



محافظان بهبود آب
MBA WATER TREATMENT CHEMICALS



	اسامی هیأت تحریریه:	فهرست
	دکتر سید محمد سیدرضی	
۳	مهندس سیدعلی سیدرضی	بخش اول:
	دکتر محمدعلی فرزانه	پایش رسوبگذاری در آبهای صنعتی
۱۱	دکتر زهرا پوررمضان	بخش دوم:
	همکاران اجرایی خانمها:	ضرورت بهسازی آبهای تولید شده از آب
	سمیه موسوی	شیرینکنها
۱۷	مائده عبدالوند	بخش سوم:
	ساناز مددیان	پسابهای پر نمک ایجاد شده در روش تبادل یونی
	پیش تولید و تولید: آسیه یکهفلاح	مطالعات موردی
۲۸	کاری از واحد آموزش شرکت محافظان بهبود آب	مراجع

آدرس: تهران، خیابان شریعتی، نرسیده به میدان قدس، بن بست تدین، پلاک ۹
طبقه چهارم، واحدهای ۱۳ الی ۱۶

کدپستی: ۱۹۶۳۸۱۶۱۵۴ تلفن: ۴۱-۲۲۷۰۹۷۳۸ فکس: ۲۲۷۰۹۸۰۳

Unit 13 to 16, 4th Fl., No. 9, Tadayon Dd. End, Before Ghods Sq.,

Shariati St., Tehran, Iran. Zip code: 1963816154.

Tell: (+98) 21-22709738-41 Fax: (+98) 21-22709803

www.mbaco.ir information@mbaco.ir

سخن آغازین

ترجمه قسمتی از خطبه شماره ۱۱۰ نهج البلاغه حضرت امیرالمؤمنین (ع)

همانا بهترین چیزی که انسان‌ها می‌توانند با آن به خدای سبحان نزدیک شوند، ایمان به خدا و ایمان به پیامبر و جهاد در راه خداست، که جهاد قله بلند اسلام و یکتا دانستن خدا بر اساس فطرت انسانی است.

بر پا داشتن نماز آیین ملت اسلام و پرداختن زکات تکلیف واجب الهی، روزه ماه رمضان، سپری برابر عذاب الهی است و حج و عمره نابودکننده فقر و شستشودهنده گناهان است و صله رحم مایه فزونی مال و طول عمر و صدقه‌های پنهانی نابودکننده گناهان است و صدقه آشکارا مرگ‌های ناگهانی را باز می‌دارد و نیکوکاری از ذلت و خواری نکه می‌دارد.

به یاد خدا باشید که نیکوترین ذکر است و آنچه پرهیزکاران وعده دادند آرزو کنید که وعده خدا راست‌ترین وعده‌هاست، از راه و رسم پیامبران پیروی کنید که بهترین راهنمای هدایت است، رفتارتان را روش پیامبر (ص) تطبیق دهید که هدایت‌کننده‌ترین روش‌هاست.

و قرآن را بیاموزید، که بهترین گفتار است و آن را نیک بفهمید که بهار دلهاست... از نور آن شفا و بهبودی خواهید که شفای سینه‌های بیمار است و قرآن را نیکو تلاوت کنید که سودبخش‌ترین داستان‌هاست.

و اما بعد

خدای را سپاس می‌گوییم که این توفیق را داد تا گاهنامه شماره ۲ را به پایان برسانیم. از اشخاص گرانمایه ذیل که با راهنمایی و ارسال مطالعات موردی در پر بار شدن این گاهنامه و همچنین گاهنامه قبلی ما را یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌شود.

از خداوند متعال برای این عزیزان سلامتی و توفیق هر چه بیشتر را مسئلت می‌نماییم.

آقای دکتر محمد مهدی بهشتی (دندانپزشک)، آقای مهندس محرم علی قلمی (شرکت توانیر)، آقای مهندس محسن دانک (شرکت توانیر)، آقای مهندس محمد پاکدل (پتروشیمی تندگویان)، آقای مهندس سبزه ورائی (نیروگاه حرارتی طوس)، آقای مهندس سیدعلی قاسمی (نیروگاه منتظر قائم).

بخش اول: پایش رسوب گذاری در آب های صنعتی

مقدمه

مبنای بسیاری از کارشناسان در ارتباط با کنترل شیمیایی آب های خنک کن باز، غالباً میزان خوردگی عمومی می باشد که با روش کوپن گذاری در مسیر آب خنک کن انجام می شود. همچنان که در گاهنامه شماره ۱ عنوان گردید، حضور رسوبات می تواند مشکلات عدیده ای را در آب های خنک کن به وجود آورده که شامل انواع خوردگی های زیر رسوبی، تورمی، اختلاف اکسیژن و همچنین خوردگی میکروبی SRB می باشد [۱ و ۲].

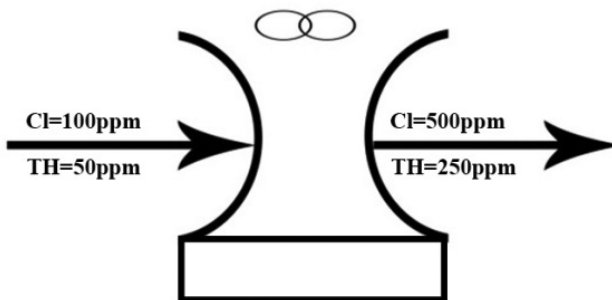
در غالب کتب فنی و مقالات علمی معتبر در دنیا تأکید بسیار بر انجام پایش خوردگی عمومی شده است، در حالی که پایش رسوب چنین نمی باشد و بنده دستورالعمل مدونی در این مورد مشاهده ننموده ام. در حالی که تجربیات اینجانب نشان می دهد آنقدر که حضور رسوبات ناخواسته در سیستم مشکل آفرین بوده است، بالا بودن خوردگی عمومی در حد معقول ۳-۴ mpy سبب زوال و خوردگی تجهیزات نمی شود. کمتر تجهیزاتی به دلیل خوردگی عمومی از کار افتاده اند، در حالی که رسوبات بیشترین مشکل را در آب های خنک کن داشته و دارند. امید است که این چند صفحه ای که مطالعه می نمایید کمک کوچکی در کنترل کمیت و کاهش این مشکل که غالباً صنایع دچار آن می باشند بنماید. به طور خلاصه روش های مذکور به شرح زیر هستند:

- محاسبه بالانس جرم در آب های خنک کن باز
- توصیه های مهم
- استفاده از مبدل های پایلوتی در سایت
- نحوه پایش رسوب در دستگاه RO
- نحوه پایش رسوب در آب تغلیظ در صنایع مس

۱-۱ روش محاسبه بالانس جرم در آب‌های خنک کن باز

مبنای کار به این صورت می‌باشد که مقدار املاح ورودی به برج خنک کن بایستی با توجه به میزان تبخیر آب (سیکل تغلیظ) به نحوی تنظیم گردد تا در سیستم رسوب گذاری صورت نگرفته و این املاح با بلودان به خارج سیستم هدایت شود. در حقیقت مقدار کل نمک‌های ورودی به سیستم بایستی معادل مقدار نمک‌های خروجی از سیستم باشد. در این روش از مقدار سختی آب ورودی و آب در گردش که همانا آب بلودان می‌باشد به منظور محاسبه بالانس جرم استفاده می‌شود و از مقدار یون کلراید ورودی و خروجی به عنوان سیکل تغلیظ استفاده می‌گردد. علت استفاده از یون کلراید به دلیل محلول بودن املاح کلراید می‌باشد. ضمناً مقدار هدایت الکتریکی آب ورودی و آب در گردش نیز می‌تواند ملاک خوبی برای تعیین سیکل تغلیظ آب در گردش باشد. برای مثال در صورتی که مقدار کلراید در آب ورودی (make up) ۱۰۰ ppm و مقدار آن در آب گردشی ۵۰۰ ppm فرض شود، مقدار سیکل تغلیظ برابر ۵ می‌باشد [۳ و ۴].

$$C = \frac{500}{100} = 5$$



شکل ۱- شماتیک یک برج خنک کن

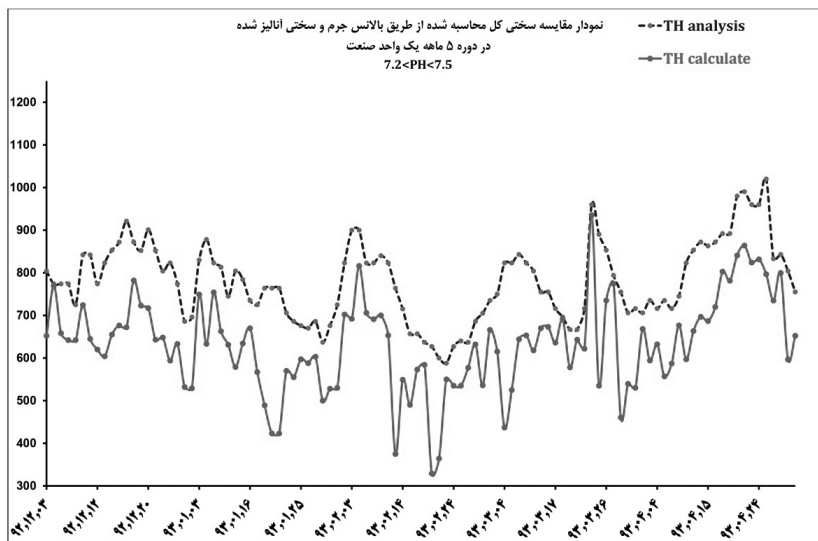
اگر تصور شود که مقدار TH آب ورودی ۵۰ ppm باشد، می‌بایست TH آب در گردش ۲۵۰ ppm باشد، که در این حالت سیستم نه رسوب گذار می‌باشد و نه شوینده رسوبات.

چنانچه TH آب ورودی کمتر از ۲۵۰ ppm باشد به طور مثال عدد ۲۲۰ ppm باشد، این نشان‌دهنده رسوب گذاری به میزان ۳۰ ppm در سیستم می‌باشد و چنانچه این عدد بیش از ۲۵۰ ppm باشد به هر مقداری که اضافه‌تر شود، این مسئله نشان‌دهنده حل شدن رسوبات جداره لوله‌ها و مبدل‌ها می‌باشد که نهایتاً با بلودان از سیستم خارج خواهد شد.

