استفاده از سیستم هایپرفیلتراسیون اسمز معکوس جهت تصفیه آب شور چاه های منطقه چادرملو به منظور تامین آب صنعتی (طراحی، اجرا و بهره برداری)

شرکت فنی مهندسی آبسان پالایش
www.absun.ir
info@absun.ir

مقدمه

در سالهای اخیر به دلیل رشد جمعیت و پیشرفت صنعت ، بحران کم آبی گریبانگیر بسیاری از کشورها شده است تا حدی که قرن ۲۱ را قرن استرس آبی یا استرس هیدرولوژیک نام نهاده اند [۱] . ایران نیز به دلیل واقع شدن در منطقه خشک و نیمه خشک در زمره کشورهای بحرانی دنیا در زمینه تامین آب قرار دارد. از آنجا که مشکل کم آبی علاوه بر خطرات جدی که برای انسان به وجود می آورد عملکرد صنایع را نیز به شدت مختل می کند، استفاده بهینه از منابع آب جهت مصارف خانگی، صنعتی ، کشاورزی و همچنین در نظر گرفتن تمهیداتی جهت تصفیه و بازیافت پسابها از اهمیت زیادی برخوردار می باشد[۲، ۳]. نوع و تعداد روش های فیزیکی و شیمیایی مورد نیاز جهت رساندن کیفیت آب به حد مطلوب یا مجاز به پارامترهای متعددی وابسته است که با توجه به استانداردهای موجود و نیاز صنایع مختلف به آب با کیفیت متفاوت می توان سیستمهای پیش تصفیه و تصفیه را طراحی نمود[۴-۶]. تکنولوژی های غشایی شامل میکرو فیلتراسیون[۱]، نانو فیلتراسیون[۲]، اولترافیلتراسیون[۳] و اسمز معکوس[۴] قادر به حذف آلودگیهای آلی،معدنی و میکروبی آب بسته به نوع و مقدار آنها می باشند.

جدول ۱ اطلاعات مربوط به خصوصیات و محدوده عملکرد هر کدام از روشهای مذکور را نشان می دهد[۷]. اختلاف غلظت، فشار، دما، اندازه ذرات و پتانسیل الکتریکی از عوامل محرکه در فرآیندهای غشایی محسوب می شوند. استفاده از فرآیندهای غشایی مزایایی نظیر کاهش مصرف انرژی، حجم کم، عدم نیاز به فضای زیاد، تنوع در شکل و اندازه، افت فشار کم و انتقال جرم زیاد، بالا بودن راندمان جداسازی و نیاز کم به مواد شیمیایی افزودنی و سهولت کاربرد در مقیاسهای صنعتی و سازگاری با محیط زیست به همراه دارد که آنها را از سایر روشها متمایز می سازد[۸] .

جدول ۱. ویژگیهای تکنیکهای غشایی مختلف در حذف آلاینده ها

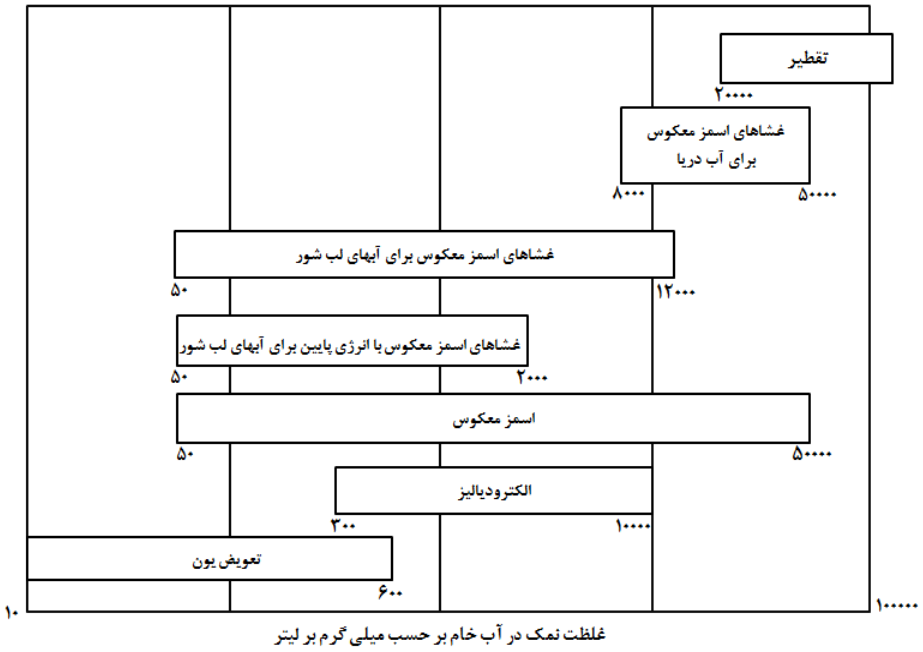
فرآیند غشایی	علامت اختصاری	فشار مورد نیاز (بار)	محدوده سایز منافذ	آلاینده (نوع و درصد حذف)
میکروفیلتراسیون	MF	<۳۰	۱-۰/۱ میکرون	حذف کدورت(بالای ۹۹.۹۹٪)، حذف باکتری (بالای ۹۹.۹۹٪)
اولترافیلتراسیون	UF	۱۰۰-۲۰	۰/۰۰۱-۰/۰۱ میکرون	حذف کدورت (بالای ۹۹.۹۹٪)، حذف باکتری (بالای ۹۹.۹۹٪)،حذف کل کربن آلی (۲۰٪)
نانوفیلتراسیون	NF	۳۰۰-۵۰	0/001 - 0/0001 میکرون	حذف کدورت (بالای ۹۹٪)، حذف رنگ (۹۸٪)، حذف کل کربن آلی (بالای ۹۵٪)، حذف سختی (بالای ۹۰٪)، حذف سولفات (بالای ۹۷٪)، حذف ویروس (بالای ۹۵٪)
اسمز معکوس	RO	۱۰۰۰ - ۲۲۵	0/0001> میکرون	حذف شوری (بالای ۹۹٪)، حذف رنگ و کل کربن آلی (بالای ۹۷٪)، حذف نیترات (۸۵-۹۵٪)، حذف آفت کش ها (۱۰۰-۰٪)، حذف As ،Pb ،Cr ،Cd ،Fe (۹۸-۴۰٪)

