

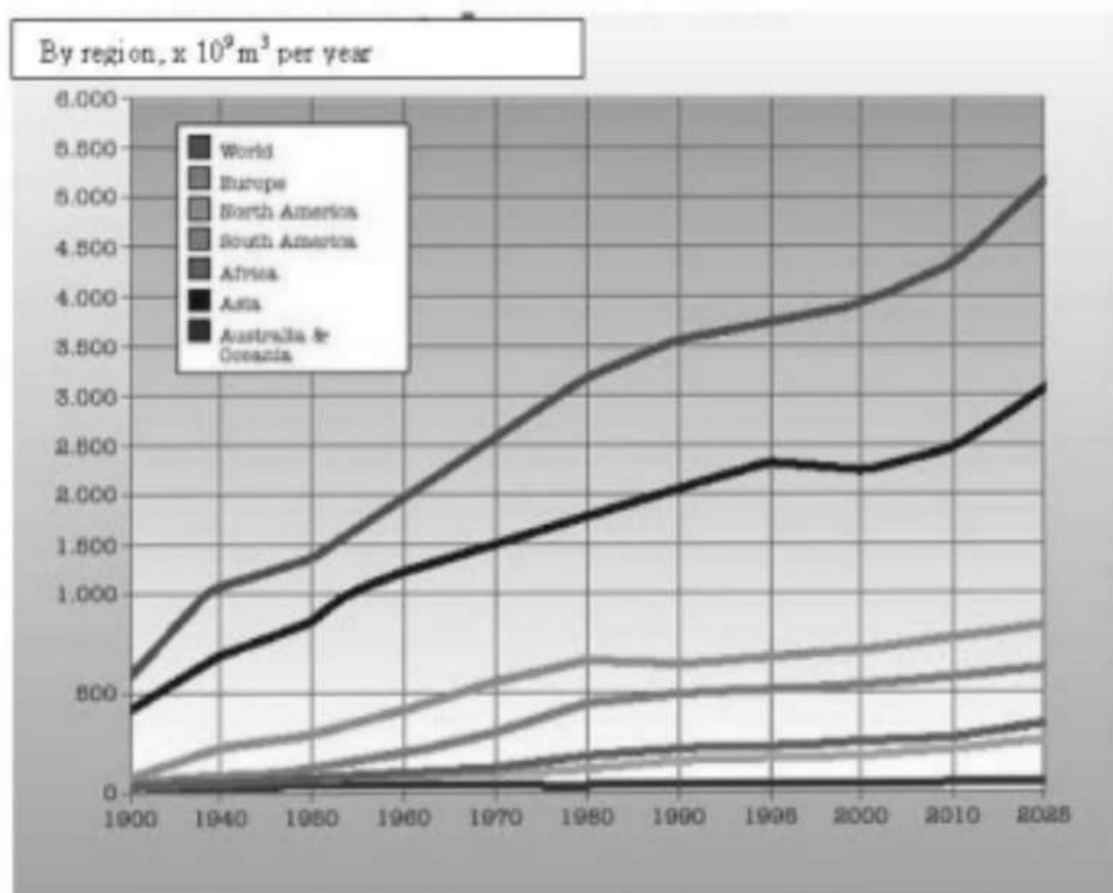
مروری جامع بر آب شیرین کن های خورشیدی

مقدمه :

آب یکی از ملزومات زندگی و از اولین مایحتاج های انسانی برای بقا می باشد حدود ۷۰ درصد سطح کره زمین توسط آب پوشیده شده است. در حالی که بیش از ۹۷ درصد این آب ها را آب شور اقیانوس ها با غلظتی بالای 30000 ppm از ذرات غیر محلول تشکیل می دهند. تنها ۳ درصد از کل منابع آب جهان آب شیرین است که درصد پایینی از مواد جامد غیر محلول در خود دارند با استناد به سازمان جهانی سلامت (WHO) به آب هایی با غلظت کمتر از 500 ppm از جامدات محلول (TDS) آب های شیرین اطلاق می شود. لازم به ذکر است که اکثر این آب ها در داخل منابع زیرزمینی همچون چاه ها و یا در منابع سطحی روی زمین همچون رودها دریاچه ها و... می باشند.