مطالعه موردی شماره ۱

در شکل زیر نمودار مقایسه سختی کل محاسبه شده از طریق بالانس جرم و سختی

اندازه گیری شده آب کولینگ یک پالایشگاه را در طی ۵ ماه نشان می دهد. همچنان که ملاحظه می گردد سیستم آب خنک کن در این حالت، در حالت شویندگی می باشد. زیرا مقدار TH آب در گردش بیشتر از TH محاسبه شده در بالانس جرم می باشد.



شکل ۲ - سختی کل و سختی اندازه گیری شده آب خنک کن یک پالایشگاه طی یک دوره ۵ ماهه

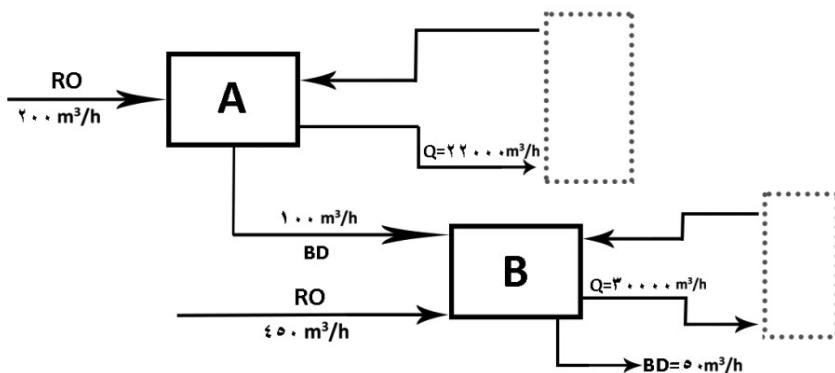
مطالعه موردی شماره ۲

در یک پتروشیمی واقع در منطقه ماهشهر که از آب RO برای آب جبرانی استفاده می شود، آب بلودان کولینگ A به عنوان قسمتی از آب جبرانی وارد کولینگ B می شود. مقادیر آب ورودی به کولینگ های مذکور در شماتیک زیر آورده شده است. میزان آهن آب ورودی RO به کولینگ A برابر با ۱ ppm و سیکل تغلیظ در مورخ ۹۳/۰۲/۲۰ برابر ۷ بوده است.

در این حالت حداقل مقدار Fe^{+2} در آب در گردش بایستی بیشتر از ۷ ppm باشد، در حالی که گزارش ها نشان می دهد که مقدار آهن آب در گردش ۲ ppm بوده است. این مطلب نشان می دهد که در این کولینگ میزان ۵ ppm آهن دو مثبت در حال رسوب گذاری می باشد. با توجه به مقدار آب ورودی که ۲۰۰ متر مکعب بر ساعت می باشد، چنانچه تصور شود که در مدت یکسال شرایط به همین منوال ادامه یابد، مقدار آهن رسوب شده Fe^{+2} به شرح زیر قابل محاسبه می باشد:

$$۸۷۶ \text{ کیلوگرم در سال} = ۳۶۵ \times ۲۴ \times m^3/hr \times ۲۰۰ \times gr/m^3 / ۵$$

که این مقدار آهن محلول معادل ۱۲۰۰ کیلوگرم اکسید آهن Fe_2O_3 در طی یکسال می‌باشد.



شکل ۳- نحوه قرارگیری کولینگ‌های A و B در یک پتروشیمی واقع در منطقه ماهشهر

محاسبه بالانس جرم برای کولینگ B:

چنانچه مقدار آهن ورودی به این کولینگ را ۷ ppm در نظر بگیریم (مقدار آهن موجود در آب گردشی کولینگ A). با توجه به مقادیر آب‌های ورودی به کولینگ B که شامل $100 \text{ m}^3/\text{h}$ آب بلودان از کولینگ A و مقدار $450 \text{ m}^3/\text{h}$ آب RO می‌باشد، مقدار کل آهن ورودی به کولینگ B به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$(100 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.007 \text{ gr/m}^3) + (450 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.001 \text{ gr/m}^3) = 1.15 \text{ gr/hr}$$

و لذا مقدار آهن ورودی در طول یکسال برای کولینگ مذکور 1007 کیلوگرم خواهد بود. اگر مقدار آهن خروجی کمتر از مقدار آهن ورودی به کولینگ مذکور باشد این امر نشان‌دهنده راسب شدن آهن در مدار مذکور می‌باشد.

۲-۱ توصیه‌های مهم:

• غالباً راک خوردگی و رسوب که کوپن‌های خوردگی در داخل آن قرار می‌گیرند در نزدیکی برج خنک‌کن در مسیر آب برگشت به برج که دارای درجه حرارت بیشتری می‌باشد نصب می‌شود. توصیه می‌شود تا کوپن‌های مذکور در مناطقی که سرعت آب کم می‌باشد (مبدل‌هایی که در ارتفاع قرار دارند) و یا درجه حرارت آب در آنها بالا می‌باشد مانند آب خروجی از مبدل‌ها نصب گردند. زیرا در این حالات سرعت رسوب‌گذاری بسیار افزایش می‌یابد که این موضوع کمک می‌کند تا کارشناسان تمهیدات لازم را به عمل آورند. باید دقت شود در زمانی که

کوپن‌های خوردگی از راک خوردگی جدا شده و قرار است میزان تقلیل وزن آن اندازه‌گیری شود حضور هر گونه رسوب در روی کوپن مؤید عملکرد ضعیف کنترل رسوب می‌باشد. اگر هیچ گونه رسوبی بر روی کوپن خوردگی مشاهده نشود، عدم حضور رسوب بر روی کوپن به معنای عدم حضور رسوب در داخل لوله‌های مبدل نمی‌باشد ولی اگر رسوب حتی به میزان کم بر روی کوپن‌ها مشاهده شود به طور قطع در نقاط بحرانی سیستم رسوب‌گذاری صورت خواهد گرفت.

• تصور عموم در حالت عادی بر این است که هرچه کدورت آب در یک سیستم کمتر باشد عملکرد ماده ضد رسوب بهتر است، در حالی که این موضوع کاملاً بر عکس می‌باشد. برای مثال در یکی از پتروشیمی‌های منطقه ماهشهر کارشناسان کدورت را به عنوان معیار مقایسه بازدارنده‌ها قرار داده بودند. در صورتی که هرچه مقدار کدورت بالاتر باشد نشان‌دهنده عملکرد بهتر ماده ضد رسوب است زیرا در این حالت ماده مذکور توانسته است مانع رسوب‌گذاری ذرات معلق و محصولات خوردگی و نهایتاً ته نشینی نمک‌های راسب در لوله‌ها شود ولی باید توجه نمود که بالا بودن کدورت همیشه به مفهوم عملکرد خوب مواد ضد رسوب نمی‌باشد. در بعضی از مواد ممکن است کدورت بالای آب به دلایل زیر باشد:

الف- چنانچه رنگ آب کولینگ قرمز باشد، ممکن است قرمزی آب به دلیل بالا بودن خوردگی آب باشد، که این امر نشان‌دهنده عملکرد ضعیف بازدارنده خوردگی می‌باشد که با نصب کوپن و اندازه‌گیری خوردگی و بالا بودن مقدار غیرمتعارف آهن در سیستم این موارد را می‌توان تشخیص داد. در بعضی از حالات نشت اسید به آب خنک کن می‌تواند سبب کاهش pH و خوردگی بالای آب در گردش شود.

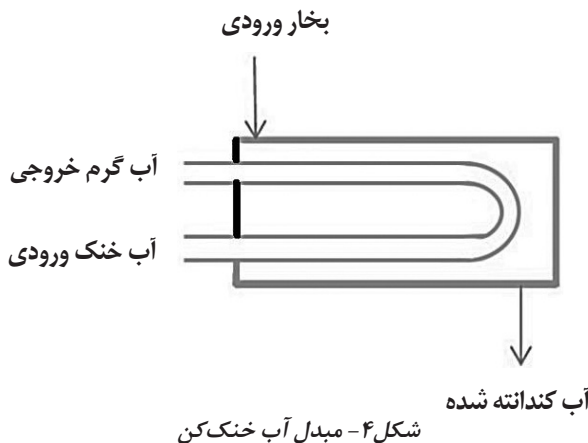
ب- وارد شدن ذرات معلق و گرد و خاک هوا به داخل آب کولینگ می‌تواند سبب افزایش کدورت آب شود.

• در یکی از پالایشگاه‌های کشور آب دورریز (بلودان) برج‌های خنک‌کن پس از عبور از دستگاه کاتریج فیلتر و کاهش املاح آن توسط دستگاه RO مجدداً برای مصارف صنعتی استفاده می‌شود.

در جلسه‌ای که به منظور بررسی عملکرد مواد ضد رسوب و خوردگی تشکیل گردید کارشناسان اعلام نمودند که استفاده از ماده ضد رسوب و خوردگی عمر مفید فیلترهای مذکور را تا ۳ برابر کاهش داده است. آنها اظهار داشتند که قبلاً هر ۳ الی ۴ روز فیلترهای مذکور تعویض می‌شدند در حالی که هم اکنون هر دو روز یک بار فیلترها عوض می‌شوند. در جواب اشکالات مطرح شده بیان شد که قبلاً ذرات معلق در داخل مبدل‌ها راسب می‌شدند ولی هم اکنون این ذرات در فیلترها جمع می‌شوند و این مشکل به دلیل طراحی دستگاه‌های فیلتر و ظرفیت پایین آنها می‌باشد نه کیفیت بد مواد ضد رسوب.

