic acid)	506-77-4 94-75-7	-	-	-	-	0.05	0.05	0.05	2	-	-	D	
DCPA (Dacthal)	1861-32-1	F	0.07	0.07	F '87	1	0.3	0.005	0.2	-	-	D	
Dalapon (sodium salt)	75-99-0	-	-	-	F '08	2	2	0.01	0.35	0.07	-	C	
D(2-ethylhexyl)adipate	103-23-1	F	0.2	0.2	F '89	3	3	0.03	0.9	0.2	-	D	
D(2-ethylhexyl)phthalate	117-81-7	F	0.4	0.4	-	20	20	0.6	20	0.4	3	C	
Diazinon	333-41-5	F	zero	0.006	-	-	-	0.02	0.7	-	0.3	B2	
Dibromochloromethane (THM)	124-48-1	-	-	-	F '88	0.02	0.02	0.0002	0.007	0.001	-	E	
Dibromodichloromethane (DBCP)	96-12-8	F	0.06	0.08 ²	-	0.6	0.6	0.02	0.7	0.06	0.08	S	
Dibromodichloropropane (DBCP)	96-12-8	F	zero	0.0002	F '87	0.2	0.05	-	-	-	0.003	B2	
Dibutyl phthalate	84-74-2	-	-	-	-	-	-	0.1	4	-	-	D	
Dicamba	1918-00-9	-	-	-	F '88	-	-	0.5	18	4	-	N	
Dichloroacetic acid	76-43-6	F	zero	0.06 ³	-	3	3	0.004	0.1	0.03	0.07	L	
Dichlorobenzene o- ⁴	95-50-1	F	0.6	0.6	F '87	9	9	0.09	3	0.6	-	D	
Dichlorobenzene m- ⁴	541-73-1	-	-	-	F '87	9	9	0.09	3	0.6	-	D	
Dichlorobenzene p- ⁴	106-46-7	F	0.075	0.075	F '87	11	11	0.1	4	0.075	-	C	
Dichlorodifluoromethane	75-71-8	-	-	-	F '89	40	40	0.2	5	1	-	D	
Dichloroethane (1,2-)	107-06-2	F	zero	0.005	F '87	0.7	0.7	-	-	-	0.04	B2	
Dichloroethylene (1,1-)	75-35-4	F	0.007	0.007	F '87	2	1	0.05	2	0.4	0.006	S	
Dichloroethylene (cis-1,2-)	156-59-2	F	0.07	0.07	F '90	4	3	0.002	0.07	0.01	-	I	
Dichloroethylene (trans-1,2-)	156-60-5	F	0.1	0.1	F '87	20	2	0.02	0.7	0.1	-	I	
Dichloromethane	75-09-2	F	zero	0.005	D '93	10	2	0.06	2	0.2	0.5	L	
Dichlorophenol (2,4-)	120-83-2	-	-	-	D '94	0.03	0.03	0.003	0.1	0.02	-	E	
Dichloropropane (1,2-)	78-87-5	F	zero	0.005	F '87	-	0.09	-	-	-	0.06	B2	
Dichloropropene (1,3-)	542-75-6	-	-	-	F '88	0.03	0.03	0.03	1	-	0.04	L	
Diethin	60-57-1	-	-	-	F '88	0.0005	0.0005	0.00005	0.002	-	0.0002	B2	
Diethyl phthalate	84-66-2	-	-	-	-	-	-	0.8	30	-	-	D	

¹ Under review.
² 1998 Final Rule for Disinfectants and Disinfection By-products: The total for trihalomethanes is 0.08 mg/L.
³ 1998 Final Rule for Disinfectants and Disinfection By-products: The total for five haloacetic acids is 0.06 mg/L.
⁴ The values for m-dichlorobenzene are based on data for o-dichlorobenzene.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 4 of 12