در این میان، اسمز معکوس با کارآیی بالا به عنوان قابل اعتمادترین گزینه برای تصفیه و شیرین سازی آب های بسیارشور و پسابهای مختلف طراحی و استفاده می شود. برای اجرای این تکنیک اطلاعات مربوط به آنالیز فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب خام اولیه مورد نیاز است و منابع آب مختلف نظیر آبهای زیرزمینی، آبهای سطحی و آب دریا را می توان با این روش تصفیه و قابل استفاده نمود[۱۳-۹]. غشاهایی[۵] که در این سیستم استفاده می شوند از جنس پلی آمید یا سلولزی هستند که آب اجازه عبور از آنها را داشته و املاح و آلاینده ها قادر به عبور از آن نیستند [۱۶-۱۴]. نوع غشا مورد نیاز

1 Microfiltration (MF)
2 Nan filtration (NF)
3 Ultrafiltration (UF)
4 Reverse Osmosis (RO)
5 Membrane

در سیستم اسمز معکوس را می توان با دانستن غلظت نمکهای محلول در آبی که باید با عبور از غشا تصفیه گردد، انتخاب نمود. این غشاها برای نمک زدایی آبهای شور[1] مانند آب دریا وآبهای لب شور[2] در اسمز معکوس قابل استفاده می باشند. شکل ۱ نحوه انتخاب غشا مناسب سیستم اسمز معکوس را بر اساس غلظت نمکها نشان می دهد[۱۷].

آب خام ورودی به سیستم اسمز معکوس قبل از رسیدن به غشا باید از مراحل پیش تصفیه فیزیکی و شیمیایی عبور کند تا از میزان کدورت ، غلظت املاح معدنی و مواد آلی، رنگ، بو و آلودگی میکروبی آن کاسته شود. هدف سیستم پیش تصفیه در واقع فراهم ساختن شرایط مناسب برای ورود آب خوراک به غشاهای اسمز معکوس به منظور پیشگیری از گرفتگی غشاها،کنترل غلظت یون های رسوب گذار ، کنترل میزان ذرات معلق ، نابود کردن میکروارگانیسم ها و حذف مواد آلی می باشد.استفاده از فیلترهای شنی، کربنی، کارتریجی و فیلترهای خود شوینده[3] به عنوان نسل جدید فیلترها قبل از غشا اسمز معکوس نیز به همین منظور می باشد. همچنین استفاد ه از پکیج های کلرزنی، ازن زنی و سیستمهای تزریق مواد شیمیایی (احیا کننده، اسید، باز، ضد کف ، سختی گیرها، ضد رسوب،...)، کیفیت آب خام ورودی به غشاها را بهبود می بخشد که علاوه بر بهینه سازی کیفیت آب خروجی باعث افزایش طول عمر غشا نیز خواهد شد. در عین حال به منظور افزایش ایمنی غشاها، در کنار تصفیه خانه احداث شده، سیستم مخزن شستشو در محل[4] نیز تعبیه می شود تا در صورت کاهش عملکرد سیستم به علت گرفتگی، بتوان مشکل را در حداقل زمان ممکن در محل تصفیه خانه برطرف نمود. دراین گزارش نحوه طراحی و اجرای سیستم اسمز معکوس در منطقه چادرملو جهت تامین آب صنعتی مورد نیاز از چاه های موجود ارائه می گردد. آب چاه که در زمره منابع آب زیر زمینی دسته بندی می شود حاوی ناخالصی های معدنی، گاز دی اکسید کربن و آلودگی فلزات سنگین بوده، کدورت پایین دارد و مقدار مواد آلی و میکروارگانیسمها نیز در آن کم می باشد[۱۸].



