

شناخت و مکانیابی تأسیسات آب شیرین کن به روش نوین الکتروکوگوالانس در ساحل اقیانوسی مکران

محمد رضا منصور^۱، امیر محمودزاده^۲، مصطفی خطیب^۳، صابر خسکانان^۴، احمد ذاکریان^۵، احسان حسن زاده^۶

^۱استادیار پژوهشکده جغرافیا و مخاطرات طبیعی پژوهشگاه شاخص پژوه، اصفهان

^۲رئیس پژوهشگاه شاخص پژوه، اصفهان

^۳مدیر عامل شرکت آکام نگاران پایا، مشهد

^۴کارشناس ارشد آب و فاضلاب

^۵دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری

^۶کارشناسی ارشد مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه یزد

نویسنده مسئول: mrm_daneshvar2012@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۲۲ / تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۲۵

چکیده

برای مقابله با مشکل کمبود آب، تصفیه آب دریا گزینه مناسبی برای مقابله با بحران آب است. در همین راستا تکنولوژی های پالایش و بازچرخانی آب به عنوان راهبردهای اصلی بخش محیط زیست در برنامه ها و چشم انداز بلندمدت توسعه کشور مورد نظر قرار گرفته است. بررسی تحقیقات و کارهای انجام شده در سال های اخیر تأیید کننده کاربرد فن آوری های جدید در صنعت تصفیه آب دریا به خصوص استفاده از روش های جدید الکتریکی و الکترومغناطیسی می باشد. در همین راستا علاوه بر روش های الکترولیز، الکترودیالیز و الکتروکوگولاسیون، روش بسیار نوین دیگری با عنوان روش الکتروکوگوالانس توسط یک شرکت دانش بنیان ایرانی ارائه شده است. این روش با قابلیت تصفیه آب دریا و قابلیت فرآوری نمک به کود کشاورزی خود می تواند انقلاب بزرگی را در تأمین بی پایان منابع آب قابل شرب و کشاورزی و توسعه اقتصاد ساحلی و دریایی در کشور فراهم آورد بدون اینکه اثرات زیست محیطی خطرناکی را بر محیط زیست ساحلی و دریایی بر جای بگذارد. از نظر روش شناسی این تحقیق به معرفی فنی و توصیف روش جدید تصفیه آب الکتروکوگوالانس و قابلیت مکانیابی تأسیسات آب شیرین کن مربوطه در ساحل مکران پرداخته است. یافته ها نشان داد که بهترین گزینه استقرار تأسیسات آب شیرین کن یاد شده می تواند به عنوان یک طرح قابل سرمایه گذاری در محدوده ساحلی مکران با دسترسی نامحدود به آب های اقیانوسی باشد. تأسیسات آب شیرین کن الکتروکوگوالانس این قابلیت را دارد که در فرآیند نمک زدایی آب شیرین خود هیچ پساب شوری را وارد محیط دریایی نکرده و بنابراین هیچ معضل زیست محیطی هم نخواهد داشت که این امر یک امتیاز اکولوژیک در سطح بین المللی خواهد بود.

کلید واژگان: تصفیه آب، تأسیسات آب شیرین کن، روش الکتروکوگوالانس، منابع آب اقیانوسی، ساحل مکران

۱- مقدمه

بخ زده و در یخچالهای طبیعی و در قطب به صورت منجمد است و آب شیرین باقی مانده عمدتاً به صورت آب زیرزمینی است و اندکی از آن در سطح زمین و یا در هوا است (El-Ghonemy2012, Gorjian 2014). رشد اقتصادی و افزایش جمعیت و عدم استفاده صحیح از منابع آب، بحران آب را تشدید کرده است. کمبود آب یکی از مهم ترین تهدیدهای جوامع بشری و مانعی برای توسعه پایدار محسوب می شود. آب و انرژی دو جزء جدا نشدنی حاکم بر زندگی انسان و تمدن هستند. (Kalogirou1997) با توجه به ارتباط نزدیک

امروزه مواجه شدن با بحران کم آبی یکی از مشکلات عمده جوامع بشری می باشد و این در حالی است که برخلاف رشد جمعیت جهان با کاهش منابع آب مواجه هستیم. این مشکل در مناطق خشک که با کمبود شدید آب روبرو هستند جدی تر است. از کل آب روی زمین ۹۶،۵۴٪ را آب های شور و ۲،۵۳٪ باقی مانده را آب شیرین تشکیل می دهد. در حالی که تنها کمتر از ۰،۳۶٪ از آب شیرین به طور مستقیم در دسترس انسان است. بیش از دو سوم از آب شیرین