Chemicals	CASRN Number	Standards			Status HA Document	Health Advisories						Cancer Descriptors
		Status Reg.	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)		10 kg Child		RFD (mg/kg day)	DWEL (mg/L)	Life-time (mg/L)	mg/L at 10 ⁻⁶ Cancer Risk	
						One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)					
Diisopropylmethylphosphonate	1445-75-6	-	-	-	F '89	8	8	0.08	3	0.6	-	D
Dimethrin	70-38-2	-	-	-	F '88	10	10	0.3	10	2	-	D
Dimethyl methylphosphonate	756-79-6	-	-	-	F '92	2	2	0.2	7	0.1	0.7	C
Dimethyl phthalate	131-11-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D
Dinitrobenzene (1,3-)	99-65-0	-	-	-	F '91	0.04	0.04	0.0001	0.005	0.001	-	D
Dinitrobenzene (2,4-)	121-14-2	-	-	-	F '08	1	1	0.002	0.1	-	0.005	L
Dinitrotoluene (2,6-)	606-20-2	-	-	-	F '08	0.4	0.04	0.001	0.04	-	0.005	L
Dinitrotoluene (2,6 & 2,4) ¹	-	-	-	-	F '92	-	-	-	-	-	0.005	B2
Dinoseb	88-85-7	F	0.007	0.007	F '88	0.3	0.3	0.001	0.035	0.007	-	D
Dioxane p-	123-91-1	-	-	-	F '87	4	0.4	0.03	1	0.2	0.05	L
Diphenamid	957-51-7	-	-	-	F '88	0.3	0.3	0.03	1	0.2	-	D
Diquat	85-00-7	F	0.02	0.02	-	-	-	0.005	0.02	0.0007	-	E
Disulfoton	298-04-4	-	-	-	F '88	0.01	0.01	0.0001	0.0035	0.0007	-	E
Dithiane (1,4-)	505-29-3	-	-	-	F '92	0.4	0.4	0.01	0.4	0.08	-	D
Diuron	330-54-1	-	-	-	F '88	1	1	0.003	0.1	-	0.2	L
Endosulf	145-73-3	F	0.1	0.1	F '88	0.8	0.8	0.007	0.25	0.05	-	N
Endrin	72-20-8	F	0.002	0.002	F '87	0.02	0.005	0.0003	0.01	0.002	-	I
Epichlorohydrin	106-89-8	F	zero	TT ²	F '87	0.1	0.1	0.002	0.07	-	0.3	B2
Ethylbenzene	100-41-4	F	0.7	0.7	F '87	30	3	0.1	3	0.7	-	D
Ethylene dibromide (EDB) ³	106-93-4	F	zero	0.00005	F '87	0.008	0.008	0.009	0.3	-	0.002	L
Ethylene glycol	107-21-1	-	-	-	F '87	20	6	2	70	14	-	D
Ethylene Thiourea (ETU)	96-45-7	-	-	-	F '88	0.3	0.3	0.0002	0.007	-	0.06	B2
Renaniphos	2222-92-6	-	-	-	F '88	0.009	0.009	0.0001	0.0035	0.0007	-	E

¹ Technical grade.
² When epichlorohydrin is used in drinking water systems, the combination (or product) of dose and monomer level shall not exceed that equivalent to an epichlorohydrin-based polymer containing 0.01% monomer dosed at 20 mg/L.
³ 1,2-dibromoethane.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 5 of 12

