



عنوان مقاله:

بررسی اقتصادی شوری زدایی آب کشاورزی با استفاده از دستگاه‌های آب شیرین کن با  
تأکید بر حوضه آبریز کشف رود

نویسندگان:

سیدرضا تقدیسی میدریان<sup>۱</sup>، فرهاد رشیدزاده<sup>۲</sup>

چکیده

افزایش جمعیت، افزایش مصرف سرانه آب و مواد غذایی، آلوده‌سازی منابع آب توسط صنایع و تغییرات اقلیمی طی دهه گذشته، باعث اعمال فشار مضاعف بر منابع محدود آب شیرین، در مقیاس جهانی شده است. با توجه به کمبود منابع آب شیرین در جهان، فقر غذایی در حال حاضر و به طور گسترده‌ای در آینده گریبانگیر بسیاری از کشورها خواهد شد. از جمله راه‌حل‌هایی که برای این معضل جهانی پیش روی کارشناسان قرار گرفته، نمک‌زدایی از آب‌های شور با استفاده از دستگاه‌های آب شیرین کن به منظور استفاده در بخش شرب، کشاورزی و صنعت می‌باشد. صرفه اقتصادی شیرین کردن آب‌های شور در بخش شرب و صنعت اثبات شده و جای تردید ندارد. اما استفاده از این تکنولوژی برای کشاورزی با توجه به میزان تولید محصولات کشاورزی بازای مقدار آب مصرف شده و بهای محصولات کشاورزی، محل تأمل است و جای بررسی بیشتری دارد. به منظور ارزیابی کلی صرفه اقتصادی استفاده از دستگاه‌های آب شیرین کن در کشاورزی حوضه آبریز کشف رود، هزینه تولید یک مترمکعب آب شیرین با استفاده از دستگاه آب شیرین کن مدل RO1296 (بدلیل تطابق دامنه کیفی آب ورودی و خروجی دستگاه آب شیرین کن با کیفیت منابع آب شور و لب شور منطقه) و تلفیق آن با آب شور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی نشان می‌دهد که شیرین کردن آب شور با دستگاه آب شیرین کن و تلفیق آن با آب شور جهت کشاورزی برای محصولات گلخانه‌ای و در مواردی باغات پسته اقتصادی است. همچنین توصیه می‌شود، بررسی‌ها و مطالعات بیشتری در این زمینه در سایر مناطق انجام پذیرد.

کلمات کلیدی: حوضه آبریز کشف رود، نمک زدایی، کیفیت آب، کشاورزی.

۱- کارشناس ارشد کشاورزی - شرکت مهندسی مشاور طوس آب

۲- کارشناس ارشد آبیاری - شرکت مهندسی مشاور طوس آب

## سرآغاز

حوضه آبریز کشف رود واقع در شمال شرق کشور ایران و در ناحیه‌ای به مختصات جغرافیایی  $۱۸^{\circ}$ ،  $۵۸^{\circ}$  تا  $۱۳^{\circ}$ ،  $۶۱^{\circ}$  طول شرقی و  $۲۸^{\circ}$ ،  $۳۵^{\circ}$  تا  $۴^{\circ}$ ،  $۳۷^{\circ}$  عرض شمالی است. حوضه آبریز کشف رود بعنوان یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبریز در استان خراسان رضوی است. شهر مقدس مشهد بعنوان مرکز مهم سیاسی، مذهبی، سیاحتی و اقتصادی منطقه، اهمیت ویژه‌ای برای این حوضه آبریز، ایجاد نموده است. این حوضه دارای مساحتی برابر با  $۱۶۷۵۰$  کیلومتر مربع است.

اراضی کشاورزی آبی حوضه آبریز کشف رود با وسعتی حدود  $۱۳۰۰۰۰$  هکتار عمدتاً در محدوده دشت‌های این حوضه واقع گردیده است. دشت‌های واقع در این محدوده شامل دشت‌های مشهد- چناران، نریمانی آق دریند و سنگ بست می‌باشد. در بخش‌هایی از حوضه آبریز بویژه دشت نریمانی کیفیت آب از لحاظ شوری نامناسب است و حتی شوری آب برخی جاه‌ها حدود  $۱۰$  (ds/m) گزارش شده است. هرچند در حال حاضر در بیشتر مناطق محدوده حوضه استفاده از آب‌های شور جهت کشت گیاهان مقاوم به شوری نظیر جو، چغندر قند و در برخی مناطق پسته متداول است ولیکن توجه به روش‌های شوری زدایی آب نیز می‌تواند در موارد خاص مورد توجه قرار گیرد.

آب به عنوان یکی از مهم‌ترین نهاده‌های کشاورزی است که کمیت و کیفیت آن می‌تواند کمیت تولید و کیفیت محصول تولید شده را شدیداً تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به کمبود منابع آب شیرین در جهان، فقر غذایی در حال حاضر و به طور گسترده‌ای در آینده گریبانگیر بسیاری از کشورها خواهد شد.