شکل ۱. انتخاب روش تصفیه و غشای سیستم اسمز معکوس بر اساس غلظت نمک آب خام

ارائه پیشنهاد فنی

عمده فعالیت شرکت معدنی صنعتی چادر ملو اکتشاف ، استخراج و بهره برداری از معادن سنگ آهن و تولید کنسانتره از آن ، تولید گندله، تولید سنگ آهن و تولید محصولات فولادی می باشد که انجام موارد مذکور بدون دسترسی به آب صنعتی با کیفیت قابل قبول امکان پذیر نخواهد بود. با توجه به اینکه موقعیت جغرافیایی این منطقه که در مجاورت کویرهای مرکزی و لوت با آب و هوای گرم و خشک بیابانی قرار دارد،

[1] Sea Water Reverse Osmosis (SWRO)
[2] Brackish Water Reverse Osmosis (BWRO)
[3] Self-Cleaning Screen Filter (SCF)
[4] Clean In Place (CIP)

تامین آب مورد نیاز آن با چالش های زیادی همراه بود. تنها منابع آب قابل استفاده و در دسترس، ۱۳ چاه واقع در منطقه دشت سپیدان بود که طی سه پروژه تصفیه مجزا تحت عناوین سپیدان۱ ، سپیدان ۲ و سپیدان ۳ مورد بهره برداری قرار گرفت.

در این گزارش، مراحل انجام پروژه سپیدان ۳ که شامل تصفیه آب ۹ چاه در منطقه صنعتی چادرملو است ارائه می گردد. با توجه به آنالیز نمونه آب خام که در جدول ۲ گزارش شده است و با استفاده از نرم افزار ROSA ، طراحی اولیه SWRO انجام گردید. نتایج آنالیز آب خام جمع آوری شده نشان می دهد که سیستم پیش تصفیه و تصفیه آب مذکور باید قادر به کاهش قابل توجه مقادیر هدایت الکتریکی، سختی، قلیائیت، کدورت، کل جامدات محلول و نیز کاهش غلظت یونهای سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلراید، سولفات، نیترات، بور، باریم، استرنسیم و ترکیبات آمونیاک و سیلیس باشد.

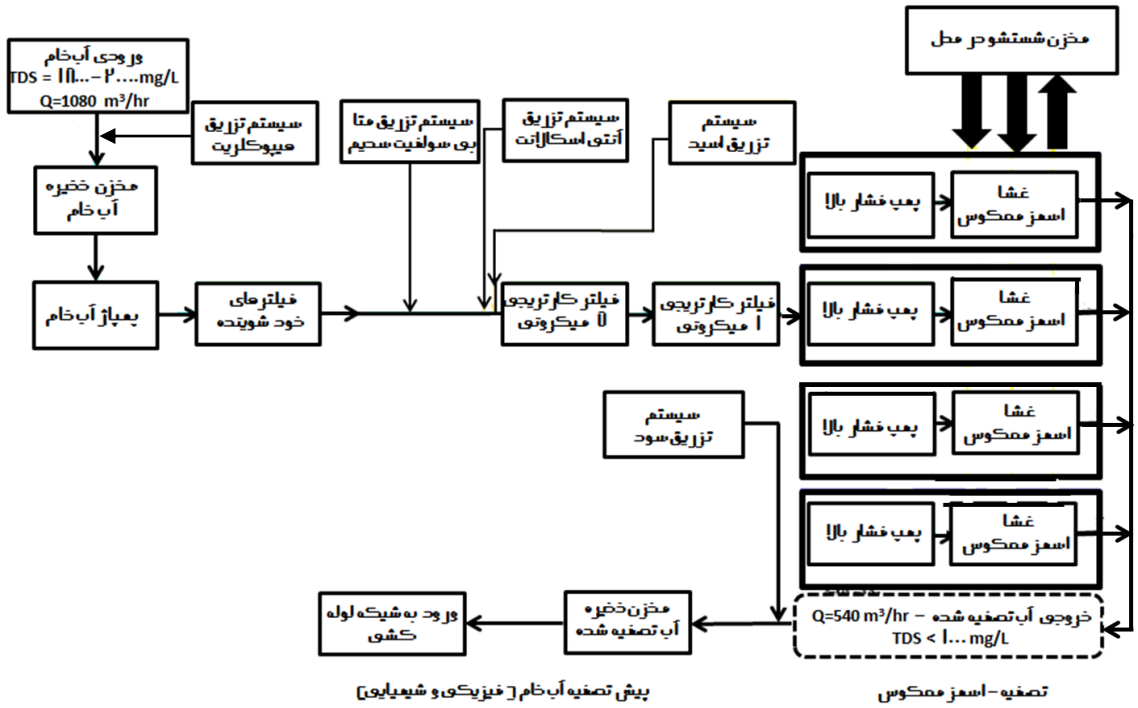
جدول۲- نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی آب خام چاه های دشت سپیدان- منطقه صنعتی چادرملو