fuel cells: MFC) هم برای بهبود تصفیه پیشرفته پیشنهاد شده است (Zhang et al. 2009). در رابطه با تأسیسات آب شیرین کن دریاها و اقیانوس‌ها نیز تحقیقات زیادی انجام شده است که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌کنیم. فلاح (۱۳۷۸) به معرفی روش ترکیبی جدید یون زدایی الکتریکی و کاربرد آن در تصفیه آب نیروگاهی پرداخته است. در ارتباط با روش‌های جدیدتر میرزاخانی (۱۳۹۳) به بررسی و مقایسه چند نمونه از آب شیرین‌کن‌های متداول پرداخته و توضیح داده که از بین روش‌های موجود، روش تقطیر، اسمز (RO) و الکترودیالیز (ED) از متداول‌ترین روش‌ها می‌باشند و در این بین روش الکترودیالیز کارایی بالاتری دارد. عربی (۱۳۹۴) به بررسی استفاده از انرژی خورشیدی در آب شیرین‌کن‌ها با روش‌های مختلف به همراه پتانسیل و موانع این آب شیرین‌کن‌ها پرداخته است. دوربین (۱۳۹۵) هم از بین سیستم‌های نمکزدایی اسمز معکوس و الکترودیالیز مقایسه‌ای فنی را انجام داده است و اشاره کرده است که با روش الکترودیالیز دارای راندمان نمکزدایی بالاتر، گرفتگی غشاء کمتر و پیش‌تصفیه کمتری نسبت به روش اسمز معکوس است بنابراین توصیه می‌شود از روش الکترودیالیز برای تصفیه آب استفاده شود. این نتیجه گیری تأیید کننده کاربرد فن آوری‌های جدید در صنعت تصفیه آب دریا به خصوص استفاده از روش‌های جدید الکتریکی و الکترومغناطیسی می‌باشد. در همین راستا علاوه بر روش‌های الکترولیز، الکترودیالیز و الکتروکوکولاسیون، روش بسیار نوین دیگری با عنوان روش الکتروکوکووالانس توسط یک شرکت دانش بنیان ایرانی به نام شرکت آکام نگاران پایا (مستقر در شهر مشهد) ارائه شده است. این روش با قابلیت تصفیه آب دریا و قابلیت فرآوری نمک به کود کشاورزی خود می‌تواند انقلاب بزرگی را در تأمین بی پایان منابع آب قابل شرب و کشاورزی و توسعه اقتصاد ساحلی و دریایی در کشور فراهم آورد بدون اینکه اثرات زیست محیطی خطرناکی را بر محیط زیست ساحلی و دریایی بر جای بگذارد. در این میان بهترین گزینه استقرار این تاسیسات می‌تواند به عنوان یک طرح قابل سرمایه گذاری در محدوده ساحلی مکران با دسترسی نامحدود به آب‌های اقیانوسی باشد. در این تحقیق به معرفی این سیستم و مزایای استقرار آن در سواحل مکران پرداخته می‌شود.

۲- روش تحقیق و متغیرها

در این تحقیق به معرفی فنی و توصیف روش جدید تصفیه آب الکتروکوکووالانس (Electro-Coagulant) و قابلیت مکانیابی تأسیسات آب شیرین‌کن مربوطه در ساحل مکران پرداخته می‌شود. برای این منظور ابتدا متغیرها و ویژگی‌های فنی این روش تشریح می‌شود. در نهایت با استفاده از گزارش‌ها و مطالعات انجام شده مزیت استقرار این روش تصفیه آب در ساحل اقیانوسی مکران توضیح داده می‌شود.

این دو؛ انتظار می‌رود کمبود آب مشکلات مربوط به بحران انرژی را تشدید کند. در چنین شرایطی سیاست‌گذاران سعی در حل مشکلات کمبود آب از طریق ساختن سد، تغذیه آب‌های زیرزمینی، بارورکردن ابرها، آب شیرین‌کن، استفاده مجدد از پساب، تصفیه آب و توسعه پروژه‌های عظیم انتقال آب دارند (Gohari 2013). تنها منبع آب تقریباً بی پایان، اقیانوس‌ها هستند. اما خود منبع اصلی شوری نیز به شمار می‌روند. بنابراین، برای مقابله با مشکل کمبود آب، تصفیه آب دریا گزینه مناسبی برای مقابله با بحران آب است. در همین راستا تکنولوژی‌های پالایش و بازچرخانی آب (شامل تصفیه آب و فاضلاب) به عنوان راهبردهای اصلی بخش محیط زیست در برنامه‌ها و چشم‌انداز بلندمدت توسعه کشور مورد نظر قرار گرفته است. تصفیه آب (Water Purification) و تصفیه فاضلاب (Wastewater Treatment) به فرآیندهایی گفته می‌شود که طی آن مواد شیمیایی نامطلوب، آلاینده‌های بیولوژیکی، جامدات معلق و گازها از آب آلوده حذف می‌شوند، تا آب حاصل شده آماده آشامیدن یا مصرف کشاورزی گردد. به طور کلی روش‌های تصفیه فاضلاب شامل چهار گروه اصلی است. گروه روش‌های فیزیکی که می‌توان به فیلتراسیون (شنی، کربنی، رزینی) و تصفیه غشایی (ممبران) و اسمز معکوس اشاره کرد. گروه روش‌های شیمیایی که می‌توان به هوادهی، کلرزنی، ازون زنی و گروه روش‌های بیولوژیکی که می‌توان به لجن فعال، راکتورهای بیولوژیکی غشایی، راکتورهای بستر شناور و راکتورهای بی‌هوازی ناپیوسته متوالی اشاره کرد. و اما گروه روش‌های الکتریکی و الکترومغناطیسی به عنوان روش‌های نوآورانه جاری در جهان شامل روش‌هایی مانند الکترولیز، الکترودیالیز، الکتروکوکولاسیون و روش بسیار نوین الکتروکوکووالانس می‌باشد.