از جمله راه‌حل‌هایی که برای این معضل جهانی پیش روی کارشناسان قرار گرفته، نمک زدایی از آب‌های شور به منظور استفاده در بخش شرب، کشاورزی و صنعت می‌باشد. استفاده از این تکنولوژی برای کشاورزی با توجه به میزان تولید محصولات کشاورزی بازای مقدار آب مصرف شده و بهای محصولات کشاورزی، محل تأمل است و جای بررسی بیشتری دارد.

بر پایه گزارش هفدهم انجمن بین المللی نمک زدایی آب (IDA) تا پایان دسامبر ۲۰۰۱، شمار دستگاه‌های آب شیرین کن مستقر در جهان،  $۱۵۲۲۳$  واحد با مجموع ظرفیت تولید  $۳۲/۴$  میلیون مترمکعب به روز بوده است که در مقایسه با سال ۱۹۹۹ از نظر تعداد  $۱۶۳۳$  واحد (۱۶ درصد) و از نظر ظرفیت  $۶/۴۹۱$  میلیون مترمکعب بر روز (۲۰ درصد) افزایش داشته است. در ادامه گزارش آمده است که توان نمک‌زدایی آب دریا با رشدی معادل ۱۴۰ درصد از  $۱/۶۳$  میلیون مترمکعب بر روز در سال ۱۹۹۹ به  $۳/۹۰۸$  میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

صندوق جهانی حیات وحش (WWF) اعلام کرد که هم‌اکنون اسپانیا ۲۲ درصد آب نمک زدایی شده را برای مصارف کشاورزی به کار می‌برد.

اگرچه با توجه به روند نزولی هزینه تولید آب شیرین در ۲۰ سال گذشته، در این باره جای امیدواری وجود دارد. این امیدواری بویژه در نواحی ساحلی که آب شیرین در اختیار ندارند به سبب نزدیکی به دریا و در دسترس بودن آب شور، و تغییر شدیدی که در تغییر میزان شوری و املاح بوجود می‌آید قابل بررسی بیشتری است. در نهایت اینکه توجیه اقتصادی استفاده از آب‌های نمک‌زدایی شده در بخش کشاورزی، جنبه

منطقه‌ای داشته و باید با سایر روش‌های تامین آب شیرین و بهای محصولات کشاورزی در هر منطقه مقایسه گردد.

هزینه تولید هر واحد آب شیرین توسط این دستگاه‌ها و روش‌های تولید آب متغیر بوده و حتی در یک روش نیز بسته به حجم تولید، هزینه شیرین کردن آب متغیر است. آب تولید شده در دستگاه‌های آب شیرین کن تا حدود ۹۵ درصد املاح اولیه آن کاهش می‌یابد که حتی برای آب شرب نیز مناسب نیست (کمبود املاح در آب) و به آب تولیدی مقداری املاح اضافه می‌نمایند. در تولیدات کشاورزی، محصولات مختلف آستانه تحمل متفاوتی نسبت به میزان املاح دارند. در نتیجه می‌توان، ارزش تولیدات کشاورزی را نسبت به هزینه تولید واحد آب با کیفیت‌های متفاوت بررسی و تجزیه و تحلیل نمود.

### روش‌های نمک‌زدایی از آب

اگرچه در حال حاضر روش‌های زیادی برای شیرین کردن آب‌های شور ابداع شده‌اند، اما در حالت کلی می‌توان فرایند شیرین کردن آب‌های شور را به اشکال کلی زیر در نظر گرفت.

#### ۱- روش‌هایی که در آن نمک زدایی از آب، نیاز به ایجاد تغییر فازی وجود دارد (تقطیر).

در این روش‌ها برای ایجاد تغییر در فاز مایع به بخار، به علت نیاز به انرژی گرمایی، هزینه تولید آب بالاتر از روش‌های بدون تغییر فاز است، اما مزیت این روش در این است که آب خروجی با کیفیت بسیار بالا از آب‌هایی با شوری (غلظت نمک) بسیار زیاد از جمله آب دریا می‌توان بدست آورد. اخیراً روش‌هایی جدید ابداع شده‌اند که مصرف انرژی کمتری داشته و لذا با سایر روش‌ها قابل رقابت شده‌اند از روش‌های مبتنی بر تغییر فاز، می‌توان موارد ذیل را نام برد:

الف- فرآیند تقطیر چند مرحله‌ای ناگهانی (M S F- Multi Stage Flash) که مهمترین شیوه نمک‌زدایی در کشورهای حاشیه خلیج فارس است. در این روش آب دریا با فشار مشخص از میان لوله‌های بسته که در آن تبادل حرارتی انجام می‌گیرد عبور می‌کند و بخار در بخش بالایی اتاقک مایع می‌شود. سپس با استفاده از سوخت داغ و یا بخار خروجی آب تا بالاترین دمای تعیین شده در سامانه گرم می‌شود و باعث تبخیر ناگهانی در قسمت پایینی اتاقک شده و این روند همراه با کاهش فشار از اتاقی به اتاق دیگر ادامه می‌یابد. بخار تولید شده به لوله‌های موجود در بالای اتاقک برخورد کرده و مایع می‌شود. این روش با ظرفیت جهانی بیش از ۴۰۰۰ مترمکعب در روز در حدود ۴۸ درصد از واحدهای بزرگ آب شیرین کن در جهان را شامل می‌شود. در این روش آب تولیدی دارای غلظت املاح در حدود ۵۰ میلی‌گرم در لیتر است.

