

طراحی دستگاه تولید آب از رطوبت هوا با TEC و سلول خورشیدی، به منظور استفاده در یگانهای دور افتاده

رسول امیرخانی^۱، مهدی افسر^۲، حسن توکلی^۳، مهدی غلامپور^۴

چکیده

در زمینه تولید آب از رطوبت هوا، طراحی دستگاه TEC، به منظور استفاده در یگانهای دورافتاده بسیار حائز اهمیت است. این دستگاهها با استفاده از فناوری ترموالکتریک، قادر به جذب رطوبت موجود در هوا و تبدیل آن به آب پاک و قابل استفاده می باشد. در این تحقیق، دستگاهی با ابعاد 20cm×20cm×10cm تهیه شده است. در روی ظرف باکس یک فن جهت رفت و آمد هوا نصب گردید. همچنین دو heat sink cooling fan برای مبرد سازی بیشتر به منظور افزایش تولید آب، روی در باکس، دیده شده است. این سیستم کولینگ با تعدادی لوله مسی (سیکل بسته که داخل آن آب در حال حرکت است) در تماس با یک سطح از TEC قرار می گیرد و سطح دیگر آن در تماس با هوای مرطوب است. دلیل اصلی انتخاب آن، ظرفیت حرارتی بالای آب می باشد که گرمای یک سمت TEC را به خوبی به خود جذب می کند و سمت دیگر آن را تا حد امکان سرد نگه می دارد و این اقدام موجب تولید هر چه بیشتر آب می گردد. در ضمن صفحه پایین هر heat sink یک ترموالکتریک با توان هر کدام ۱۲۰ وات (در مجموع دو TEC) دیده شده است. وظیفه تامین برق کل سیستم نیز با دو عدد پاوربانک می باشد که این پاوربانکها با صفحه خورشیدی ۳۰ واتی شارژ می گردد. خروجی آب دستگاه نیز به شرح روبرو است: در هوای زمستان استان تهران با رطوبت نزدیک به ۵۰ درصد و ۸۰ درصد (در مدت زمان ۵ ساعت) به ترتیب مقدار ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی لیتر آب (از رطوبت هوا) استخراج گردیده است.

واژه های کلیدی:

آب، ترموالکتریک، مکان های دورافتاده، رطوبت هوا.

^۱ استادیار گروه فیزیک و شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه امام علی، تهران، ایران

^۲ نویسنده مسئول: دپارتمان مهندسی شیمی، واحد جنوب، دانشگاه آزاد، تهران، ایران

^۳ استادیار گروه فیزیک و شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه امام علی، تهران، ایران

^۴ استادیار گروه فیزیک و شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه امام علی، تهران، ایران

مقدمه و بیان مسئله

تغییرات اقلیمی منجر به اثرات متعددی بر سیستم‌های طبیعی و انسانی در تمام قاره‌ها و بدتر شدن شرایط زندگی شده است (Baglivo, 2021). آب یک منبع حیاتی برای زندگی انسان است، اما با گذشت زمان این منبع به تدریج در حال کاهش است و به یکی از چالش‌های اصلی توسعه پایدار در چارچوب تغییرات اقلیمی تبدیل شده است (Huang, Z, 2021). این پدیده باعث ایجاد مشکلات اجتماعی و زیست محیطی بسیاری از جمله کمبود آب آشامیدنی (Vörösmarty, J, 2010)، کاهش بهره‌وری کشاورزی (Gerten, D, 2011) و کاهش کیفیت آب (Liu, J, 2016) شده است و خروجی آن منجر به پیامدهای جدی در روند توسعه اجتماعی و اقتصادی نیز می‌شود. (Hejazi, M.I, 2014) صرفه جویی در مصرف آب برای تضمین پایداری دسترسی به آب در مناطق مسکونی و مناطق دوردست، اهمیت فزاینده‌ای پیدا می‌کند (Congedo, P.M., 2021). از علل اصلی کمبود آب می‌توان به رشد سریع جمعیت، عدم برنامه‌ریزی کافی دولت‌ها، حضور بسیاری از جوامع روستایی به دور از منابع آب معمولی شهری و افزایش هوای گرم و خشکسالی اشاره نمود. شناسایی راهکارهای موثر برای مقابله با این بحران در سده‌ی حاضر، ضروری است. (Congedo, P.M, 2021) نظر به افزایش جمعیت و اینکه نیاز به آب برای رفع تشنگی به موازات آن افزایش خواهد یافت، این موضوع اهمیت موضوع تأمین آب را دو چندان خواهد کرد. (بازیار و همکاران، ۱۳۹۵) با این اوصاف روش‌های مختلفی برای تأمین آب در نظر گرفته شده است. از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

- سرمایش تشعشی
- جابجایی اجباری هوا در یک سازه مخصوص
- جمع‌آوری مه
- استفاده از سرمایش زمین
- سیکل تبرید
- تولید آب با سرمایش ترموالکتریکی (شایان حاجی نجف، ۱۳۹۹)



شکل (۱): تولید آب با استفاده از ترموالکتریک

صالحی و همکاران (Salehi, A.A, 2020) یک مرور کلی از برجسته‌ترین فناوری‌های نوظهور برای تولید آب را انجام داده است. هر چند فن‌آوری‌های جدید حوزه‌ی آب به نسبت دستگاه‌های قدیمی، نوآورانه، مقرون به صرفه‌تر و قابل حمل‌تر است (Lundqvist, J, 2019)، با این حال، مصرف انرژی آن‌ها هنوز خیلی زیاد باشد که منجر به فشارهای زیست‌محیطی زیادی می‌شود. (Vakilifard, N, 2018)

یک پیشرفت مهم با پتانسیل قوی برای مقابله با مشکل کمبود آب، دستگاه تولید آب از رطوبت هوا (AWG^1) است که امکان تولید آب از هوا را فراهم می‌کند. به طور خاص، AWG ها مولکول‌های آب را از هوا استخراج می‌کنند که منجر به تغییر فاز از بخار به مایع می‌شود (Wahlgren, R.V., 2001).