پارامتر	واحد	مقدار اندازه گیری شده	پارامتر	واحد	مقدار اندازه گیری شده
pH	-	۷/۵۴	آمونیاک	mg/lit	۰/۰۱۵
هدایت الکتریکی[1]	µs/cm	۲۶۷۰۰	کادمیم	mg/lit	<۰/۰۰۲
کل جامدات محلول[2]	mg/lit $_{CaCO3}$	۲۴۰۰۰	سرب	mg/lit	<۰/۰۱
کل جامدات معلق[3]	mg/lit $_{CaCO3}$	۳	آرسنیک	µg/lit	< ۱۰
کدورت[4]	NTU[5]	۲/۴۳	آهن	mg/lit	<۰/۰۵
ضریب گرفتگی لجن[6] لجن[6]	-	۳	منگنز	mg/lit	<۰/۰۵
سختی کل[7]	mg/lit $_{CaCO3}$	۳۷۰۰	روی	mg/lit	<۰/۰۵
قلیائیت کل[8]	mg/lit $_{CaCO3}$	۶۰۰	آلومینیوم	mg/lit	<۰/۰۵
کلسیم	mg/lit	۶۴۰/۸	استرنسیم	mg/lit	۱۸
منیزیم	mg/lit	۵۱۰/۳	کبالت	mg/lit	<۰/۰۱
باریم	mg/lit	۰/۰۱	آنتیموان	mg/lit	<۰/۰۵
نیترات	mg/lit	۳	سدیم	mg/lit	۵۲۸۹/۷
کلرید	mg/lit	۸۹۵۰	پتاسیم	mg/lit	۷
فلوراید	mg/lit	0.00	مس	mg/lit	<۰/۰۵
بور	mg/lit	۱/۳۶	نیکل	mg/lit	<۰/۰۳
سولفات	mg/lit	۲۱۸۰	کروم	mg/lit	<۰/۰۲
سیلیس	mg/lit	۲۲	دی اکسید کربن	mg/lit	498

مراحل انجام پروژه

مراحل این پروژه شامل پمپاژ و جمع آوری آب خام از ۹چاه- انتقال به مخازن ذخیره آب خام- انتقال به تصفیه خانه - انتقال آب تصفیه شده به مخازن ذخیره و در نهایت انتقال آب تصفیه شده به مجتمع با سه ایستگاه پمپاژ می باشد. طراحی سیستم پیش تصفیه و تصفیه با رسم دیاگرام شماتیک تصفیه خانه[9] ، دیاگرام مراحل فرآیند[1] و طراحی پایپینگ- ابزار دقیق[2] انجام شد. شکل ۲ دیاگرام شماتیک مراحل پیش تصفیه و تصفیه را نشان می دهد.

[1] Electrical Conductivity (EC)
[2] Total Dissolved Solid (TDS)
[3] Total Suspended Solid (TSS)
[4] Turbidity
[5] Nephelometry Turbidity Unit
[6] Sludge Density Index (SDI)
[7] Total Hardness
[8] Total Alkalinity
[9] Block Flow Diagram (BFD)



شکل ۲. دیاگرام شماتیک تصفیه خانه طراحی و اجرا شده

طبق دیاگرام طراحی شده، سیستم تزریق هیپوکلریت سدیم به ورودی آب خام جمع آوری شده تعبیه گردید. سپس آب خام پمپاژ شده با دبی m^3/hr ۱۰۸۰ از مخزن ذخیره به فیلتر خود شوینده [۳] وارد شد. تصفیه شیمیایی آب خروجی از این فیلتر با تزریق غلظت بهینه از متا بی سولفیت سدیم آنتی اسکالانت و اسید انجام شد. سپس آب وارد فیلترهای کارتریجی با قابلیت حذف ذرات ۵ و ۱ میکرونی شده و با استفاده از پمپهای فشار بالا آب پیش تصفیه شده وارد غشاهای سیستم اسمز معکوس گردید. pH آب خروجی از غشاهای اسمز معکوس پس از تصفیه نهایی با تزریق سود کنترل شده و در مخزن ذخیره جمع آوری و به مجتمع منتقل گردید.