چنانکه از بررسی و مرور مقالات پیرامون روش‌های نوین در بحث تصفیه آب و فاضلاب برمی‌آید، در سال‌های اخیر دامنه گسترده‌ای از روش‌های ترکیبی (Hybrid) الکتروبیولوژیکی به خصوص برای حذف فلزات سنگین توسط محققان مورد توجه قرار گرفته است (Parveen et al. 2016). در همین ارتباط مدل سلول‌های سوخت میکروبی (Microbial fuel cells: MFC) به عنوان یک رویکرد نوین الکتروبیولوژیکی برای حذف COD و میکروارگانیسم‌ها پیشنهاد شده است (Sevda et al. 2013). در همه روش‌های الکتروبیولوژیکی برای تعیین میزان موفقیت از آزمایش‌های طیف سنجی (Spectroscopy) نظیر طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (Energy-Dispersive X-ray: EDX) و یا طیف سنجی فروسرخ با تبدیل فوریه (Fourier Transform Infra-Red: FTIR) استفاده شده است. ترکیب هیبریدی راکتور بی‌هوازی لجن پوش جریان‌ی بالاسو (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket Reactor: UASBR) با فیلتر بیولوژیکی هوازی (Biological Aerated Filter: BAF) و مدل سلول‌های سوخت میکروبی (Microbial

۲-۱- ظرفیت تصفیه:

وان های الکتروکوالانس در هر سه ماه یک بار تجدید شده که از جنس آلومینیوم و آهن می باشد که به صورت پاترون طراحی و در وان ها قرار می گیرند. همچنین در این واحد برای هر مترمکعب آب حدود ۲۵ گرم اسید پلی اکرولیت برای سنگین کردن مواد و ته نشینی مورد استفاده قرار می گیرد.

۳- یافته ها**۳-۱- تشریح عملکرد و فرآیند تصفیه آب به روش****الکتروکوالانس**

روش کار تصفیه آب الکتروکوالانس الهام گرفته از پدیده های طبیعی به خصوص چرخه هیدرولوژی می باشد که خود شامل فرآیندهای شبیه سازی شده ای همچون تراکم الکتریکی آب در سامانه ابرها و نزول بارش، جریان آب در بستر رودخانه ها و آبخوان ها و رخداد طبیعی انعقاد الکتریکی و ترکیب های هیدروژنوشیمیایی آب می باشد. این روش، ترکیبی از فرآیند الکتروکوالانس (بر پایه پلاریزاسیون اشتراک الکترونی پیوندهای اتمی و قطبی سازی الکتریکی) و فرآیند فیلتراسیون خودشوینده شنی و فیلترهای ماسه سیلیسی و معدنی و فیلترهای کربن اکتیو و تابش فرابنفش (جهت گندزدایی، ضدعفونی و از بین بردن ویروس های مقاوم) می باشد. مهمترین تفاوت روش الکتروکوالانس با سیستم های شیمیایی رزینی در عدم استفاده از رزین ها و تزریق موارد شیمیایی برای احیای آنها است و تفاوت اصلی روش الکتروکوالانس روش های الکتروشیمیایی نظیر الکترولیز، الکتروکوالاسیون و الکترودیونیزاسیون هم در عدم استفاده از هرگونه الکتروود و احتمال رسوب گیری آنها می باشد (منصوری دانشور ۱۳۹۵). سیستم تصفیه در وان های الکتروکوالانس در واقع به دلیل خاصیت انعقاد الکتریکی می تواند با عنوان روش الکتروکوالانس هم نامیده شود و در حالت ساده سازی شده مشابه وان های الکتروکوالاسیون است که بر مبنای جریان الکتریسیته از یک طرف منجر به از هم پاشی مولکول های آب و تشکیل یون ها شده و از طرف دیگر باعث انعقاد و لخته سازی مواد محلول و نامحلول موجود در آب می شود. با این حال تفاوت اصلی روش الکتروکوالانس نسبت به روش الکتروکوالاسیون در الگوی ترکیب مدار آندی- کاتدی، سیستم ویبراتور فرکانسی و الگوی استفاده از جریان های مستقیم DC به میزان ۵۰۰ آمپر و برق متناوب AC به میزان ۵۰۰ آمپر با ولتاژ ۱۱۰ می باشد. زمانی که یک اختلاف ولتاژ DC از منبع خارجی به الکترودها اعمال می شود در آند واکنش اکسایش و در کاتد واکنش کاهش انجام می شود. واکنش های الکتروشیمیایی انجام شده توسط فلز M در کاتد و آند را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

