

نمک زدایی از آب‌های شور و لب شور (علم و صنعت)

مؤلفان: دکتر ناصر رازقی، مهندس رویا منصوری

www.ketab.ir



سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران

میرشناسه: رازقی، ناصر، ۱۳۱۱.
عنوان و نام پدیدآورنده: نمک زدایی از آب های شور و لب شور (علم و صنعت) / مولفان ناصر رازقی،
رؤیا منصوری.
مشخصات نشر: تهران: رؤیا منصوری، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری: [۴۹۶ ص. : مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 978-964-04-8365-7

فهرست نویسی براساس اطلاعات فیبا.

موضوع: آب های شور - نمک زدایی.

موضوع: آب - تصفیه.

شناسه افزوده: منصوری، رؤیا، ۱۳۵۰.

رده بندی کنگره: ۸۱۳۹۱ ن ۲ ر / ۴۷۹ TD

رده بندی دیویی: ۶۱۰/۱۷

شماره کتاب شناس ملی: ۲۷۹۰۳۲۸

نمک زدایی از آب های شور و لب شور (علم و صنعت)



مؤلفان: دکتر ناصر رازقی، مهندس رؤیا منصوری

طراح جلد: شرکت نارون آرا

صفحه آرای: زهرا قراگوزلو

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۱

شمارگان: ۱۰۰۰ جلد

ناشر: مؤلفان

لینتوگرافی و چاپ: نقره آبی

صحافی: نقره آبی

قیمت: ۱۹۰۰۰ تومان

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۴-۸۳۶۵-۷

ISBN: 978-964-04-8365-7



9 789640 483657

تمامی حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به شرکت نارون آرا می باشد.



فهرست فصلها

- ۱۰ ■ سخنی با خواننده
- ۱۲ ■ پیشگفتار
- ۲۰ ■ فصل اول: پتانسیل آب کشور
 - ۲۰ ➤ مقدمه
 - ۲۲ ➤ جمعیت کشور
 - ۲۳ ➤ چالش‌های توسعه منابع آب
 - ۲۵ ➤ منابع جدید
- ۳۲ ■ فصل دوم: استفاده از پساب تصفیه شده
 - ۳۲ ➤ مقدمه
 - ۳۷ ➤ تصفیه پساب
 - ۳۷ ➤ مصرف در بخش کشاورزی
 - ۳۸ ➤ تغذیه منابع آب زیرزمینی
 - ۴۶ ➤ استفاده دوباره در صنعت
 - ۴۶ ➤ مصرف‌های شهری
 - ۵۰ ➤ افزایش پتانسیل منابع آب شرب
 - ۵۱ ➤ توجهات اساسی در برنامه‌ریزی
 - ۵۵ ➤ تصفیه فاضلاب
 - ۵۷ ➤ تصفیه پیشرفته و بیشتر
 - ۶۰ ➤ تاسیسات توزیع پساب تصفیه شده
 - ۶۱ ➤ حفظ بهداشت محیط زیست
 - ۶۳ ➤ آیین‌نامه‌های استفاده از پساب
 - ۶۹ ➤ خطوط راهنمای پیشنهادی برای استفاده دوباره
 - ۷۸ ➤ توجهات در مورد جدول شماره ۲-۱۶
 - ۷۹ ➤ مشارکت جامعه
 - ۸۱ ➤ استفاده دوباره در دنیا

۸۸ ■ فصل سوم: وضعیت صنعت نمک‌زدایی در جهان

- ۸۸ ■ مقدمه
- ۹۰ ■ مفهوم نمک‌زدایی
- ۹۰ ■ تاریخچه نمک‌زدایی
- ۹۲ ■ طبقه‌بندی آب‌ها از لحاظ شوری
- ۹۵ ■ پذیرش جهانی صنعت نمک‌زدایی
- ۹۸ ■ چشم‌انداز نمک‌زدایی در اوایل هزاره سوم
- ۹۹ ■ وضعیت نمک‌زدایی در جهان در هزاره سوم
- ۱۰۷ ■ شرکت‌های برتر در زمینه تأسیسات نمک‌زدایی
- ۱۱۳ ■ بازار آینده نمک‌زدایی
- ۱۱۴ ■ مطالعه موردی تأسیسات نمک‌زدایی در جهان
- ۱۱۹ ■ وضعیت تأسیسات نمک‌زدایی در ایران

۱۲۸ ■ فصل چهارم: تکنولوژی‌های نمک‌زدایی

- ۱۲۹ ■ مقدمه
- ۱۲۹ ■ فرایندهای ممبرانی
- ۱۳۱ ■ انتخاب ممبران
- ۱۳۴ ■ ممبران‌های پیچیده
- ۱۴۰ ■ معادله‌های صنعت اسمز معکوس
- ۱۴۴ ■ تأسیسات نمک‌زدایی با ممبران
- ۱۴۹ ■ نگرانی‌های ناشی از ناخالصی‌های آب در تأسیسات ممبران
- ۱۵۰ ■ زدایش جامدات
- ۱۵۱ ■ کنترل ترسیب شیمیایی
- ۱۵۱ ■ کنترل کربنات کلسیم
- ۱۵۴ ■ کنترل سولفات کلسیم
- ۱۵۴ ■ غلظت اصلاح محدودکننده و سیلیس
- ۱۵۹ ■ مبارزه با میکروب‌ها
- ۱۶۱ ■ سولفید هیدروژن
- ۱۶۱ ■ آهن و منگنز
- ۱۶۲ ■ مبارزه با مواد آلی
- ۱۶۲ ■ کنترل پی‌اچ
- ۱۶۴ ■ دما
- ۱۶۵ ■ طراحی ممبران
- ۱۶۷ ■ توجهات در امر بازیافت