در حال حاضر نیاز آب جهان بالای 4×10^{12} مترمکعب در سال تخمین زده می شود و انتظار می رود هر ده سال حدود ۱۰-۱۲ درصد رشد داشته باشد شکل ۱ نیاز آبی منطقه ای در جهان را نشان می دهد.

گفتنی است بر خلاف وجود منابع بالای آب بسیاری از کشورها آب کافی برای نیازهای روزمره ندارند. به طوری که در حال حاضر معضل کمبود آب، توجه جهانیان را به خود جلب کرده است. با توجه به گزارشات اخیر بانک جهانی حدود ۸۰ کشور با کمبود آب برای تامین سلامت و اقتصاد روبرو هستند و همچنین از سوی دیگر ۴۰ درصد از جمعیت جهان در مناطق خشک، دور افتاده و جزایری قرار دارند که هیچ گونه دسترسی به آب پاک ندارد.



شکل ۱- نیاز آبی منطقه ای در جهان

شورزدایی و راه حلی برای معضل آب :

صرفه‌جویی در مصرف آب یکی از سیاست‌های اساسی در اوضاع کنونی است. به‌طوری‌که بسیاری از کشورها قبل از روی آوردن به روش‌های دیگر در ابتدا به‌طور جدی صرفه‌جویی در مصرف آب را پیشه کارهای خود قرار می‌دهند. اما در بسیاری از کشورها حتی با وجود ذخیره و صرفه‌جویی بالا، آن‌ها نیازمند آب اضافی برای پاسخ‌گویی به تقاضای مردم هستند. هم‌اکنون کشورهایی وجود دارند که ۱۰۰ درصد از نیاز آبی خود را از روش شیرین کردن آب شور تامین می‌کنند. از جمله این کشورها می‌توان به بحرین، قبرس، لیبی و... اشاره کرد. بنابراین تکنیک نم‌زدایی یکی از بهترین راه‌حل‌ها برای فراهم ساختن آب پاک است.

از متداول‌ترین فرایندهای شیرین‌سازی آب که بر بیشتر برای ظرفیت‌های بالا کاربرد دارند، می‌توان اسمز معکوس، روش تقطیر ناگهانی چندمرحله‌ای، تقطیر چندمرحله‌ای و تراکم بخار را نام برد. که روش‌های فوق انرژی نسبتاً زیادی مصرف می‌کنند. لذا تامین انرژی مورد نیاز این دستگاه در ظرفیت‌های پایین با مشکلات فنی، و اقتصادی همراه خواهد بود.

همان‌طور که گفته شد، فرایند شور زدایی به مقدار انرژی زیادی احتیاج دارد و خیلی از کشورها به‌خصوص آن دسته که از کمبود آب رنج می‌برند، توانایی فراهم‌سازی انرژی مورد نیاز را ندارند. بنابراین روش شوری زدایی خورشیدی می‌تواند به‌عنوان یک راه جایگزین و مناسب همراه با تکنولوژی مؤثر و صرفه اقتصادی بکار گرفته شود. انرژی خورشید می‌تواند هم به‌صورت مستقیم و هم به شکل غیرمستقیم (با استفاده از کلکتور) برای تولید آب‌شیرین مورد استفاده قرار بگیرد.

یکی از دستگاه‌هایی که بدین‌منظور از انرژی خورشید استفاده می‌کند، حوضچه‌های تقطیر خورشیدی است. حوضچه‌های تقطیر خورشیدی عملکرد ساده‌ای دارند و سیستم سنتی شیرین‌سازی آب، که همان فرایند تقطیر می‌باشد، استفاده می‌کنند. در سال‌های اخیر سیستم‌های جدیدی ابداع شده‌اند که فرایندهای مختلف و حتی ترکیبی در آن‌ها بکار رفته‌است تا عملکرد بهتری نسبت به حوضچه‌های تقطیر خورشیدی داشته باشند. اما هنوز مشکلاتی در ارائه سیستم‌های نوین به چشم می‌خورد که از اهم آن‌ها می‌توان به رسوب‌گیری، بازده پایین و عدم توجیه اقتصادی اشاره نمود. براساس مطالعات انجام‌گرفته در شهرهایی که متوسط سالانه انرژی تابشی خورشید در آن‌ها بیش از ۲۰۰ وات بر مترمربع است و سرعت باد در آن‌ها خیلی زیاد نیست، 13 متر مکعب آب‌شیرین به‌ازای واحد سطح در طول سال را دارند.