شوریده و همکاران. (Shourideh, A.H., 2018) یک نمونه اولیه AWG در مقیاس کوچک را با استفاده از اثر Peltier برای خنک کردن پیشنهاد کرد. در این مطالعه، راندمان تولید آب با افزایش رطوبت نسبی، افزایش پیدا می‌کند. پارامتر دیگر، افزایش جریان

¹ Atmospheric Water Generator

ترموالکتریک کولر (TEC^1) است و این اقدام موجب افزایش نرخ تولید آب می‌گردد و در نتیجه مصرف انرژی بالاتر در نتیجه کاهش ضریب عملکرد می‌شود. (Paolo Maria Congedo, 2021) ضعف این مطالعه در مصرف بالای انرژی است و این موضوع در مطالعات حاضر تا حدودی دیده و رفع گردیده است.

در آزمایش ریاحی (Riahi, 2021) روش AWG (Atmospheric Water Generator) شیوه کلی استخراج آب از رطوبت هوا است. این شیوه به صورت نوین و در ابعاد متوسط آن با نام MSAWG (Medium-Scale AWG) نام گذاری شده است. استخراج آب از رطوبت هوا در دو بازه‌ی ۲۴ ساعت و ۴۸ ساعت مورد مطالعه قرار گرفت.

وسایل زیر در این روش مورد استفاده قرار گرفت:

- ۱۸ عدد ترموالکتریک کولر (TEC)
- ۱۸ عدد internal finned heat sinks
- ۱۸ عدد external finned heat sinks
- ۱۸ عدد فن خنک کننده با ظرفیت برق DC
- تهویه‌ی هوا به همراه فن
- یک عدد فن جهت تهویه هوا

در این آزمایش مشخص شد، در زمان شب و اول صبح، بیشترین بازده مربوط به استخراج آب از رطوبت هوا با استفاده از MSAWG می‌باشد. زیرا در این زمان، مقدار دمای هوا پایین و نرخ رطوبت هوا بالاتر است. در نهایت در خروجی طرح، مقدار 3.432 لیتر در ۲۴ ساعت و مقدار 6.997 لیتر در ۴۸ ساعت مقدار خروجی آب گردید. در ضمن توانست استانداردهای WHO در خصوص آب آشامیدنی را اخذ نماید. نگرانی اصلی در این دستگاه مقدار انرژی زیاد مصرفی در قبال آب تولیدی است. تلاش شده است با ارائه تمهیداتی این موضوع در مطالعه جدید رفع گردد.

در آزمایشی دیگر، لیو و همکاران (Liu, S., 2017) یک ژنراتور آب قابل حمل با دو خنک کننده ترموالکتریک (TEC) پیاده سازی کردند. نتایج نشان داد که با افزایش RH^2 (رطوبت نسبی) مقدار آب تولید شده و سرعت تراکم افزایش می‌یابد. این سیستم اندازه کوچکی داشت و می‌توانست با جریان هوای کوچک کار کند که برای کاربردهای بیرونی مناسب بود. (Yildirim, C., 2014) (Milani, D., 2014) و ضعف آن تامین مقدار کم آب می‌باشد.

روش دیگر جمع آوری آب، استفاده از دمای خاک است. در این روش فرآیند ساده ای برای تولید آب از هوای مرطوب در نظر گرفته شده است. در این متد، هوا از طریق سیستم ورودی، به زیر زمین هدایت می‌شود و به دلیل دماهای مختلف بین بخش‌های سطحی و زیرزمینی، به سرعت سرد می‌شود و آب در مخازن زیرزمینی ذخیره می‌شود. از این آب می‌توان برای مقاصد کشاورزی و آبیاری استفاده نمود. (Lindblom, J., 2006) (Lindblom, J., 2007) و نقطه ضعف مطالعه حاضر ابعاد بزرگ دستگاه است.