ب- تقطیر چند مرحله‌ای (M E D – Multi Effect Distillation) یکی از امید بخش‌ترین فناوری‌های تبخیری موجود می‌باشد.

#### ۲- روش‌هایی که در آن نمک زدایی از آب، نیاز به ایجاد تغییر فازی وجود ندارد.

الف- فرآیند اسمز معکوس (R O – Reverse Osmosis) روشی امید بخش برای نمک‌زدایی آب شور و آب دریا می‌باشد. این روش در حدود ۲۲ درصد از واحدهای بزرگ دنیا با ظرفیتی بیش از ۴۰۰۰ مترمکعب

در روز استفاده می‌شود. در این روش آب با فشار زیاد از غشاءهایی بنام ممبران عبور داده می‌شود نمک‌های محلول در آب قادر به عبور از لایه‌های ممبران نیستند و با بخشی از آب ورودی به ممبران به محیط دفع می‌شود. سیستم‌هایی که بر این اساس عمل می‌کنند را اصطلاحاً RO می‌نامند.

#### ب- روش الکترو دیالیز (E D)

در این فرآیند، یون‌ها توسط جریان برق مستقیم (D C) مجبور به عبور از غشاءهای نیمه تراوا می‌شوند. این غشاءها اغلب برای زدایش نمک‌های خاصی از جمله نیترات‌ها بکار می‌روند.

ج- متراکم سازی بخار (V C) که این روش بیشتر در واحدهای کوچک، از جمله واحدهای آب شیرین کن خورشیدی استفاده می‌گردد.

د- تبادل یونی با استفاده از رزین‌های ویژه

### انتخاب نوع سیستم

اگرچه برگزیدن فرآیند مناسب نمک‌زدایی آب، نیازمند ارزیابی دقیق و مقایسه کارآمدی فرآیندها، همراه با هزینه‌های جاری و سرمایه‌گذاری آنها است، با این حال، به عنوان یک رهنمود کلی و براساس تجربه‌های جهانی، به کارگیری فرآیندهای متعدد نمک‌زدایی آب، براساس شاخص (T D S) به شرح جدول شماره ۱ می‌تواند باشد.

جدول شماره ۱: راهنمای برگزیدن فرآیند شیرین‌سازی آب بر اساس شاخص T D S

فرآیند	TDS(mg/L)
تبادل یون	کمتر از ۵۰۰
الکترو دیالیز	۵۰۰ - ۳۰۰۰
اسمز معکوس با فشار کم (شامل نانو فیلترها)	۱۰۰۰ - ۱۰۰۰۰
اسمز معکوس با فشار زیاد	۱۰۰۰۰ و بالاتر
تقطیر	۳۰۰۰۰

ماخذ: منابع مورد استفاده شماره (۱)

در سال‌های اخیر با بهینه‌سازی فرآیندها، روش اسمز معکوس توسعه یافته و انتظار می‌رود در آینده‌ای نزدیک بیشترین تعداد دستگاه‌ها را به خود اختصاص دهد. با توجه به جدول مذکور و دامنه آب‌های شور و لب در محدوده حوضه آبریز کشف رود که عمدتاً در دامنه (۳ تا ۱۰ ds/m) قرار دارد در صورت استفاده از دستگاه‌های آب شیرین کن برای نمک‌زدایی استفاده از روش اسمز معکوس با فشار کم توصیه می‌شود.

### هزینه تولید آب شیرین (شرب)

هزینه تولید واحد حجم آب شیرین در واحدهای آب شیرین کن شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه (سرمایه ثابت) و هزینه‌های جاری می‌باشند. براساس تجارب بین‌المللی هزینه‌های تولید آب شیرین در جدول ۲ آورده شده‌اند.

جدول ۲: مقایسه هزینه تولید آب شیرین در مقیاس جهانی به تفکیک هزینه‌های احداث و هزینه تولید