ظرفیت و قدرت راندمان روش الکتروکوالانس در تاسیسات آب شیرین کن حدود ۲۵۰ لیتر در ثانیه (۹۰۰ مترمکعب در ساعت) بر آورد شده است. روش الکتروکوالانس این قابلیت را دارد که در هر مقیاسی از راندمان تصفیه ۵۰ تا ۲۵۰ لیتر در ثانیه توسط شرکت آکام نگاران پایا طراحی و ساخته شود. این تاسیسات بسته به نیاز تا ۲۵۰ لیتر در ثانیه در هر مدول قدرت تصفیه دارد و به صورت سری یا شبکه ای توانایی تصفیه تا ۲۵۰۰ لیتر در ثانیه را هم دارا می باشد. ۲-۲ زمان تصفیه: زمان تصفیه در این روش چه برای ظرفیت ۵۰ لیتر در ثانیه و چه برای ظرفیت ۲۵۰ لیتر در ثانیه حدود ۹۵ دقیقه می باشد (به دلیل همزمانی عمل سری وان های الکتروکوالانس و سایر سیستم ها). به طور خاص گردش آب در داخل وان های الکتروکوالانس حدود ۳۵ دقیقه طول می کشد و سپس گردش آب در طی عملیات سایر واحدها تا مرحله خروجی نهایی حدود ۶۰ دقیقه به طول می انجامد.

۳-۲- مساحت تصفیه خانه:

ساخت و نصب تاسیسات آب شیرین کن به روش الکتروکوالانس برای راندمان ۵۰ لیتر در ثانیه (۱۸۰ مترمکعب در ساعت) به زمینی با مساحت حدود ۱۰۰۰ مترمربع نیاز دارد. این میزان مساحت برای راندمان ۲۵۰ لیتر در ثانیه حدود ۲۰۰۰ مترمربع در نظر گرفته می شود. این قابلیت وجود دارد که بنا به حساسیت های پدافند غیرعامل کل تاسیسات به صورت طبقاتی و در زیرزمین عملیاتی گردد.

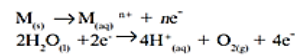
۴-۲- انرژی مصرفی:

میزان مصرف برق تاسیسات هم برای تصفیه آب با راندمان ۵۰ لیتر در ثانیه، در حدود ۲۰۰ کیلووات ساعت می باشد. در این میان به طور خاص وان های الکتروکوالانس به همراه تغذیه الکتروموتور حدود ۱۵۰ کیلووات ساعت نیاز انرژی از برق ۳۶۰ کیلووات (سه فاز صنعتی) خواهند داشت. در زمان قطع برق از دو موتور ژنراتور ۱۶۰ کیلووات برای تأمین برق استفاده می شود. این عمل نیز در زمان قطع برق به صورت خودکار توسط مونیتورینگ مرکز کنترل، استارت می شود و در زمان وصل برق به صورت اتومات خاموش می شود.

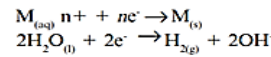
۵-۲- مواد مصرفی:

این روش نیازمند قطعات فلزی متنوعی از جنس های مختلف مس، آهن، استیل و آلیاژهای مخصوص است که خصوصاً در ساخت وان های الکتروکوالانس با الگوها و طراحی های خاص به کار خواهند رفت. در این میان تنها برای یک بار در داخل وان های الکتروکوالانس از الکترودهای اصلی تک قطبی و جفتی با آلیاژ استیل استفاده می شود که تا ۱۵ سال نیازی به تعویض و احیا نخواهند داشت. تغذیه

✓ در آند



✓ در کاتد



میلی گرم در لیتر به ۲۵ گرم در لیتر رسیده یعنی کاهش در حدود ۸۶ درصد داشته است. کل چربی فاضلاب Oil از ۵۴ میلی گرم در لیتر به ۷ گرم در لیتر رسیده یعنی کاهش در حدود ۸۷ درصد داشته است. میزان اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی کل برای تجزیه BOD از ۲۰۳ میلی گرم در لیتر به ۹ گرم در لیتر رسیده یعنی کاهش در حدود ۹۶ درصد داشته است. میزان اکسیژن مورد نیاز شیمیایی کل برای تجزیه COD از ۴۵۰ میلی گرم در لیتر به ۲۰ گرم در لیتر رسیده یعنی کاهش در حدود ۹۶ درصد داشته است. همچنین در این روش تقریباً تمامی میکروارگانیسم ها و همچنین تمامی فلزات سنگین، مواد سمی و شیمیایی با ضریب اطمینان ۹۹ درصد حذف شده و به مواد آلی مورد نیاز کودسازی تبدیل می گردد. ضمناً در فرآیند تصفیه هیچ نوع بوی آزار دهنده و آلاینده هوا ایجاد نمی شود. به طور خلاصه می توان مشاهده کرد که روش کار الکتروکودگوالانس نیازی به واحدهای وسیع و پرهزینه فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی نظیر استخرهای تثبیت، مخزن متعادل کننده، واحدهای هاضم لجن، رآکتورهای هوازی و بی هوازی، تصفیه غشایی (ممبران)، فیلتراسیون نیازمند تعویض، واحد لزال سازی، رزین های نیازمند احیا، مبدل حرارتی و تزریق مواد شیمیایی نمی باشد (منصوری دانشور ۱۳۹۵).