در مطالعه آلنزی، توسعه و بهینه سازی دستگاه مبتنی بر خنک کننده ترموالکتریک (TEC) برای تولید آب از رطوبت هوا مدنظر قرار گرفته است. (Alenezi, 2023) در این مطالعه، با تجزیه و تحلیل عددی، مدل سازی و شبیه سازی انجام گرفته است و همچنین، شرایط مرزی مانند دمای هوای ورودی، رطوبت نسبی، دمای سطح خنک کننده و سرعت هوای ورودی در نظر گرفته شده است. این آزمایش در شرایط کنترل شده انجام شد و اثربخشی دستگاه نیز تحت شرایط آب و هوای واقعی آزمایش شده است. نمونه اولیه برداشت آب اتمسفر با یک TEC برای ارزیابی پارامترهای جریان متراکم هوا، بر مقدار آب تولید شده با استفاده از هر دو روش تجربی و عددی بررسی گردید. این مطالعه نشان داد که برداشت آب از اتمسفر با یک خنک کننده ترموالکتریک می‌تواند با میزان بخار آب موجود در هوا رابطه مستقیم داشته باشد. علاوه بر این، یافته‌های تجربی نشان داد که دمای نقطه شبنم با افزایش رطوبت نسبی افزایش می‌یابد و نیز دمای سطح خنک کننده با افزایش دمای هوای اتمسفر افزایش می‌یابد. آب تولید شده زمانی جمع آوری شد که دمای سطح خنک کننده کمتر از دمای نقطه شبنم بود. مطالعات آینده می‌تواند این تحلیل را به تکنیک‌های دیگری مانند مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای برای تعیین مؤثرترین روش برای تولید آب از میعان آب موجود در هوا را گسترش دهد. مزیت دستگاه Peltier قابل حمل بودن و سازگاری با محیط زیست است و نیز از نظر میزان آب جمع آوری شده، به صرفه و کارآمد است. با این حال، اگر مطالعات آینده این جهت را اتخاذ کنند، مصرف برق ممکن است یک مانع باشد. با این وجود، میعان آب به عنوان تابعی از سرعت جریان هوا و جریان برداشت آب از هوای مرطوب با استفاده از خنک کننده‌های TEC مورد مطالعه قرار گرفت و امکان استفاده از فناوری‌هایی مانند خنک کننده TEC در سیستم‌های برداشت آب جوی اشاره کرد. (Alenezi, 2023) به نوعی مطالعه حاضر نیز، ادامه روند مطالعه آلنزی می‌باشد.

روند انجام این پروژه با در نظر گرفتن مطالعه (Alenezi, 2023) و اعمال تغییرات در آن به منظور بهبود راندمان تولید آب و کاهش مصرف انرژی می‌باشد. نظر به رویکردهای مختلف در تأمین آب، (با در نظر گرفتن بازده روش‌ها، هزینه‌های تأمین قطعات) روش‌های

¹ Thermoelectric Cooler

² Relative Humidity

فوق مطرح گردید. در این مقاله دستگاه ترموالکتریک برای استخراج آب از رطوبت هوا مورد بحث قرار گرفته است. همچنین به مزایا و معایب این روش و همچنین چالش‌های پیش روی در اجرای آن پرداخته می‌شود. در نهایت، پیشنهاداتی را برای بهبود این فناوری و کارآمدتر کردن آن ارائه شده است.

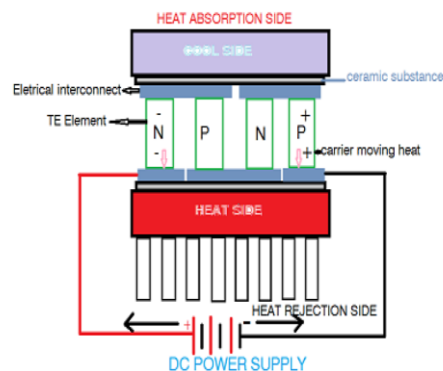
سوال اصلی پژوهش حاضر، این است که از روش‌های تأمین آب چرا تأمین آب با ترموالکتریک انتخاب شده است؟ و میزان تولید آب در دستگاه ساخته شده، چه مقدار است؟

پیشینه تحقیق و مبانی نظری

مبانی نظری

ترموالکتریک کولر

یک سیستم خنک‌کننده معمولی شامل سه بخش اصلی اواپراتور، کمپرسور و کندانسور است. TEC همچنین دارای برخی از قطعات مشابه است. انرژی (گرما) توسط الکترون در اتصال سرد جذب می‌شود، زیرا آنها از سطح انرژی کم در عنصر نیمه‌هادی نوع P به سطح انرژی بالاتر در عنصر نیمه‌هادی نوع N منتقل می‌شوند. این منبع تغذیه است که انرژی لازم برای حرکت این الکترون‌ها را در سیستم فراهم می‌کند. در محل اتصال داغ، با حرکت الکترون‌ها از یک عنصر سطح انرژی بالا (نوع N) به یک عنصر سطح انرژی پایین‌تر (نوع P) انرژی به سمت heat sink دفع می‌شود. (Kumaraswami, 2017)



شکل (۲): ماژول یک ترموالکتریک (Kumaraswami, 2017)

عملاً نحوه چیدمان ترموالکتریک‌ها، در یک ماژول، (با رویکرد الکتریکی) به صورت سری و (با رویکرد حرارتی) به صورت موازی وصل می‌شوند تا یک خروجی مطلوب، به دست آورند اما استفاده از چنین دستگاهی در زمانی که با مصرف توان بالا، خروجی مطلوب ندهد، ناخوشایند خواهد بود. ماژول‌هایی با توجه به انواع اندازه‌ها، شکل‌ها، ولتاژ-جریان عملیاتی و محدوده ظرفیت پمپاژ حرارتی در بازار موجود هستند. با این حال، روند فعلی به سمت تعداد بیشتری از ترموالکتریک‌ها است که در جریان‌های پایین‌تر کار می‌کنند. قبل از انتخاب یک دستگاه کارآمد، برخی از پارامترها باید تعیین شوند. اینها هستند: (Tiwari, S., 2016)

TC: دما در سطح سرد.

TH: دما در سطح داغ.

این TH شامل دو پارامتر اصلی است:

(۱) کارایی دستگاه یعنی بین سطح داغ TEC و محیط.