Chemicals	CAS Number	Standards			Status HA Standards	Health Advisories							Cancer Descriptor
		Status Reg.	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)		10 kg Child				mg/L at 10 ⁻⁶ Cancer Risk			
						One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWEL (mg/L)		Life-time (mg/L)		
Fluorenone	2164-17-2	-	-	-	F '88	2	2	0.01	0.5	0.09	-	D	
Fluorene (PAH)	86-73-7	-	-	-	-	-	-	0.04	1	-	-	D	
Fenofib	944-22-9	-	-	-	F '88	0.02	0.02	0.002	0.07	0.01	-	D	
Formaldehyde	50-00-0	-	-	-	D '93	10	5	0.2	7	1	-	B1 ¹	
Glyphosate	1071-83-6	F	0.7	0.7	F '88	20	20	2	70	-	-	D	
Heptachlor	76-44-8	F	zero	0.0004	F '87	0.01	0.01	0.0005	0.02	-	0.0008	B2	
Heptachlor epoxide	1024-57-3	F	zero	0.0002	F '87	0.01	-	0.00001	0.0004	-	0.0004	B2	
Hexachlorobenzene	118-74-1	F	zero	0.001	F '87	0.05	0.05	0.0008	0.03	-	0.002	B2	
Hexachlorobutadiene ²	87-68-3	-	-	-	-	0.3	0.3	0.0003	0.01	-	0.09	L	
Hexachlorocyclopentadiene	77-47-4	F	0.05	0.05	-	-	-	0.006	0.2	-	-	N	
Hexachloroethane	67-72-1	-	-	-	F '91	5	5	0.001	0.04	0.001	0.3	C	
Hexane (n-)	110-54-3	-	-	-	F '87	10	4	-	-	-	-	I	
Hexazinone	51235-04-2	-	-	-	F '96	3	2	0.05	2	0.4	-	D	
HMX ³	2691-41-0	-	-	-	F '88	5	5	0.05	2	0.4	-	D	
Indanol [1,2,3-c,d]pyrene (PAH)	193-39-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B2	
Isophthalone	78-59-1	-	-	-	F '92	15	15	0.2	7	0.1	4	C	
Isopropyl methylphosphonate	1832-54-8	-	-	-	F '92	30	30	0.1	3.5	0.7	-	D	
Isopropylbenzene (cumene)	98-82-8	-	-	-	D '87	11	11	0.1	4	-	-	D	
Lindane ⁴	58-89-9	F	0.0002	0.0002	F '87	1	1	0.005	0.2	-	-	S	
Malathion	121-75-5	-	-	-	F '92	0.2	0.2	0.07	2	0.5	-	S	
Maleic hydrazide	123-33-1	-	-	-	F '88	10	10	0.5	20	4	-	D	
MCPA ⁵	94-74-6	-	-	-	F '88	0.1	0.1	0.004	0.14	0.03	-	N	
Methomyl	16752-77-5	-	-	-	F '88	0.3	0.3	0.025	0.9	0.2	-	E	
Methoxychlor	72-43-5	F	0.04	0.04	F '87	0.05	0.05	0.006	0.2	0.04	-	D	
Methyl ethyl ketone	78-93-3	-	-	-	F '87	75	7.5	0.6	20	4	-	D	
Methyl parathion	298-00-0	-	-	-	F '88	0.3	0.3	0.0002	0.007	0.001	-	N	

¹ Carcinogenicity based on inhalation exposure.
² Regulatory Determination Health Effects Support Document for Hexachlorobutadiene
 (http://www.epa.gov/safewater/cd/pdfs/reg_determined/support_ccl_hexachlorobutadiene_healtheffects.pdf).
³ HMX = octahydro-1,3,5,7-tetraazido-1,3,5,7-tetrazocine.
⁴ Lindane = γ - hexachlorocyclohexane.
⁵ MCPA = 4 (chloro-2-methoxyphenoxy) acetic acid.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 6 of 12