۳-۱ استفاده از مبدل‌های پیلوتی حرارتی در سایت

در پایش خوردگی با نصب کوپن‌های خوردگی می‌توان در مدت زمان کوتاهی در حد چند روز میزان خوردگی عمومی را اندازه‌گیری نمود، در حالی که فرآیند رسوب‌گذاری یک فرآیند طولانی مدت می‌باشد و نیاز به زمان بیشتری دارد. در یکی از پالایشگاه‌های کشور کارشناسان از یک مبدل حرارتی کوچک به منظور ارزیابی راندمان مواد ضد رسوب استفاده می‌نمایند. در این مبدل آب خنک‌کن به قطر یک اینچ، مطابق شکل ۴ از یک سمت مبدل‌ها وارد شده و از همان سمت خارج می‌شود. تعداد لوله‌های آب خنک‌کن حدوداً ۱۰ عدد می‌باشد. مبدل بسیار کوچک و ابعاد آن $50 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 120 \text{ cm}$ است.



از یک لوله به قطر تقریبی یک اینچ بخار به منظور گرم نمودن لوله‌های مبدل استفاده می‌شود و نهایتاً درجه حرارت آب خنک‌کن تا $70-60$ درجه سانتیگراد گرم می‌شود. چنانچه بازدارنده رسوب از کیفیت خوبی برخوردار نباشند، در مدت چند روز رسوب در داخل لوله‌ها تشکیل می‌شود. با این مبدل‌های کوچک می‌توان کیفیت مواد ضد رسوب را در مدت کوتاه مورد ارزیابی قرار داد. لازم به ذکر است که در این حالت راندمان مواد ضد رسوب تجاری مورد مقایسه قرار می‌گیرند.

۴-۱ نحوه پایش رسوب‌گذاری در دستگاه RO

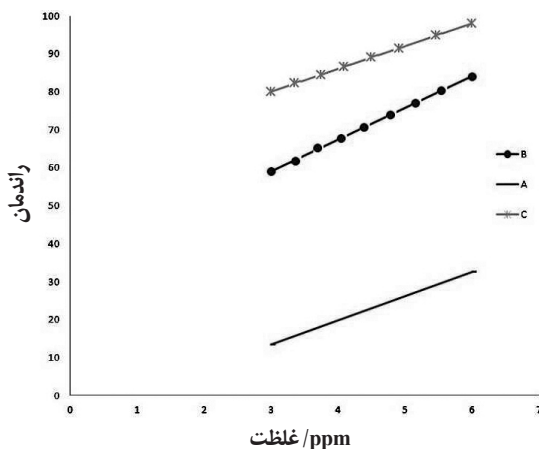
نحوه پایش رسوب‌گذاری در دستگاه RO با روش پایش رسوب‌گذاری در آب خنک‌کن متفاوت می‌باشد. در حال حاضر در دستگاه RO افت راندمان دستگاه و تقلیل میزان آب تصفیه شده غالباً ملاک عملکرد مواد ضد رسوب برای RO می‌باشد. به دلیل زمان‌بر بودن

فرآیند رسوب گذاری در دستگاه RO بررسی نحوه عملکرد مواد ضد رسوب در دستگاه مذکور نیازمند چندین ماه زمان است.

در حالی که هم اکنون با روش هایی که اخیراً ابداع گردیده است می توان از عملکرد این مواد در آزمایشگاه قبل از آنکه در دستگاه RO مورد استفاده قرار گیرند، مطلع گردید. بدین منظور می توان از دو روش استاندارد NACE 31105 و NACE TM 0374 استفاده نمود [۵ و ۶].

همچنان که می دانیم چاه های ایران و همچنین آب های دریاها مانند خلیج فارس و دریای مازندران عمدتاً کربناتی می باشد. آب منطقه زرنند کرمان سولفاتی است در حالی که آب های منطقه سرچشمه کرمان حاوی سیلیس بالا می باشد.

اگر آب عمدتاً کربناتی باشد بایستی راندمان ماده ضد رسوب برای کربنات مورد ارزیابی قرار گیرد. به طور مثال راندمان عملکرد سه ماده ضد رسوب تجاری A, B, C برای کربنات سدیم در غلظت های مختلف در منحنی شماره ۵ آورده شده است. همچنان که مشاهده می شود راندمان ماده A در غلظت های بالاتر از ۳ ppm به مراتب از مواد B و C بهتر می باشد. به کمک همین روش می توان راندمان مواد ضد رسوب را برای سولفات، سیلیس و سایر نمک های دیگر را ارزیابی نمود.



شکل ۵- تغییرات راندمان بازدارنده های A و B و C در غلظت های مختلف

توضیح:

- استانداردهای یاد شده، ارزیابی مواد ضد رسوب را در روش های استاتیک و دینامیک ارائه نموده است. ضمناً در عنوان این دستورالعمل ها ذکر شده است که برای صنایع نفت و گاز ارائه شده اند، در حالی که روش ارائه شده در این دستورالعمل ها برای آب های صنعتی نیز کاربرد دارند.

• لازم به ذکر است که در حال حاضر در ۲ آزمایشگاه کشور و همچنین آزمایشگاه این شرکت امکان انجام این آزمایش‌ها وجود دارد.

۵-۱ نحوه پایش رسوب‌گذاری در آب تغلیظ در صنایع مس

• در واحدهای تغلیظ در صنایع مس، از آبی که pH آن با اضافه نمودن آهک تا حد ۱۱ افزایش می‌یابد برای آب مورد نیاز واحد تغلیظ مس استفاده می‌شود. این آب بسیار رسوب‌گذار می‌باشد و لذا از مواد ضد رسوب برای عدم رسوب‌گذاری آن استفاده می‌شود. به منظور بررسی عملکرد ماده ضد رسوب غالباً از کوپن رسوب در مسیر آب خنک‌کن استفاده می‌شود در حالی که می‌توان با آزمایش استاتیک از کیفیت ماده ضد رسوب (برای کربنات کلسیم) قبل از آنکه در سایت مورد استفاده قرار گیرد، مطلع گردید.

• با این روش کارشناسان می‌توانند هم از نظر فنی و هم از نظر قیمت، مواد ضد رسوب را ارزیابی و با یکدیگر مقایسه کنند. با توجه به توضیحات داده شده توصیه می‌شود تا در ابتدا راندمان بازدارندگی ماده ضد رسوب توسط آزمایشگاه مورد اعتماد، اندازه‌گیری شود و سپس به کمک کوپن‌گذاری کیفیت ماده ضد رسوب مجدداً ارزیابی شود. ضمناً در این حالت بایستی از هر محموله‌ای که به سایت ارسال می‌گردد، نمونه‌برداری شده و مجدداً برای آزمایشگاه به منظور کنترل کیفی آن ارسال گردد.

بخش دوم: ضرورت به سازی آب های تولید شده از آب شیرین کن ها

مقدمه

آب های تولید شده توسط آب شیرین کن ها که از آب دریا برای تولید آب های صنعتی و آشامیدنی استفاده می کنند، دارای خلوص بسیار بالا بوده و فاقد مواد معدنی لازم به منظور شرب می باشند. بررسی های پزشکی انجام در کشور ژاپن نشان می دهد که افرادی که آب تقطیر شده نوشیده اند، به بیماری های گوناگونی مبتلا شده و در معرض مشکلات اسهالی و نظایر آن قرار گرفته اند.

آزمایشات انجام شده نشان می دهد که استفاده از این آب به مدت ۴ الی ۷ ماه می تواند تعداد گلبول های سفید خون را افزایش دهد همچنین نتایج این آزمایش که بر روی موش صحرایی انجام پذیرفته است نشان می دهد که آب تقطیر شده سبب ایجاد رسوبات پروتئینی و کاهش عملکرد کلیه می شود. در این موش ها، علائم لاغری و افزایش غلظت خون در کبد نیز مشاهده شده است [۷].

۱-۲ مواد افزودنی لازم به آب مقطر جهت شرب

گاز کلر: ضرورت دارد تا به آب تولیدی از آب شیرین کن ها، به منظور ضد عفونی نمودن آن از مواد میکروب کش نظیر گاز کلر استفاده شود. مقدار باقی مانده گاز کلر بر اساس استاندارد آلمان بایستی حداکثر ۰/۳ ppm و در زمان های اپیدمی، ماکزیمم آن ۰/۶ ppm باشد.

لازم به ذکر است که در بعضی از سواحل جنوب کشور، آب دریا به آمونیاک (NH_3) که ناشی از فاضلاب انسانی می باشد آلوده می شود. از آنجا که آمونیاک می تواند سبب زوال آلیاژهای مسی مبدل های آب شیرین کن ها شود، لذا غالباً گاز کلر به آب ورودی دریا تزریق می شود که از اثرات تخریبی آمونیاک موجود در آب دریا کاسته و سبب حذف آن شود. ضمناً تزریق گاز کلر سبب کاهش مشکلات میکروبی و جلبک ها نیز می شود. در

دستورالعمل‌های شرکت کروپ آلمان حداکثر گاز کلر به ورودی دستگاه آب شیرین کن را ۰/۱ ppm اعلام نموده است. مواد گندزدا غالباً در محل آب‌گیری آب دریا (تلمبه خانه) بلافاصله پس از پمپاژ تزریق می‌شود [۸].

۲-۲ سایر مواد شیمیائی مورد نیاز

برای تنظیم مقدار نمک‌های لازم در آب مقطر تولید شده ضرورت دارد تا به غیر از گاز کلر از سه ماده شیمیائی، سود سوز آور، بی کربنات سدیم (NaHCO_3) و کلرور کلسیم استفاده شود. مقدار غلظت مواد تزریقی، در حالت معمولی به ترتیب ۱ ppm، ۵۴ ppm و ۸۰ ppm می‌باشد و این اعداد می‌تواند تا ۳/۵ ppm، ۸۱ ppm و ۱۵۰ ppm افزایش یابد، ضمناً مقدار تزریق هیپوکلریت کلسیم جامد (hydro-tox-hypochlorit) با خلوص ۷۰ درصد ۱-۲ ppm می‌باشد.