استفاده از فیلترهای خودشوینده

در طراحی این تصفیه خانه، برای اولین بار در کشور توسط شرکت فنی مهندسی آبسان پالایش، برای دبی بالای آب خام ورودی به سیستم تصفیه خانه (m^3/hr ۱۰۸۰)، از فیلترهای خود شوینده به جای فیلترهای شنی استفاده شده است. حجم بالای فیلترهای شنی، هزینه اولیه زیاد، کاربری مشکل تر، مصرف بسیار زیاد آب برای شستشوی برگشتی [۴]، تجهیزات جانبی مورد نیاز، تغییر در آرایش لایه های بستر در اثر شستشوی معکوس و نیاز به تعویض ماده استفاده شده در بستر، از مشکلات عمدهٔ استفاده از این فیلترها می باشد.

فیلترهای خود شوینده یا خود تمیز شونده که به عنوان نسل جدید فیلترهای صفحه ای اتوماتیک معرفی شده اند برای زدودن ذرات معلق تا کمترین اندازه استفاده می شوند. حجم کوچک سیستم، راحتی شستشوی آنها در مقایسه با سایر فیلترها، مصرف حداقل آب جهت شستشو، زمان کم تمیز شدن، مقاومت در مقابل انواع آلودگی ها و قابل اعتماد جهت حذف ذرات معلق تا سایز 10 میکرون و از همه مهمتر عدم توقف سیستم در زمان شستشو از بارزترین ویژگی این دستگاهها ست.گستره خوبی از مدل های مختلف این نوع دستگاهها برای کاربری های مختلف وجود دارد. در هر واحد از این فیلترها می توان تا 2000 متر مکعب در ساعت آب را فیلتر نمود. جنس بدنه متناسب با درخواست می تواند از کربن استیل [۵] و فولاد زنگ نزن [۶] با کیفیت مختلف تامین شود.کارتریج این فیلترها بصورت سه یا چهار لایه از فولاد ضد زنگ ساخته شده و فرایند شستشو توسط گردش

---

[1] Process Flow Diagram (PFD)
[2] Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)
[3] Self-Cleaning Screen Filter (SCF)
[4] Back Wash
[5] Carbon Steel
[6] Stainless Steel

و نیز حرکت نازلهای مجهز به برس نایلونی انجام می گردد که با انتقال بخشی از آب فیلتر شده از روی سطح کارتریج به سمت مسیر خروجی موجب کنده شدن گرفتگی و تمیز شدن آن می شود[۲۰،۱۹]. با توجه به موارد مذکور و مزایای استفاده از این فیلترها که منجر به کاهش هزینه نصب و کاربری، کاهش مصرف و اتلاف آب برای شستشوی معکوس تا ۸۰ درصد می گردد، در این پروژه از فیلترهای مذکور به جای فیلترهای شنی استفاده شده است.

استفاده از مواد شیمیایی با فرمولاسیون مناسب جهت تامین مواد شیمیایی مورد نیاز

از آنجا که غلظت نمک در آب ورودی به سیستم های اسمز معکوس بالاست، احتمال ایجاد گرفتگی و تشکیل رسوب در روزنه های میکرونی غشاهای پلی آمید وجود دارد که منجر به تشکیل رسوب در سطح یا داخل حفره های غشا خواهد شد. کربنات کلسیم ($CaCO_3$)، سولفات کلسیم ($CaSO_4$)، سولفات باریم ($BaSO_4$)، و سولفات استرنسیم ($SrSO_4$) از جمله رسوباتی هستند که ممکن است منجر به تشکیل رسوب در غشاهای اسمز معکوس گردند. علاوه بر این موارد، رسوبات سیلیکا (SiO_2) و کلسیم فلوراید (CaF_2) نیز در صورت تشکیل شدن باعث بروز مشکل خواهند شد. تشکیل رسوب داخل حفره ها یا بر سطح غشا باعث کاهش عمر آنها شده، کیفیت و دبی آب خروجی را کم کرده و منجر به تعویض زود هنگام غشاها در نتیجه افزایش هزینه بهره برداری می گردد. به منظور جلوگیری از تشکیل رسوب بر روی غشا، به آب ورودی سیستم اسمز معکوس ترکیب ضد رسوب[1] تزریق می گردد. ضد رسوب به آلاینده های موجود در آب می پیوندد و ازچسپیدن آنها به سطح ممبران جلو گیری کرده و همراه پساب از سیستم اسمز معکوس خارج می شوند. انتخاب ضد رسوب مناسب با توجه به کیفیت آب و سیستم طراحی شده بسیار ضروری می باشد. معایب استفاده از آنتی اسکالانت نا مرغوب باعث کاهش ظرفیت تولید ، بالا رفتن TDS آب خروجی ، افزایش فشار بر پمپ های طبقاتی ، افزایش برق مصرفی، کاهش طول عمرآنها ، نیاز به شستشوی متعدد غشاها و در نهایت کاهش طول عمر و تعویض زود هنگام آنها می گردد.