همچنین آزمایشات انجام شده نشان داده اند این دستگاه قادر است ناخالصی هایی همچون نیترات ها، کلریدها، آهن و جامدات حل شده در آب و حتی آلودگی های میکروبی را از آب جدا کند.

مبانی اصلی آب شیرین کن های خورشیدی :

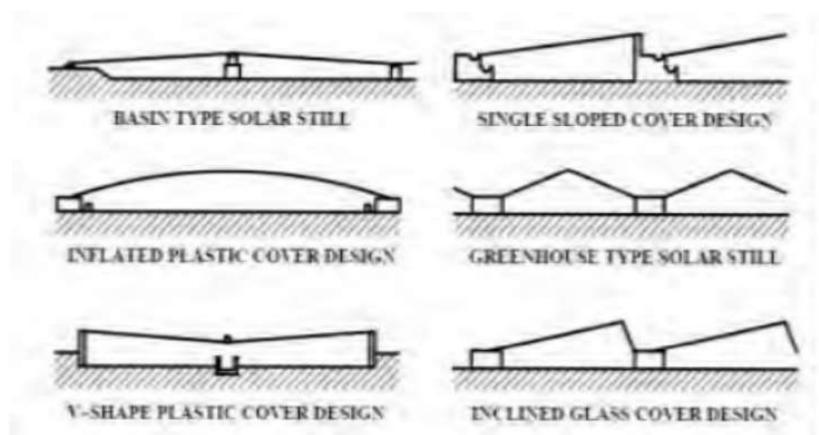
روش اصلی تقطیر کننده های خورشیدی بسیار ساده است چراکه این فرایند روزانه و به صورت مداوم در طبیعت اتفاق می افتد و آب شیرین را برای زمین فراهم می سازد . در این نوع دستگاه ها رویه به این شکل است که انرژی خورشید ابتدا آب را تا نقطه ی جوش گرم می کند و از آن پس با اضافه شدن حرارت آب تبخیر شده و بخار آب بالا می رود و روی سطح شیشه جمع می شود . سپس بخار میعان گشته و در نهایت توسط کانال هایی جمع آوری می گردند. در این روش مواد سنگینی همچون نمک از آب جدا شده و میکرو ارگانیزم های زنده از بین می روند و خروجی آبی است با درجه خلوص آب باران .

انواع سیستم های آب شیرین کن خورشیدی نوع غیر فعال:

مدل های طراحی نوع غیر فعال :

تقطیر کننده تک مرحله ای : بیشتر مطالعات صورت گرفته در زمینه آب شیرین کن های حوضچه ای بوده و به طور کلی راندمان ۳۰ درصدی دارد. بیشترین بهره وری را در اوایل ساعات بعد از ظهر، زمانی که دمای آب درونی همچنان گرم است و دمای محیط بیرون در حال کاهش است را دارا می باشد. لازم به ذکر است که این دستگاه ها بسته به نوع طراحی کاور و پوشش رویین خود به چند دسته زیر تقسیم می شوند :