- ۱۶۹ ▶ انرژی
- ۱۷۰ ▶ فلاکس
- ۱۷۱ ▶ دما
- ۱۷۴ ▶ ترتیب قرارگیری عنصرهای اسمز معکوس
- ۱۷۵ ▶ طرح ترتیب پساب
- ۱۷۸ ▶ طرح ترتیب آب تولیدی
- ۱۸۰ ▶ شستشوی المانها
- ۱۸۱ ▶ بازیافت انرژی
- ۱۸۴ ▶ تاسیسات اسمز معکوس و کنترل درصد بازیافت
- ۱۸۹ ▶ تاسیسات دارای چند مرحله استوانه‌های فشار
- ۱۹۵ ▶ الکترودیالیز
- ۱۹۷ ▶ طرح مجموعه الکترودیالیز و نوع رپورسال
- ۱۹۸ ▶ مصرف انرژی
- ۱۹۹ ▶ قطعی شدن
- ۲۰۵ ▶ میکروفیلترها و اولترافیلترها
- ۲۱۳ ▶ شستشوی میکروفیلتر و اولترافیلتر
- ۲۱۳ ▶ تاسیسات هیبرید
- ۲۱۴ ▶ فرایندهای نمکزدایی گرمایی
- ۲۱۵ ▶ تقطیر چند مرحله‌ای
- ۲۲۲ ▶ خصوصیات تقطیر چند مرحله‌ای
- ۲۲۴ ▶ تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای
- ۲۲۸ ▶ شرح فرایند تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای
- ۲۳۳ ▶ تراکم بخار آب
- ۲۳۸ ▶ پیش تصفیه
- ۲۳۹ ▶ فرایندهای تبخیر - تقطیر
- ۲۳۹ ▶ خورندگی در فرایندهای تبخیر - تقطیر
- ۲۴۱ ▶ خورندگی در تاسیسات فرایندهای ممبرانی
- ۲۴۳ ▶ ترسیب در فرایندهای ممبرانی
- ۲۴۷ ▶ گرفتگی بیولوژیکی در فرایند ممبرانی
- ۲۵۱ ▶ تصفیه نهایی در تاسیسات نمکزدایی
- ۲۵۱ ▶ پایدار کردن آب
- ۲۵۳ ▶ تخلیه گازهای محلول آب
- ۲۵۵ ▶ گندزدایی

۲۵۸ ■ فصل پنجم: اثرهای محیط زیستی تاسیسات نمک زدایی

- ۲۵۹ ➤ مقدمه
- ۲۶۰ ➤ توجهات آبیگری از دریا
- ۲۶۱ ➤ توجهات در آبیگری از منابع زیرزمینی
- ۲۶۲ ➤ تجدیدشوندگی یا توسعه پایدار
- ۲۶۳ ➤ نشست زمین
- ۲۶۳ ➤ مدیریت پساب
- ۲۶۸ ➤ مدیریت تخلیه و دفع پساب
- ۲۶۹ ➤ مطالعات صحرایی
- ۲۷۰ ➤ تخلیه به منابع آب متعارف
- ۲۷۱ ➤ ملاحظات در مورد کیفیت آب تولیدی
- ۲۷۲ ➤ گارهای گلخانه‌ای
- ۲۷۴ ➤ توجهات حقوقی
- ۲۷۷ ➤ چالش‌های کلی
- ۲۷۷ ➤ اثرهای محیط زیستی نمک زدایی گرمایی و اسمز معکوس آب دریا
- ۲۷۷ ➤ آبیگر تاسیسات تبخیر ناگهانی چندمرحله‌ای
- ۲۷۸ ➤ آبیگر تاسیسات تقطیر چندمرحله‌ای
- ۲۷۹ ➤ آبیگری از دریا برای تاسیسات اسمز معکوس
- ۲۷۹ ➤ تخلیه پساب حاوی مواد افزودنی
- ۲۸۰ ➤ خواص فیزیکی پساب تاسیسات تبخیر ناگهانی چندمرحله‌ای
- ۲۸۲ ➤ خواص فیزیکی پساب تاسیسات تقطیر چندمرحله‌ای
- ۲۸۳ ➤ خواص فیزیکی پساب در اسمز معکوس
- ۲۸۴ ➤ بیوسیدها در تاسیسات گرمایی و اسمز معکوس
- ۲۸۷ ➤ بازدارنده‌های ترسیب در تاسیسات گرمایی
- ۲۸۹ ➤ مواد بازدارنده کف
- ۲۹۰ ➤ بازدارنده‌های خوردگی در تاسیسات گرمایی
- ۲۹۲ ➤ مواد منعقدکننده در تاسیسات فرایند اسمز معکوس آب دریا
- ۲۹۴ ➤ بازدارنده‌های ترسیب در تاسیسات فرایند اسمز معکوس آب دریا
- ۲۹۴ ➤ مواد شیمیایی شستشوی ممبران
- ۲۹۵ ➤ محصولات خوردگی در تاسیسات فرایند اسمز معکوس آب دریا
- ۲۹۵ ➤ خنثی سازی کلر در تاسیسات فرایند اسمز معکوس آب دریا
- ۲۹۶ ➤ پایش و بازرسی‌های بهداشتی در مراحل مختلف نمک زدایی
- ۲۹۶ ➤ پایش
- ۲۹۶ ➤ تصویب
- ۲۹۷ ➤ تایید