در جدول شماره ۱ مقدار تزریق مواد شیمیائی برای آب شیرین کن با ظرفیت روزانه ۴۰۰۰ مترمکعب آورده شده است. همچنان که در جدول مشاهده می‌شود کلیه مواد شیمیائی به صورت پودر می‌باشند که بایستی ابتدا در مخازن هر کدام به صورت محلول ساخته شوند، به طور مثال بایستی سود سوز آورده به صورت ۵ درصد ساخته شود و سپس مورد استفاده قرار گیرد. اعداد آورده شده برای مهندسین طراح این تجهیزات مفید می‌باشد. علاوه بر این باید اشاره کرد که:

- ۱. استفاده از آب ژاول به دلیل مشکل حمل و نقل آن برای جزایر ایران مقرون به صرفه نمی‌باشد، زیرا در اثر مرور زمان در مسیر حمل و نقل، از کیفیت آن کاسته می‌شود، و لذا غالباً ترجیح داده می‌شود که از مواد جامد گندزدا استفاده شود.
- ۲. چنانچه مقدار pH آب خروجی از آب شیرین کن‌ها به قدر کافی بالا نباشد، این امر سبب خوردگی شدید خطوط انتقال آب شهری که غالباً فولادی می‌باشند می‌شود.
- ۳. مقادیر مواد شیمیایی تزریقی در جدول ۱ حداقل مقدار موادی می‌باشند که برای سلامتی انسان ضروری می‌باشد نه کنترل خوردگی در لوله‌های آبرسانی.

جدول شماره ۱- مقدار تزریق مواد شیمیائی برای آب شیرین کن با ظرفیت روزانه ۴۰۰۰ مترمکعب

Distillate treatment	HTH	NaOH	CaCl ₂	NaHCO ₃
Distillate Flow(t/h)	166.4	166.4	166.1	166.4
Concentration(%)	2	5	10	10
Dosing rate(ppm)	1	1	54	80
Max.dosing rate(ppm)	2	3.5	81	150
Number of tanks	1	1	1	1
Tank volume(L)	400	100	2833	3800
Capacity for(day)	1	1	1	1
Number of pumps	2	2	2	2
Pump Delivery rate(L/hr)	11.9	3.3	90	133
Pump max. delivery rate	5.7	4	216	319
Consumption/day(kg)	24	12	135	270

نتایج تحقیقات انجام شده در ارتباط با میزان خوردگی لوله‌های فولادی در یک برج خنک کن بسته با روش کوپن گذاری که در آزمایشگاه این شرکت انجام پذیرفت، در جدول شماره ۲ آورده شده است.

به منظور ارزیابی رفتار خوردگی آب تولید شده، بر اساس دستورالعمل شرکت کروب مواد ذکر شده به هر لیتر آب مقطر اضافه گردید.

NaOH = 1 mg CaCl₂ = 54 mg NaHCO₃ = 80 mg

پس از افزودن مواد مذکور آنالیز شیمیایی آب تولیدی به شرح ذیل می‌باشد.
Ca.H. = 5/38 ppm M.Alk = 54 ppm pH = 32/8

توضیح:

- در آزمایش شماره ۲ مقادیر سختی کلسیم و pH به ترتیب به ۶۰ و ۹ افزایش یافت.
- در آزمایش شماره ۳ مقدار ۵ ppm پلی فسفات (هگزا متافسفات) به آب شماره ۲ اضافه گردید.
- کلیه آزمایشات در مدت ۷۲ ساعت انجام شد.

جدول شماره ۲- تأثیر پارامترهای مختلف بر نرخ خوردگی

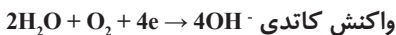
نرخ خوردگی mpy	غلظت پلی فسفات ppm	pH	M.Alk ppm	سختی کلسیمی ppm	
۷/۴	۰	۸/۳۲	۵۴	۳۸/۵	آزمایش اول
۴	۰	۹	۱۳۳	۶۰	آزمایش دوم
۲/۵	۵	۹	۱۳۳	۶۰	آزمایش سوم

همانطور که مشاهده می‌شود افزایش pH از ۸/۳۲ تا ۹ و افزایش سختی از ۳۸/۵ ppm به ۶۰ ppm سبب کاهش خوردگی عمومی از ۷/۴ mpy تا ۴ mpy شده است. افزایش پلی فسفات نیز توانسته است نرخ خوردگی را از ۴ mpy به ۲/۵ mpy کاهش دهد.

مطالعه موردی شماره ۳

در بازدیدی که از یکی از آب شیرین کن‌های جزایر خلیج فارس به عمل آمد، مشاهده شد که آب خروجی از دستگاه آب شیرین کن در حد ۷/۵ تنظیم می‌شود در حالی که pH آب شیر در منازل داخل شهر تا ۸/۵ افزایش می‌یابد. تجربیات نشان می‌دهد که غالباً آب‌های مذکور که در جنوب کشور توسط آب شیرین کن‌ها تولید می‌شود خوردگی شدیدی بر لوله‌های آبرسانی شهر که غالباً فولادی می‌باشد دارند. در بسیاری مواقع در این مناطق مخصوصاً در ابتدای باز کردن شیرهای آب منازل رنگ آب قرمز است که نشان‌دهنده خوردگی زیاد لوله‌ها می‌باشد.

همچنان که ذکر شد مقدار اعلام شده از طرف شرکت کروپ آلمان حداقل مقداری می‌باشد که برای شرب مشکل‌زا نمی‌باشد ولی خوردگی زیادی برای لوله‌های آبرسانی در داخل شهر دارد. ضمناً علت افزایش pH به دلیل واکنش‌های زیر می‌باشد. آهن در آب طبیعی تحت واکنش‌های کاتدی و آندی به شرح زیر خورده می‌شود [۱۰۹].



همچنان که ملاحظه می‌شود، در اثر واکنش خوردگی، OH^- تشکیل می‌شود که سبب افزایش pH آب می‌شود. توصیه می‌شود تا بر اساس دستورالعمل زیر اقدامات لازم به منظور کاهش خوردگی انجام پذیرد.

- ۱- مقدار pH بایستی در محدوده ۸/۵-۹ قرار گیرد.
- ۲- با افزودن ۵ ppm پلی فسفات به آب خروجی از آب شیرین کن، میزان

خوردگی آب به طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد. استفاده از این ماده و همچنین سایر ترکیبات پلی فسفات، از نظر شرب، مورد تأیید سازمان بهداشت جهانی (WHO) می‌باشد [۱۱].

توضیح:

اولین دستورالعمل مربوط به آب آشامیدنی که توسط سازمان جهانی بهداشت در سال ۱۹۸۴ تدوین گردید. مقدار pH در محدوده ۵/۵-۶/۵ تعیین شد. در حالی که در بازبینی سال ۲۰۰۶ حد مجاز آن ۵/۵-۹/۵ می‌باشد. شاید یکی از دلایل این افزایش جلوگیری از پوسیدگی دندان باشد [۱۲].

در دستورالعمل ارائه شده توسط این سازمان در سال ۱۹۵۸ حداکثر مقدار مجاز برای مجموع کلسیم و منیزیم در آب آشامیدنی ۵۰۰ ppm عنوان شده است. این در حالی است که در دستورالعمل سال ۲۰۰۶ حداکثر مجاز برای کلسیم و منیزیم ۲۰۰ ppm گزارش گردیده است. در استاندارد مذکور آمده است که برای جلوگیری از بوگرفتن آب باید مقدار کلسیم زیر ۳۰۰-۲۰۰ ppm نگهداری شود. ضمناً حد مجاز منیزیم نیز کمتر از کلسیم عنوان شده است. البته گفته شده است که مقدار بالای کلسیم و منیزیم محلول در آب باعث رسوب‌گذاری در سیستم می‌شود. ضمناً در اطلاعات ارائه شده در این استاندارد بیان شده است که چنانچه مقدار سختی آب کمتر از ۱۰۰ ppm باشد خوردگی لوله تشدید می‌شود. ضمناً بهترین مقدار سختی در این استاندارد ۲۰۰-۱۰۰ ppm گزارش شده است [۱۳].

مطالعه موردی شماره ۴

دستگاه‌های RO (خانگی و یا صنعتی) از سه قسمت فیلتر ذرات معلق، فیلتر کربن اکتیو و ممبران‌ها تشکیل شده است. در ایران مخصوصاً در شمال کشور طی سال‌های گذشته استقبال خوبی از لوله‌های پلیمری در ساختمان‌های مسکونی به عمل نیامد. علت آن بد بو شدن آب مخصوصاً در زمان راکد شدن آن در لوله‌ها می‌باشد.

از آنجایی که فیلترهای کربن اکتیو قادرند تا بوی نامطبوع آب را حذف کنند، چنانچه دستگاه تصفیه آب فقط شامل فیلتر ذرات معلق و کربن اکتیو باشد، مشکل بدبو شدن آب مرتفع می‌گردد. این نوع دستگاه تصفیه که فاقد فیلترهای ممبران می‌باشند در ایران تولید می‌شوند که در این حالت قیمت دستگاه مذکور بسیار کاهش می‌یابد، زیرا قیمت عمده دستگاه RO مربوط به فیلترهای ممبران است که املاح آب را حذف می‌کند.

غالباً در دستگاه RO که به منظور کاهش سختی و املاح آب استفاده می‌شود بعضی از کارشناسان نصب‌کننده سختی آب خروجی را به کمک تنظیمات دستگاه تا ۲۰ ppm کاهش

می‌دهند. باید دقت شود که وجود برخی املاح در آب برای بدن انسان مفید می‌باشند و همچنان که سازمان جهانی بهداشت اعلام نموده است بایستی مقدار سختی در حد ppm ۲۰۰-۱۰۰ نگهداری شود. در حالی که این مسئله در ایران رعایت نمی‌شود و تصور بر این است که هر چقدر املاح آب کمتر باشد از نظر بهداشتی و سلامتی مفیدتر است. لذا باید دقت شود همچنان که مقدار سختی و املاح بالای آب برای شرب زیان‌آور است مقدار بسیار کم آن نیز مضر می‌باشد.

نکته مهم: با توجه به تأثیر pH بر کاهش نرخ خوردگی چنانچه شرکت‌ها توانایی مالی خرید کلیه نمک‌ها و پلی فسفات را ندارند توصیه می‌شود حداقل با افزودن سود pH آب را بالاتر از ۹ نگهداری نمایند. در این حالت در نهایت مقدار سود تزریقی از ۱ ppm به ۵ ppm افزایش می‌یابد که با توجه به مقدار مصرف و قیمت نسبتاً پایین آن هزینه اضافی برای هر متر مکعب آب ۲۰۰ ریال می‌باشد. هر چند که هزینه مربوط به کلیه مواد مذکور در دراز مدت و به دلیل کاهش خوردگی و افزایش عمر مفید لوله‌های آب‌رسانی جبران می‌شود.