الف : تقطیر کننده تک مرحله ای نوع حوضچه ای



شکل ۲- انواع طرح های پوشش حوضچه های تقطیر خورشیدی تک مرحله

ب : تقطیر کننده تک مرحله‌ای نوع ¹ Inflated plastic cover

ج: تقطیر کننده تک مرحله‌ای نوع ² Single sloped cover

د : تقطیر کننده تک مرحله‌ای نوع ³ Greenhouse

ه: تقطیر کننده تک مرحله‌ای نوع ⁴ V-shape plastic cover

و : تقطیر کننده تک مرحله‌ای نوع ⁵ Inclined glass cover

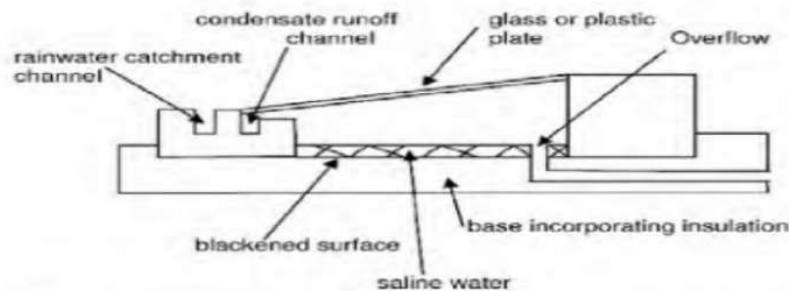
تقطیر کننده های چند مرحله ای : این دستگاه‌ها که از بیش از دو قسمت مجزا تشکیل شده‌اند؛ به گونه‌ای عمل می‌کنند که سطح کندانسور قسمت پایینی، کف قسمت بالایی است و گرمای از دست داده شده در قسمت کندانسور انرژی لازم برای تبخیر در قسمت بالایی را فراهم می‌سازد. بنابراین راندمان بالاتری نسبت به نوع تک مرحله‌ای دارد و به‌طور معمول بیش از ۳۵ درصد راندمان خواهد داشت. البته این نکته گفتنی است که در مقایسه با نوع قبلی، از پیچیدگی و مخارج بالاتری برخوردار است.

تقطیرکننده های فیتیله ای : در این مدل، آب ورودی به سیستم به‌آهستگی از یک بافت متخلخل عبور می‌کند و توسط گرمای جذب شده بافت (فیتیله) بخار می‌شود. در این مدل دو ویژگی منحصر به فرد نهفته است. ۱- این فیتیله می‌تواند متمایل باشد به‌همین دلیل آب ورودی بهتر در مقابل نور خورشید قرار می‌گیرد. ۲- در هر لحظه هاب کمتری در داخل محفظه قرار دارد و آب سریع‌تر و با دمای بیشتر گرم می‌شود.

با توجه به این‌که از میان مدل‌های فوق، نوع تقطیر کننده تک مرحله‌ای به‌نحوی مدل پایه برای تمامی گونه‌های آب‌شیرین‌کن غیرفعال است در ادامه به شرح و تحلیل این‌گونه می‌پردازیم.

ساختمان حوضچه ی تقطیر خورشیدی تک مرحله ای :

ساخت اولین دستگاه تقطیر خورشیدی به سبک متداول امروزی به سال ۱۸۷۲ برمی گردد . که توسط دانشمند سوئدی چارلز ویلسون طراحی گردید. نوع دیگر آب شیرین کن خورشیدی که در جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار گرفته بود توسط تلکس توصیف شده است . این وسیله تشکیل شده از یک پوشش شفاف پلاستیکی متورم شده (inflated) که روی سطح دریا شناور بود و همچنین از یک ظرف جاذبه سیاه که توسط آب دریا اشباع شده بود تشکیل گشته بود. تصویر برش یافته دستگاه را در شکل زیر مشاهده می نمایید آفتاب از سطح روحی پوشش شفاف پلاستیکی بر روی صفحه جاذب می تابد و آب داخل صفحه را تبخیر می کند. بخار آب به وجود آمده در سطح روی پوشش میعان شده و به سمت قسمت زیرین می لغزد و در این قسمت آب قابل شرب جمع می گردد و در نهایت توسط شیر تخلیه می گردد.



شکل ۲- انواع طرح های پوشش حوضچه های تقطیر خورشیدی تک مرحله ای

اما در مدل های امروزی طبق آنچه در شکل زیر مشاهده می شود آب شور در عمق کم یعنی عمق ۵ سانتی متر یا کمتر نگهداری شده و کف حوضچه و بغل محفظه حوضچه برای عایق بندی و درزگیری نسبت ب آب به موادی نظیر rubber poly ethylene Butry⁶ عایق بندی شده است. شیشه ی شیب دار روی یک شاسی سوار شده و برای جلوگیری از نشستی بخار بغل و اطراف آن توسط آب بندها و هوا بندها کامل گرفته شده اند.

راهگاه تخلیه در طول قسمت پایین شیشه ی شیب دار قرار گرفته و آب شیرین شده را جمع آوری و خارج از محفظه بسته آب شیرین کن انتقال می دهد. همچنین لوله ورودی به ضعف آب شیرین کن و لوله کنترل ارتفاع در شکل مشخص است . شایان ذکر است کل مجموعه و تاسیسات دستگاه در مکانی باید نصب گردد که کمترین سایه اندازی روی سیستم قرار گیرد. طول محور بزرگ آب شیرین کن هم باید در راستای محور شرقی - غربی باشد و پوشش شیشه شیب دار رو به طرف استوا جهت داده شود تا ضامن بیشتر جذب تابش خورشید باشد.