۲۹۸ ➤ پایش در مرحله بهره‌برداری از تاسیسات نمک‌زدایی

۳۰۵ ➤ مقررات

۳۰۸ ➤ نتیجه‌گیری

۳۱۰ ■ فصل ششم: روند انجام مطالعات

۳۱۱ ➤ حدود مطالعات

۳۱۲ ➤ منابع آب

۳۱۴ ➤ آبگیر و انتقال

۳۱۷ ➤ آبگیری از دریا

۳۱۹ ➤ آبگیرهای مستقیم

۳۲۳ ➤ آبگیرهای غیر مستقیم

۳۲۳ ➤ پیش تصفیه آب

۳۲۵ ➤ هوارایی

۳۲۶ ➤ هم‌دهی

۳۲۶ ➤ زلال‌سازی

۳۲۷ ➤ فیلتراسیون

۳۲۸ ➤ اصلاح آب

۳۲۹ ➤ کلر زنی

۳۳۰ ➤ انتخاب فرایند نمک‌زدایی از آب

۳۳۴ ➤ انرژی الکتریکی و انرژی حرارتی

۳۳۸ ➤ محدودیت‌های محیط زیستی برای انتخاب محل

۳۴۰ ➤ طراحی و انجام محاسبه‌های تاسیسات اسمز معکوس

۳۶۳ ➤ مدیریت پساب

۳۶۵ ➤ برآورد مقادیر

۳۶۵ ➤ آنالیز اقتصادی

۳۶۶ ➤ مراحل مطالعات

۳۶۸ ■ فصل هفتم: روش‌های اجرایی پروژه‌های نمک‌زدایی در ایران

۳۶۸ ➤ مقدمه

۳۷۱ ➤ روش‌های اجرایی طرح

۳۷۴ ➤ مشارکت بخش خصوصی

۳۷۵ ➤ خصوصی‌سازی

۳۷۶ ➤ واگذاری امتیاز

۳۷۷ ➤ اجاره

۳۷۸ ➤ بهره‌برداری و مدیریت

- ۳۷۸ ✎ خدمات خاص
- ۳۷۹ ✎ طرح‌های راهگشا
- ۳۸۱ ✎ مزایا و محدودیت‌های گزینه بی‌اوتی
- ۳۸۳ ✎ تامین منابع و مدیریت مالی
- ۳۸۶ ✎ مدیریت ریسک پروژه
- ۳۸۷ ✎ اصول طرح‌های راهگشا مانند "بی‌اوتی" و "بی‌او"

۴۰۲ ■ فصل هشتم: ارزیابی اقتصادی طرح‌های نمک‌زدایی

- ۴۰۳ ✎ مقدمه
- ۴۰۳ ✎ اصول ریاضی بحث‌های اقتصادی
- ۴۰۵ ✎ ترکیب سرمایه
- ۴۰۶ ✎ هزینه‌های سرمایه‌ای
- ۴۰۷ ✎ هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری
- ۴۲۳ ✎ هزینه‌های یک ساله آب
- ۴۲۴ ✎ نرخ فروش آب
- ۴۲۸ ✎ مسئله زمین
- ۴۳۱ ✎ سرمایه‌گذاری و قیمت تمام‌شده آب

۴۵۶ ■ فصل نهم: استفاده از انرژی حرارتی خورشیدی

- ۴۵۷ ✎ مقدمه
- ۴۵۸ ✎ آیین‌های انعکاس و تمرکز نور خورشید
- ۴۶۱ ✎ ذخیره انرژی حرارتی
- ۴۶۳ ✎ تاسیسات تمرکز انرژی خورشیدی
- ۴۶۷ ✎ تمرکز انرژی خورشیدی برای توربین‌های بخاری
- ۴۶۹ ✎ تمرکز نورهای خورشیدی برای توربین‌های گازی
- ۴۷۲ ✎ تمرکز نورهای خورشیدی برای تولید برق و حرارت
- ۴۷۴ ✎ انتخاب اولیه صنایع تمرکز انرژی خورشیدی
- ۴۷۷ ✎ تمرکز انرژی خورشیدی برای نمک‌زدایی آب دریا در مقیاس بزرگ
- ۴۷۸ ✎ مقایسه فنی عملکردها طبق گزارش‌های موجود
- ۴۸۲ ✎ مقایسه اقتصادی عملکردها در یک مورد خاص
- ۴۸۵ ✎ هزینه‌ها و قیمت‌ها
- ۴۸۹ ✎ تمرکز انرژی خورشیدی برای نمک‌زدایی آب دریا در مقیاس کوچک
- ۴۹۰ ✎ تاسیسات تمرکز انرژی خورشیدی در جهان
- ۴۹۲ ✎ سازندگان تاسیسات این صنعت

سخنی با خواننده

انگیزه‌ای که ما را به تألیف این کتاب واداشت، آلودگی رودخانه‌های کشور، به ویژه رودخانه کارون بود تا با به‌کارگیری تکنولوژی‌های جدید، قدمی در راه جبران کمبود آب برداریم. هر گونه پیشرفت در کشور مستلزم نوآوری و نواندیشی است و بستر نوآوری نیز پژوهش است. با انتشار نتایج پژوهش‌های ما می‌توان به افزایش دانش فنی کشور کمک کرد. تردیدی نیست که کشور ما در راه توسعه پایدار همه جانبه، با کمبود آب روبه‌روست که استفاده از فناوری نمک‌زدایی و تامین آب مورد نیاز از منابع آب‌های شور می‌تواند این مانع توسعه و رشد را کمرنگ‌تر کند.