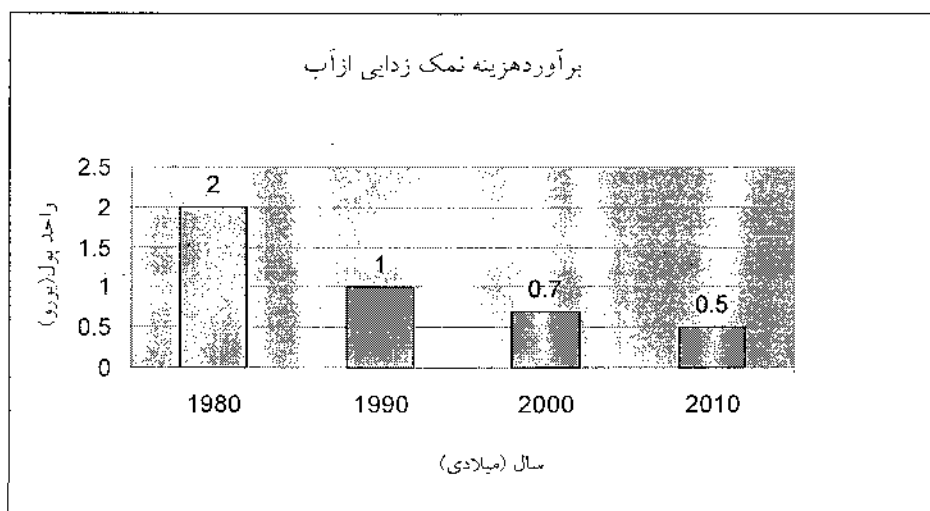
روش نمک‌زدایی	MSF	MSF *	MED	MED- MWD*	VC	RO	RO*
هزینه احداث (دلار مترمکعب بر روز)	۱۲۰۰-۱۵۰۰	۲۳۰۰	۹۰۰-۱۰۰۰	۶۶۰	۹۵۰-۱۰۰۰	۷۰۰-۹۰۰	۱۰۰۰-۱۳۵۰
هزینه تولید (سنت بر مترمکعب)	۱۱۰-۱۲۵	۱۵۰	۷۵-۸۵	۴۶	۸۷-۹۵	۶۸-۹۲	۴۵-۵۶

ردیف‌های ستاره‌دار، تعدادی از آخرین پیشرفت‌ها را نشان می‌دهد

ماخذ: منابع مورد استفاده شماره (۴)

پیش‌بینی کاهش هزینه تولید آب شیرین با توجه به روند پیشرفت تکنولوژی کاملاً امیدبخش بوده است بطوریکه در طول دو دهه بهای تولید آب شیرین حدود ۶۰٪ کاهش داشته است. شکل شماره ۱ روند کاهش هزینه تولید آب شیرین در سطح جهانی را نشان می‌دهد.

شکل شماره ۱: نمودار نزولی بهای تولید آب شیرین در سطح جهانی



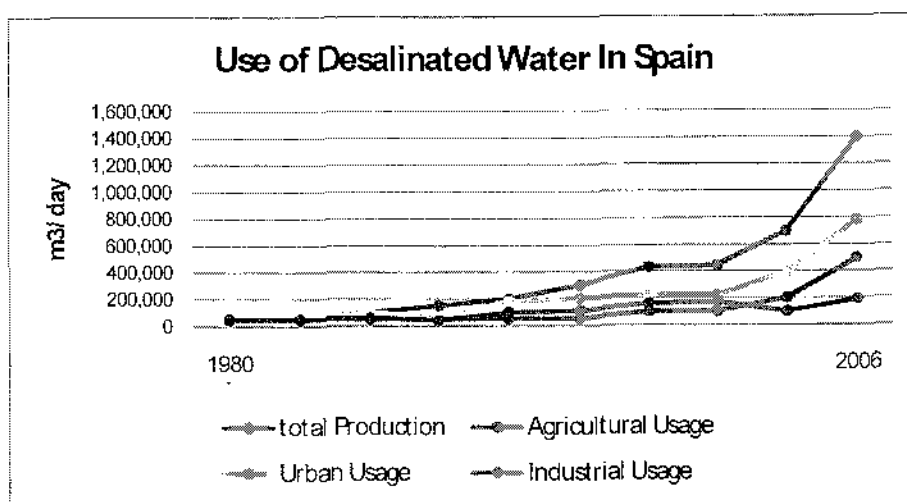
### افزایش جهانی حجم آب تولید شده با استفاده از آب شیرین کن‌ها

بر پایه گزارش هفدهم انجمن بین‌المللی نمک‌زدایی آب (IDA) تا پایان دسامبر ۲۰۰۱، شمار دستگاه‌های آب شیرین کن مستقر در جهان، ۱۵۲۳۳ واحد با مجموع ظرفیت تولید ۳۲/۴ میلیون مترمکعب بوده است که

در مقایسه با سال ۱۹۹۹ از نظر تعداد ۱۶۳۳ واحد (۱۶ درصد) و از نظر ظرفیت ۶/۴۹۱ میلیون مترمکعب بر روز (۲۰ درصد) افزایش داشته است. در ادامه گزارش آمده است که توان نمک‌زدایی آب دریا با رشدی معادل ۱۴۰ درصد از ۱/۶۳ میلیون مترمکعب بر روز در سال ۱۹۹۹ به ۳/۹۰۸ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۱ رسیده است.

صندوق جهانی حیات وحش اعلام کرد که هم اکنون اسپانیا ۲۲ درصد آب نمک‌زدایی شده را برای مصارف کشاورزی به کار می‌برد. افزایش تولید و مصرف آب، تولید شده توسط آب شیرین کن‌ها در کشور اسپانیا در شکل شماره ۲ آورده شده است.