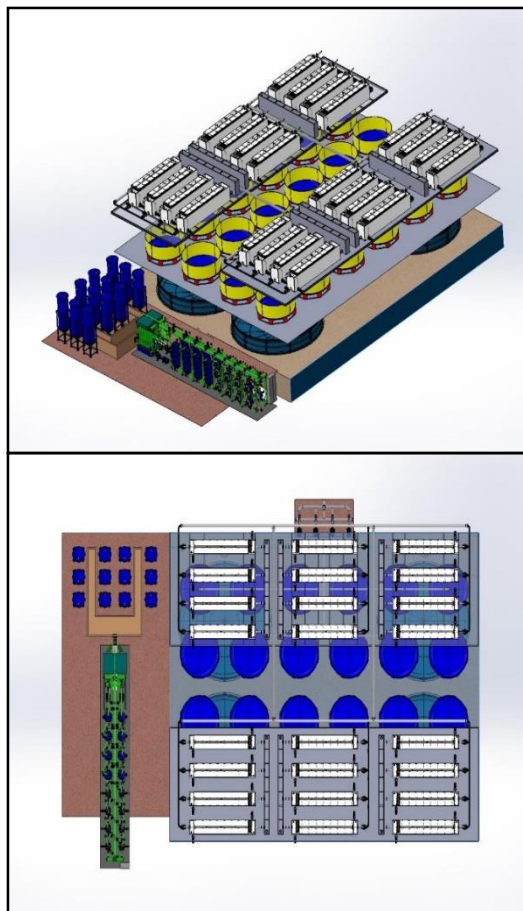
۲-۳- اولویت های برنامه ریزی برای مکانیابی تأسیسات آب

شیرین کن در منطقه ساحلی مکران

منطقه ساحلی مکران به واسطه ارتباط با اقیانوس ها از اهمیت بسیار بالایی برای این تأسیسات برخوردار است. از نظر تقسیمات اصلی هیدرولوژیک کشور، منطقه مکران شامل دو حوضه اصلی بلوچستان جنوبی و هامون جازموریان است (شکل ۴). مهمترین علل زیست محیطی که منجر به انتخاب بلوچستان جنوبی شده است عدم دسترسی به آب کافی برای شرب، صنعت و کشاورزی علی رغم قابلیت بهره برداری آزاد منابع آب زیرزمینی و دسترسی به آب های آزاد اقیانوسی می باشد؛ استراتژی اصلی تحقیق برای این منطقه تأسیسات آب شیرین کن و تصفیه آب شور سطحی و آب دریای عمان همراه با خنثی سازی نمک، تأمین آب تصفیه شده برای شرب در داخل حوضه و منطقه مکران و انتقال آن به فلات مرکزی می باشد. برای منطقه هامون جازموریان نیز مهمترین علل زیست محیطی وجود کشاورزی علی رغم اقلیم خشک و رخدادهای خشکسالی، توسعه زیاد خاک های اریدیسول و شوره زار و بایر و باتلاقی، خشک شدن تدریجی تالاب جازموریان، رتبه ۵ مصرف آب کشاورزی در ایران، رتبه ۵ بیشترین تخلیه آب های زیرزمینی و ممنوعیت ۷۰ درصدی بهره برداری از آب زیرزمینی می باشد که استراتژی این تحقیق برای منطقه تصفیه آب شور سطحی و تأسیسات خنثی سازی نمک، تأمین آب تصفیه شده برای احیای