شرکت نارون آرا با توجه به رسالت خود "متعهد به محیط‌زیست" و به منظور ایجاد پل ارتباط و اعتماد با جامعه خود، تصمیم به تألیف کتابی در زمینه "نمک‌زدایی از آب‌های شور و لب‌شور" گرفت تا در راه توسعه صنعت نمک‌زدایی گامی هر چند کوچک برداشته باشد. شرکت نارون آرا در اجرای پروژه‌های زیربنایی در زمینه‌های محیط‌زیست و انرژی، نفت و گاز و سیستم‌های حرکت و کنترل فعالیت‌های گسترده‌ای داشته و امیدوار است در آینده در زمینه توسعه اطلاعات تخصصی محیط‌زیست و انرژی‌های نو فعالیت نوین خود را آغاز نماید. در اینجا از آقایان خوزه آنتونیو مدینا^۱ (رئیس سابق انجمن بین‌المللی نمک‌زدایی)، پیتر ایلس^۲ (معاون شرکت اسکات ویلسون)، مارک ولف^۳، بروس اسپرول و استیو برد^۴ (مدیر عامل و مدیران ارشد شرکت گرین اسپن - گروه محیط‌زیست تایکو) که شرکت نارون آرا را در انجام رسالت خود یاری کرده‌اند و همچنین مؤلفان کتاب، آقای دکتر ناصر رازقی و خانم مهندس رؤیا منصوری و تیم کارشناسان و متخصصان همراه سیاست‌گذاری و قدردانی می‌شود. در پایان این کتاب را به مرحوم پدرم و تمامی کسانی که دغدغه حفاظت از محیط‌زیست دارند تقدیم می‌نمایم.

نامران کاویان

مدیر عامل شرکت نارون آرا

-
1. Jose Antonio Medina, Ex-President of International Desalination Association (IDA)
 2. Dr. Peter Illes, Director of Scott Wilson Co.
 3. Mark Wolf, Managing Director of Greenspan (Tyco Environmental Systems)
 4. Bruce Sproule & Steve Bird of Greenspan (Tyco Environmental Systems)

تقدیر و تشکر

نویسندگان این کتاب بابت قدردانی و سپاسگزاری خود را به کارشناسان و دانشپژوهانی که با ارائه مستقیم و غیرمستقیم آگاهیها و اطلاعات مربوط ما را در تدوین این کتاب یاری داده‌اند، همچنین به صاحبان اثری که نامشان به عنوان مؤلفان تألیفات مراجع در پایان کتاب آمده است، و به ویژه به گروه مشاوران و همکاران عزیز، خانم‌ها مهندس زهره اختیارزاده، دکتر کتابیون کریم‌زاده، فریده ترقی و آقایان مهندس سعید زفولی، مهندس پیمان روحانی، دکتر مجتبی فاضلی، مهندس محمدباقر کیایی، مهندس محمود گرامی و دکتر بهروز سلامی تقدیم کند.

همچنین از زحمات آقای جمشید ارجمند برای ویراستاری و خانم‌ها گیلدا تشکری، زهرا قراگوزلو، فرانک کیانپور، شراره بلورچی و همکاران شرکت نارون آرا در فرایند تولید کتاب تشکر و قدردانی می‌گردد.

اکنون که این مهم به پایان رسیده است نویسندگان لازم می‌دانند که از آقای مهندس کامران کاویان مدیر عامل و خانم دکتر کیهان‌دخت کاویان پور معاونت نفت و گاز شرکت نارون آرا که ما را بی‌دریغ در تهیه کتاب پشتیبانی همه جانبه نموده‌اند تشکر و قدردانی نمایند.

از خواننده محترم درخواست می‌شود که پس از مطالعه این کتاب هرگونه نظر اصلاحی خود را به شرکت نارون آرا بفرستد تا در تجدیدنظر و چاپ بعدی کتاب مورد استفاده قرار گیرد.

نویسندگان

ناصر رازقی - رؤیا منصوری

یکی از منابع مورد نیاز برای هر گونه توسعه، احساس امنیت روانی، آسانی و نشاط زندگی و بهداشت در این سیاره آب است. در حالی که میانگین سالانه بارشهای آسمانی در کشور ما تقریباً بدون تغییر و یا ثابت است اما با افزایش جمعیت، سرانه آب خام رو به کاهش می‌گذارد. از طرف دیگر برای توسعه در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی و شهری به آب بیشتری نیاز است. لذا با گذر زمان ما به طور روز افزون با کمبود آب روبه‌رو خواهیم شد. با فرض ضریب افزایش جمعیت معادل $1/5$ در صد در سال، وضعیت فعلی، و با فرض حداقل نیاز سرانه خام سالانه به آب برای توسعه همه جانبه معادل ۲۰۰۰ متر مکعب، در سال‌های نه چندان دور، ما به حدود ۲۰۰۰ میلیارد متر مکعب آب در سال نیاز خواهیم داشت در حالی که پتانسیل آب تجدیدشونده کشور کمتر از ۱۵۰ میلیارد متر مکعب است. از طرف دیگر بارش جمعیت و افزایش فضاها و شهرنشینی و از بین رفتن مراتع و جنگلها بخشی از بارشها به صورت سیلابهای ویرانگر از دسترس استفاده خارج شده و لذا سهم کمتری از همان پتانسیل در اختیار ما قرار می‌گیرد. از اولین توجهات برنامه‌ریزی توسعه در همه زمینه‌ها عبارتند از:

الف: تدوین طرح‌های صرفه‌جویی در مصرف آب،

ب: جلوگیری از هدر رفت و آلودگی آن،

ج: جستجو و توسعه منابع جدید آب.