Chemicals	CASRN Number	Standards			Status HA Document	Health Advisories							Cancer Descriptor
		Status Reg.	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)		10-kg Child				mg/L at 10 ⁻⁶ Cancer Risk			
						One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWEL (mg/L)				
											Life-time (mg/L)		
Metolachlor	51218-45-2	-	-	-	F'88	2	2	0.1	3.5	0.7	-	C	
Methibuzin	21087-64-9	-	-	-	F'88	5	5	0.01	0.35	0.07	-	D	
Monochloroacetic acid	79-11-8	F	0.03	0.06 ¹	-	0.2	0.2	0.01	0.35	0.07	-	I	
Monochlorobenzene	108-90-7	F	0.1	0.1	F'87	4	4	0.02	0.7	0.1	-	D	
Naphthalene	91-20-3	-	-	-	F'90	0.5	0.5	0.02	0.7	0.1	-	I	
Nitrocellulose ²	9004-70-0	-	-	-	F'88	-	-	-	-	-	-	-	
Nitroguanidine	556-88-7	-	-	-	F'90	10	10	0.1	3.5	0.7	-	D	
Nitrophenol p-	100-02-7	-	-	-	F'92	0.8	0.8	0.008	0.3	0.06	-	D	
N-nitrosodimethylamine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00007	B ₂	
Oxamyl (Vydate)	23135-22-0	F	0.2	0.2	F'05	0.01	0.01	0.001	0.035	-	-	N	
Paraquat	1910-42-5	-	-	-	F'88	0.1	0.1	0.0045	0.2	0.03	-	E	
Pentachlorophenol	87-86-5	F	zero	0.001	F'87	1	0.3	0.005	0.2	0.04	0.009	L	
PFOA ³	333-67-1	-	-	-	Pv'09	-	-	-	-	-	-	-	
PFOSt ⁴	1763-23-1	-	-	-	Pv'09	-	-	-	-	-	-	-	
Phenanthrene (PAH)	85-01-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	D	
Phenol	108-95-2	-	-	-	D'92	6	6	0.3	11	2	-	D	
Picloram	1918-02-1	F	0.5	0.5	F'88	20	20	0.02	0.7	-	-	D	
Polychlorinated biphenyls (PCBs)	1336-36-3	F	zero	0.0005	D'93	-	-	-	-	-	0.01	B ₂	
Prometon	1610-18-0	-	-	-	F'88	0.2	0.2	0.05	2	0.4	-	N	
Promazine	239-90-58-5	-	-	-	F'88	0.8	0.8	0.08	3	-	0.1	B ₂	
Propachlor	1918-16-7	-	-	-	F'88	0.5	0.5	0.05	2	-	0.1	L	
Propazine	139-40-2	-	-	-	F'88	-	-	0.02	0.7	0.01	-	N	
Propilam	122-42-9	-	-	-	F'88	5	5	0.02	0.6	0.1	-	D	
Pyrene (PAH)	129-00-0	-	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	D	
RDx ⁵	121-82-4	-	-	-	F'88	0.1	0.1	0.003	0.1	0.002	0.03	C	
Sinazine	122-34-9	F	0.004	0.004	F'88	-	-	0.02	0.7	-	-	N	
Sylene	100-42-5	F	0.1	0.1	F'87	20	2	0.2	7	0.1	-	C	
2,4,5-T (Trichlorophenoxy-acetic acid)	93-76-5	-	-	-	F'88	0.8	0.8	0.01	0.35	0.07	-	D	

¹ 1998 Final Rule for Disinfectants and Disinfection By-products: the total for five haloacetic acids is 0.06mg/L.
² The Health Advisory Document for nitrocellulose does not include HA values and describes this compound as relatively nontoxic.
³ Perfluorooctanoic Acid Provisional short-term value 0.0004mg/L.
⁴ Perfluorooctanesulfonate Provisional short-term value 0.0002mg/L.
⁵ RDx = hexachloro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 7 of 12