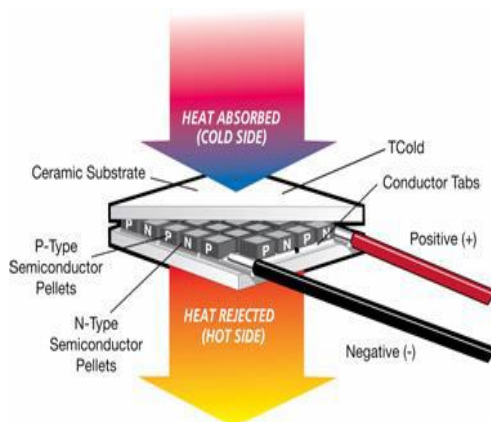
(۲) دمای محیطی که گرما به آن دفع می‌شود.

QC: گرمایی که باید در سطح سرد جذب شود.

جسمی که قرار است خنک شود به طور نزدیک با سطح سرد TEC محصور می‌شود، بنابراین دمای آن جسم شروع به کاهش می‌کند تا زمانی که با دمای سطح سرد TEC برابر شود.

اکنون ΔT را می‌توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$\Delta T = T_H - T_C$$



شکل (۳): سیستم جذب و دفع حرارت ترموالکتریک (Tiwari, S., 2016)

صفحه خورشیدی

صفحات خورشیدی دستگاه‌هایی هستند که انرژی نور خورشید را به الکتریسیته تبدیل می‌کنند. آنها یکی از راه‌های اصلی تولید انرژی تجدیدپذیر هستند و در طیف گسترده‌ای از کاربردها از جمله تولید برق خانگی و تجاری، برق رسانی به زیرساخت‌ها و نیروگاه‌های برق خورشیدی بزرگ استفاده می‌شوند. (M. A. Green., 2023)

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی در فناوری صفحات خورشیدی حاصل شده است که منجر به افزایش بازده، کاهش هزینه و بهبود قابلیت اطمینان شده است. این پیشرفت‌ها به دلیل عوامل مختلفی از جمله بهبود مواد و طراحی سلول‌های خورشیدی، توسعه فناوری‌های جدید تولید و افزایش رقابت در بازار صفحات خورشیدی حاصل شده است.

پیشرفت‌های اخیر در فناوری صفحه خورشیدی:

افزایش بازده:

یکی از مهم‌ترین پیشرفت‌های اخیر در فناوری صفحه خورشیدی، افزایش بازده است. بازده صفحات خورشیدی به میزان انرژی خورشیدی که به الکتریسیته تبدیل می‌شود، اشاره دارد. بازده صفحات خورشیدی در حال حاضر به بیش از ۲۰ درصد رسیده است که نسبت به ۱۰ سال پیش پیشرفت قابل توجهی است.

کاهش هزینه:

یکی دیگر از پیشرفت‌های مهم در فناوری صفحه خورشیدی، کاهش هزینه است. هزینه صفحات خورشیدی در طی چند سال گذشته به طور قابل توجهی کاهش یافته است. این امر به دلیل عوامل مختلفی از جمله بهبود فناوری تولید، افزایش مقیاس تولید و رقابت در بازار صفحات خورشیدی حاصل شده است.

بهبود قابلیت اطمینان:

صفحات خورشیدی نیز در حال بهبود قابلیت اطمینان هستند. قابلیت اطمینان به طول عمر و عملکرد یک صفحه خورشیدی اشاره دارد. صفحات خورشیدی مدرن به طور معمول عمری بیش از ۲۰ سال دارند. (Kumar., 2022)

محاسبات مدنظر برای استخراج آب از رطوبت هوا

یکی از اهداف از همان اول این پروژه بدست آوردن دمای نقطه شبنم و کنترل دما به منظور استفاده از انرژی دقیق برای متراکم کردن آب است که باید کنترل دقیق دمای سمت سرد انجام شود.

معادله این است:

$$T_{dp} = (Hr/100)^{1/8} \cdot (112 + 0.9T_a) + 0.1T_a - 112$$

در جایی که T_{dp} (°C) دمای نقطه شبنم است، Hr (٪) رطوبت نسبی و T_a (°C) دمای رطوبت هوای محیطی است که باید متراکم شود، یعنی هوای اتاق سرد.

مقدار گرمای قابل جذب توسط TEC متناسب با جریان و زمان است.

$$W = P \cdot I \cdot t$$

در اینجا P ضریب Pletizer است، I جریان و t زمان است. (Mehta, P, 2012)

پیشینه‌های پژوهش

جدول (۱) پیشینه تحقیقات انجام شده

کشور	اهداف	افق زمانی	روش‌شناسی‌ها
مالزی	تأمین آب برای آسیای جنوب شرقی، آفریقای شرقی، آفریقای مرکزی، آفریقای غربی، کارائیب، آمریکای مرکزی و آمریکای جنوبی	در حال انجام با افق بلندمدت	با ترموالکتریک کولر
هندوستان	تأمین آب برای ۱.۲ میلیارد نفری که به آب شرب دسترسی ندارند.	در حال انجام با افق بلندمدت	با ترموالکتریک کولر
ایران	-	بکر بودن در ایران	-

روش‌شناسی پژوهش و یافته‌ها

روش اجرای پژوهش روش تولید آب با ترموالکتریک می‌باشد.