در سیستم ارائه شده در این گزارش، با توجه به حجم بالای آب خوراک و کیفیت آن، انتخاب ترکیب ضد رسوب مناسب با عملکرد قابل قبول از حساسیت بالایی برخوردار بود. جهت تامین آنتی اسکالانت مناسب، با کمک شرکت همکار از کشور ایتالیا، ماده مناسب با شرایط مذکور فرموله گردید و پمپ تزریق آن پس از بهینه سازی غلظت در مسیر آب ورودی به فیلترهای کارتریجی قرار گرفت. بررسی عملکرد ضد رسوب مذکور نشان داد که می توان این ترکیب را با دوز کمتر، هزینه بسیارپایین تر و کارآیی بالاتر در مقایسه با ترکیبات مشابه رایج مورد استفاده قرار داد.

نتایج و بحث

عملکرد درست سیستم اسمز معکوس به نحوه بهره برداری صحیح از غشاها وابسته است. با توجه به محدوده بسیار وسیع توانایی غشاها در حذف انواع آلاینده های فلزی، عوامل سختی، ویروس ها، باکتری ها، پروتئین ها، مواد قندی ، نمک ها و رنگ و بو، بهره برداری درست و حفاظت از غشاها بسیار حائز اهمیت می باشند. در واقع غشاها قلب سیستم اسمز معکوس معرفی می شوند و هر گونه اختلال یا نقص در عملکرد آنها منجر به کاهش کارآیی سیستم خواهد شد. در همین راستا، به کارگیری روش های کارآمد پیش تصفیه فیزیکی و شیمیایی قبل از ورود آب خوراک به سیستم اسمز معکوس بهترین روش برای پیشگیری از مشکلات احتمالی می باشد. فیلتراسیون با استفاده از فیلترهای شنی، کربنی، خود شوینده و کارتریجی از مهمترین روشهای پیش تصفیه می باشد که بسته به نوع و میزان آلاینده های آب در مسیر تصفیه خانه تعبیه می شوند. در میان این فیلترها، استفاده از متا بی سولفیت سدیم جهت حذف کلر آزاد و حفاظت از غشا در برابر آلودگی های میکروبی و اکسید کننده ها،آنتی اسکالانت جهت جلوگیری از رسوبگذاری آب ورودی به سیستم اسمز معکوس جهت حفاظت هر چه بیشتر از غشاهای اسمز معکوس انجام گردید. از آنجا که سرعت فرایندتشکیل رسوب، بروز خوردگی و رشد مواد بیولوژیکی به pH محیط بستگی دارد، تزریق اسید نیز جهت تنظیم pH آب ورودی به سیستم اسمز معکوس انجام شد و مکان پمپهای تزریق این ترکیبات با غلظت مشخص تعبیه گردید. فیلترهای کارتریجی با قابلیت حذف ذرات ۵ و ۱ میکرونی نیز به عنوان مرحله نهایی پیش تصفیه تعبیه گردید. سپس با استفاده از پمپهای فشار بالا آب پیش تصفیه شده وارد غشاهای سیستم اسمز معکوس گردید. pH آب پس از تصفیه نهایی با تزریق سود کنترل شده و پس از جمع آوری در مخزن ذخیره به مجتمع منتقل گردید.

آنالیز فیزیکوشیمیایی آب تصفیه شده جهت بررسی کارآیی سیستم در تصفیه نمونه آب خام انجام گردید. نتایج حاصل در جدول ۳ نشان می دهند که سیستم مذکور قادر به رساندن کیفیت آب خام اولیه به حد مطلوب جهت استفاده می باشد. محاسبات نشان می دهند که راندمان سیستم در کاهش و حذف عوامل آلاینده آب و رساندن کیفیت آن به حد مطلوب بالا می باشد. این سیستم توانسته غلظت مواد جامد محلول را در آب خام اولیه را تا ۹۷/۶۷ و ۹۹/۵۹ درصد کاهش دهد. همچنین علاوه بر حذف کامل آمونیاک و باریم شاهد حذف تقریبا کامل (بالای ۹۹ درصد) کلراید، سولفات، استرنسیم، سدیم،کلسیم، منیزیم و قلیائیت نیز بوده ایم. مقدار بازدهی سیستم برای موارد خارج از محدوده مجازکه در جدول۳ گزارش شده نیز محاسبه شده است که بیانگر کارآیی بالای سیستم در حذف آلاینده ها و ناخالصی های آب خام می باشد. طی عملیات تصفیه و نمک زدایی، سطوح غشا توسط