شکل شماره ۲: روند تولید و مصرف آب توسط آب شیرین کن‌ها در کشور اسپانیا



ماخذ: منابع مورد استفاده شماره (۲)

### بررسی موردی چند طرح آب شیرین کن در سطح کشور

- بررسی امکان استفاده از دستگاه‌های آب شیرین کن برای شرب شهرهای فردوس و بجستان با روش RO توسط شرکت مهندسی مشاور طوس آب انجام شده است. در این مطالعه مشخص گردید که ایجاد یک واحد آب شیرین کن از چاه آب با کیفیت لب شور و با ظرفیت ۳۱ لیتر بر ثانیه، هزینه تولید واحد حجم آب شیرین برای شرب حدود ۳۰۰۰ ریال در هر مترمکعب است. کیفیت آب ورودی - خروجی به شرح جدول ۳ است.

جدول ۳: کیفیت آب برای واحد آب شیرین کن مطالعه طوس آب

آب خروجی	آب ورودی	فاکتور
۱۰	۲۶۸۰	TDS(mg/lit)
۰.۰۱	۴	EC(ds/m)
۵	۱۰۷۰	Na(meq/lit)

لازم به توضیح است که تغییر کیفیت آب خام (ورودی تا)  $TDS = 10000$  تأثیر ناچیزی بر هزینه تولید خواهد داشت.

همچنین در نصب آب شیرین کن در منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی، سرمایه گذاری اولیه ۸۰ میلیارد ریال، ظرفیت تولید ۱۲۵۰۰ مترمکعب در روز، کیفیت آب خروجی  $TDS = 400mg/L$  و بهای فروش آب توسط بخش خصوصی ۱۲۰۰ تومان در مترمکعب اعلام شده است.

شرکت آب و فاضلاب خوزستان، سرمایه گذاری ۵۰ میلیارد ریال، ظرفیت ۱۰۰۰۰ مترمکعب و با کیفیت خروجی ۲۰۰ میکرومهموس برسانتیمتر، هزینه نمک زدایی آب دریا به ۵۰ تا ۸۰ سنت و هزینه نمک زدایی آب لب شور در حدود ۲۰ تا ۳۵ سنت در هر مترمکعب رسیده است.

#### - مواد و روش‌ها

در مطالعات حاضر آمار و اطلاعات مورد نیاز بشرح ذیل برآورد شده است. هزینه خرید، نصب و راه‌اندازی دستگاه آب شیرین کن با کسب استعلام از مرکز فروش (شرکت بهساز آب) منظور شده است. هزینه‌های تولید محصولات زراعی، باغی و گلخانه‌ای براساس آمار و اطلاعات اخذ شده از جهاد کشاورزی خراسان و بازدیدهای میدانی از محدوده حوضه آبریز کشف رود منظور شده است. جهت محاسبه استهلاک سالانه برخی هزینه‌های سرمایه‌ای نظیر خرید دستگاه آب شیرین کن، تجهیزات گلخانه‌ای، تجهیزات آبیاری تحت فشار از فرمول ارزش فعلی اقساط سالانه  $(\alpha = p * i(1+i)^n / (1+i)^n - 1)$  استفاده شده است.

#### هزینه تولید آب شیرین (کشاورزی)

برای تولید محصولات کشاورزی، نه تنها نیازی به کیفیت آب آبیاری در حد کیفیت آب شرب نیست بلکه چنین آبی می‌تواند باعث تخریب ساختمان خاک نیز بشود زیرا بسیاری از نمک‌های محلول در خاک را حل کرده و ساختمان خاک را تخریب می‌نماید. از این رو می‌توان آب خروجی از دستگاه آب شیرین کن را با نسبت‌های متفاوت با آب خام ورودی به دستگاه تلفیق کرده و آبی با کیفیت متناسب با نوع زراعت بدست آورد. این امر می‌تواند باعث کاهش چشمگیر در هزینه تولید آب شیرین به منظور کشاورزی در مقایسه با هزینه تولید آب شرب گردد.

با توجه به مطالب فوق و به منظور بررسی مقایسه هزینه شوری زدایی با درآمدهای کشاورزی در محدوده طرح یک نمونه از دستگاه‌های آب شیرین کن (مدل RO۱۲۹۶) که کیفیت آب ورودی و خروجی آن در محدوده کیفی مورد انتظار است مورد بررسی قرار گرفته است. در جدول ۱ مشخصات این دستگاه آب شیرین کن ارائه شده است. همانطوریکه ملاحظه می‌شود دبی تولیدی دستگاه ۱۵ لیتر بر ثانیه، کیفیت آب ورودی تا حداکثر ۱۰۰۰۰ TDS یا معادل ۱۵ ds/m و کیفیت آب خروجی کمتر از ۲۵۰ TDS یا معادل ۰٫۴ ds/m می‌باشد.