در این پروژه، وسایل زیر جهت تامین آب از رطوبت هوا مورد استفاده قرار گرفته است:

- ترموالکتریک: دو عدد المان خنک کننده سرامیکی ترمو الکتریک مدل TEC1-12710 با میزان آمپر 10A و با ولتاژ کاری ۱۲ ولت
- هیت سینک: دو عدد (۱). به رنگ سفید با ابعاد ۱.۵x۵x۵ میلی‌متر و ۲. به رنگ طلایی با ابعاد ۱۱x۴۰x۴۰ میلی‌متر)
- Heat sink cooling fan (خنک کننده پردازنده گرین مدل NOTUS-95 PWM): دو عدد (دارای فن، هیت سینک روی فن و لوله مسی متصل به هم که حاوی آب به عنوان سیال خنک کننده است).
- سلول خورشیدی: یک عدد ۳۰ وات
- پاوربانک: دو عدد، جهت ذخیره انرژی تولیدی از سمت سلول‌های خورشیدی
- فن: جهت تهویه‌ی هوای داخل باکس (برای هوای گرم جهت تهویه هوا استفاده شود).
- باکس: جهت نگهداری کلیه تجهیزات داخل آن (طول: ۲۰ سانتی متر، عرض: ۲۰ سانتی متر و ارتفاع: ۱۰ سانتی متر)
- پلیت داخل باکس، به همراه سوراخ گودال گونه: جهت جمع آوری آب داخل باکس
- سیم کشی: به دو منظور، این اقدام انجام شده است.
- اقدام اول: اتصال صفحه‌های خورشیدی به پاوربانک‌ها جهت شارژ پاوربانک‌ها
- اقدام دوم: جهت اتصال پاوربانک به ترموالکتریک، فن‌های داخل سیستم و خنک کننده پردازنده
- دکمه‌های قطع و وصل: جهت برقراری و قطع جریان برق
- سری سوسماری: جهت اتصال بهتر device ها به هم
- خمیر سیلیکون: جهت انتقال بهتر حرارت
- پاوربانک ۲۰ هزار میلی آمپر ساعت: ۲ عدد



شکل (۴): دستگاه Heat sink cooling fan

مونتاژ کردن قطعات و ساخت دستگاه

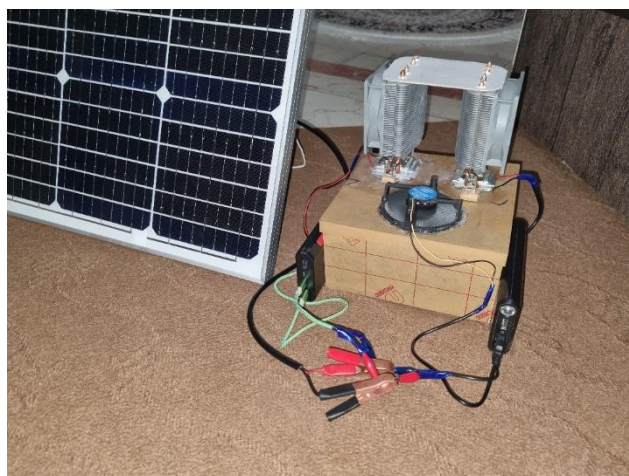
ابتدا باکس با ابعاد (طول: ۲۰ سانتی متر، عرض: ۲۰ سانتی متر و ارتفاع: ۱۰ سانتی متر) به همراه دری روی آن، به صورت جدا، تهیه گردید. در داخل باکس، حفره ای به منظور جمع آوری آب، تعبیه شده است.

در روی باکس، یک عدد فن به منظور تهویه هوا در فصول گرم تعبیه گردیده است. (توصیه می‌گردد، تا حد امکان در روی باکس به صورت چسبیده به بدنه باشد و تهویه هوای داخل آن، از محل فن، صورت پذیرد.) در سمت دیگر از در باکس، دو عدد Heat sink cooling fan قرار دارد. این سیستم خنک کننده حاوی: سیم مسی، فن و هیت سینک است. در انتهای این سیستم کولینگ (بخش متصل به سیم‌های مسی)، یک پللیت مسی تعبیه شده است. این پللیت مسی در معرض صفحه گرم ترموالکتریک قرار می‌گیرد و سمت دیگر ترموالکتریک نیز، یک هیت سینک، نصب گردیده است. (در هر دو طرف ترموالکتریک، یک خمیر سیسیلیکن جهت انتقال بهتر حرارت وجود دارد.) چنین آرایشی برای هر دو سیستم Heat sink cooling fan در نظر گرفته شده است. جهت ذخیره برق، دو عدد پاوربانک ۲۰ هزار میلی آمپر ساعت در نظر گرفته شده است. یکی از این پاوربانک برای یک سیستم خنک کننده و ترموالکتریک و پاوربانک دیگر نیز به همین منظور طراحی شده است. در ضمن، فن تهویه نیز، توسط یک کابل، به پاوربانک‌ها، وصل شده است. (جهت نگهداری هر دو پاوربانک در یک محل، یک باکس مقوایی در نظر گرفته شده است. این باکس جهت حفظ یکپارچگی سیستم و کم‌ترین تکانه بابت جابه جایی جعبه بزرگ حاوی کل قطعات سیستم در نظر گرفته شده است.) حد فاصل پاوربانک تا خنک کننده‌های پردازنده، فن و ترموالکتریک‌ها، کابل کشی شده است. جهت حفظ یکپارچگی سیستم کلیدهایی روی دستگاه در نظر گرفته شده است. (کلید اول از سمت فن تهویه، برای Heat sink cooling fan و دو کلید دیگر برای هر کدام از ترموالکتریک‌ها منظور شده است.) با قطع و وصل نمودن کلیدها می‌توان، برق خنک کننده پردازنده و ترموالکتریک‌ها را برقرار یا قطع نمود.