بر خلاف روش رزینی که متکی بر فیلترهای پلیمری آنیونی و کاتیونی است و احیای آن نیازمند اسید سولفوریک یا اسید کلریدریک می باشد و خروجی پساب جانبی آن دارای املاح گچی می شود، در روش الکتروکودگوالانس هیچ نیازی به احیای مجدد نخواهد بود چون اساساً مواد پلی اکریلیک کاتیونی و آنیونی به کاررفته در باردارسازی آب به عنوان مواد ژلاتینه غیرسمی با لجن جامد ته نشین شده و در واحد لجن-کودگیری از مدار خارج می گردد. این مواد ژلاتینی به دلیل خصوصیت جاذب رطوبتی خود باعث پایداری اپی پدون های خاک شده و از فرسایش خاک نیز جلوگیری می کند بنابراین دفع آن هیچ ضرر زیست محیطی نخواهد داشت. در حالی که در فیلترهای تبادل یونی رزینی، خود رزین ها بعد از یک مدت غیرفعال شده و نیازمند احیا و شستشو می شوند علاوه بر این استفاده از روش رزینی در طول زمان باعث ایجاد خوردگی قطعات فلزی می شود در حالی که در روش الکتروکودگوالانس همه قطعات یا استیل و یا پلیمری هستند. طراحی شماتیک فرآیند یاد شده تصفیه آب در تأسیسات آب شیرین کن الکتروکودگوالانس در شکل (۱) ارائه می شود. در شکل (۲) تصاویر سه بعدی و دوبعدی یکپارچه از تأسیسات آب شیرین کن الکتروکودگوالانس برای راندمان ۲۵۰ لیتر در ثانیه به مساحت حدود ۲۰۰۰ مترمربع نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که طی یک فرآیند آزمایشگاهی و بر مبنای یک ماکت شبیه سازی شده با راندمان ۰/۵ لیتر در ثانیه مطابق شکل (۳)، فرآیند تصفیه فاضلاب برای نمونه های مختلف آنالیز شده و به طور متوسط در تمامی موارد، مقایسه نتایج پارامترهای کیفی آب خروجی با فاضلاب ورودی نشان دهنده ارجحیت روش معرفی شده نسبت به روش های متداول تصفیه فاضلاب در ایران و حتی جهان است. برای مثال فقط پارامتر COD توسط ماکت شبیه سازی شده تصفیه از میزان حدود ۴۵۰ میلی گرم در لیتر به حدود ۲۰ میلی گرم در لیتر (یعنی بیشتر از ۲۰ برابر) کاهش پیدا کرده است. بنابراین مقدار COD آب خروجی نشان دهنده تصفیه ۹۶٪ فاضلاب در مدت ۴۵ دقیقه بوده است. نمونه شبیه سازی شده توانسته است که هدایت الکتریکی EC را از ۱۹۴۰ میکروزیمنس بر سانتیمتر به ۷۷۰ میکروزیمنس در سانتیمتر برساند یعنی کاهش در حدود ۶۰ درصد داشته است (جدول ۱). محتوای کل جامدات محلول TDS از ۱۳۵۸ میلی گرم در لیتر به ۵۳۹ میلی گرم در لیتر رسیده یعنی کاهش در حدود ۶۰ درصد داشته است. کل مواد جامد معلق در آب TSS از ۱۸۱

شکل (۲) تصاویر دو بعدی و سه بعدی از تاسیسات آب شیرین کن به روش الکتروکوگولالانس



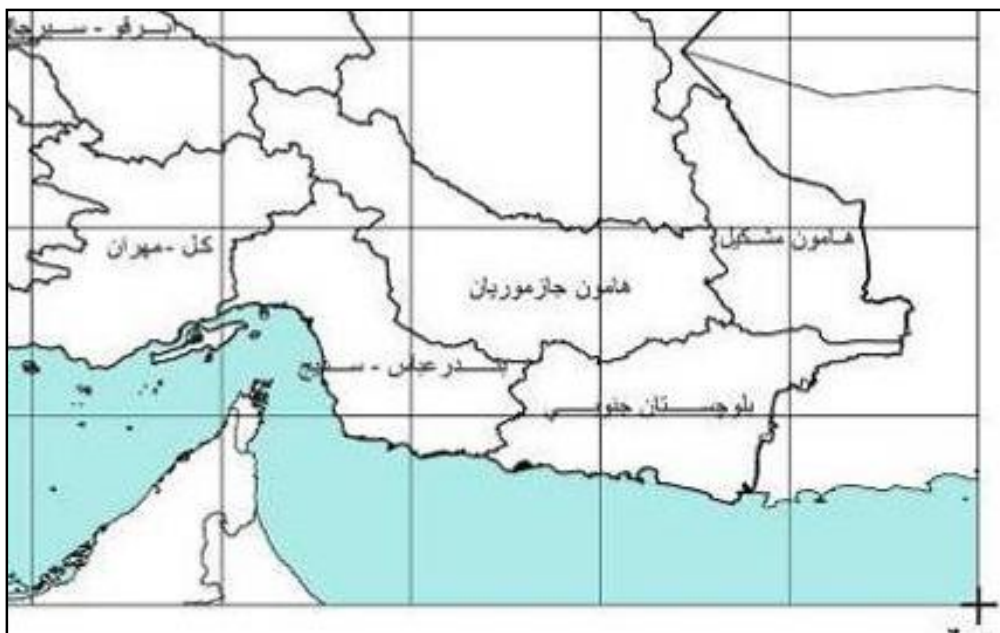
شکل (۳) تصویری از ماکت آزمایشگاهی شبیه سازی شده تاسیسات آب شیرین کن الکتروکوگولالانس



جدول (۱): قدرت بهبود پارامترهای کیفیت آب توسط روش تصفیه الکتروکوگولانانس

ردیف	آزمون	واحد	فاضلاب خام	آب تصفیه شده	بهبود کیفیت
1	اسیدیته pH	-	6.5	6.7	-
2	هدایت الکتریکی EC	μ mho/cm	1940	770	60%
3	کل جامدات محلول TDS	mg/l	1358	539	60%
4	کل مواد جامد معلق TSS	mg/l	181	25	86%
5	کل چربی Total Oil	mg/l	54	7	87%
6	اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی BOD	mg/l	203	9	96%
7	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی COD	mg/l	450	20	96%
8	کل مواد شوینده Total Detergents	mg/l	0.3	0.1	67%