جدول ۴: مشخصات دستگاه آب شیرین کن

RO 1296	مدل دستگاه
15 (L/s)	ظرفیت تولید
1296(m <sup>3</sup> /d)	
TDS=10000ppm	کیفیت آب ورودی
(40-50)psi	فشار آب ورودی
TDS<250ppm	کیفیت آب خروجی
TDS<19900ppm	کیفیت آب پساب
P=25kw	توان موتور برقی
w=600kwh	مصرف انرژی در شبانه روز
w=0.463kwh	مصرف انرژی برای مترمکعب آب تولیدی
50%	بازدهی دستگاه
1570	بهای خرید دستگاه (میلیون ریال)
31.4	هزینه نصب و راه اندازی (میلیون ریال)
400	هزینه احداث ساختمان (میلیون ریال)
1200	هزینه احداث مخزن ذخیره (میلیون ریال)
150	هزینه انشعابات برق، تلفن، گاز (میلیون ریال)
3351.4	جمع هزینه خریداری و نصب (میلیون ریال)
۳۰ سال	عمر مفید سیستم

مأخذ: استعلام اخذ شده از شرکت بهساز آب

هزینه تولید واحد حجم آب شیرین در واحدهای آب شیرین کن شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه (سرمایه ثابت) و هزینه‌های جاری می‌باشند.

قبل از آن لازم است تا نخست هزینه تأمین یک مترمکعب آب شور از یک حلقه چاه نیز برآورد شود. در جدول زیر هزینه تأمین یک متر مکعب آب از منبع آب شور بر اساس نرخ‌های بهره متفاوت ارائه شده است.

جدول ۵: هزینه تأمین یک متر مکعب آب شور (حفر و بهره‌برداری از چاه)

۱۶	۱۲	۸	۴	نرخ بهره %
۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	هزینه حفر و تجهیز یک حلقه چاه به عمق ۵۰ متر و دبی (۳۰ تا ۵۰) لیتر بر ثانیه (میلیون ریال)
۱۴۴۵۴۰۰	۱۴۴۵۴۰۰	۱۴۴۵۴۰۰	۱۴۴۵۴۰۰	هزینه برق مصرفی در سال (ریال)
۱۲۰۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰۰	هزینه کارگری سالانه (ریال)
۲۰۲۳۸۸۴۰۰	۶۲۰۷۲۰۰۰	۴۴۴۱۵۰۰۰	۲۸۹۱۵۰۰۰	هزینه استهلاك سالانه سیستم تأمین آب شور (ریال)
۲۰۲۳۸۸۴۰۰	۱۸۳۵۱۷۴۰۰	۱۶۵۸۶۰۴۰۰	۱۵۰۳۶۰۴۰۰	جمع هزینه سالانه (ریال)
۱۰۱۱۹۴۲۰	۹۱۷۵۸۷۰	۸۲۹۳۰۲۰	۷۵۱۸۰۲۰	هزینه تعمیر و نگهداری سیستم (ریال)
۲۱۲۵۰۷۸۲۰	۱۹۲۶۹۳۲۷۰	۱۷۴۱۵۳۴۲۰	۱۵۷۷۸۴۲۰	جمع کل هزینه سالانه (ریال)
۱۵۷۶۸۰۰	۱۵۷۶۸۰۰	۱۵۷۶۸۰۰	۱۵۷۶۸۰۰	مقدار تولید سالانه آب شور (مترمکعب)
۱۳۵	۱۲۲	۱۱۰	۱۰۰	هزینه تولید یک متر مکعب آب شور (ریال)



سیس هزینه تامین یک مترمکعب آب شیرین از دستگاه آب شیرین کن باتوجه به نرخ بهره بشرح جدول ذیل برآورد شده است.

جدول ۶: هزینه تامین یک مترمکعب آب شیرین بوسیله دستگاه آب شیرین کن (ریال)

نرخ بهره %	۴	۸	۱۲	۱۶
هزینه برق مصرفی درسال (ریال)	۳۲۸۵۰۰۰	۳۲۸۵۰۰۰	۳۲۸۵۰۰۰	۳۲۸۵۰۰۰
هزینه تعویض سالانه ممبران (ریال)	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰
هزینه کارگری سالانه (ریال)	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰
جمع هزینه بهره برداری و نگهداری سالانه (ریال)	۱۳۵۲۸۵۰۰۰	۱۳۵۲۸۵۰۰۰	۱۳۵۲۸۵۰۰۰	۱۳۵۲۸۵۰۰۰
هزینه استهلاک سالانه سیستم آب شیرین کن (خرید و نصب دستگاه یا ارزش اسقاط) (ریال)	۱۹۳۸۱۱۴۶۲	۲۹۷۷۰۴۸۶۲	۴۱۶۰۵۶۲۰۲	۵۴۲۵۴۴۷۴۰
جمع هزینه سالانه (ریال)	۳۲۹۰۹۶۴۶۲	۴۲۲۹۸۹۸۶۲	۵۵۱۳۴۱۲۰۲	۶۷۷۸۲۹۷۴۰
هزینه تعمیر و نگهداری سیستم (ریال)	۱۶۴۵۴۸۲۳	۲۱۶۴۹۴۹۳	۲۷۵۶۷۰۶۰	۳۳۸۹۱۴۸۷
جمع کل هزینه سالانه (ریال)	۳۴۵۵۵۱۲۸۵	۴۵۴۶۳۹۳۵۵	۵۷۸۹۰۸۲۶۲	۷۱۱۷۲۱۲۲۷
مقدار تولید سالانه آب شیرین (مترمکعب)	۴۷۳۰۴۰	۴۷۳۰۴۰	۴۷۳۰۴۰	۴۷۳۰۴۰
هزینه تولید یک مترمکعب آب شیرین از دستگاه (ریال)	۷۳۰	۹۶۱	۱۲۲۴	۱۵۰۵
هزینه کل تولید یک مترمکعب آب شیرین (ریال)	۸۳۱	۱۰۷۲	۱۳۴۶	۱۶۳۹