شکل (۵): دستگاه استخراج آب

از طرف دیگر صفحه خورشیدی (با توان ۳۰ وات) توسط کابل‌های متصل به آن، به پاوربانک (جهت شارژ آن) وصل می‌گردد.



شکل (۶): اتصال صفحه خورشیدی به پاوربانک‌ها

در داخل ظرف نیز یک plate شیب دار، همراه با حفره ای داخل آن و یک پوشش آلومینیومی در نظر گرفته شده است. در زیر حفره، یک کاسه، جهت جمع آوری آب، تعبیه شده است.

دلیل اصلی استفاده از سیستم‌های خنک کننده پردازنده، این است که فن، به دسته ای از لوله‌های مسی متصل شده است و از سمت دیگر در معرض صفحه گرم ترموالکتریک قرار دارد. لازم به ذکر است در داخل این لوله‌های مسی نیز آب جریان دارد. آب به علت ظرفیت حرارتی بالا (برابر با 4.2 kJ/kgK) حرارت را به خوبی در خود جذب می‌کند. این ظرفیت حرارتی بالا، موجب جذب گرما توسط آب و انتقال آن به لوله‌های بالایی می‌گردد. این لوله‌ها، در معرض باد فن قرار دارد و فن موجب خنک شدن آب و لوله‌های مسی

می‌گردد. در ضمن لوله‌های مسی نیز به سرعت، حرارت را در سرتاسر خود (از ترموالکتریک تا فن) منتقل می‌کند و به این صورت، سرمایش ناشی از باد فن نیز شامل دمای صفحه گرم ترموالکتریک می‌گردد. چون ترموالکتریک با دریافت برق، اختلاف دما تولید می‌کند. در این صورت هر چقدر، مقدار دمای صفحه گرم کاهش داده شود، مقدار دمای صفحه سرد کم‌تر می‌گردد و به این معناست که می‌تواند حتی تا دمای منفی نیز در صفحه سرد تولید گردد. (حداکثر دمای صفحه سرد ترموالکتریک برابر با 30°C- می‌تواند، باشد).

با توجه به کاهش دمای زیاد در مقدار ۰ درجه سلسیوس، احتمال تشکیل قطرات آب به وجود می‌آید، زیرا که در فرآیند میعان شدن، هوای حاوی بخار آب در معرض صفحات هیت سینک سرد قرار گرفته و موجبات تولید آب روی صفحات هیت سینک را فراهم می‌کند. آب روی Plate موجود در داخل باکس ریخته و چون این Plate با شیب اندکی به سمت مرکز (حفره) است. آب به سمت حفره و ظرف آب حرکت می‌کند.

این آب به علت اینکه از هوا استخراج شده است، قابل آشامیدن است.

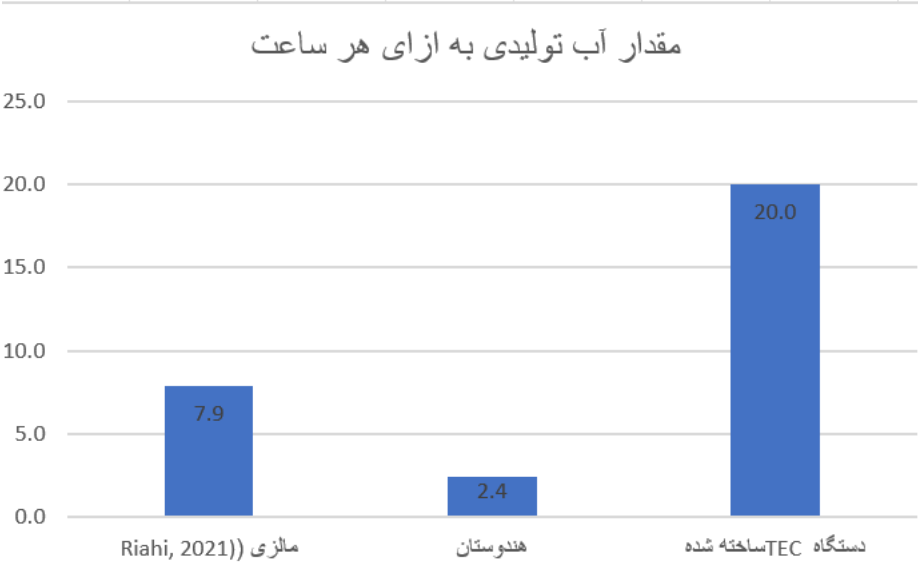
در نهایت این پژوهش به علت داشتن جنبه‌های زیر حائز اهمیت است:

- کارایی و بازدهی بالا نسبت به سایر روش‌های استخراج آب
- عدم نیاز به منابع آبی
- عدم نیاز به منابع انرژی فسیلی
- عدم نیاز به شبکه برق شهری
- قابل استفاده در مناطق خشک و بدون آب
- تامین آب در کشورهایی همچون کشور ایران، از اهمیت به سزایی برخوردار است.
- این پژوهش به علت، به روز بودن مورد توجه قرار گرفته است.
- در ابعاد آب کوچک‌تر به نسبت سایر فناوری‌ها می‌تواند آب تولید کند.
- مقالات آن در سال‌های اخیر رشد قابل توجهی داشته است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جدول (۲) تعداد TEC به همراه میزان آب تولیدی

