

**بررسی جوانب مختلف شیرین سازی آب  
دریا در استان های ساحلی**



**مقدمه و اهمیت موضوع**

خشکسالی ها و کم آبی های اخیر در کنار تغییرات اقلیم، وضعیت نامطلوبی برای بخش آب کشور رقم زده که جنبه های مختلف آن مکرراً در گزارش های تهیه شده در مرکز پژوهش ها به تصویر کشیده شده است. به جرئت می توان گفت که منطقه غرب آسیا و شمال آفریقا، بحرانی ترین ناحیه جهان از حیث بحران آب و موضوعات وابسته است. براساس گزارش مجمع جهانی اقتصاد (۲۰۱۵)، عمده ترین تهدید برای منطقه غرب آسیا و شمال آفریقا، بحران آب است که تأثیرات و عواقب آن در سال های آتی بسیار نمایان تر می شود. سهم «بحران آب» در تهدید این منطقه از سهم «مناقشات منطقه ای» و «ناپایداری های اجتماعی» بیشتر است. یکی از راهکارهای مهم مقابله و مدیریت بحران آب در برخی از مناطق کشور، تأمین آب از منابع نامتعارف خواهد بود که مهم ترین آن شیرین سازی آب دریاست. تحقیقات و پیش بینی ها حاکی از آن است که در سال های آتی، شیرین سازی آب دریا، سهم عمده ای در تأمین آب مناطق ساحلی یا حتی غیرساحلی کشور خواهد داشت. به رغم برخی مضرات زیست محیطی، حدود نیمی از کل شیرین سازی آب دریا در جهان در منطقه خاورمیانه انجام می شود. در این گزارش به طور خلاصه جوانب مختلف شیرین سازی آب دریا در استان های ساحلی کشور مورد بررسی قرار می گیرد.

معاونت مطالعات  
زیربنایی  
سایر معاونت ها:  
مطالعات اقتصادی

گروه آب

گزارش سوم  
خردادماه ۱۴۰۰

**۱. جنبه های فنی شیرین سازی آب دریا**

**الف) روش های شیرین سازی آب دریا**

روش های شیرین سازی آب دریا به دو دسته کلی روش های حرارتی و روش های غشایی قابل تقسیم بندی هستند. در روش های حرارتی ابتدا آب شور حرارت داده شده و سپس اقدام به جمع آوری میعانات حاصله می شود و در روش های غشایی نیز از یک غشای انتخاب پذیر استفاده می شود که باعث جدایی آب از نمک و تولید آب آشامیدنی می شود. جدول ۱ روش های شیرین سازی آب و تقسیم بندی آنها را نشان می دهد.

مشخصات گزارش

شماره مسلسل:  
۲۵۰۱۷۶۴۴

**جدول ۱. روش های شیرین سازی آب و تقسیم بندی آنها**

روش های شیرین سازی آب	
روش های غشایی	روش های حرارتی
۱. اسمز معکوس	۱. تبخیر ناگهانی چندمرحله ای
۲. الکترو دیالیز	۲. تقطیر چندمرحله ای
۳. تقطیر غشایی	۳. تراکم بخار

تاریخ انتشار:  
۱۴۰۰/۳/۲۳



متداول ترین روش شیرین سازی آب دریا در کشور روش اسمز معکوس است که طی آن می توان از آب شور، آب آشامیدنی مطلوب تهیه کرد. این روش در مقایسه با سایر روش ها تنها نیاز به انرژی الکتریکی دارد و میزان مصرف انرژی و به تبع هزینه آب تولیدی بسیار کمتر از سایر روش هاست. بزرگ ترین عیب این روش رسوب گیری غشاهاست که باعث کاهش عمر آنها می شود.