همانطوریکه ملاحظه می شود هزینه تامین یک مترمکعب آب شیرین بسته به نرخ بهره بین ۸۳۰ تا ۱۷۰۰ ریال متفاوت است. از طرفی همانطوریکه گفته شد استفاده از آب شیرین جهت کشاورزی با توجه به کیفیت آب بصورت تلفیقی توصیه می شود. در جدول ۳ هزینه یک مترمکعب آب در شرایط تلفیق و کیفیت های متفاوت ارائه شده است.

جدول ۷: هزینه تامین یک مترمکعب آب در شرایط تلفیق با توجه به کیفیت های متفاوت آب

بهای آب تلفیقی (ریال)	بهای آب تلفیقی (ریال)	بهای آب تلفیقی (ریال)	کیفیت آب تلفیقی (DS/m)	دبی آب خام برای تلفیق (L/S)
%۱۶	%۱۲	%۸	%۴	نرخ بهره (%)
۱۵۵۶	۱۲۷۸	۱۰۴۱	۸۰۷	۰.۵
۱۴۴۸	۱۱۹۱	۹۵۸	۷۴۵	۲
۱۳۴۸	۱۱۰۹	۸۶۹	۶۷۷	۴
۱۲۵۰	۱۰۲۹	۷۶۶	۵۹۸	۷
۱۱۸۵	۹۷۷	۶۸۷	۵۳۸	۱۰
۱۱۵۳	۹۵۱	۶۴۴	۵۰۶	۱۲
۱۱۲۷	۹۲۹	۶۰۸	۴۷۸	۱۴
۱۱۰۵	۹۱۲	۵۷۵	۴۵۴	۱۶
۱۰۸۷	۸۹۷	۵۴۷	۴۳۲	۱۸
۱۰۷۱	۸۸۴	۵۲۲	۴۱۳	۲۰

همانطوریکه ملاحظه می‌شود در محدوده کیفیت آب مناسب کشاورزی (محدوده شوری کمتر از ۳ ds/m) قیمت یک مترمکعب آب شیرین در شرایط تلفیق بسته به نرخ بهره بین ۷۵۰ تا ۱۶۰۰ ریال برآورد شده است. بمنظور بررسی اقتصادی امکان کاربرد استفاده از آب شیرین حاصله برای محصولات کشاورزی، درآمد یک مترمکعب آب در محصولات مختلف و محصولات گلخانه‌ای حوضه آبریز کشف رود (در شرایط استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار) برآورد شده و مورد مقایسه قرار گرفته است. در جداول زیر خلاصه نتایج این بررسی‌ها ارائه شده است.

جدول ۸: برآورد درآمد یک مترمکعب آب محصولات زراعی و باغی و گلخانه‌ای در مقادیر مختلف شوری در محدوده حوضه آبریز کشف رود

درآمدخالص (مترمکعب/ریال)			گندم	
۸%	۶%	۴%	شوری (DS/m)	
۷۰۰	۸۰۰	۱۰۰	۴	آستانه
۶۳۰	۷۲۰	۹۰	۴,۹	کاهش ۱۰٪
۵۲۵	۶۰۰	۷۵	۶,۴	کاهش ۲۵٪
۳۵۰	۴۰۰	۵۰	۸,۷	کاهش ۵۰٪

درآمدخالص (مترمکعب/ریال)			خیار و گوجه فرنگی گلخانه‌ای	
۸%	۶%	۴%	شوری (DS/m)	
۲۴۶۰	۵۶۰۰	۸۵۰۰	۱,۷	آستانه
۲۲۱۴	۵۰۴۰	۷۶۵۰	۲,۲	کاهش ۱۰٪
۱۸۴۵	۴۲۰۰	۶۳۷۵	۲,۹	کاهش ۲۵٪
۱۲۳۰	۲۸۰۰	۴۲۵۰	۴,۲	کاهش ۵۰٪