این کتاب به دو منبع جدید می‌نگرد که اولی پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب شهری و دومی منابع آب لب شور و شور کشور است.

در زمینه تصفیه خانه‌های فاضلاب نیاز به ارائه مطالب علمی در این کتاب احساس نمی‌شود زیرا دانش و صنعتی است که در جهان و ایران دارای

پیشینه‌ای درازمدت است و کتابهای زیادی در زمینه تصفیه فاضلاب برای مصرفهای مختلف در دسترس است. اما اهمیت وضع و تدوین قوانین و مقررات استفاده از آن در این کتاب مورد بحث قرار گرفته است. به علاوه درباره نمک‌زدایی از آبهای لب شور و شور و برنامه‌ریزی کلان و بحث‌های تخصصی صحبت شده است. کتاب دارای ۹ فصل است که چکیده آن در پیشگفتار مطرح می‌شود.

فصل اول: منابع آب

در این فصل بر مسایر ارقام و اعداد گزارشهای موجود پتانسیل آب تجدید شونده کشور ارائه می‌شود و نتیجه‌گیری می‌شود که استفاده صددرد از پتانسیل منابع آب تجدید شونده کشور با اما و اگرهای زیادی روبه‌رو است و ما با کاهش مقدار کمی و افزایش آلودگی آن روبه‌رویم و لذا در زمینه کاهش مصرف و جلوگیری از آلودگی منابع آب و استفاده عملی از پتانسیل موجود باید برنامه‌های درازمدت تدوین کنیم.

فصل دوم: استفاده از پساب تصفیه شده

در فصل دوم، پتانسیل مقدار پساب تصفیه خانه‌های فاضلاب حال و آینده کشور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و یادآوری می‌شود که اولاً برای حفظ منابع آب و خاک از آلودگی، ایجاد تصفیه خانه‌های فاضلابهای مجتمع‌ها الزامی است و ثانیاً برای استفاده از آن پس از انجام تصفیه‌های بیشتر باید توجه به وضع، تدوین، اجرا و نظارت بر اجرای مقررات این کار داشته باشیم. اهمیت بهداشت و سلامت مردم و حفظ محیط زیست یک اصل است و استفاده از فاضلاب تصفیه شده که در بهترین وضعیت کمتر از ۲/۵ درصد نیاز سالانه کشور است نسبت به آن، فرع است. در این فصل چکیده معیارها و استانداردهای مورد استفاده و پیشنهادی سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحد آمریکا ارائه می‌شود تا از تجربه‌ها و نظرات مذکور دست اندرکاران کشور، بهره‌گیری کنند.

فصل سوم: وضعیت صنعت نمک‌زدایی در جهان

در فصل سوم کتاب به وضعیت صنعت نمک‌زدایی در جهان پرداخته شده و نشان داده شده

است که در خاورمیانه، ایران و به طور کلی در جهان تولید آب از آب‌های شور و لب شور با سرعتی درخور توجه رو به گسترش است. چنانکه در سال ۲۰۰۹ میزان آب تولید شده از تاسیسات نمک‌زدایی به حدود ۷۰ میلیون متر مکعب در روز رسید. و جالب آنکه حدود ۶۴ درصد این تولید از طریق نمک‌زدایی ممبرانی و ۳۴ درصد آن از راه فرایندهای نمک‌زدایی گرمایی و ۲ درصد از طریق روش‌های دیگر بوده است.

فصل سوم خواننده را به این نکته توجه می‌دهد که صنعت نمک‌زدایی از آب‌های شور و لب شور صنعتی نوپا نیست و سابقه‌ای در حدود ۵۰ سال دارد و با اتکا به این نکته می‌توان مشکلات کمبود آب بسیاری از مناطق کشور بخصوص سواحل خلیج فارس و دریای عمان و بعضی مناطق داخلی کشور را که دارای منابع آب لب شور هستند برطرف نمود. با قبول اینکه بازار آینده نمک‌زدایی تحت تاثیر رقابت بین فرایندهای متفاوت تصفیه آب قرار دارد، باید اذعان داشت که رقابت بین نمک‌زدایی آب‌های دریا و لب شور با تصفیه متعارف آب بیشتر است. این موضوع با پیشرفت الودگی سفره‌های آب زیرزمینی و نیز بهره‌برداری بیش از حد از این منابع، به خصوص در کشورهایی که در مناطق خشک واقع شده‌اند، با افزایش جمعیت جوامع و صنعتی شدن تشدید می‌گردد و الزام رقابت بین فرایندها بسیار تحت تاثیر هزینه تمام شده آب قرار می‌گیرد.

فصل چهارم: تکنولوژی‌ها و فرایندهای کاربردی نمک‌زدایی

در فصل چهارم تکنولوژی‌ها و صنایع کاربردی نمک‌زدایی با تمرکز روی اسمز معکوس مورد بحث قرار می‌گیرد. صنعت نمک‌زدایی توسط ممبران‌های مناسب اسمز معکوس و خصوصیات آن‌ها از نظر دفع و عبور نمک و ساختمان صفحه‌ای و الیافی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. اهمیت درصد بازیافت در نمک‌زدایی از آب شور و لب شور و غلظت اصلاح محلول و آب تولیدی و چگونگی انجام محاسبات بیان می‌شود. مطالبی مانند فشار اسمزی آب خام، فشار هیدرولیکی لازم، انواع ممبران‌های موجود در بازار، میزان عبور آب از آن‌ها و ویژگیهای آب و مشکلات ناشی از مواد آلی، ترکیبهای شیمیایی و مواد معلق در آب خام و چگونگی اصلاح آب و انجام محاسبات به تفصیل ارائه شده است.