بخش سوم: پساب‌های پرنمک ایجاد شده در روش تبادل یونی و نحوه کاهش آن

مقدمه

در روش تبادل یونی که در فرآیند تهیه آب مقطر در صنایع مختلف صورت می‌پذیرد پساب‌های پرنمک زیادی ایجاد می‌شود که تخلیه آنها به محیط زیست مشکل آفرین می‌باشد و بایستی بر اساس استانداردهایی که در این زمینه تدوین گردیده است اقدام شود.

مدارک فنی دو نیروگاه منتظر قائم واقع در شهریار کرج و نیروگاه طوس واقع در خراسان نشان می‌دهد که به ازای هر تن آب مقطر تولید شده که در فرآیند احیاء رزین‌های کاتیونی و آنیونی مصرف می‌شود به مقدار ۳ الی ۸ تن، اسید و سود مصرف می‌گردد. هدف از ارائه این مقاله ضرورت استفاده از RO و کاهش املاح آب خام ورودی به دستگاه تبادل یونی به منظور تقلیل این نوع پساب‌های پرنمک می‌باشد. این روش از نظر اقتصادی نیز بسیار مقرون به صرفه‌تر از روش فعلی می‌باشد.

مطالعات موردی شماره ۵

همچنان که ذکر شد در این بررسی‌ها دو نیروگاه منتظر قائم واقع در شهریار و نیروگاه طوس در خراسان مورد بررسی قرار گرفته‌اند، کیفیت آب چاه آنها و همچنین پساب نیروگاه طوس در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- کیفیت آب مورد استفاده در دو نیروگاه مذکور

آنالیز آب	pH	EC _{μs/cm}	MALK _{ppm}	TH _{ppm}	TDS _{ppm}	SO ₄ ⁻² _{ppm}	SiO ₂ _{ppm}
نیروگاه منتظر قائم	۷/۸	۴۵۰	۹۰	۲۱۰	۳۱۵	۷۰	-
آب خام نیروگاه طوس	۷/۸	۷۰۰	۱۶۰	۱۸۰	۵۰۰	۱۳۰	۳۳
پساب نیروگاه طوس	۶/۵-۹	۱۰۵۰۰	۸۶	۲۵۰۰	۸۹۹۰	۵۹۵۳	۴۱

ضمناً مقدار سدیم پساب نیروگاه طوس برابر با ۲۳۴۵ ppm و مقدار متوسط پساب برابر $20 \text{ m}^3/\text{hr}$ می‌باشد. در جدول شماره ۴ مقادیر آب تولیدی و همچنین مقادیر اسید و سود مصرفی هر دو نیروگاه را نشان می‌دهد.

جدول ۴: مقادیر آب تولیدی و همچنین مقادیر اسید و سود مصرفی در نیروگاه‌های منتظر قائم و طوس

مقدار املاح حذف شده از آب مقطر تولیدی (ton)	مصرف اسید (ton)	مصرف سود (ton)	آب مقطر تولیدی (m^3/year)	
۱۲۳	۲۳۸	۸۵۲	۳۹۱,۰۰۰	نیروگاه منتظر قائم
۱۶۶	۲۴۹	۲۱۸	۳۳۲,۵۰۷	نیروگاه طوس

نیروگاه منتظر قائم:

مقدار آب مقطر تولید شده برای چهار واحد نیروگاه منتظر قائم در سال ۹۴ جمعاً ۳۹۱,۰۰۰ مترمکعب بوده است و مقدار اسید سولفوریک ۹۸ درصد و سود ۵۰ درصد مصرفی در همین سال به ترتیب ۲۳۸ تن و ۸۵۲ تن بوده است.

با توجه به کیفیت آب ورودی به دستگاه یون‌زدا که هدایت الکتریکی آن $450 \mu\text{S}/\text{cm}$ می‌باشد، هر متر مکعب آب حاوی حدوداً ۳۱۵ گرم املاح بوده و در نتیجه میزان کل املاح گرفته شده از ۳۹۱۰۰۰ متر مکعب آب حدود ۱۲۳ تن می‌باشد در حالی که ۱۰۹۰ تن اسید و سود در این فرآیند مصرف شده است. یعنی حدود ۸/۸ برابر املاح گرفته شده از آب فقط از طریق مصرف سود و اسید، نمک به داخل پساب ریخته شده است.

نیروگاه طوس:

در نیروگاه طوس که در منطقه خراسان واقع شده است. در سال ۹۴ جمعاً ۳۳۲۵۰۷ مترمکعب آب مقطر تولید شده است و میزان مصرف سود و اسید به ترتیب ۲۱۸ تن و ۲۴۹ تن بوده است.

هدایت الکتریکی آب چاه برابر با $700 \mu\text{S}/\text{cm}$ می‌باشد که مقدار املاح آن حدوداً ۵۰۰ گرم در هر مترمکعب می‌باشد و در نهایت با میزان آب مقطر تولیدی مقدار ۱۶۶ تن املاح از آب حذف شده است در حالی که میزان سود و اسید مصرفی ۴۶۷ تن بوده است.

پساب حاصل از تصفیه‌خانه نیروگاه طوس در طول شبانه روز مجموعاً ۴۸۰ متر مکعب پساب خنثی شده می‌باشد (هر ساعت حدود ۲۰ متر مکعب)

توضیح:

در مورد نیروگاه منتظر قائم مقدار مصرف سود سوز آور ۸۵۲ تن در گزارش سالیانه ذکر شده است در حالی که برای نیروگاه دوم حدوداً ۲۱۸ تن می‌باشد. این اختلاف به دلیل استفاده از دی گازور در نیروگاه طوس می‌باشد که باعث حذف کربنات کلسیم آب شده است.

۱-۳ رقیق نمودن پساب پر نمک با سایر پساب‌ها و امکان تزریق آن به زمین و یا آب‌های سطحی

مطالعه موردی شماره ۶

امکان سنجی این روش در نیروگاه حرارتی طوس که دارای ۴ واحد MW ۱۵۰ می‌باشد و از برج خشک استفاده می‌نماید مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد.

پساب پر نمک موجود در این نیروگاه عمدتاً مربوط به پساب حاصل از شستشوی شیمیایی رزین‌های تبادل یونی که در فرآیند تولید آب مقطر ایجاد می‌شود می‌باشد. در این نیروگاه از یک برج خنک‌کن کوچک که مقدار بلودان آن حداکثر $10 \text{ m}^3/\text{hr}$ است نیز استفاده می‌گردد.

مقادیر کلیه پساب‌ها و همچنین مقادیر حداکثر سولفات و سدیم هر کدام نیز در جدول شماره ۵ آورده شده است. لازم به ذکر است که از درج کلیه پارامترهای شیمیایی پساب‌ها به منظور اطلاع کلام خودداری شده است.

جدول ۵: مقادیر حداکثر سولفات و سدیم در پساب‌های مختلف

	۱	۲	۳	۴	۵
مقدار پساب (m^3/hr)	۲۰	۱۰	۱۰/۵	۱/۴	۲۰
مقدار سولفات $\text{SO}_4 = \text{ppm}$	۵۹۴۵	۴۲۷/۲	—	۱۷۰/۴	۱۷۰/۴
مقدار سدیم Na^+	۲۳۴۵	۲۳۲/۵	۰/۰۱	۹۳	۹۳

- مقدار پساب حاصل از شستشوی رزین‌ها پس از خنثی‌سازی با سود
- مقدار بلودان برج خنک‌کن کمکی
- مقدار بلودان بویلر اصلی و کمکی
- مقدار پساب فاضلاب انسانی
- مقدار پساب و آب‌های آلوده به روغن در نیروگاه

مقدار کل پساب‌های موجود در این نیروگاه حدوداً $62 \text{ m}^3/\text{hr}$ می‌باشد. چنانچه این پساب‌ها با یکدیگر مخلوط شوند، مقدار متوسط سولفات و سدیم پساب رقیق شده به ترتیب به 2048 ppm و 826 ppm به شرح زیر محاسبه می‌شود.

$$SO_4 = \frac{(5945 \times 20) + (427 / 2 \times 10) + (170 / 4 \times 1 / 4) + (170 / 4 \times 20)}{62} = 2048 \text{ ppm} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$Na^+ = \frac{(2345 \times 20) + (232 / 5 \times 10) + (0 / 01 \times 10 / 5) + (1 / 4 \times 93) + (20 \times 93)}{62} = 826 \text{ ppm} \quad \text{رابطه ۲}$$

چنانچه مقدار سولفات و سدیم پساب رقیق را با استاندارد حفاظت محیط زیست ایران مقایسه نمایید، مقادیر یون‌های مذکور حتی پس از رقیق شدن نمی‌تواند به زمین و یا آب‌های جاری تزریق گردد. (جدول شماره ۶)

جدول شماره ۶: استاندارد زیست محیطی سولفات

مواد	پساب پر نمک ppm	پساب رقیق شده ppm	استاندارد حفاظت محیط زیست ppm
$SO_4 =$	۵۹۵۳	۲۰۴۸	۴۰۰
Na^+	۲۳۴۵	۸۲۶	—

۳-۲ نحوه کاهش پساب‌های پرنمک در روش تبادل یونی

از دو روش زیر می‌توان در کاهش پساب‌های مذکور استفاده نمود.

الف) استفاده از دستگاه دی گازور

آب‌هایی که مقدار کربنات آب خام آنها قابل ملاحظه می‌باشد، استفاده از دستگاه دی گازور می‌تواند روش بسیار مناسبی جهت کاهش مصرف سود باشد. مقایسه آب خام دو نیروگاه نشان می‌دهد که کیفیت آب خام نیروگاه اول بسیار بهتر از نیروگاه دوم می‌باشد، برای نیروگاه اول ($EC = 450 \text{ } \mu\text{S/cm}$) در حالی که برای نیروگاه دوم $E = 700 \text{ } \mu\text{S/cm}$ می‌باشد ولی میزان مصرف سود جهت خنثی‌سازی در نیروگاه اول (۸۵۲ تن) و در نیروگاه دوم (۲۱۸ تن) می‌باشد.