درآمدخالص (مترمکعب/ریال)			یونجه	
۸%	۶%	۴%	شوری (DS/m)	
۴۸۰	۵۸۰	۷۰	۱,۳	آستانه
۴۲۳	۵۲۲	۶۳	۲,۲	کاهش ۱۰٪
۳۵۳	۴۳۵	۵۲	۳,۶	کاهش ۲۵٪
۲۳۵	۲۹۰	۳۵	۵,۹	کاهش ۵۰٪

درآمدخالص (مترمکعب/ریال)			جو	
۸%	۶%	۴%	شوری (DS/m)	
۶۵۰	۷۵۰	۹۰۰	۵,۳	آستانه
۵۸۵	۶۷۵	۸۱۰	۶,۷	کاهش ۱۰٪
۴۸۸	۵۶۳	۶۷۵	۸,۷	کاهش ۲۵٪
۳۲۵	۳۷۵	۴۵۰	۱۲	کاهش ۵۰٪

ادامه جدول ۸-

درآمدخالص (مترمکعب/ریال)			پنبه		درآمدخالص (مترمکعب/ریال)			خیار و گوجه فرنگی	
نرخ بهره			شوری (DS/m)		نرخ بهره			شوری (DS/m)	
۸٪	۶٪	۴٪			۸٪	۶٪	۴٪		
۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۵,۱	آستانه	۱۴۰۰	۱۵۰۰	۱۶۰۰	۱,۷	آستانه
۳۶۰	۴۵۰	۵۴۰	۶,۴	کاهش ۱۰٪	۱۱۸۰	۱۲۷۰	۱۳۶۰	۲,۲	کاهش ۱۰٪
۳۰۰	۳۷۵	۴۵۰	۸,۴	کاهش ۲۵٪	۸۵۰	۹۲۵	۱۰۰۰	۲,۹	کاهش ۲۵٪
۲۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۱۲	کاهش ۵۰٪	۳۰۰	۳۵۰	۴۰۰	۴,۲	کاهش ۵۰٪
درآمدخالص (مترمکعب/ریال)			باغات مقاوم (پسته)		درآمدخالص (مترمکعب/ریال)			باغات حساس (سیب)	
نرخ بهره			شوری (DS/m)		نرخ بهره			شوری (DS/m)	
۸٪	۶٪	۴٪			۸٪	۶٪	۴٪		
۲۴۰۰	۲۵۰۰	۲۶۰۰	۸	آستانه	۱۴۰۰	۱۵۰۰	۱۶۰۰	۱	آستانه
۲۱۶۰	۲۲۵۰	۲۳۴۰	۱۰	کاهش ۱۰٪	۱۱۴۰	۱۲۳۰	۱۴۲۰	۱,۶	کاهش ۱۰٪
۱۸۰۰	۱۸۷۵	۱۹۵۰	۱۵	کاهش ۲۵٪	۱۰۰۰	۱۰۷۵	۱۱۵۰	۲,۲	کاهش ۲۵٪
۱۲۰۰	-	۱۳۰۰	۲۰	کاهش ۵۰٪	۶۰۰	۶۵۰	۷۰۰	۳,۲	کاهش ۵۰٪

### نتیجه و پیشنهاد

همانطوریکه ملاحظه می‌شود استفاده از دستگاه‌های آب شیرین کن مذکور در مرحله اول و با توجه به میزان درآمد در واحد حجم آب مصرفی محصولات گلخانه‌ای (که بین ۱۲۰۰ تا ۸۵۰۰ ریال برآورد شده) و حجم کمتر مصرف آب در این واحدها، به لحاظ اقتصادی توجیه پذیر است.

بعد از محصولات گلخانه‌ای استفاده از این دستگاه‌ها برای باغات پسته نیز تا حدودی اقتصادی است ولیکن برای سایر محصولات زراعی چندان اقتصادی به نظر نمی‌رسد. لازم به توضیح است که کاربرد این روش برای برخی مناطق کشور که دارای منابع آب شور و سطح سفره آب بالا است (نظیر طیس) می‌تواند به عنوان یک طرح پژوهشی مفید مورد توجه قرار گیرد بویژه در شرایطی که امکان استفاده از انرژی خورشیدی در این مناطق برای شیرین‌سازی آب دستگاه‌های آب شیرین کن مورد توجه قرار گیرد. از جمله مسائل قابل توجه در استفاده از این دستگاه‌ها پساب حاصله از این دستگاه‌ها می‌باشد که می‌بایست به لحاظ مسائل زیست محیطی مورد توجه قرار گرفته و راهکارهای مناسب از طرف محققان بررسی و پیشنهاد شود.

## منابع

۱- قنادی- مجید "آب شیرین کن‌های شهری و روستایی ایران و کیفیت آب استحصال شده‌ی آن‌ها" - نشریه آب و محیط زیست شماره ۶۴- (۱۳۸۴)

2- New Technologies in Spain:Desalination-Published by MIT  
(www.technologyreview.com)

3 - "The Use Of Saline Waters For Crop Production Irrigation And Drainage"-  
Fao- paper 48

4 - Raphael S.(2000)"Desalination :Present and Future ",International Water  
Ressources Association ,Vol.25.Number1 ,pp.54-65