## ب) میزان انرژی مصرفی و اقتصاد روش‌های شیرین‌سازی آب دریا

فرایندهای شیرین‌سازی نیازمند انرژی عملیاتی هستند. در فرایندهای حرارتی این انرژی به صورت انرژی حرارتی و در فرایندهای غشایی مانند اسمز معکوس، این انرژی به شکل انرژی الکتریکی مورد نیاز است. در طراحی تأسیسات مربوطه، با نزدیک‌تر شدن به بازده ایدئال، اندازه تجهیزات بزرگ‌تر شده که سبب می‌شود از یک سو هزینه سرمایه‌گذاری ثابت اولیه افزایش یابد، اما از سوی دیگر باعث کاهش هزینه انرژی مصرفی می‌شود. بنابراین باید طراحی در یک نقطه بهینه هزینه مورد نیاز برای تولید آب صورت گیرد. جدول ۲ مقایسه میزان انرژی، هزینه سرمایه‌گذاری و قیمت تمام شده آب در روش‌های مختلف شیرین‌سازی آب را نشان می‌دهد. نکته مهم قابل توجه این است که هرچه ظرفیت آب شیرین‌کن بالاتر رود، میزان هزینه لازم سرمایه‌گذاری برای هر مترمکعب در روز ظرفیت، کاهش می‌یابد. این امر بدان معناست که بهره‌وری اقتصادی آب شیرین‌کن‌های با ظرفیت بالا، بیشتر است، هرچند هزینه شروع سرمایه‌گذاری آنها نیز بالاتر خواهد بود.

جدول ۲. مقایسه میزان انرژی، هزینه سرمایه‌گذاری و قیمت تمام شده آب در روش‌های مختلف شیرین‌سازی آب

روش شیرین‌سازی	انرژی موردنیاز (کیلووات ساعت بر مترمکعب)	هزینه سرمایه‌گذاری (دلار بر مترمکعب در روز)	قیمت تمام شده آب (دلار بر مترمکعب)
تبخیر ناگهانی چندمرحله‌ای	۱۰ تا ۱۶	۱۲۰۰ تا ۲۵۰۰	۰/۸ تا ۱/۵
تقطیر چندمرحله‌ای	۵/۵ تا ۹	۹۰۰ تا ۲۰۰۰	۰/۷ تا ۱/۲
اسمز معکوس (آب دریا)	۳ تا ۴	۹۰۰ تا ۲۵۰۰	۰/۵ تا ۱/۲
اسمز معکوس (آب لب‌شور)	۰/۵ تا ۲/۵	۳۰۰ تا ۱۲۰۰	۰/۲ تا ۰/۴

Source: Desalination, 2013.

## ۲. آثار زیست‌محیطی شیرین‌سازی آب دریا

برای حفاظت از محیط زیست که دربرگیرنده همه ابعاد زندگی جانداران است و پوشش اهداف توسعه پایدار، شناخت آثار نامطلوب تأسیسات نمک‌زدایی و راهکارهای کاهش یا حذف آنها ضروری است. عدم مدیریت صحیح در مراحل مختلف عملیات نمک‌زدایی می‌تواند پیامدهای زیست‌محیطی ناگواری داشته باشد. در مرحله راه‌اندازی و بهره‌برداری، با انجام فرایندهای آبیگری و تخلیه مهم‌ترین اثرات زیست‌محیطی رخ می‌دهد. آبیگرهای ساحلی نیز سبب تغییر جریان آب و رسوبات شده و سازه‌های مستغرق برداشت آب، باعث از بین رفتن جانداران آبی می‌شوند. پساب‌ها به‌عنوان محصولات اجتناب‌ناپذیر فرایند شیرین‌سازی، ترکیبات غلیظ با غلظت کل جامدات محلول حدود ۶۵ تا ۸۵ گرم بر لیتر هستند که شامل ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در فرایند تولید بوده و درجه حرارت بالایی دارند. عدم مدیریت صحیح تخلیه پساب می‌تواند منشأ آثار منفی گسترده‌ای برای حیات جانداران آبی و اکوسیستم ساحلی و دریایی باشد که باعث ایجاد مشکل برای محیط زیست می‌شود. همچنین ترکیبات شیمیایی افزوده شده به آب تصفیه شده نیز می‌تواند تأثیر نامطلوبی را برای تنوع زیستی مناطق هدف به‌وجود آورد.

قیدها و تأثیرات نامطلوب زیست‌محیطی همیشه یکی از مهم‌ترین چالش‌ها برای طرح‌های شیرین‌سازی آب دریا مطرح می‌شود. گفتنی است آب شیرین‌کن‌ها معمولاً در شرایطی احداث می‌شوند که نیاز مبرم به آب وجود دارد و فشار زمانی باعث می‌شود مطالعات ارزیابی آثار زیست‌محیطی و عملیات پایش تأسیسات دست‌کم گرفته شود. متأسفانه معمولاً مطالعات زیست‌محیطی در هر پروژه آب شیرین‌کن بسیار محدود بوده و غالباً به‌منظور تأیید نهادهای نظارتی به‌کار می‌رود و نه برای ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی به‌معنای واقعی آن.