ردیف	کشور	تعداد TEC	مقدار تأمین آب (میلی لیتر)	مقدار تأمین آب در یک ساعت (میلی لیتر)
۱	مالزی (Riahi, 2021)	۱۸	۳۴۰۰ (رطوبت ۸۰٪ و ۲۴ ساعت)	۷.۹
۲	هندوستان	۱۰	۲۴۰ (رطوبت ۹۰٪ و ۱۰ ساعت)	۲.۴
۳	دستگاه TEC ساخته شده	۲	۱۰۰ (رطوبت ۵۰٪ و ۵ ساعت)	۲۰



نمودار (۱): میزان تولید آب در تحقیق و مقایسه با سایر سیستم‌های تولیدی در کره زمین

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

استخراج آب توسط ترموالکتریک از رطوبت هوا، یک فناوری جدید است که می‌تواند برای استخراج آب از هوا استفاده شود. این روش به دلیل مزایای بی‌شماری که نسبت به روش‌های سنتی استخراج آب دارد، روزبه‌روز محبوب می‌شود. فرآیند ترموالکتریک از اختلاف دما بین دو سطح برای تولید الکتریسیته استفاده می‌کند که سپس یک فن را به حرکت در می‌آورد که رطوبت را از هوا خارج می‌کند. این فرآیند بسیار کارآمد است و تأثیر زیست محیطی کمی دارد، و آن را به گزینه‌ای جذاب برای کسانی تبدیل می‌کند که به دنبال راهی کارآمد برای به دست آوردن آب در مناطقی هستند که منابع سنتی ممکن است محدود یا در دسترس نباشند. علاوه بر این، این فناوری را می‌توان در هر دو محیط شهری و روستایی مورد استفاده قرار داد، و آن را حتی همه‌کاره‌تر و مفیدتر می‌کند.

در دستگاه موجود، مقدار آب تولیدی در مدت زمان ۵ ساعت در آب و هوای تهران (در فصل زمستان) با رطوبت در حدود ۵۰ درصد، برابر با ۱۰۰ میلی لیتر به دست آمده است و این نشانگر، بهره‌وری بالای آن، به نسبت طرح‌های موجود در سایر کشورهای مذکور است. در صورتی که در اشل صنعتی این طرح تولید گردد، می‌تواند بخشی از نیازهای نیروهای نظامی را تامین نماید. در ضمن در صورتی که این طرح، در مناطق گرمسیر و با رطوبت بالا استفاده گردد، مقدار آب تولیدی آن نیز افزایش می‌یابد.

در صورتی که تعداد ترموالکتریک با سیستم های fan cooling دو برابر گردد، مقدار آب تولیدی ۲ برابر خواهد شد و نیز در صورتی که مقدار رطوبت هوا به میزان ۱۰ درصد افزایش یابد، در خروجی همین سیستم و با همین درجه دما ۳۰ درصد افزایش مقدار آب وجود خواهد داشت.

در نمونه موفق این موضوع در مالزی، موارد زیر مورد بررسی واقع شد و نتایج جالبی در خصوص استخراج آب از رطوبت هوا به دست آمد.

منابع

- Alenezi, A., Jung, H.-H., and Alabaiadly, Y., “Experimental and Numerical Analysis of an Atmospheric Water Harvester Using a Thermoelectric Cooler”, Atmosphere, vol. 14, no. 2, p. 276, 2023
- Baglivo, C. Dynamic Evaluation of the Effects of Climate Change on the Energy Renovation of a School in a Mediterranean Climate. Sustainability 2021, 13, 6375
- Huang, Z.; Liu, X.; Sun, S.; Tang, Y.; Yuan, X.; Tang, Q. Global assessment of future sectoral water scarcity under adaptive inner-basin water allocation measures. Sci. Total Environ. 2021, 783, 146973.
- Vörösmarty, J.; McIntyre, P.B.; Gessner, M.O.; Dudgeon, D.; Prusevich, A.; Green, P.; Glidden, S.; Bunn, S.E.; Sullivan, C.A.; Liermann, C.R.; et al. Global threats to human water security and river biodiversity. Nature 2010, 467, 555.
- Gerten, D.; Heinke, J.; Hoff, H.; Biemans, H.; Fader, M.; Waha, K. Global water availability and requirements for future food production. J. Hydrometeorol. 2011, 12, 885–899.
- Liu, J.; Liu, Q.; Yang, H. Assessing water scarcity by simultaneously considering environmental flow requirements, water quantity, and water quality. Ecol. Indic. 2016, 60, 434–441.
- Hejazi, M.I.; Edmonds, J.; Clarke, L.; Kyle, P.; Davies, E.; Chaturvedi, V.; Wise, M.; Patel, P.; Eom, J.; Calvin, K. Integrated assessment of global water scarcity over the 21st century under multiple climate change mitigation policies. Hydrol. Earth Syst. Sci. 2014, 18, 2859–2883
- Congedo, P.M.; Baglivo, C. Implementation hypothesis of the Apulia ITACA Protocol at district level—part I: The model. Sustain. Cities Soc. 2021, 70, 102931
- Congedo, P.M.; Baglivo, C.; Toscano, A.M. Implementation Hypothesis of the Apulia ITACA Protocol at District Level—Part II: The Case Study. Sustain. Cities Soc. 2021, 70, 102927
- Salehi, A.A.; Ghannadi-Maragheh, M.; Torab-Mostaedi, M.; Torkaman, R.; Asadollahzadeh, M. A review on the water-energy nexus for drinking water production from humid air. Renew. Sustain. Energy Rev. 2020, 120, 109627
- Lundqvist, J.; Andersson, A.; Johannisson, A.; Lavonen, E.; Mandava, G.; Kylin, H.; Bastviken, D.; Oskarsson, A. Innovative drinking water treatment techniques reduce the disinfection-induced oxidative stress and genotoxic activity. Water Res. 2019, 155, 182–192.
- Vakilifard, N.; Anda, M.; Bahri, P.A.; Ho, G. The role of water-energy nexus in optimising water supply systems—Review of techniques and approaches. Renew. Sustain. Energy Rev. 2018, 82, 1424–1432
- Wahlgren, R.V. Atmospheric water vapour processor designs for potable water production: A review. Water Res. 2001, 35, 1–22.