Chemicals	CASRN Number	Standards			Status HA Document	Health Advisories							Cancer Descriptors	
		Status Reg.	MCL/G (mg/L)			10 kg Child			RfD			Life-time (mg/L)		mg/L at 10 ⁻⁴ Cancer Risk
			MCL/G (mg/L)	MCL (mg/L)		One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	DWEI (mg/L/day)	DWEL (mg/L)					
2,3,7,8-TCDD (Dioxin)	1746-01-6	F	zero	3E-08	F '87	1E-06	1E-07	1E-09	4E-08	-	2E-08	B2		
Tebuthiuron	34014-18-1	-	-	-	F '88	3	3	0.07	2	0.5	-	D		
Terbacil	5902-51-2	-	-	-	F '88	0.3	0.3	0.01	0.4	0.09	-	E		
Terbuthyls	13071-79-9	-	-	-	F '88	0.005	0.005	0.0005	0.002	0.0004	-	D		
Tetraethioethane (1,1,1,2-)	630-20-6	-	-	-	F '89	2	2	0.03	1	0.07	0.1	C		
Tetraethioethane (1,1,2,2-)	79-34-5	-	-	-	F '08	3	3	0.01	0.4	-	0.04	L		
Tetraethioerythralic acid	127-18-4	F	zero	0.005	F '87	2	2	0.01	0.5	0.01	-	-		
Tetrachloroethylene ¹	236-79-0	-	-	-	F '08	100	100	-	-	-	-	I		
Tetrahydrofuran	75-69-4	-	-	-	F '89	7	7	0.3	10	2	-	D		
Toluene	108-88-3	F	1	1	D '93	20	2	0.08	3	-	-	I		
Toxaphene	8001-35-2	F	zero	0.003	F '96	0.004	0.004	0.0004	0.01	-	0.003	B2		
2,4,5-TF (Silvex)	93-72-1	F	0.05	0.05	F '88	0.2	0.2	0.008	0.3	0.05	-	D		
Trichloroacetic acid	76-03-9	F	0.02	0.06 ²	-	3	3	0.03	1	0.02	-	S		
Trichlorobenzene (1,2,4-)	120-82-1	F	0.07	0.07	F '89	0.1	0.1	0.01	0.35	0.07	-	D		
Trichlorobenzene (1,3,5-)	108-70-3	-	-	-	F '89	0.6	0.6	0.006	0.2	0.04	-	D		
Trichloroethane (1,1,1-)	71-55-6	F	0.2	0.2	F '87	100	40	2	70	-	-	I		
Trichloroethane (1,1,2-)	79-00-5	F	0.003	0.005	F '89	0.6	0.4	0.004	0.1	0.003	0.06	C		
Trichloroethylene ¹	79-01-6	F	zero	0.005	F '87	-	-	0.007	0.2	-	0.3	B2		
Trichlorophenol (2,4,6-)	88-06-2	-	-	-	D '94	0.03	0.03	0.0003	0.01	-	0.3	B2		
Trichloropropane (1,2,3-)	96-18-4	-	-	-	F '89	0.6	0.6	0.004	0.1	-	-	L		
Trifluoromethane	1582-09-8	-	-	-	F '90	0.08	0.08	0.02	0.7	0.01	0.4	C		
Trimethylbenzene (1,2,4-)	95-63-6	-	-	-	D '87	-	-	-	-	-	-	D		
Trimethylbenzene (1,3,5-)	108-67-8	-	-	-	D '87	10	-	-	-	-	-	D		
Trinitrolyceral	55-63-0	-	-	-	F '87	0.005	0.005	-	-	0.005	0.2	-		
Trinitrotoluene (2,4,6-)	118-96-7	-	-	-	F '89	0.02	0.02	0.0005	0.02	0.002	0.1	C		
Vinyl chloride	75-01-4	F	zero	0.002	F '87	3	3	0.003	0.1	-	0.002	H		
Xylenes	1330-20-7	F	10	10	D '93	40	40	0.2	7	-	-	I		

¹ Under review.
² 1998 Final Rule for Disinfectants and Disinfection By-products: The total for five haloacetic acids is 0.06 mg/L.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 8 of 12