اقتصاد محیط زیست شاخه‌ای از علم اقتصاد است که ارزش‌های مربوط به هر دو موضوع اقتصاد و محیط زیست را در تقابل با یکدیگر در نظر می‌گیرد. هدف اصلی آن ایجاد موازنه بین فعالیت‌های اقتصادی و تأثیرات زیست‌محیطی آنها با در نظر گرفتن جمیع هزینه-فایده‌های مربوط به آنهاست. بر این اساس هزینه‌های آلودگی، تخریب و تغییر منابع محیط زیستی در طرح‌ها محاسبه و لحاظ می‌شود. ارزش‌ها و هزینه‌هایی که دستورالعمل آنها به تصویب رسیده، می‌بایست در امکان‌سنجی طرح‌های تملک‌داری‌های سرمایه‌ای در نظر گرفته شود. بدین ترتیب لحاظ اقتصاد محیط زیست، علاوه بر اقتصاد آب، در برآوردهای اقتصادی طرح‌های شیرین‌سازی آب دریا و همچنین قیمت تمام شده نهایی آب، باید در تمام مراحل تصمیم‌گیری‌های مرتبط با این طرح‌ها لحاظ شود. باید عنوان کرد که اجرای این طرح‌ها بدون اثرگذاری بر محیط زیست غیرممکن بوده

و این اثرگذاری به مراحل اجرا و بهره‌برداری ناظر می‌شود. معمولاً آثار زیست‌محیطی دوره بهره‌برداری نسبت به اجرا کمتر لحاظ می‌شود. در این راستا تهیه و ارائه پیوست ارزیابی آثار زیست‌محیطی همه‌جانبه و با روش‌های استاندارد از الزامات اساسی این طرح‌هاست. همچنین تلاش در جهت طراحی استاندارد آب‌شیرین‌کن‌ها از منظر فنی درنهایت به کمینه شدن اثرات زیست‌محیطی آنها می‌انجامد.

### ۳. وضع موجود طرح‌های شیرین‌سازی آب دریا در استان‌های ساحلی

در حال حاضر بیش از ۸۵ پروژه تأسیسات نمک‌زدایی آب دریا در کشور با ظرفیت بهره‌برداری حدود ۲۹۵ هزار مترمکعب در شبانه‌روز و ظرفیت در حال ساخت حدود ۲۲۹ هزار مترمکعب در شبانه‌روز با سرمایه‌گذاری کل حدود ۲۳۱۰۰ میلیارد ریال، برای استان‌های ساحلی وجود دارد. بیشتر تأسیسات نمک‌زدایی آب دریا، در استان‌های هرمزگان، بوشهر، سیستان و بلوچستان و خوزستان واقع هستند (بیش از ۹۳٪). همچنین تأسیسات ارتقای کیفی آب چاه‌ها نیز در برخی شهرها و مناطق مرکزی و کم‌آب کشور که دارای منابع محدود آب باکیفیت هستند، قرار دارد. جدول ۳ مشخصات طرح‌های آب‌شیرین‌کن استان‌های ساحلی را نشان می‌دهد.

جدول ۳. مشخصات طرح‌های آب‌شیرین‌کن استان‌های ساحلی

کل سرمایه‌گذاری (میلیارد ریال)	ظرفیت تأسیسات نمک‌زدایی (مترمکعب در شبانه‌روز)		استان
	در حال ساخت	در حال بهره‌برداری	
۱۵۱۸۴	۱۱۲۲۵۰	۱۶۳۰۳۸	هرمزگان
۶۲۵۷	۹۶۰۰۰	۳۳۱۰۰	بوشهر
۱۱۱۷	۱۵۰۰۰	۶۶۶۲۵	سیستان و بلوچستان
۵۴۰	۶۰۰۰	۳۲۵۰۰	خوزستان
۲۳۰۹۸	۲۲۹۲۵۰	۲۹۵۲۶۳	جمع

مأخذ: شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، ۱۳۹۹.