برای آب شیرین کن های خورشیدی که در مناطق استوایی قرار دارند ، این انحراف جهت، کمترین کمتر بحرانی است . به خاطر اینکه خورشید عقب و جلوی آب شیرین کن را پوشش می دهد .

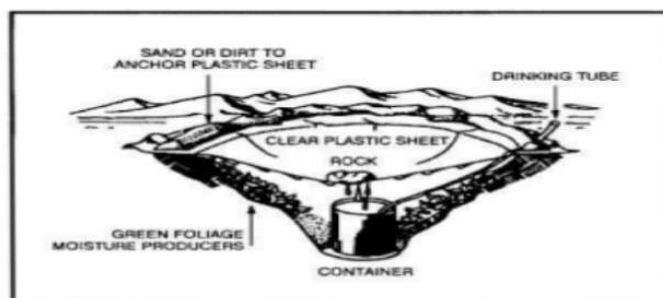
میزان تولید آب شیرین در این نوع آب شیرین کن ها به عوامل گوناگونی همچون موارد زیر وابسته است :

۱ - مقدار رطوبت موجود در هوای محفظه . هرچه این میزان رطوبت بیشتر باشد ، فرایند تبخیر با سرعت کمتری صورت می پذیرد .

۲ - وجود موادی غیر از آب در هوای محفظه . که موجب کاهش تبخیر آب می شود .

۳ - غلظت مواد محلول در آب . هرچه این مقدار بیشتر باشد، ظرفیت تبخیر کاهش می یابد .

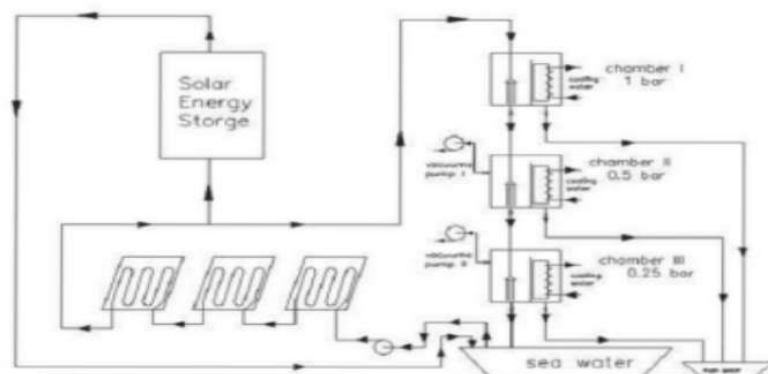
۴ - فشار . هر چه فشار داخل محفظه کمتر باشد ، نرخ تبدیل بیشتر می شود .



شکل ۳- نمونه اولین آب شیرین کن خورشیدی ساخته در سال ۱۸۷۲

فعالیت های زیادی برای توسعه و بهبود کارایی سیستم های آب شیرین کن به خصوص در زمینه تقدیر کننده های خورشیدی صورت گرفته است . به طور مثال برای افزایش دمای آب درون سیستم چندین محقق اضافه کردن کلکتور های خورشیدی به یک حوضچه تقطیر را پیشنهاد دادند . به طوری که نتایج حاکی از افزایش کارایی سیستم بعد از تغییر اعمالی بود . از سوی دیگر یکی از عوامل اصلی در پایین بودن راندمان تقدیر کننده های خورشیدی که در حدود ۳۰ - ۴۰ درصد است ، هدر رفتن گرمای نهان میعانی است که این انرژی گرمایی بدون هیچ بازیابی مجدد و تحت تاثیر محیط از سیستم خارج می شود . در حالی که طی مطالعات انجام شده ، با استفاده از گرمای نهان میعان برای پیش گرمایش آب ورودی به دستگاه و درون کندانسور نتایج موفقیت آمیز حاصل شد . همچنین محققان زیادی نیز از این گرمای نهان میعان در آب شیرین کن های چند مرحله ای ، برای فراهم ساختن گرمای مرحله بعد

، آزمایش‌های زیادی انجام دادند که نتایج حاصل؛ پیشرفت بسزایی را در کارایی کل دستگاه نشان می‌داد. سایر پژوهشگران نیز با تحقیق بر موضوع تبخیر در دماهای پایین تحت شرایط خلا نتایج مثبتی برای افزایش راندمان کسب کردند. اگرچه آن‌ها با استفاده از پمپ خلا نیازمندی سیستم به انرژی اولیه را افزایش دادند و این خود یک عامل نامطلوب در سیستم‌های خورشیدی محسوب می‌شد.