[1] Antiscalant

رسوبات معدنی، بیولوژیکی، ذرات کلوئیدی و مواد آلی نامحلول دچار گرفتگی خواهد شد و عملکرد سیستم مختل شده، بازده کاهش می یابد. این شرایط با کاهش دبی آب تصفیه شده، کاهش کیفیت آب تصفیه شده، افزایش غلظت جامدات محلول یا با زیاد شدن اختلاف فشار (تفاوت فشار بین آب رودی به ممبران ها و خروجی) ظاهر می گردد. به منظور حل این مشکل معمولا در کنار تصفیه خانه های احداث شده، مخزن شستشو در محل قرار دارد. که با توجه به نوع گرفتگی و میزان آلودگی غشا شوینده مناسب انتخاب شده و از طریق این مخازن به سیستم غشاها وارد شده و آنها را شستشو می دهد. همچنین می توان به منظور پیشگیری از این مشکل می توان به صورت دوره ای شستشو را انجام داد. در مراحل پیشرفته مشکل گرفتگی غشاها که با شستشوهای مختلف حل نشده است، اتوپسی غشا [1] پیشنهاد می شود که عبارتست از کالبد شکافی غشاء مورد استفاده در فرآیندهای شیرین سازی آب ، بازرسی سطح آن جهت کشف هر گونه آسیب فیزیکی ،تعیین اکسید شدگی توسط کلر، آنالیز رسوب تشکیل شده روی غشا. این فرآیند شامل انتخاب بخشی از غشا به منظور شناسایی ماهیت و آنالیز رسوب تشکیل شده روی آن و آنالیز میکروبی بوده که در صورتی که فرآیند مدیریت گرفتگی غشاء با شکست مواجه شده باشد قابل انجام خواهد بود.

پارامتر	واحد	اندازه گیری شده در نمونه آب خروجی از سیستم تصفیه	راندمان کاهش یا حذف توسط سیستم اجرا شده (٪)
pH	–	۵/۱۳	–
هدایت الکتریکی [2]	µs/cm	۱۹۱	۹۹/۲
کل جامدات محلول [3]	mg/lit $_{CaCO3}$	۹۷/۶۷	۹۹/۵۹
کدورت [4]	NTU [5]	۰/۱	۹۵/۸۸
سختی کل [6]	mg/lit $_{CaCO3}$	۵۳/۳۳	۹۸/۵۵
قلیائیت کل [7]	mg/lit $_{CaCO3}$	۴/۴۱	۹۹/۲۶
کلسیم	mg/lit	۰/۷۷	۹۹/۸۷
منیزیم	mg/lit	۰/۶۲	۹۹/۸۷
باریم	mg/lit	۰/۰۰	۱۰۰
نیترات	mg/lit	۰/۲۰	۹۳/۳۳
کلرید	mg/lit	۵۳/۴۴	۹۹/۴۰
بور	mg/lit	۰/۳۳	۷۵/۷۳
سولفات	mg/lit	۱/۲۹	۹۹/۹۴
سیلیس	mg/lit	۰/۲۳	۹۸/۹۵
آمونیاک	mg/lit	۰/۰۰	۱۰۰
دی اکسید کربن	mg/lit	۱۹/۱۸	۹۶/۱۴
استرنسیم	mg/lit	۰/۰۲	۹۹/۸۸
سدیم	mg/lit	۳۴/۷۰	۹۹/۳۴
پتاسیم	mg/lit	۰/۱۲	۹۸/۲۸

جدول۳- نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی و محاسبه راندمان عملکرد سیستم تصفیه SWRO طراحی شده

نتیجهگیری

از آنجا که توجه به کمبود آب و حل معضلات مربوط به آن، خصوصا در کشورهایی که با این بحران مواجه هستند از اهمیت بسزایی برخوردار است، شرکت فنی مهندسی آبسان پالایش گام های موثری در مواجهه با این بحران برداشته است. در این گزارش، نحوه عملکرد این شرکت در طراحی، اجرا و بهره برداری ازسیستم های پیش تصفیه و تصفیه آب در منطقه صنعتی چادرملو بیان گردید. این عملکرد بر اساس بررسی

[1] Autopsy membrane
[2] Electrical Conductivity (EC)
[3] Total Dissolved Solid (TDS)
[4] Turbidity
[5] Nephelometry Turbidity Unit
[6] Total Hardness
[7] Total Alkalinity

منابع آب زیرزمینی موجود (آب چاه های دشت سپیدان) بوده که با توجه به موقعیت جغرافیایی (گرم و خشک با درصد بالای تبخیر) این منطقه انجام گرفت. نتایج آنالیز فیزیکو شیمیایی آب پمپاژ و جمع آوری شده از چاه های دشت سپیدان نشان دادند که علاوه بر شوری بالای آب خام اولیه، غلظت برخی یونها و فلزات نیز در آن بسیار بالاتر از حد مجاز می باشد. طراحی اولیه با استفاده از نرم افزار جهت تعیین ساختار تصفیه خانه انجام گردید که با توجه به کیفیت آب خام لزوم استفاده از سیستم پیش تصفیه فیزیکی و شیمیایی کامل، قوی و کارآمد با بازده بالا بسیار ضروری بود. مراحل پیش تصفیه فیزیکی شامل فیلتراسیون (فیلترهای شنی، کربنی و کارتریجی) و شیمیایی (افزودن گندزدا، کنترل کننده pH، ضدعفونی کننده، ضد رسوب، رزین های سختی گیر) با مقدار تزریق بهینه، طراحی و اجرا گردید. نتایج آنالیز آب تصفیه شده بیانگر آن بود که سیستم تصفیه طراحی شده مذکور قادر به رساندن کیفیت آب خام به حد مطلوب جهت استفاده در مجتمع معدنی صنعتی چادرملو بوده است و مشکل تامین آب این منطقه برطرف گردیده است.