شکل (۴) موقعیت منطقه مکران (حوضه های بلوچستان جنوبی و جازمورین)



(*Hypophthalmichthys Nobilis*) به عنوان ماهیان گرمابی و سازگار با اقلیم بلوچستان جنوبی، امکان تغذیه از فیتوپلانکتون ها را پیدا می کنند و در مقابل آب را غنی از مواد معدنی ناشی از فعالیت های حیاتی خود می کنند. آب بر جای مانده ناشی از پرورش کپورماهیان به عنوان یک کود ارگانیک کشاورزی مطرح شده و در حال حاضر در خارج از کشور به ویژه برای کشت انواع صیفی جات و گندم و ذرت استفاده فراوانی دارد.

۴- نتیجه گیری

در شرایط کنونی کشورهای واقع در اقلیم خشک و نیمه خشک خاورمیانه به دنبال برون رفت از بحران کم آبی و بی آبی می باشند بنابراین اکثر کشورها به دنبال احداث تأسیسات آب شیرین کن در مقیاس های مختلف هستند برای مثال می توان به تأسیسات نیروگاه

روش تصفیه معرفی شده علاوه بر آب دریا حتی امکان تصفیه آب های شور و لب شور طبیعی اعم از آب های مناطق کویری و آب چشمه های شور و گوگردی و... و استحصال آب شرب یا کشاورزی را هم دارد. در صورتی که لازم باشد در این روش امکان استحصال آب مناسب برای کشاورزی و استخرهای پرورش ماهی به صورت یک سیستم یکپارچه را هم خواهد داشت که به طور خاص برای احیای هامون جازمورین و پهنه های آبی خشک شمال سواحل مکران در بلوچستان جنوبی این امر پیشنهاد می شود. برای این منظور آب خروجی با مقدار زیادی از فیتوپلانکتون های از قبل تکثیر شده مخلوط می شود. سپس این آب مخلوط شده وارد پهنه های آبی پرورش کپورماهیان (*Cyprinidae*) می شود. در این پیکره های آبی، ماهی هایی از نوع کپور نقره ای فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys Molitrix*) و کپور سرگنده

۵- منابع

دوربین، فرشته. شهیدی، علی (۱۳۹۵). مقایسه روشهای اسمز معکوس و الکترودیالیز در تصفیه آب، کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، تهران، بهمن ۱۳۹۵، دانشگاه تهران.

عربی، فهیمه (۱۳۹۴). بررسی استفاده از انرژی خورشیدی در آب شیرین کن، پتانسیلها و موانع. اولین همایش ملی بحران آب و مدیریت آن در مناطق خشک ایران. بهمن ۱۳۹۴، دانشگاه یزد.

فلاح، ناصر (۱۳۷۸). معرفی روش ترکیبی یون زدائی الکتریکی (Electrodeionization) و کاربرد آن در تصفیه آب نیروگاهی، چهاردهمین کنفرانس بین المللی برق، تهران، فروردین ۱۳۷۸، پژوهشگاه نیرو.

منصوری دانشور، محمدرضا (۱۳۹۵). گزارش توجیهی پروژه ساخت دستگاه اکولوژیک تصفیه آب و فاضلاب با روش الکتروکوالانس (آناهیتا). شرکت آکام نگاران پایا. مشهد، ۱۷۴صص.

میرزاخانی، مجتبی (۱۳۹۱). فرایندهای شیرین سازی آب، کارگاه بین المللی و همایش تخصصی نمک زدایی آبهای شور، لب شور و تصفیه پساب. سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایر، تهران، تیر ۱۳۹۱، دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور).

El-Ghonemy MK (2012). Water desalination systems powered by renewable energy sources: review. *Renew Sustain Energy Rev*, 16(3):1537-56.

Gohari A, Eslamian S, Mirchi A, Abedi-Koupaei J, Bavani AM, Madani K (2013). Water transfer as solution to water shortage: a fix that can backfire. *J Hydrol*, 491:23-39.

Gorjian S, Ghobadian B, TavakkoliHashjin T, Banakar A (2014). Experimental performance evaluation of a stand-alone point-focus parabolic solar still *Desalination*, 352(3):1-17.

Kalogirou S (1997). Survey of solar desalination systems and system selection *soteris. Energy*, 22(1):69-81.

Parveen K, et al. (2016). A novel method for synthesis of functionalized hybrids and their application for wastewater treatment. *Desalination and Water Treatment* 57: 1-10.

Sevda S, et al. (2013). High strength wastewater treatment accompanied by power generation using air cathode microbial fuel cell. *Applied Energy* 105: 194-206.

Zhang B, et al. (2009). A novel UASB-MFC-BAF integrated system for high strength molasses wastewater treatment and bioelectricity generation. *Bioresource Technology* 100: 5687-5693.