بهای تمام شده شیرین‌سازی آب دریا با استفاده از مدل‌های حسابداری و مالی محاسبه می‌شود. هزینه استهلاک سرمایه ثابت و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، مشخص‌کننده بهای تمام شده آب شیرین هستند. بنابراین با توجه به تفاوت عوامل تأثیرگذار در این دو بخش، بهای تمام شده آب شیرین در نقاط مختلف دنیا با یکدیگر متفاوت است. در حال حاضر قیمت تمام شده شیرین‌سازی آب دریا در مناطق ساحلی کشور (روش اسمز معکوس) حدود ۱ دلار بر مترمکعب است که در مقایسه با قیمت‌های جهانی تابع عواملی مانند تفاوت در کیفیت آب دریا، قوانین و مقررات کشورهای مختلف، قوانین زیست‌محیطی، نرخ بهره و مالکیت و تفاوت بهای انرژی الکتریکی و دستمزد نیروی انسانی است.

### ۴. چالش‌های اعتباری و سرمایه‌گذاری طرح‌های شیرین‌سازی آب دریا در کشور

#### الف) چالش‌ها از منظر اعتباری

به‌رغم اینکه ردیف اعتباری پرداختی خرید تضمینی آب و پساب به‌صورت هزینه‌ای است و باید تخصیص‌های مربوطه از سوی نهادهای متولی (خزانه‌داری کل کشور در سال‌های قبل و سازمان هدفمندی یارانه‌ها در سال جاری) به‌صورت ماهیانه پرداخت شود، اما این پرداخت‌ها با تأخیرهای چندماهه صورت گرفته و حتی فاصله بین ابلاغ تخصیص تا پرداخت وجه، یک تا چند ماه به طول می‌انجامد. این امر موجب فشار به سرمایه‌گذاران در خرید مواد شیمیایی، پرداخت حقوق کارگران، خرید لوازم و قطعات یدکی، بازپرداخت اقساط بانک و غیره شده و بهره‌برداری پایدار از تأسیسات را با خطر مواجه می‌کند. عدم پرداخت به‌موقع پرداخت بهای محصول یا تواتر نامنظم پرداخت‌ها، از جمله چالش‌های جدی است که موجب سلب اطمینان سرمایه‌گذاران از دولت در عمل به ایفای تعهدات خود می‌شود.

## ب) چالش‌های ورود بخش خصوصی

چالش‌های ورود سرمایه‌گذاران بخش خصوصی به مقوله احداث و بهره‌برداری از تأسیسات نمک‌زدایی از دو منظر سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی قابل بررسی است. در شرایط حاضر، عدم ثبات قیمت‌ها یکی از چالش‌های ورود سرمایه‌گذاران داخلی به قراردادهای سرمایه‌گذاری جدید و عامل تأخیر در تکمیل و اتمام پروژه‌های موجود است. از دیگر چالش‌ها می‌توان به زمان‌بر بودن فرایند اخذ وام از بانک‌های تجاری و صندوق توسعه ملی و فرایند بوروکراسی پیچیده بانک‌ها اشاره کرد. همچنین مشکلات ناشی از تأمین ارز، ثبت سفارش با توجه به تغییر اولویت‌های تخصیص ارز و چالش‌های نقل و انتقال آن باعث افزایش هزینه‌های بالاسری و زمان اجرای پروژه‌ها شده است.

ورود سرمایه‌گذاران خارجی و سازندگان تأسیسات نمک‌زدایی کمک شایانی به تأمین مالی پروژه‌ها و ارتقای کیفیت تأسیسات خواهد کرد. تحریم‌های اقتصادی از یک سو و پیچیدگی قوانین داخلی از سوی دیگر، ورود سرمایه‌گذاران خارجی را با چالش مواجه ساخته است. تعارض قانون تشویق و حمایت از سرمایه‌گذاری خارجی در کشور با قانون حمایت از پیمانکاران و تولیدکنندگان داخلی، عدم قطعیت‌های مربوط به پرداخت ارز به سرمایه‌گذاران خارجی با توجه به ریالی بودن ماهیت محصول تولیدی (آب)، ارجحیت مراجع حل اختلاف داخلی به مراجع بین‌المللی در صورت بروز اختلاف و نحوه پایش توانمندی مالی و فنی سرمایه‌گذاران خارجی، از دیگر مشکلات جذب سرمایه‌گذاران خارجی است.