- Shourideh, A.H.; Ajram, W.B.; Al Lami, J.; Haggag, S.; Mansouri, A. A comprehensive study of an atmospheric water generator using Peltier effect. *Therm. Sci. Eng. Prog.* 2018, 6, 14–26.
- Liu, S.; He, W.; Hu, D.; Lv, S.; Chen, D.; Wu, X.; Xu, F.; Li, S. Experimental analysis of a portable atmospheric water generator by thermoelectric cooling method. *Energy Procedia* 2017, 142, 1609–1614.
- Yildirim, C.; Soylu, S.K.; Atmaca, I.; Solmu, s, I. Experimental investigation of a portable desalination unit configured by a thermoelectric cooler. *Energy Convers. Manag.* 2014, 85, 140–145
- Milani, D.; Qadir, A.; Vassallo, A.; Chiesa, M.; Abbas, A. Experimentally validated model for atmospheric water generation using a solar assisted desiccant dehumidification system. *Energy Build.* 2014, 77, 236–246.
- Lindblom, J.; Nordell, B. Underground condensation of humid air for drinking water production and subsurface irrigation. *Desalination* 2007, 203, 417–434
- Lindblom, J.; Nordell, B. Water production by underground condensation of humid air. *Desalination* 2006, 189, 248–260.
- Paolo Maria Congedo & Cristina Baglivo & Giulia Negro, 2021. "A New Device Hypothesis for Water Extraction from Air and Basic Air Condition System in Developing Countries," *Energies*, MDPI, vol. 14(15), pages 1-18, July.
- بازپار مهارلویی، علیرضا و ایرج پور، علی اصغر، ۱۳۹۵، استحصال آب شیرین از رطوبت هوا با استفاده از المان ترمو الکتریک و انرژی خورشیدی با رویکرد حفظ نباتات و محیط زیست، اولین کنفرانس بین المللی آب، محیط زیست و توسعه پایدار، اردبیل
- حاجی نجف، شایان و قوامی جولندان، شعبان و مسعودی، حسن، ۱۳۹۹، سامانه‌ها و روش‌های تولید آب از رطوبت هوا، هشتمین کنفرانس ملی مهندسی عمران، معماری و توسعه شهری پایدار ایران، تهران
- Reddy, M.S., Kumaraswami, R., Reddy, B.K., Sai, B.A., & Hasan, S.G. (2017). Extraction of Water from Ambient Air By Using Thermoelectric Modules. *International journal of scientific research in science, engineering and technology*, 3, 733-737.
- Tiwari, S. (2016). Water Through Air using Peltier Elements.
- Mehta, P. (2012). Impending water crisis in India and comparing clean water standards among developing and developed nations. *Archives of Applied Science Research*, 4, 497-507.
- M. A. Green, A. M. Ron, R. E. Hamm, and A. Luque, *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 2023, 21(1), 1-22.
- S. Kumar, S. K. Shukla, and A. K. Shukla, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022, 151, 111776.
- Riahi, A., Zakaria, N. A., Noh, N. M., Mat Amin, M. Z., Mat Jusoh, A., Mohamad Ideris, M., ... & Yusof, M. F. (2021). Performance investigation of 18 thermoelectric cooler (TEC) units to supply continuous daily fresh water from Malaysia's atmosphere. *Sustainability*, 13(3), 1399.

Designing a AWG with TEC and solar cell, for use in remote units
Rasool Amirkhani^۱, Mahdi Afsar^۲, Hasan Tavakoli^۳, Mahdi Gholampour

Abstract:

In the field of water production from humidity, the design of TEC device is very important for use in remote units. Using thermoelectric technology, these devices are able to absorb moisture in the air and convert it into clean and usable water.

In this research, a device with dimensions of 20cm x 20cm x 10cm was prepared. A fan was installed on the box for air movement. Also, two heat sink cooling fans were seen on the door of the box for more cooling to increase the water production. This cooling system consists of a number of copper pipes (closed loop in which water moves) in contact with one surface of the TEC and the other surface in contact with humid air. The main reason for this choice is the high heat capacity of water, which absorbs the heat well from one side of the TEC and keeps the other side as cold as possible, and this action causes the production of as much water as possible. In addition, a thermoelectric with a power of 120 watts each (two TECs in total) was seen at the bottom of each heat sink. The whole system is powered by two power banks, which are charged by a 30 watt solar panel. The water output of the device is as follows: in the winter weather of Tehran province with humidity close to 50% and 80% (within a period of 5 hours), the amount of 100 and 200 ml of water (from air humidity) was extracted, respectively.

Key Words: Water, thermoelectric, remote areas, humidity.

¹ Physics and chemistry group, faculty of basic sciences, Imam Ali University, Tehran, Iran

² Department of Chemical Engineering, South Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³ Physics and chemistry group, faculty of basic sciences, Imam Ali University, Tehran, Iran