<http://www.water-technology.net/projects/sorek-desalination-plant>

آب شیرین کن راس الخیر (Ras Al Khair) عربستان سعودی با ظرفیت ۷۲۸ مترمکعب در روز و هزینه ۷٫۲ میلیارد دلار، نیروگاه فجیره (Fujairah) امارات متحده عربی با ظرفیت ۱۳۵ هزارمترمکعب در روز و هزینه ۲۰۰ میلیون دلار، نیروگاه دوره البحرين (Durrat Al Bahrain) بحرین با ظرفیت ۱۰۰۰ مترمکعب در روز و هزینه ۳۰ میلیون دلار و نیروگاه سورک (Sorek) اسرائیل با ظرفیت ۶۲۴ هزارمترمکعب در روز و هزینه ۴۰۰ میلیون دلار اشاره کرد. این موارد از جدیدترین و پیشرفته ترین تاسیسات آب شیرین کن خاورمیانه به شمار می روند. برای مثال نیروگاه آب شیرین کن هسته ای سورک (Sorek) اسرائیل با وسعت حدود ۱۰ هکتار و با تکنولوژی قدیمی اسمز معکوس (RO) در ۱۵ کیلومتری جنوب تل آویو که در سال ۲۰۱۳ عملیاتی شد ظرفیت شیرین سازی ۶۲۴ هزار متر مکعب آب در روز را که معادل با حدود ۲۳۰ میلیون مترمکعب در سال می باشد.

این در حالی است که روش معرفی شده الکتروکوالانس در این تحقیق در زمینه استحصال آب شیرین و قابل شرب (Desalination)، قابلیت رقابت با جدیدترین متدهای روز را دارد. روش های سنتی از فناوری اسمز معکوس استفاده می کنند و با فرایندهای غشایی نیمه تراوا و فشار، نمک را از آب جدا می کنند. اکثریت واحدهای موجود و برنامه ریزی شده واحدهای شیرین سازی آب دریا، هم با سوخت های فسیلی ویا انرژی هسته ای به عنوان منبع انرژی کار می کنند که اکثر آنها هم در خاور میانه و شمال آفریقا هستند، که از منابع نفت خود برای جبران محدودیت منابع آبی استفاده می کنند. باید توجه داشت که در همه موارد آب شیرین کن مورد بهره برداری در خاورمیانه و حتی در دنیا که با تکنولوژی اسمز معکوس فعالیت می کنند، مشکل غلظت بسیار بالای شوری پساب خروجی ناشی از نمک زدایی هنوز به عنوان یک معضل زیست محیطی عمده به شمار می رود و زندگی آبزیان دریایی را به مخاطره می اندازد. در مقابل روش الکتروکوالانس این توان را دارد که تاسیسات آب شیرین کن را در فضای محدودتر با هزینه بسیار پایین تری در مقیاس ملی تولید کند. برای یک آمار مقایسه ای می توان گفت که احداث و ترکیب حداقل ۲۵ واحد از تاسیسات آب شیرین کن با توان ۲۵۰ لیتر در ثانیه به روش الکتروکوالانس با زمین مورد نیاز معادل یک دهم نیروگاه سورک و هزینه ای معادل نصف هزینه های نیروگاه سورک امکان رقابت اقتصادی در سطح ملی و خاورمیانه خواهد داشت. از همه مهمتر اینکه این روش در فرآیند نمک زدایی آب شیرین خود هیچ پساب شوری را وارد محیط دریایی نکرده و بنابراین هیچ معضل زیست محیطی هم نخواهد داشت که این امر یک امتیاز اکولوژیک در سطح بین المللی خواهد بود.

Introduction and location of desalination facilities by modern electrocoagulation method in Makran oceanic offshore

Abstract

Seawater treatment is a good option to address the problem of water scarcity, dealing with the water crisis. In this regard, water purification and recycling technologies have been considered as the main strategies of the environmental sector in the long-term development plans and perspective of the country. The research studies carried out in recent years, confirm the application of new technologies in the seawater treatment and purification industry, especially the use of new electrical and electromagnetic methods. In addition to electrolysis, electro dialysis, and electrocoagulation methods, another very new method called electrocoagulation method has been presented by an Iranian knowledge-based company. This method with the ability to treat seawater and salt in its fertilizer can be a great revolution in water purification and supply of drinking water and can be considered in the development of the coastal regions and maritime economy in the country without a dangerous environmental impact on the environment. From the methodological point of view, this research has introduced the technical and described the new method of electrocoagulation water treatment and the location of the relevant desalination facilities in Makran offshore. The findings showed that the best option for establishing the mentioned desalination plant could be as an investment project in the Makran coastal area with unlimited access to ocean waters. The electrocoagulation desalination plant has the ability to introduce no saline effluent into the marine environment during the desalination process and therefore will not have any environmental problems, which would be an international ecological advantage.

Keywords: Water Treatment, Desalination Plant, Electrocoagulation Method, Oceanic Water Resources, Makran Offshore