با توجه به مثال فوق می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از دی گازور باعث صرفه‌جویی در مصرف سود جهت نرم‌سازی آب می‌شود و حجم پساب پرنمک تولیدی را کاهش می‌دهد. ولی استفاده از دستگاه RO که شرح آنها در زیر آمده است بسیار مطلوب و اقتصادی‌تر از روش دی گازور می‌باشد.

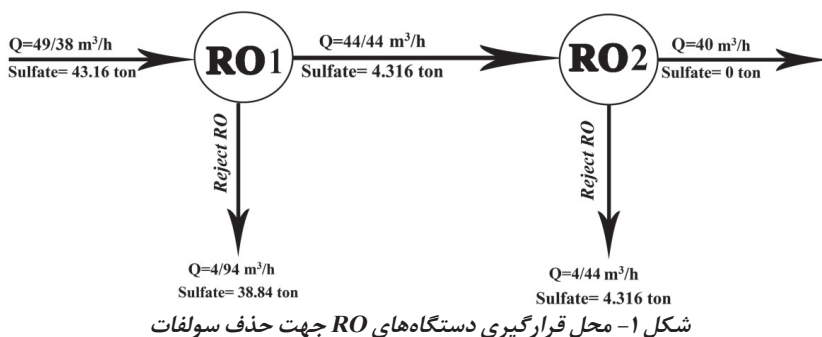
ب) استفاده از RO قبل از آب خام ورودی به دستگاه آب مقطر سازی

چنانچه قبل از ورود آب خام به دستگاه آب مقطر سازی از دستگاه RO دو مرحله‌ای برای کاهش مقدار سختی نمک‌های آب استفاده شود این روش می‌تواند سبب کاهش مقدار پساب‌های پرنمک گردد.

با توجه به مقدار $40 \text{ m}^3/\text{hr}$ آب مقطر مورد نیاز پس از خروجی 2 RO و با فرض راندمان ۹۰ درصد برای هر کدام از ROهای مذکور و مقدار سولفات نهایی خروجی در حد صفر، مقدار آب ورودی برای هر کدام از دستگاه‌های مذکور در نمودار شماره ۶ آورده شده است.

توضیح:

مقدار کل نمک‌های حذف شده در نیروگاه طوس معادل ۱۶۶ تن می‌باشد (جدول ۴). با توجه به نسبت سولفات آب خام که 130 ppm و مقدار املاح کل 500 ppm می‌باشد، مقدار سولفات موجود در ۱۶۶ تن نمک حذف شده برابر با $43/16$ تن می‌باشد.



از آنجا که قرار است جمعاً $43/16$ تن سولفات حذف شود، مقدار سولفات حذف شده در هر کدام از ROهای مذکور برابر است با $38/84$ تن و $4/314$ تن که با توجه به مقدار دبی آنها، مقدار غلظت سولفات برای هر کدام از آب‌های دور ریز به ترتیب برابر است با 110 ppm و 897 ppm قابل محاسبه می‌باشد.

با توجه به شرایط جدید مقدار متوسط سولفات برای کلیه پساب‌ها عبارت است از:

$$\frac{(4.94 \times 897) + (4.316 \times 110) + (10 \times 427.2) + (1.4 \times 170.4) + (20 \times 170.4)}{(4.94 + 4.316 + 10 + 1.4 + 20)} = 315.4 \text{ ppm}$$

بر اساس محاسبات انجام شده در صورت استفاده از RO مقدار سولفات به 315 ppm کاهش خواهد یافت. همانطور که مشاهده می‌شود در این روش مقدار متوسط سولفات در محدوده استاندارد حفاظت محیط زیست (جدول شماره ۴) قرار دارد.

به طور خلاصه استفاده از دستگاه RO مزایای زیر را در بر دارد:

- مقدار پساب‌های پرمک حاصل از شستشوی رزین‌های کاتیونی و آنیونی تا ۹۵ درصد کاهش می‌یابد (حفظ محیط زیست).
- هزینه خرید مواد شیمیایی (سود و اسید) تا ۹۰ درصد کاهش خواهد یافت.
- زمان‌های شستشوی رزین‌ها از ۳ روز یک‌بار به حدود ۳۰ روز یک‌بار کاهش می‌یابد.
- افزایش عمر رزین‌ها.
- عدم ضرورت به کار کردن کارکنان در شیفت شب.

۳-۳ برآورد اقتصادی خرید دستگاه RO

در صورتی که برای نیروگاه منتظر قائم از یک دستگاه RO دو مرحله‌ای برای تولید آب DM به ظرفیت ۱۰۰ مترمکعب در ساعت استفاده شود احتیاج به سرمایه‌گذاری حدود ۶ میلیارد ریال می‌باشد. در حالی که هزینه خرید سود به تنهایی با قیمت سال ۹۴، مبلغی حدود ۴۳۵۰۰۰۰ ریال بوده است لذا استفاده از RO نه تنها از نظر کاهش پساب‌های صنعتی روش بسیار خوب و مناسبی می‌باشد بلکه از نظر کاهش هزینه‌های خرید مواد شیمیایی سود و اسید نیز بسیار اقتصادی است که با این روش می‌توان شاهد برگشت سرمایه خرید RO کمتر از ۱/۵ سال باشیم.

از آنجا که غالباً از اسید به منظور کاهش pH آب ورودی به RO استفاده می‌شود میزان اسید مصرفی جهت کاهش pH آب ورودی به RO از ۷/۸ به ۶/۸ حدوداً ۵۰-۲۰ میلی گرم برای هر متر مکعب می‌باشد که حقیقتاً مقدار بسیار کمی است و قابل مقایسه با مقدار مصرف اسید در فرآیند شستشوی دمی لایزرها نمی‌باشد.

۳-۴ نحوه دفع پساب‌های پرمک

یکی از مشکلاتی که صنایع به طور دائم دچار آن هستند مشکل دفع پساب‌های ناشی از سیستم‌های تصفیه آب است. زیرا آب به هر روشی که نمک‌های آن حذف و یا کاهش یابد نظیر آب بی یون مورد نیاز دیگ‌های بخار و یا پساب‌های حاصله از دستگاه اسموس معکوس، پساب پرمکی را باقی می‌گذارد، ضمناً پساب‌های پرمک می‌تواند حاصل آب خروجی از بلودان برج‌های خنک‌کننده باز باشد.

در حال حاضر به دلیل مشکلات کم آبی در کشور بیشتر صنایع به منظور صرفه‌جویی در آب خنک‌کن سعی می‌کنند که با افزایش سیکل تغلیظ، مقدار بلودان را کاهش دهند که در این حالت مقدار هدایت الکتریکی آب بلودان تا حد $6000-7000 \mu\text{S/cm}$ افزایش می‌یابد.

گرچه چنین آبی غیرسمی می‌باشد ولی تخلیه آنها به آب‌های سطحی و یا زیرزمینی که به مصارف کشاورزی و یا آشامیدنی میرسد زیان آور است. تخلیه پساب‌های پرنمک به آب‌های زیر زمینی سبب گردیده است که میزان املاح آب چاه‌ها به طور قابل ملاحظه افزایش یابد. به طور مثال آب چاه‌های منطقه شهریار کرج در بیست سال گذشته به بیش از دو برابر افزایش یافته است. سازمان حفاظت محیط زیست ایران برای تخلیه پساب‌های صنعتی به آب‌های سطحی و زیر زمینی و همچنین مصارف کشاورزی استاندارد خاصی را تهیه کرده است. در این استاندارد ارقام بسیار کم و در مواردی غیر قابل دسترس می‌باشد به طور مثال، مقدار قابل قبول سولفات و کلراید در پساب به منظور دفع آن به آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی به ترتیب رقم 400 ppm و 600 ppm تعیین گردیده است و در تبصره شماره ۱ آن چنین اعلام شده است:

تخلیه با بیش از میزان مشخص شده در صورتی مجاز خواهد بود که پساب خروجی غلظت کلراید و سولفات آب منبع پذیرنده را تا شعاع ۲۰۰ متر به بیش از ۱۰٪ افزایش ندهد.

با عنایت به موارد فوق‌الذکر، در این مقاله سعی شده است تا روش‌های دفع پساب‌های پرنمک با توجه به کمیت و کیفیت آن و شرایط منطقه و موقعیت کارخانه تولیدکننده پساب مورد بررسی قرار گیرد. به طور کلی روش‌های مختلف دفع پساب شامل:

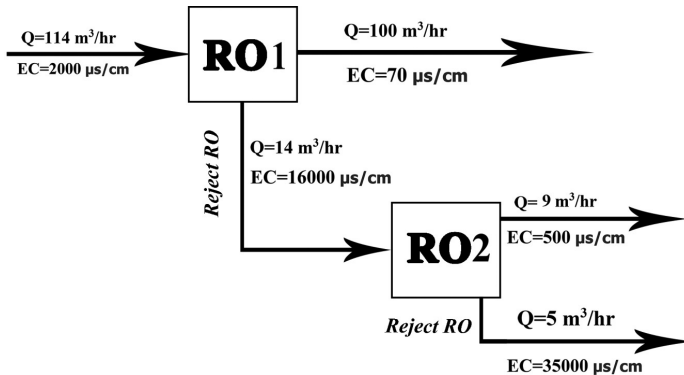
- رقیق نمودن پساب با سایر پساب‌های کم نمک و تزریق آن به زمین و یا آب‌های جاری

- انتقال آن به نزدیک‌ترین فاضلاب شهری و یا صنعتی

- کاهش مقدار پساب با استفاده از دستگاه RO و تبخیر آن در استخرهای تبخیر

همچنان که در این مقاله توضیح داده شد در غالب صنایع پساب‌های پرنمک می‌تواند ایجاد گردد. به طور کلی پساب پرنمک به پسابی گفته می‌شود که در هدایت الکتریکی آن بیشتر از $10,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ باشد و همچنان که ذکر شد کمیت و کیفیت پساب‌های حاصل از شستشوی شیمیائی مبدل‌های تبادل یونی را می‌توان با استفاده از RO کاهش داد، ولی در هر حال در بسیاری از پساب‌های پرنمک که امکان تصفیه و یا کاهش و یا ارسال آن به فاضلاب‌های صنعتی و شهری وجود ندارد، چگونه بایستی مدیریت آن صورت پذیرد.