عنصرهای اصلی یک کارخانه نمک‌زدایی به روش اسمز معکوس و معیارهای طراحی

و دیگرام فرایندهای لازم و ابزارهای اصلی کنترل آن‌ها در این فصل آورده شده است. روش‌های بهره‌برداری، مصرف انرژی و شستشوی ممبران‌ها، دفع پساب و تصفیه نهایی آب تولیدی از مطالب اصلی این فصل است که در آن به دانش و تکنولوژی‌های نمک‌زدایی به وسیله فرایندهای تبخیر و تقطیر اشاره می‌شود. تکنولوژی تقطیر چند مرحله‌ای، تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای و تراکم بخار و تکنولوژی تولید توام آب و برق از مطالب دیگر بخش‌های این فصل است. ویژگی‌های این روش‌ها مانند درصد بازیافت، تناسب عملکرد، کیفیت شوری پساب و آب تولیدشده و تصفیه نهایی و حوزه‌های کاربرد آن‌ها همراه با مشخصات فنی عنصرهای ساخت آن‌ها مطرح می‌شود. در پایان این فصل ضرورت پیش تصفیه، فرایندهای پیش تصفیه و تصفیه نهایی و انتخاب آن‌ها در رابطه با کیفیت آب خام و نوع فرایند نمک‌زدایی انتخابی مطرح می‌شود. با توجه به اهمیت کاربرد ترکیب‌های شیمیایی در این صنعت، نام تجاری و مشخصات آن‌ها نیز ارائه می‌شود.

فصل پنجم: آثار محیط‌زیستی تاسیسات نمک‌زدایی

در فصل پنجم به بحث درباره آثار محیط‌زیستی تاسیسات نمک‌زدایی پرداخته شده است. پساب تاسیسات نمک‌زدایی در برگیرنده نمک‌های حذف شده از آب شور ورودی برای تولید آب محصول، مواد شیمیایی اضافه شده در طی فرایندها و نیز حاوی محصولات جانبی خوردگی است و میزان آن بسته به فرایند مورد استفاده متغیر است، اما تقریباً همیشه مقدار در خور توجهی را دربر دارد.

تخلیه این پساب‌ها بر اساس دستورعمل‌های مناسب محیط‌زیستی بخش مهمی از مطالعات امکان‌سنجی و راهبری تاسیسات نمک‌زدایی است. اگر تاسیسات نمک‌زدایی در نزدیکی دریا قرار گرفته باشند پتانسیل مشکلات پیشگفته به طور درخور توجهی کاهش می‌یابد. بخش اصلی پساب نمک است و تخلیه نمک به دریا معمولاً مشکلی ایجاد نمی‌کند البته باید در خصوص امکان تغییرات محیط‌زیستی مرتبط با تخلیه آن‌ها از دیدگاه افزایش کلر و ترکیب‌های شیمیایی و اختلاف دمای آب توجه داشت. هنگامی که تاسیسات نمک‌زدایی در شهرها و به دور از دریاها قرار می‌گیرد مانند تاسیسات نمک‌زدایی از آب لب شور، مشکلات عمده‌تر است و باید به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی توسط جریان پساب توجه شود. در

این تاسیسات پساب به روشهای رقیق سازی، تزریق به منابع آب شور از طریق چاهها، تبخیر یا انتقال توسط خط لوله به نقاط دیگر و یا شبکه جمع آوری فاضلاب دفع می‌شود. در واقع در نظر گرفتن مکان مناسب جهت تخلیه جریان پساب باید در هر مطالعه امکانسنجی تاسیسات نمک‌زدایی با دقت بررسی شود. هزینه تخلیه پساب ممکن است در خور توجه باشد و بر توجیه اقتصادی پروژه‌های نمک‌زدایی تأثیر بگذارد. لذا در این فصل ابتدا آثار محیط زیستی تاسیسات نمک‌زدایی آب دریا ناشی از آبیگر، مواد و انرژی مورد نیاز و تخلیه پساب ۳ نوع تکنولوژی نمک‌زدایی متداول آب دریا شامل تقطیر چند مرحله‌ای، تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای و اسمز معکوس بررسی شده و سپس در ادامه بحث به بررسی پایش و بازرسی‌های بهداشتی در مراحل مختلف نمک‌زدایی پرداخته شده است.

فصل ششم: روند انجام مطالعات و محاسبات

در فصل ششم، در ادامه فصلهای گذشته، روند انجام مطالعات مطرح شده است و مطالب آن طوری تهیه شده است که از آن می‌توان در تنظیم شرح خدمات مورد انتظار یک موسسه تخصصی حرفه‌ای مانند مهندسین مشاور استفاده کرد و یا به عنوان چک لیست، مندرجات گزارش ارائه شده یک موسسه را بررسی و ارزیابی نمود.