شکل ۴- نمونه امروزی آب شیرین کن خورشیدی نوع حوضچه ای

محاسبه عملکرد یک آب شیرین کن خورشیدی :

عملکرد یک سیستم آب شیرین کن خورشیدی را می‌توان از چندین روش مختلف همچون، شبیه‌سازی کامپیوتری، مدار گرمایی و نمودارهای سنگی، آنالیز گذار و دوره‌ای و روش‌های عددی و محاسباتی. در بیشتر روش‌های مذکور، روابط اصلی داخلی انتقال حرارت و جرم که توسط دانکل ارائه شده، به کار گرفته شده است. شایان ذکر است شرایط اقلیمی و منطقه‌ای همچون سرعت باد، تابش خورشیدی، دمای آسمان، دمای محیط، غلظت نمک، ساختار جلبکی آب و لایه‌های معدنی موجب اثرگذاری بالا بر روی عملکرد یک آب شیرین کن می‌شود. حال برای داشتن راندمان بالاتر در ۱ واحد معمولی راهکارهای زیر توسط محققان مختلف ارائه گردیده است.

۱ - کاهش اتلاف حرارتی از کف دستگاه

۲ - کاهش عقاب در حوضچه تبخیر

۳ - اتمام استفاده از منعکس‌کننده ها

۴ - استفاده از کندانسور های داخلی و خارجی

۵ - استفاده از زغال سنگ

۶ - استفاده از عناصر ذخیره انرژی

۷ - استفاده از اسفنج‌های مکعبی

۸ - مدل‌های چند فیتیله‌ای

۹ - به‌کارگیری سیستم خنک کاری برای کندانسور

۱۰ - حوضچه شیب‌دار

۱۱ - افزایش سطح تبخیر

این نکته مشاهده شده که در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد میزان خروجی آب شیرین‌کن می‌تواند نسبت به شرایط اقلیمی محل نصب متفاوت باشد.

بر اساس پژوهش انجام شده توسط فیلی زاده و همکاران در دانشگاه شیراز، عملکرد دو دستگاه مشابه آب شیرین‌کن حوضچه‌ای، با تفاوت به‌کارگیری شیب یک‌طرفه در یک دستگاه و شیب دو طرفه در دستگاه دیگر، مقایسه و تفسیر گردید. این پژوهش که هم بر پایه مدل‌سازی و هم با آنالیز آزمایش‌های تجربی بود مشخص کرد در طول یک شبانه‌روز، میزان تولید کلی دستگاه با شیب یک‌طرفه بیشتر از دستگاه با شیب دو طرفه می‌باشد. به‌طوری‌که به‌عنوان مثال در روز ۲۷ اردیبهشت، تولید کلی سیستم اول ۵۰۶۰ میلی‌لیتر و تولید کلی سیستم دوم ۴۶۱۰ میلی‌لیتر است. بنابراین با توجه به تولید آب بیشتر و همچنین ساخت ساده‌تر حوضچه‌های تقطیر خورشیدی با شیب یک‌طرفه، استفاده از این سیستم‌ها پیشنهاد می‌گردد.

تاثیر سرعت باد :

تاثیر سرعت مسیر باد به میزان خروجی یک دستگاه آب شیرین‌کن خورشیدی مدل گلخانه‌ای با استفاده از یک فن مورد ارزیابی قرار گرفت. در این آزمایش آب شور در دماهای ۱۰۴، ۱۳۱، ۱۵۸، ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه فارنهایت و در دامنه‌ی سرعت باد از ۰ تا ۲۶ درجه‌های ۰، ۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ درجه مورد بررسی قرار گرفت و میزان آب تولیدی ثبت گردید. بطور مثال با اندازه‌گیری خروجی برای تمامی □□□□□ ۱۶ ثبت گردید. با افزایش سرعت باد به این اندازه، نرخ میعان شدن بخار روی سطح شیشه افزایش می‌یابد که موجب سرعت بخشیدن به عملیات تبخیر و در نهایت افزایش ۲۵ درصدی خروجی می‌شود. افزایش بیش از این در سرعت باد موجب کاهش درجه آب شور شده و به تبع آن عملیات تبخیر کندتر انجام می‌شود و خروجی کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است بهترین جهت برای وزش باد بر روی سطح شیشه کندانسور زاویه ۹۰ درجه موازی می‌باشد.