## **جمع‌بندی**

براساس ماده (۳۶) قانون برنامه ششم توسعه، دولت مکلف است حداقل ۳۰ درصد آب آشامیدنی مناطق جنوبی کشور را با شیرین کردن آب دریا تا پایان اجرای قانون برنامه تأمین کند. همچنین وزارت نیرو موظف است تا پایان اجرای قانون برنامه تمهیدات لازم را برای تأمین، طراحی و ساخت حداقل معادل ۷۰ درصد آب شیرین‌کن‌های مورد نیاز در شهرهای حوزه خلیج فارس و دریای عمان را با خرید تضمینی آب شیرین شده و نیز مدیریت هوشمند و تجمیع خرید آب شیرین‌کن از طریق انتقال فناوری به داخل انجام دهد. در حال حاضر ظرفیت‌های در حال بهره‌برداری و در حال ساخت شیرین‌سازی آب دریا برای استان‌های ساحلی جنوبی به ترتیب حدود ۲۹۵ و ۲۲۹ هزار مترمکعب در شبانه‌روز است. این مقدار در مقایسه با برخی کشورهای منطقه ناچیز بوده و از طرف دیگر با توجه به طول سواحل جنوبی کشور، توسعه محدود طرح‌های شیرین‌سازی آب دریا را نشان می‌دهد. میزان انرژی مورد نیاز، اقتصاد طرح‌های شیرین‌سازی و تأثیرات زیست‌محیطی آنها از جمله نکاتی است که باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین توجه به چالش‌ها و مسائل اعتباری و اداری سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی این طرح‌ها نیز در روان‌سازی و پیشرفت طرح‌های مذکور مؤثر خواهد بود.

مسئولان و سیاستگذاران کلان کشور باید توجه داشته باشند که نیاز به شیرین‌سازی آب دریا در سال‌های آتی و در آینده نزدیک به شدت افزایش خواهد یافت. نمود اولیه این موضوع در استان‌های ساحلی هرمزگان، بوشهر، سیستان و بلوچستان و خوزستان مشاهده می‌شود. بنابراین باید سرمایه‌گذاری‌ها و زیرساخت‌های لازم در این زمینه انجام و دولت برای این مناطق برنامه مشخصی داشته باشد. بسیار مهم است که توجه شود برای بسیاری از مناطق یاد شده در حالت طبیعی جایگزین دیگری غیر از شیرین‌سازی آب دریا وجود ندارد یا نخواهد داشت. بی‌توجهی به این مقوله در درجه اول تبعات اجتماعی و در درجه دوم تبعات اقتصادی به دنبال خواهد داشت.

گفتنی است میزان آب تجدیدپذیر کشور محدود است. به دلیل تغییر اقلیم، همین میزان محدود روبه کمتر شدن است. همچنین به دلیل افزایش جمعیت و توسعه اقتصادی و مصارف، نیاز به آب روبه افزایش است. براساس شاخص‌های استاندارد بین‌المللی، برای پایداری منابع و حفظ محیط زیست، همه آب تجدیدپذیر را نمی‌توان استفاده کرد. حداکثر میزان قابل استفاده از آب تجدیدپذیر، ۴۰ درصد باید باشد که متأسفانه این درصد در ایران بسیار بیشتر از این مقدار است.

با نگاهی به توسعه مصارف در آینده باید متذکر شد که معیار ادامه توسعه، از منظر مقدار آب، فقط میزان آب تجدیدپذیر (آب دریافتی از طریق نزولات جوی) نیست. دو عامل مهم دیگر از منظر مقدار آب، وجود دارد. اول: بهره‌وری و دوم: وجود منابع آب غیر از منابع آب تجدیدپذیر. در این راستا استفاده از شیرین‌سازی آب دریا می‌تواند در ترسیم افق توسعه کشور بسیار مهم واقع شده و باید مورد توجه سیاستگذاران قرار گیرد. البته یک حد نهایی برای شیرین‌سازی آب دریا نمی‌توان در نظر گرفت و عامل اصلی محدودکننده در این مورد، تأثیر زیست‌محیطی و قید اقتصادی است. حرکت در این جهت براساس یک برنامه بالادستی از پیش تعیین شده با لحاظ جمیع جوانب و همچنین تأمین نیازهای سیاستگذاری و تقنینی مورد نیاز از سوی دستگاه‌های ذی‌ربط می‌تواند نقش مهمی در استفاده از ظرفیت‌های دریا محور کشور ایفا کند.