اولین گام مطالعه، انجام بررسی‌های لازم در زمینه منابع آب‌های شور و لب شور در دسترس است. این مطالعات به موازات انجام بررسی‌های لازم برای استفاده از آب‌های متعارف باید انجام گیرد تا مقایسه فنی و بخصوص مطالعات اقتصادی امکانپذیر شود. در شرایطی، دستگاه اجرایی ممکن است در قالب سیاستگذاری‌های خود تصمیم به استفاده از آب‌های شور و لب شور گرفته باشد که در موضوع قرارداد باید بروشنی بیان شود و انجام مطالعات مقایسه‌ای در مسئولیت دستگاه تصمیمگیری باقی بماند.

حال دستگاه مطالعه کننده با توجه به کیفیت آب موجود و کیفیت آب مورد نیاز، فرایندهای نمک‌زدایی تبخیری و ممبرانی را مورد مقایسه فنی و اقتصادی قرار دهد. لذا پس از تعیین فرایندهای لازم و عناصرهای اصلی تاسیسات مانند آبیگر، انتقال آب خام، عملیات پیش تصفیه، فرایندهای لازم نمک‌زدایی، عملیات تصفیه نهایی فراوری و دفع پساب، به مقایسه بین برآوردهای مربوط به هزینه‌های سرمایه‌گذاری ثابت و هزینه‌های بهره‌برداری گزینه‌ها می‌پردازد.

ب- فصل هفتم: روش های اجرایی پروژه های نمک زدایی در ایران

در فصل هفتم با توجه به شیوه های گوناگون در زمینه برگزاری مناقصه ها، مطالعه ها، طراحی، نصب، اجرا و نیز راهبری و نگهداری تاسیسات نمک زدایی در کشور به بررسی اهمیت انتخاب سیاست های اجرایی در رابطه با نحوه برگزاری مناقصه ها به روش های خصوصی سازی و یا طرح و اجرا، شاخص های تهیه و تنظیم بخش حقوقی اسناد مناقصه می پردازد و تاکید روی طرح های راهگشا و گزینه های اجاره و واگذاری خواهد داشت. در این فصل یادآوری می شود که بدون انجام مطالعه های مرحله توجیهی و تعریف گزینه برتر نمی توان به مطالعه های مرحله دوم رسید و تهیه اسناد و طرح پایه الزامات ادامه کار در مرحله اجراست. توجه به ریسک های مختلف و پیشبینی آنها موافقنامه ها یکی از مطالب اصلی این فصل است.

ب- فصل هشتم: بررسی های اقتصادی

در فصل هشتم در ابتدا اصول ریاضی انجام محاسبه های اقتصادی یعنی رابطه بین سرمایه ها، هزینه ها، عمر مفید تاسیسات، نرخ بهره ارزش آینده و ارزش فعلی به طور اجمال مورد گفتگو قرار می گیرد و سپس بحث هزینه های سرمایه ای، هزینه های بهره برداری و ترکیب آنها مطرح می شود. هسته اصلی این فصل منحنی های است که بر مبنای قیمت های پایه سال ۲۰۰۰ در آمریکا برای بخش های مختلف صنایع نمک زدایی تهیه شده است و حال با توجه به روند تغییر قیمت های ۱۰ سال اخیر می توان برآوردهای لازم برای مقایسه اقتصادی گزینه های مختلف نمک زدایی را انجام داد. منحنی ها برای بخش های بنیادی معرفی شده در فصل ششم شامل آبگیر و نوع آن، لوله انتقال آب خام به تاسیسات پیش تصفیه، انواع تاسیسات نمک زدایی، تاسیسات جنبی مانند ساختمان ها، تامین نیرو و دفع پساب ها تهیه شده است. در بخش بعدی روش انجام محاسبه ها برای تعیین قیمت تمام شده آب به طور نظری و با استفاده از منحنی های معرفی شده به طور عملی می پردازد. مطالب این فصل برای انجام برآوردهای مرحله اول و مقایسه اقتصادی برای تصمیمگیری می تواند مفید واقع گردد.

ب- فصل نهم: استفاده از انرژی حرارتی خورشیدی

با نگاهی به منحنی های فصل هشتم در خصوص هزینه برق مصرفی تاسیسات نمک زدایی از

آب دریا به روش اسمز معکوس و تبخیر ناگهانی چند مرحله‌ای در سال‌های ۲۰۰۰ می‌توان به ترتیب ارقام ۳۰ سنت دلار و ۱۵ سنت دلار در مترمکعب را مشاهده کرد که در مقایسه با هزینه‌های مربوط به نیروی انسانی و مصرف مواد شیمیایی رقیمی در خور ملاحظه است گرچه در طی ۱۰ سال گذشته رشد و توسعه این صنایع و افزایش تناسب عملکردها هزینه‌های ناشی از مصرف انرژی را کاهش چشمگیری داده است لیکن با تغییر قیمت سوخت‌های فسیلی تغییر قیمت تمام شده آب در تاسیسات نمک‌زدایی دائما دستخوش تغییر خواهد بود که آینده آن را دچار سردرگمی می‌کند. از طرف دیگر مشکلات گرمایش زمین به علت تولید گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی توجه جهان را به طرف جایگزینی انرژی‌های نو جلب کرده است و در این رابطه با اطمینان می‌توان گفت که فراوانترین و درخور اعتمادترین انرژی تجدیدشونده در دسترس، توان حرارتی انوار خورشید است که براساس آن تکنولوژی‌هایی توسعه یافته است. در این تکنولوژی‌ها انرژی حرارتی خورشید در تاسیساتی ذخیره شده و از آن برای تولید الکتریسیته و یا حرارت لازم برای نمک‌زدایی از آب‌های شور و لب شور بهره‌گیری می‌شود. در شرایط فعلی چهار نوع صنعت در این راه پیشگامند که به ترتیب عبارتند از:

۱. صفحات آینه‌ای مقعر^۱

۲. صفحات آینه‌ای فرزنل^۲

۳. برج‌های خورشیدی^۳

۴. بشقاب و ماشین استرلینگ^۴

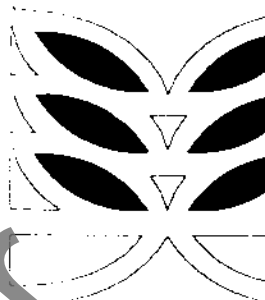
صنعت اول در آمریکا با ظرفیت‌های ۸۰ - ۲۵۰ مگاوات ساخته شده و در حال بهره‌برداری است. صنعت دوم نیز از نظر تولید الکتریسیته تا حدود ۲۰۰ مگاوات کاربرد پیدا کرده و به نظر می‌رسد صنعتی روبه رشد بیشتر است. از برج‌های خورشیدی برای طرح‌های کوچک کمتر از ۱۰۰ مگاوات بهره‌برداری می‌شود و صنعت چهارم در حدود سقف ۴۰۰ کیلووات کاربرد پیدا کرده است. از این تاسیسات می‌توان برای تولید برق و حرارت مورد نیاز فرایندهای نمک‌زدایی و حتی تهویه مطبوع مجتمع‌ها بهره‌گرفت. برای تولید یک مگاوات ساعت برق در سال نیاز به زمینی در حدود ۴-۱۲ مترمربع است که تابع شرایط زمین و جهت تابش انوار خورشیدی است.

به اجمال می‌توان چنین انتظار داشت که از یک قطعه زمین به مساحت یک کیلومتر مربع معادل ۱۰۰ هکتار می‌توان روزانه و به طور مستمر ۱۶۵،۰۰۰ متر مکعب آب تولید کرد که بر مبنای ۰/۲ متر مکعب سرانه مصرف شهری، پاسخگوی نیازهای جمعیتی معادل ۸۲۵،۰۰۰ نفر است و سطح این شهر در حدود ۲۸ تا ۴۰ کیلومتر مربع است. لذا زمین لازم برای تولید آب این شهر فرضی حدود ۲ درصد سطح شهر است.

امید می‌رود که با توجه به روند رو به توسعه و تکامل صنایع تمرکز گرمای نورهای خورشید، قیمت تمام شده برق آن با قیمت تمام شده برق ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی به رقابت بپردازد و این غیر از مزایای ناشی از تولید نشدن گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است. در مناطق جنوبی کشور ماکه در حاشیه خلیج فارس و دریای عمان قرار دارند و دچار کمبود آب هستند و نیاز خود را از نظر آب از منابع دور دست داخل کشور تامین می‌کنند و از طرفی شدت حرارتی نورهای خورشیدی در خور اعتناست، توجه به این صنعت باید یکی از اصول استفاده از انرژی‌های نو باشد.

در پایان یادآوری می‌شود که در نوشتن متون سعی بر این بوده است که از کاربرد واژه‌های خارجی خودداری شود و هر جا کاربرد واژه‌های خارجی ضرورت داشته است با تلفظ فارسی نوشته شده است مگر در مواردی که واژه مورد نظر با معادله و فرمولی ارتباط پیدا می‌کرده که برای اجتناب از ابهام به صورت اشاره آمده در معادله نوشته شده است. در بیان مطالب از واژه‌هایی مانند ممبران و یافلاکس و مانند آن استفاده شده است که کم‌کم طیف واژگان فنی این حرفه را افزایش خواهد داد. امید است که این کتاب مورد عنایت مدیران، برنامه‌ریزان، مهندسان، محققان و سرمایه‌گذاران صنعت نمک‌زدایی از آبهای شور و لب‌شور برای مصرف‌های شهری و صنعتی قرار گیرد.

شرکت نارون آرا امیدوار است که با این کوشش خود گامی در راه ارتقای علمی و حرفه‌ای صنعت نمک‌زدایی برداشته باشد و امید است دیگر شرکتهای ارتقای علمی و حتی حرفه تخصصی خود را یکی از هدفهای اصلی بدانند و با تهیه و نشر کتابهای علمی و ایجاد بخش تحقیق و توسعه در پیشرفت کشور سهیم شوند.



فصل اول پتانسیل آب کشور

آنچه در این فصل می‌خوانید:

◀ مقدمه

◀ جمعیت کشور

◀ چالش‌های توسعه منابع آب

◀ منابع جدید

ب- مقدمه

برای رسیدن به توسعه پایدار در کشاورزی، صنعت و عمران و آبادی شهرها وجود منابع آب با پتانسیل تجدید شوندگی نقش کلیدی دارد. در حالی که جمعیت کشور روبه افزایش است و طبعاً تمام فعالیت‌های کشاورزی و تولیدات صنعتی باید جوابگوی نیازهای این جمعیت باشد اما میزان بارش‌های آسمانی در یک روند تقریباً ثابت قرار داشته و نه تنها افزایشی در میزان بارش‌ها انتظار نمی‌رود بلکه برعکس با توجه به تغییرات آب و هوایی جهان احتمال کاهش بارش‌ها و یا تغییر در نحوه توزیع آن وجود دارد.

از طرف دیگر سهم عمده‌ای از آب مصرف شده در شهرها، صنایع و حتی کشاورزی به صورت فاضلاب جاری شده و در صورت نبود مراقبت کافی و صحیح باعث آلودگی منابع آب کشور خواهد شد.