Chemicals	CASRN Number	Standards		Status HIA Document	Health Advisories							Cancer Description	
		Status Reg.	MCLG (mg/L)		MCL (mg/L)	10 kg Child				DWEL (mg/L)	Life-time (mg/L)		mg/L at 10 ⁻⁶ Cancer Risk
						One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)					
INORGANICS													
Ammonia	7664-41-7	-	-	-	D '92	-	-	-	-	30	-	D	
Antimony	7440-36-0	F	0.006	0.006	F '92	0.01	0.01	0.0004	0.01	0.006	-	D	
Arsenic	7440-38-2	F	zero	0.01	-	-	0.0003	0.01	-	-	0.002	A	
Asbestos (fibers) >10 ⁻⁶ m length)	1332-21-4	F	7 MFL ¹	7 MFL	-	-	-	-	-	-	700-MFL	A ²	
Barium	7440-39-3	F	2	2	D '93	0.7	0.7	0.2	7	-	-	N	
Beryllium	7440-41-7	F	0.004	0.004	F '92	30	30	0.002	0.07	-	-	-	
Boron	7440-42-8	-	-	-	F '08	3	3	0.2	7	6	-	I	
Bromate	7789-38-0	F	zero	0.01	D '98	0.2	-	0.004	0.14	-	0.005	B2	
Cadmium	7440-43-9	F	0.005	0.005	F '87	0.04	0.04	0.0005	0.02	0.005	-	D	
Chloramine ³	10599-90-3	F	4 ⁴	4 ⁴	D '95	-	-	0.1	3.5	3.0	-	-	
Chlorine	7782-50-5	F	4 ⁴	4 ⁴	D '95	3	3	0.1	5	4	-	D	
Chlorine dioxide	10049-04-4	F	0.8 ⁴	0.8 ⁴	D '98	0.8	0.8	0.03	1	0.8	-	D	
Chlorite	7758-19-2	F	0.8	1	D '98	0.8	0.8	0.03	1	0.8	-	D	
Chromium (total)	7440-47-3	F	0.1	0.1	F '87	1	1	0.003 ⁵	0.1	-	-	D	
Copper (at tap)	7440-50-8	F	1.3	TT ⁶	D '98	-	-	-	-	-	-	D	
Cyanide	143-33-9	F	0.2	0.2	F '87	0.2	0.2	0.0006 ⁷	-	-	-	I	
Fluoride	7681-49-4	F	4	4	-	-	-	0.06 ⁸	-	-	-	-	
Lead (at tap)	7439-92-1	F	zero	TT ⁶	-	-	-	-	-	-	-	B2	
Manganese	7439-96-5	-	-	-	F '04	1	1	0.14 ⁹	1.6	0.3	-	D	
Mercury (inorganic)	7487-94-7	F	0.002	0.002	F '87	0.002	0.002	0.0003	0.01	0.002	-	D	
Molybdenum	7439-98-7	-	-	-	D '93	0.08	0.08	0.005	0.2	0.04	-	D	
Nickel	7440-02-0	F	-	-	F '95	1	1	0.02	0.7	0.1	-	-	

- MFL = million fibers per liter.
- Carcinogenicity based on inhalation exposure.
- Monochloramine; measured as free chlorine.
- 1998 Final Rule for Disinfectants and Disinfection By-products: MRDLG=Maximum Residual Disinfection Level Goal; and MRDL=Maximum Residual Disinfection Level.
- IRIS value for chromium VI.
- Copper action level 1.3 mg/L; lead action level 0.015 mg/L.
- This RfD is for hydrogen cyanide.
- In case of overfeed of the fluoridation chemical see CDC Guidelines in Engineering and Administrative Recommendations on Water Fluoridation www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00039178.htm. Elevated F levels ≥ 10mg/L require action by the water system operator.
- Based on dental fluorosis in children, a cosmetic effect. MCLG based on skeletal fluorosis.
- Dietary manganese. The lifetime health advisory includes a 3 fold modifying factor to account for increased bioavailability from drinking water.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 9 of 12

Chemicals	CASRN Number	Standards			Status HA Document	Health Advisories							Cancer Description
		Status Reg.	MCLG (mg/L)	MCL (mg/L)		10 kg Child							
						One-day (mg/L)	Ten-day (mg/L)	RfD (mg/kg/day)	DWEL (mg/L)	Life-time (mg/L)	mg/L at 10 ⁻⁴ Cancer Risk		
Nitrate (as N)	14797-55-8	F	10	10	D 93	100	100	1.6	-	-	-	-	
Nitrite (as N)	14797-65-0	F	1	1	D 93	10	10	0.16	-	-	-	-	
Nitrate + Nitrite (both as N)		F	10	10	D 93	-	-	-	-	-	-	-	
Perchlorate ¹	14797-73-0	-	-	-	I 08	-	-	0.007	0.025	0.015	-	L/N	
Selenium	7782-49-2	F	0.05	0.05	-	-	-	0.005	0.2	0.05	-	D	
Silver	7440-22-4	-	-	-	F 92	0.2	0.2	0.005 ²	0.2	0.1 ³	-	D	
Strontium	7440-24-6	-	-	-	D 93	25	25	0.6	20	4	-	D	
Thallium	7440-28-0	F	0.0005	0.002	F 92	0.007	0.007	-	-	-	-	I	
White phosphorus	7723-14-0	-	-	-	F 90	-	-	0.00002	0.0005	0.0001	-	D	
Zinc	7440-66-6	-	-	-	D 93	6	6	0.3	10	2	-	I	
RADIONUCLIDES													
Beta particle and photon activity (formerly man-made radionuclides)		F	zero	4 mrem/yr	-	-	-	-	-	-	4 mrem/yr	A	
Gross alpha particle activity		F	zero	15 pCi/L	-	-	-	-	-	-	15 pCi/L	A	
Combined Radium 226 & 228	7440-14-4	F	zero	5 pCi/L	-	-	-	-	-	-	-	A	
Radon	10043-92-2	P	zero	300 pCi/L ANCL ⁴ 4000 pCi/L	-	-	-	-	-	-	-	A	
Uranium	7440-61-1	F	zero	0.03	-	-	-	0.0006 ⁵	0.02	-	150 pCi/L	A	