در این حالت بهترین روش استفاده از RO دو مرحله‌ای و کاهش تا حد ممکن مقدار پساب و نهایتاً ارسال این پساب بسیار پرنمک به حوضچه‌های تبخیر می‌باشد. در یکی از فولادسازی‌های کشور که هدایت آب چاه برابر $EC = 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ و مقدار آن $114 \text{ m}^3/\text{hr}$ می‌باشد مطابق شماتیک زیر، می‌توان با استفاده از RO دو مرحله‌ای با فشار بالا مقدار نهائی آب پساب را به $5 \text{ m}^3/\text{hr}$ کاهش داد که در این حالت هدایت الکتریکی این پساب برابر $35,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ می‌باشد.



شکل ۲- RO دو مرحله‌ای جهت کاهش مقدار پساب

این پساب بسیار پر نمک سپس بایستی به حوضچه‌های تبخیر سطحی هدایت شده نهایتاً تبخیر و نمک‌های آن در حوضچه جمع آوری و به مکان مناسبی که در خارج از کارخانه قرار دارد، منتقل و در داخل زمین مدفون گردد. به طور مثال، برای نیروگاه طوس که کیفیت پساب آن در جدول ۳ آورده شده است، مقدار کل پساب‌های مخلوط شده با یکدیگر برابر $62 \text{ m}^3/\text{hr}$ با هدایت الکتریکی 10500 µs/cm می‌باشد.

در این حالت پس از عبور از دستگاه RO دو مرحله‌ای، هدایت الکتریکی آن را می‌توان تا $35,000 \text{ µs/cm}$ افزایش داد ضمن آنکه مقدار پساب نیز تا حدود $6-7 \text{ m}^3/\text{hr}$ کاهش می‌یابد. از آنجایی که که در این نیروگاه در طول یکسال مقدار 332507 متر مکعب آب مقطر تولید می‌شود. در این حالت مقدار کل املاح آب در طول یکسال برابر 166 تن می‌باشد. چنانچه تصور شود که مقدار سایر نمک‌ها نیز حدوداً 34 تن باشد، جمعاً 200 تن در سال مقدار کل نمک‌ها خواهد بود.

استفاده از RO در این حالت نیز کمک می‌کند تا مقدار $55 \text{ m}^3/\text{hr}$ نیز در مصرف آب صرفه‌جویی شود.

* تبخیر پساب در استخر تبخیر طبیعی

در این روش پساب تصفیه خانه مستقیماً به استخر تبخیر، هدایت می‌گردد. تا به طور طبیعی تبخیر شود و رسوبات باقی مانده می‌تواند هر چند مدت یک‌بار تخلیه شود. در این حالت به بیش از یک استخر طبیعی نیاز هست زیرا در حین اینکه یکی در حال خشک شدن و تخلیه می‌باشد دیگری باید بتواند پساب تصفیه خانه را بپذیرد.

برای محاسبه سطح تبخیر لازم است که عوامل مؤثر در محاسبه مقدار تبخیر را با توجه به آمارهای هواشناسی در دست داشت.

ضمناً برای جلوگیری از نفوذ پساب به داخل زمین لازم است تا کف استخرهای تبخیری با پوشش مناسبی ساخته شوند که می‌توان از پوشش‌های لاستیکی، پلاستیکی و یا بتن مسطح به ضخامت حدود ۱۰ cm استفاده نمود.

مطالعه موردی شماره ۷

خورندگی شدید آب مقطر

در یک دستگاه پزشکی که دارای یک مدار آب خنک بسته می‌باشد، از یک مبدل حرارتی از جنس مس استفاده شده است مسئول بهره‌برداری از دستگاه اظهار می‌نمودند که برای جلوگیری از رسوب‌گذاری در مدار مذکور از آب مقطر چند بار تقطیر شده استفاده می‌کنیم ولی نمی‌دانیم که چرا رسوب‌گذاری در مبدل مذکور صورت می‌پذیرد. به اطلاع ایشان رسانیده شد که رسوب‌گذاری در مبدل نه به دلیل نمک‌های موجود در آب مقطر می‌باشد، بلکه خورندگی شدید آب مقطر سبب خوردگی مبدل می‌شود و محصولات خوردگی سبب گرفتگی لوله‌های مبدل می‌شوند.

مطالعه موردی شماره ۸

در مسافرتی که در سال ۱۳۸۱ به شهر مقدس قم داشتم از یکی از مغازه‌های آنجا یک عدد بطری آب معدنی به منظور رفع تشنگی خریداری نمودم. بر روی برچسب بطری آب معدنی، متنی را دیدم که بسیار جالب بود. نوشته شده بود که این آب سرشار از کلسیم می‌باشد. از قرار تا توانسته بودند گچ (سولفات کلسیم) اطراف قم را در داخل آب حل نموده بودند!

از قرار تولیدکننده آب معدنی خاصیت کلسیم موجود در شیر را با کلسیم موجود در آب آشامیدنی اشتباه متوجه شده بود.

مطالعه موردی شماره ۹

اسیدی شدن آب خنک‌کن در یک نیروگاه حرارتی به وسیله دود خروجی از دودکش بویلر در یک نیروگاه حرارتی واقع در کرج، در بعضی از مواقع در فصل زمستان دود خروجی واحد ۱ وارد کولینگ تاور واحد ۴ شده و سبب کاهش pH آب مذکور می‌گردد به نحوی که pH آب تا ۴ کاهش می‌یافت. در این حالت با باز نمودن سریع بلودان و وارد نمودن آب تمیز از کاهش طولانی مدت pH جلوگیری شد.

لازم به ذکر است که در منطقه صنعتی ماهشهر، نشت آمونیاک خروجی از بعضی از

واحدهای تولید اوره، سبب افزایش pH و آمونیاکی شدن آب خنک کن سایر کولینگ‌های منطقه می‌شود، بایستی دقت شود که حضور آمونیاک در آب خنک کن سبب زوال لوله‌های مبدل‌های مسی می‌شود. در این حالت نیز بایستی اقدامات لازم زیر صورت پذیرد.

• با افزایش مقدار بلودان و همچنین افزایش مقدار آب جبرانی سعی شود مقدار آمونیاک موجود در آب خنک کن را کاهش داد.

• در دستورالعمل‌های تدوین شده توصیه شده است که به ازای هر ۱ ppm گاز آمونیاک موجود در آب خنک کن بایستی مقدار ۳ ppm آزول به این آب اضافه گردد. [۱۴]

مطالعه موردی شماره ۱۰

پوسیدگی دندان

بیش از ۷۰ درصد وزن موجودات عالم از آب تشکیل شده است و انسان نیز از این نظر مستثنی نمی‌باشد. pH خون یک انسان سالم قلیایی می‌باشد و هر قسمت از بدن و مایع درونی آن pH خاص خود را دارد. بایستی pH خون فرد سالم ۷/۲ الی ۷/۴ باشد. بالاتر و یا پایین‌تر از این حد برای سلامتی بدن خطرناک است.

در زمان عصبانیت، تشنگی، سیگار کشیدن، بیماری خاص، pH خون بدن به طرف اسید شدن تمایل می‌کند. سیستم‌های محافظتی بدن تلاش می‌کنند تا با ترشح مواد خاص از اسیدپایه شدن pH جلوگیری نمایند. در این حالت ترشحات بدن مانند عرق نمودن، ادرار، بزاق دهان و جاری شدن اشک سبب افزایش قلیائیت در بدن می‌گردد. بزاق دهان در حالت اسیدی سبب می‌گردد تا پیکربنات کلسیم موجود در ترشحات دهان که به حالت مایع می‌باشد به کربنات کلسیم راسب تبدیل شود.

ایجاد این رسوب در کناره دندان‌ها به صورت رسوب سفید مایل به کرم قابل مشاهده است و با خوردن چای، قهوه و سیگار به رنگ تیره در می‌آید. این رسوب سبب می‌شود تا سطح دندان از حالت صیقلی و صاف به حالی زبر تبدیل شود. مواد غذایی به صورت خمیرگونه بر روی این رسوبات راسب شده و آن را ضخیم‌تر می‌نماید. نهایتاً محیطی با نام بیوفیلم (bio film) ایجاد می‌کند که مملو از میکروب می‌باشد. این میکروب‌ها باعث التهاب لثه و التهاب لثه باعث شل شدن و ورم لثه و ورم لثه باعث خون‌ریزی لثه خواهد شد.

التهاب لثه باعث نرمی و تحلیل استخوان نگهدارنده دندان می‌شود که زیر لثه قرار دارد و به مرور با تحلیل استخوان، لثه در ناحیه طوق دندان‌ها تحلیل می‌رود و اگر به موقع به آن رسیدگی نشود باعث لقی دندان می‌شود. ضمناً ایجاد رسوب در حالت اسیدی بودن بدن بسیار زیان‌آور است و سبب گرفتگی رگ‌های خونی شده و سگته‌های قلبی و مغزی را به همراه دارد.

بی‌حوصستگی، درد مفاصل، پوکی استخوان، مشکلات کلیه و مثانه از دیگر اثرات سود در حالت اسیدی شدن خون می‌باشد.

غذایی که به وسیله انسان خورده می‌شود، پس از هضم و جذب و سوخت و ساز درون سلول‌ها می‌تواند در بدن ایجاد محیط قلیائی و یا اسیدی نمایند. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که کلیه مواد غذایی نظیر سبزیجات، گوشت، روغن، لبنیات، اثرات متفاوتی بر pH بدن انسان دارند. بعضی از این مواد مانند روغن زیتون، پیاز، سیر، آب لیمو، قلیائیت خون را افزایش و بعضی دیگر مانند نوشیدنی‌های گازدار، گوشت گاو، شکر مصنوعی سبب افزایش اسیدیته خون می‌شوند. جهت کسب اطلاعات بیشتر علاقه‌مندان می‌توانند به مراجع ذیربط مراجعه نمایند [۱۵ و ۱۶].