مراجع

1. Salmani, M., Toorani, A., and Khorasani, M. (2010). Rural classification based on risk of reservoirs and drinking water distribution system, case study: Centeral part of Minoodasht city. *Journal of Rural Research*, 4, pp. 155-177.

2. Quist-Jensen, C.A., Macedonio, F., and Drioli, E. (2015). Membrane technology for water production in agriculture: Desalination and wastewater reuse**.** *Desalination,* **364,** pp. **17-32.**

2. Hussein, J., Mukhtar, D.A. and Mukhlis, H.M. (2016). Demineralized Drinking Water in Local Reverse Osmosis Water Treatment Stations and the Potential Effect on Human Health. Journal of Geoscience and Environment Protection, 4, pp.104-110**.**

۳. سازمان برنامه‌وبودجه و وزارت نیرو، (۱۳۸۷). " راهنمای طبقه بندی کیفیت آب خام، پساب ها و آب های برگشتی برای مصارف صنعتی و تفرجی (نشریه شماره ۴۶۲) " ، بخشنامه به دستگاه های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

۴. استاندارد ملی ایران، موسسه استاندارد وتحقیقات صنعتی ایران،(۱۳۸۷). " آب آشامیدنی- ویژگیهای فیزیکی (استاندارد ۱۰۵۳)"

۵. سازمان برنامه‌وبودجه و وزارت نیرو، (۱۳۷۱). " مبانی و ضوابط طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی و فاضلاب شهری (نشریه شماره ۳-۱۱۸) " ، انتشارات سازمان برنامه‌وبودجه. تهران، ایران

6. Younos, T., and Tulou, K.E. (2005). Overview of desalination techniques. *Journal of Contemporary Water Research and Education,* 132, pp. 3-10.

7. Srikanth, G. (2008). Membrane Separation Processes Technology and Business Opportunities. Water Conditioning & Purification Magazine, 50, pp. 1- 4.

8. Greenlee, L. F., Lawler, D.F., Freeman, B.D., Marrot, B. and Moulin, P. (2009). Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges**.** *Water Research***, 43,** pp. 2317–2348.

9. Elimelech, M. and Phillip,W.A.(2011). The Future of Seawater Desalination: Energy, Technology, and the Environment**.** *Science*, 333**,** pp**.** 712–717

10. Lee, K. P., Arnot, T. C. and Mattia, D. (2011). A review of reverse osmosis membrane materials for desalination-Development to date and future potential. *Journal of Membrane Science*, 370, pp. 1–22

11. Mohammad, A.W., Teow, Y.H., Ang, W.L., Chung, Y.T., Oatley-Radcliffe, D.L. and Hilal, N. (2015). Nanofilteration membrane review: Recent advances and future prospects. *Desalination*, 356, pp. 226-254.

12. Graud, R.M., Kore, S.V., Kore, V.S. and Kulkarni, G.S. (2011). A Short Review on Process and Applications of Reverse Osmosis. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 3, pp.233-238.

13. Ghosh, A.K., Bindal, R.C., Prabhakar, S., and Tewari, P.K. (2011). Composite Polyamide Reverse Osmosis (RO) Membranes – Recent Developments and Future Directions. *Technology development article*, 321, pp. 43-51.

14. Trademark of The DOW Chemical Company, Tech Manual Excerpt, FILMTEC membranes, Form No. 609-**02004**-504

15. Ferror, O., Gibert, O., Cortina, J.L. (2016). Reverse osmosis membrane composition, structure and performance modification by bisulphite, iron (III), bromide and chlorite exposure. *Water Research*, 103, pp. 256-263.

16. ™® Trademark of the Dow Chemical Company ("Dow") or an affiliated company of Dow Form No. 609-00071-0416. Dow Water & Process Solutions. FILMTEC™ Reverse Osmosis Membranes, Technical Manual.

۱۷. سایت بهداشت محیط ایران، اصلی ترین ویژگیهای آبهای سطحی و زیر زمینی؛ WWW.Environmentalhealth.ir

18. Allhands, N. M., (2005).THE 15TH ANNUAL PRODUCED WATER SEMINAR, Removing Solids with Automatic Self-Cleaning Filters, Houston, Texas 77058, January 19-21.

19. http://www.wateronline.com/doc/orea-automatic-self-cleaning-screen-filters-0001, ORE/A Series Of Electric Automatic Self-Cleaning Screen Filters