¹ These values are calculated for a 4-kg infant and are protective for all age groups.

² Subchronic value for pregnant women.

³ Based on a cosmetic effect.

⁴ AMCL = Alternative Maximum Contaminant Level.

⁵ Soluble uranium salts. Radionuclide Rule.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 10 of 12

Secondary Drinking Water Regulations

Chemicals	CAS Number	Status	SDWR
Aluminum	7429-90-5	F	0.05 to 0.2 mg/L
Chloride	7647-14-5	F	250 mg/L
Color	NA	F	15 color units
Copper	7440-50-8	F	1.0 mg/L
Corrosivity	NA	F	non-corrosive
Fluoride	7681-49-4	F	2.0 mg/L
Foaming agents	NA	F	0.5 mg/L
Iron	7439-89-6	F	0.3 mg/L
Manganese	7439-96-5	F	0.05 mg/L
Odor	NA	F	3 threshold odor numbers
pH	NA	F	6.5 – 8.5
Silver	7440-22-4	F	0.1 mg/L
Sulfate	7757-82-6	F	250 mg/L
Total dissolved solids (TDS)	NA	F	500 mg/L
Zinc	7440-66-6	F	5 mg/L

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 11 of 12

Microbiology

	Status Reg	Status HA Document	MCLG	MCL	Treatment Technique
<i>Cryptosporidium</i>	F	F 01	-	TT	Systems that filter must remove 99% of <i>Cryptosporidium</i>
<i>Giardia lamblia</i>	F	F 98	-	TT	99.9% killed/inactivated
<i>Legionella</i>	F ¹	F 01	zero	TT	No limit. EPA believes that if <i>Giardia</i> and viruses are inactivated, <i>Legionella</i> will also be controlled
Heterotrophic Plate Count (HPC)	F ¹	-	NA	TT	No more than 500 bacterial colonies per milliliter.
Mycobacteria	-	F 99	-	-	-
Total Coliforms	F	-	zero	5%	No more than 5.0% samples total coliform-positive in a month. Every sample that has total coliforms must be analyzed for fecal coliforms; no fecal coliforms are allowed.
Turbidity	F	-	NA	TT	At no time can turbidity go above 5 NTU (nephelometric turbidity units)
Viruses	F ¹	-	zero	TT	99.99% killed/inactivated

¹ Regulated under the surface water treatment rule.

Drinking Water Standards and Health Advisories

Spring 2012

Page 12 of 12

Drinking Water Advisory Table

Chemicals	Status	Health-based Value	Taste Threshold	Odor Threshold
Ammonia	D '92	Not Available	30 mg/L	
Methyl tertiary butyl ether (MTBE)	F '98	Not Available	40 µg/L	20 µg/L
Sodium	F '03	20 mg/L (for individuals on a 500 mg/day restricted sodium diet).	30-60 mg/L	
Sulfate	F '03	500 mg/L	250 mg/L	

Taste Threshold: Concentration at which the majority of consumers do not notice an adverse taste in drinking water; it is recognized that some sensitive individuals may detect a chemical at levels below this threshold.

Odor Threshold: Concentration at which the majority of consumers do not notice an adverse odor in drinking water; it is recognized that some sensitive individuals may detect a chemical at levels below this threshold.