نوع فعال :

سیستم عملیاتی این نوع آب شیرین کن ها از دو زیرمجموعه مجزا تشکیل شده است. به نحوی که یک سیستم برای جمع آوری انرژی از خورشید و سیستم دیگر برای انتقال انرژی جمع آوری شده به آب شیرین می باشد. به علت گستردگی و تنوع بالای سیستم های فعال تنها به شرح و تحلیل یکی از سیستم های پرکاربرد و مؤثر می پردازیم. پیش از آن بهتر است اشاره ای به مدل های موجود در این دسته داشته باشیم.

اصول کارکرد تمامی سیستم های نوع فعال را می توان به دو دسته تقسیم بندی کرد.

۱- فرایندهای تغییر فازی. که از جمله نمونه های آن می توان به multiple-effect boiling (، ⁷ multi-stage flash (MSF) ، ⁸ MFB ، ⁹ vapor compression (VC) و همچنین humidification- dehumidification (HDH) ¹⁰ اشاره کرد.

۲- فرایندهای غشایی. که به عنوان مثال به اسمز معکوس (RO) و یا الکترو دیالیز (ED) اشاره کرد.

اما از آنجاکه بیشتر توسعه و پیشرفت های صورت گرفته در این نمونه از آب شیرین کن ها مرتبط با سیستم های رطوبت زایی و رطوبت زدایی (HDH) می باشد، به شرح و تحلیل این سیستم خواهیم پرداخت .

فرآیند HDH براساس ترکیب هوا با حجم بالایی از بخار آب واقع شده است، به نحوی که ظرفیت حمل بخار در هوا با افزایش دما زیاد می شود . به عنوان مثال با افزایش دمای یک کیلوگرم هوای خشک از دمای ۳۰ درجه به ۸۰ درجه می توان ظرفیت حمل بخار آن را تا ۰/۵ کیلوگرم بالا برد. در فرآیند، هنگامی که هوای خشک با آب شور تماس حاصل می کند، مقدار مشخصی از بخار توسط هوا جذب می شود. درحالی که در مرحله بعد با تماس هوای رطوبت دیده با یک صفحه سرد، عملیات میعان صورت گرفته و رطوبت گرفته شده به شکل قطره های آب شیرین در قسمت کندانسور جمع آوری می شود. سیستم های HDH ، یک تکنولوژی خاص و مناسب برای مکان هایی است که تقاضایی برای آب به صورت متمرکز وجود ندارد . چندین خصوصیت خاص می توان برای این فرآیند در نظر گرفت . که مهم ترین آن ها انعطاف در ظرفیت تولید ، نصب و راه اندازی ارزان ، سادگی، نیاز پایین دمایی می باشند. به طور کلی در این فرآیند هوا حرارت دیده و رطوبت آب شور داغ عبوری از کلکتور خورشیدی را جذب می کند که در انتها عملیات میعان در کندانسور موجب تولید آب شیرین خواهد شد.

سیستم ذخیره برای تولید در زمان شب ، میزان آب تولیدی به بیش از ۸ لیتر در واحد مترمربع مساحت کلکتور افزایش خواهد یافت .

به منظور افزایش تولید آب شیرین مایر و همکاران استفاده از یک کلکتور متمرکز کننده را پیشنهاد دادند . آن ها با طراحی و ساخت یک کلکتور ۷ شکل ، همراه با یک ردیاب خورشید موفق شده اند که میزان تولید آب را برای یک کلکتور با سطح ۸ مترمربع ، به اندازه ی ۲۰ کیلوگرم در روز گزارش کنند. گفتنی است مطالعه انجام شده توسط محققین شامل ارزیابی فنی و اقتصادی طرح مذکور بوده است. طبق برآورد حاصل شده بازگشت سرمایه صرف شده برای احداث چنین سایت آب شیرین کنی با شرایط اقلیمی کشور انگلستان به اندازه ی ۶ سال خواهد بود.