با توجه به موارد ذکر شده با رعایت تغذیه سالم، بهداشت روان و محیط آرام در تعادل pH بدن خود کوشا باشیم.

مطالعه موردی شماره ۱۱

اسیدی شدن آب خنک به وسیله نشت اسید کلریدریک به مدار آب خنک‌کن باز

در یکی از پتروشیمی‌های منطقه ویژه ماهشهر، متأسفانه طی چند سال گذشته آب خنک‌کن در گردش به دلیل نشت شدید اسید کلریدریک به شدت اسیدی شده است. در این گونه مواقع توصیه می‌شود تا از یک مخزن سود جهت کنترل pH استفاده شود. ضمناً بایستی در این حالت از یک pH متر on-line که بر روی آب خنک‌کن کولینگ نصب می‌گردد استفاده شود. به نحوی که اگر pH آب از ۶ پایین تر رفت پمپ سود به طور اتوماتیک روشن گردد تا pH آب تنظیم شود.

لازم به ذکر است که در این گونه مواقع متأسفانه مبدل‌های مسی دچار خوردگی شدید می‌شود و برای جلوگیری از این نوع خوردگی بایستی از بازدارنده مسی (آزول‌ها) نسبت به روئین نمودن سطح آنها استفاده شود.

مراجع

- [1] H.M.Hervos, and R.D.Port. The NALCO Guide to Cooling Water Systems Failure Analysis. MC.Graw Hillinc New York (1991).
- [2] M.G Fontana N.D.Greene, Corrosion Engineering new York MC.Coraw-Hill (1978).
- [3] HVAC Water Chillers and Cooling Towers Herbert W.Stanford III 2003, world Wide Web <http://www.dekker.com>.
- [4] Handbook Of Water Treatment By Kurita Water Industries Limited, Japan, second edition, 1999.
- [5] Dynamic Scale Inhibitor Evaluation Apparatus and Procedures in Oil and Gas Production, Nace International Publication 31105.
- [6] Laboratory Screening Tests to Determine The Ability of Scale Inhibitors to Prevent the Precipitation of Calcium Sulfate and Calcium Carbonate from Solution (for Oil and Gas PROduction Systems), Nace International tm 0374-2016.
- [7] Hark, Ernst F. «Water purification process.» U.S. Patent No. 4,808,287. 28 Feb. 1989.
- [8] Franck. R. Spellman, Free handbook of water and wastewater treatment technologies.
- [9] M.G Fontana N.D.Greene, corrosion Engineering new York MC.Coraw-Hill (1978).
- [10] R.S timper, Investigation on The corrosive Behavior of Water, J.Saint. Eng. Dir Proc. Am. Soc. 86 (NOSA6) 27-45 (1960).
- [11] Reverse Osmosis Drinking Water system (installation, operation and service), Aqua Flo, 2014.
- [12] Guidelines for Drinking water quality, first edition, 2006.
- [13] international standards for drinking water, Geneva, 1958.
- [14] Treatment and Corrosion Control of Cooling water, Rose Corrosion Services Limited, Technical Note 5.
- [15] Waugh, Anne; Grant, Allison (2007). "2". Anatomy and PHysiology in Health and Illness (Tenth ed.). Churchill Livingstone Elsevier. p. 22. ISBN 978-0-443-10102-1.
- [16] Acid-Base Regulation and Disorders at Merck Manual of Diagnosis and Therapy Professional Edition.

WHO's drinking water standards 1993

WHO's Guidelines for Drinking-water Quality, set up in Geneva, 1993, are the international reference point for standard setting and drinking-water safety.

Element/ substance	Symbol/ formula	Normally found in fresh water/surface water/ground water	Health based guide- line by the WHO
Aluminium	Al		0.2 mg/l
Ammonia	NH ₄	< 0,2 mg/l (up to 0,3 mg/l in anaerobic waters)	No guideline
Antimony	Sb	< 4 µg/l	0.005 mg/l
Arsenic	As		0.01 mg/l
Asbestos			No guideline
Barium	Ba		0.3 mg/l
Berillium	Be	< 1 µg/l	No guideline
Boron	B	< 1 mg/l	0.3 mg/l
Cadmium	Cd	< 1 µg/l	0.003 mg/l
Chloride	Cl		250 mg/l
Chromium	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 µg/l	0.05 mg/l
Colour			Not mentioned
Copper	Cu		2 mg/l
Cyanide	CN ⁻		0.07 mg/l
Dissolve- doxygen	O ₂		No guideline
Fluoride	F	< 1.5 mg/l (up to 10)	1.5 mg/l
Hardness	mg/l CaCO ₃		No guideline
Hydrogen sulfide	H ₂ S		No guideline
Iron	Fe	0.5 - 50 mg/l	No guideline
Lead	Pb		0.01 mg/l
Manganese	Mn		0.5 mg/l
Mercury	Hg	< 0.5 µg/l	0.001 mg/l
Molybde- num	Mb	< 0.01 mg/l	0.07 mg/l
Nickel	Ni	< 0.02 mg/l	0.02 mg/l
Nitrate and nitrite	NO ₃ , NO ₂		50 mg/l total nitrogen
Turbidity			Not mentioned

Element/ substance	Symbol/ formula	Normally found in fresh water/surface water/ground water	Health based guide- line by the WHO
pH			No guideline
Selenium	Se	< < 0.01 mg/l	0.01 mg/l
Silver	Ag	5 – 50 µg/l	No guideline
Sodium	Na	< 20 mg/l	200 mg/l
Sulfate	SO ₄		500 mg/l
Inorganic tin	Sn		No guideline
TDS			No guideline
Uranium	U		1.4 mg/l
Zinc	Zn		3 mg/l

Organic compounds

Group	Substance		Formula	Health based guide- line by the WHO
Chlorinated alkanes	Carbon tetrachloride		C Cl ₄	2 µg/l
	Dichloromethane		C H ₂ Cl ₂	20 µg/l
	1,1-Dichloroethane		C ₂ H ₄ Cl ₂	No guideline
	1,2-Dichloroethane		Cl CH ₂ CH ₂ Cl	30 µg/l
	1,1,1-Trichloroethane		CH ₃ C Cl ₃	2000 µg/l
Chlorinated ethenes	1,1-Dichloroethene		C ₂ H ₂ Cl ₂	30 µg/l
	1,2-Dichloroethene		C ₂ H ₂ Cl ₂	50 µg/l
	Trichloroethene		C ₂ H Cl ₃	70 µg/l
	Tetrachloroethene		C ₂ Cl ₄	40 µg/l
Aromatic hydrocarbons	Benzene		C ₆ H ₆	10 µg/l
	Toluene		C ₇ H ₈	700 µg/l
	Xylenes		C ₈ H ₁₀	500 µg/l
	Ethylbenzene		C ₈ H ₁₀	300 µg/l
	Styrene		C ₈ H ₈	20 µg/l
	Polynuclear Aromatic Hydrocarbons (PAHs)		C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P ₁₃	0.7 µg/l
Chlorinated benzenes	Monochlorobenzene (MCB)		C ₆ H ₅ Cl	300 µg/l
	Dichlorobenzenes (DCBs) 1,3-Dichlorobenzene (1,3-DCB)	1,2-Dichlorobenzene (1,2-DCB)	C ₆ H ₄ Cl ₂	1000 µg/l
		C ₆ H ₄ Cl ₂	No guideline	
	1,4-Dichlorobenzene (1,4-DCB)	C ₆ H ₄ Cl ₂	300 µg/l	
	Trichlorobenzenes (TCBs)		C ₆ H ₃ Cl ₃	20 µg/l

Group	Substance	Formula	Health based guideline by the WHO
Miscellaneous organic constituents	Di(2-ethylhexyl)adipate (DEHA)	$C_{22}H_{42}O_4$	80 µg/l
	Di(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP)	$C_{24}H_{38}O_4$	8 µg/l
	Acrylamide	C_3H_5NO	0.5 µg/l
	Epichlorohydrin (ECH)	C_3H_5ClO	0.4 µg/l
	Hexachlorobutadiene (HCBd)	C_4Cl_6	0.6 µg/l
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	$C_{10}H_{12}N_2O_8$	200 µg/l
	Nitritotriacetic acid (NTA)	$N(CH_2COOH)_3$	200 µg/l
	Organotins	Dialkyltins	No guideline
		Tributyl oxide (TBO)	2 µg/l

Effluent Standard for Industrial Waste – Surface Water

(Source: NIOEC-SP- 47- 38 (0) rev. A1, July 2006; EHS guidelines IFC World Bank- April 2007)

	NIOEC/Iranian requirements
EFFLUENT CHARACTERISTIC	SURFACE WATER (river, lake, sea) Mg/l, except pH and T
Ag	1
Al	5
As	0.1
B	2
Ba	5
Be	0.1
Ca	75
Cd	0.1
Cl	1
Cl ⁻	600
CH ₂ O	1
C ₆ H ₅ OH (Phenol)	1
Cn	0.5
Co	1
Cr ⁶⁺	0.5
Cr ³⁺	2
Cu	1
F	2.5

	NIOEC/Iranian requirements
EFFLUENT CHARACTERISTIC	SURFACE WATER (river, lake, sea) Mg/l, except pH and T
Fe	3
Hg	trace
Li	2.5
Mg	100
Mn	1
Mo	0.01
Ni	2
NH ₄	2.5
NO ₂	10
NO ₃	50
PO ₄ (According to P)	6
Pb	1
Se	1
SH ₂	3
SO ₃ ²⁻	1
SO ₄ ²⁻	400
V	0.1
Zn	2
Oil & Grease	10
Detergent ABC	1.5
B.O.D ₅	(50 INSTANT) 30
COD	(100 INSTANT) 60
D.O (Min)	2
T.D.S	—
T.S.S	(60 INSTANT) 40
SS	0
pH	6.5-8.5
Radioactive substances	0
Turbidity (Turbidity unit)	50
Color (Colour unit)	75
(Temperature) T	—
Digestive coliform	400/100 ml
Total coliform	1000/100 ml MPN
Nematode	—