شکل 6- آب شیرین کن خورشیدی

نتیجه گیری :

آنچه بیان شد مروری بود بر انواع سیستم های آب شیرین کن خورشیدی و شرح و تحلیل دو نوع رایج آن ها . بدون شک ترکیب دو منبع طبیعی و قابل دسترس همچون انرژی خورشیدی و آب دریا می تواند مهمترین عامل تولید آب شیرین و سلامت برای هر منطقه باشد از مهمترین فاکتورهای طراحی و انتخاب یک سیستم خوب و مناسب می توان به موارد زیر اشاره کرد:

تطابق هر چه بهتر یک فرایند نمک زدایی با یک واحد خورشیدی

ضریب عملکرد یک سیستم

مقدار آب شیرین مورد نیاز

وضعیت شوری آب ورودی

هزینه کلی سیستم

مقدار فضای مورد نیاز

انرژی خورشید چه به صورت گرما توسط کلکتورهای خورشیدی و یا در حالت انرژی الکتریکی توسط صفحات فتوولتائیک و نیروگاه‌های برق خورشیدی می‌تواند به صورت مفید مورد استفاده قرار گیرد. انتخاب یک سیستم حرارتی خورشیدی می‌تواند به عوامل گوناگونی وابسته باشد، آنچه در جدول زیر قرار دارد مقایسه‌ای پیرامون گونه‌های رایج در بازار می‌باشد.

<p>این نوع کلکتورها با صفحه‌ی جاذب مشکی رنگ، تنها برای نیازهای حرارتی پایین و مناطقی که تعداد روزهای آفتابی و فضای نصب زیادی دارند کاربردی است. اگر در ساخت این صفحات از صفحات selective استفاده شود می‌توان عمر و کارایی بیشتری از سیستم انتظار داشت. در حالی که همچنان نیاز بالایی به یک واحد ذخیره‌ی حرارتی خواهند داشت.</p>	<p>کلکتورهای تخت</p>
<p>این نوع از کلکتورها حتی در روزهای ابری جذب انرژی بالایی دارند. کارایی آنها نسبت به بهترین نوع کلکتورهای تخت بالاتر خواهد بود و مدت زمان بیشتری کارایی دارند. اما از سوی دیگر هزینه قابل توجه تری را شامل می‌شوند.</p>	<p>کلکتورهای تیوبی تحت خلاء</p>
<p>این مدل از کلکتورها کارایی بیشتری نسبت به دو نوع قبلی دارند، اما هیچ گونه دریافتی را در شرایط ابری و یا از تابش پخشی (diffuse) در روزهای صاف نخواهد داشت. علاوه بر مشکل ذخیره حرارتی، هزینه کارکرد و نگهداری این</p>	<p>کلکتورهای ردیاب سیلندری</p>

<p>این مدل از کلکتورها کارایی بیشتری نسبت به دو نوع قبلی دارند، اما هیچ گونه دریافتی را در شرایط ابری و یا از تابش پخشی (diffuse) در روزهای صاف نخواهد داشت. علاوه بر مشکل ذخیره حرارتی، هزینه کارکرد و نگهداری این سیستم به دلیل استفاده از یک ردیاب خورشید در ساختار آن بسیار بالا خواهد بود.</p>	<p>کلکتورهای ردیاب سیلندری</p>
<p>این دسته از کلکتورها بایستی حتما از یک ردیاب دو محوره برای جذب نور خورشید بهره مند باشند. گفتنی است که دمای تولیدی در این نوع کلکتورها بیش از حد مورد نیاز برای فرآیند شیرین سازی آب می باشد.</p>	<p>کلکتورهای متمرکز کننده سهموی</p>
<p>استخرهای خورشیدی می توانند درجه حرارتی تا 90 درجه سانتیگراد ایجاد کنند. اگرچه آنها برای سایتهای کوچک صرفه اقتصادی ندارند، ولی می توانند نیاز سیستم به یک مکانیزم ذخیره حرارتی را از بین ببرند.</p>	<p>استخرهای خورشیدی</p>