

Research Article

Agricultural Engineering., 44(3) (2021) 313-323  
DOI: 10.22055/AGEN.2021.37787.1610

ISSN (P): 2588-526X

ISSN (E): 2588-5944

## Investigation of effective factors on water production system using land cooling

Sh. Hajinajaf<sup>1</sup>, Sh. Ghavami Jolandan<sup>2\*</sup> and H. Masoudi<sup>3</sup>

1. Master of Science, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Assistant professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
3. Assistant professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: 20 June 2021 Accepted: 29 October 2021

### Abstract

**Introduction:** Water scarcity has been a worrying issue and one of the obstacles to economic growth of countries, despite various water supply sources such as groundwater, seas, rivers and rainfall. Today, in many parts of the world, due to the scarcity of water resources, disputes over access to water resources have crossed national borders and access to these resources has become a strategic goal in the interaction between countries. According to statistics released by the World Resources Institute in recent years, about 35 countries will face water stress in 2040, of which Iran ranks 13th. Considering the average rainfall in Iran and also considering the amount of water resources and per capita consumption in the country, Iran is considered among the countries that are at risk of lack of physical water resources. The purpose of this study was to provide safe water for domestic use and drinking water without using fresh water sources and only with the benefit of the air humidity. In fact, the goal is to provide fresh water from the humidity, especially for remote areas and villages with small populations that do not have access to water. In this method, there is no need to use fossil and electrical energy and only wind energy, air humidity and depth of the earth are the factors of its production, and so it is also economically viable. The system considered in this research reduces the air temperature and cools it until the saturation phase by blowing the outside hot air into a buried pipe underground. In this way, some part of the air moisture is separated and appeared in the form of water droplets on the pipe wall; then the obtained water is stored in a tank and used.

**Materials and Methods:** In this research, a system was used that was partly underground and partly out of the soil. Buried sections include the copper pipes, the circuit breakers and connections, and a water tank and the sections on the ground include a cubic chamber with dimensions of 2×2 m, temperature and humidity sensors, fans, inlet air supply section, valves control levers, air conditioners, heaters and humidifiers. During the tests, the temperature and humidity inside the chamber were controlled by a microcontroller board and the effect of changes in air humidity (30, 50, 70 and 90%), air temperature (20, 30, 40 and 50 °C), inlet air flow (2.5, 5 and 7.5 m<sup>3</sup>/h, equal to the speeds of 1, 2 and 3 m/s, respectively) and the pipe effective length (2



and 4 m with a fixed diameter of 30 mm and a thickness of 1 mm) on the amount of extracted water was evaluated. The burial depth of the pipe was about 1 m and the soil temperature was measured by a sensor next to the buried pipes. The used statistical design was the split plots design in the form of completely randomized blocks and the results were analyzed and compared using SPSS software. In order to create and control different atmospheric conditions inside the chamber, it was necessary to consume electrical energy, while in the open space water can be produced from this system without the need for electrical energy.

**Results and Discussion:** the studied factors, including the pipe length, air humidity, air temperature and air flow rate (inside the pipe), affected on the amount of produced water significantly. By increasing of the air humidity, the air flow rate, the chamber air temperature and the pipe length, the amount of produced water was increased. The air temperature of 50 °C, the air velocity in 3 m/s, the humidity of 90% and 4 m length of the copper pipe had the maximum water production in a certain period of time.

**Conclusion:** The results of the present study show that water production from air humidity can be used as a method to produce fresh water, especially in remote and low populated areas with high air humidity that do not have access to the fresh water. Although the volume of water production by this method is not comparable with methods such as the multi-stage distillation, but it is economical and does not require any energy.

**Key words:** *Water production, condensation, air humidity, earth cooling, environmental parameters.*

## بررسی تاثیر پارامترهای محیطی بر عملکرد سامانه تولید آب با استفاده از سرمایش زمین

شایان حاجی نجف<sup>۱</sup>، شعبان قوامی جولندان<sup>۲\*</sup> و حسن مسعودی<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران

تاریخچه مقاله	چکیده
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰	<p>تهیه و تامین آب آشامیدنی سالم و پایدار در هر جامعه‌ای یکی از مهمترین و با اهمیت ترین کارها در جهت ارتقاء سلامت جامعه است. بر همین اساس پژوهشگران همواره به دنبال روش‌های نوین جهت تولید آب شیرین و گوارا هستند. یکی از روش‌های نوین تولید آب شیرین در حجم پایین استفاده از سامانه‌هایی است که به روش چگالش از رطوبت هوا تولید آب می کنند. در این پژوهش نیز از رطوبت هوا به عنوان یک منبع جبران شدنی، برای تولید آب استفاده شد و اثر عوامل دما (در چهار سطوح ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی گراد)، رطوبت هوا (در چهار سطوح ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد)، دبی هوای ورودی (در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ متر مکعب بر ساعت) و طول موثر لوله (در دو سطح ۲ و ۴ متر با قطر ۳۰ میلی متر و ضخامت ۱ میلی متر) بر میزان تولید آب مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. طرح آماری مورد استفاده، طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک های کاملا تصادفی بود و تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که هر یک از عوامل رابطه مستقیم با میزان تولید آب دارد و بیشترین میزان تولید آب در شرایط دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، سرعت ۳ متر بر ثانیه، رطوبت ۹۰ درصد و طول لوله مسی ۴ متر در بازه زمانی معین بدست آمد.</p>
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۷	
<p><b>کلمات کلیدی:</b> تولید آب، چگالش، رطوبت هوا، سرمایش زمین، عوامل محیطی،</p>	
<p>* عهده‌دار مکاتبات Email: s.ghavami@scu.ac.ir</p>	

و یکی از موانع رشد اقتصادی کشورها به شمار می آید. باید راهکارهای جدید و مطمئنی برای حفظ منابع آبی در دسترس و همچنین تولید و تصفیه آب شیرین در پیش گرفته شود. در حال حاضر بیش از ۲۵ کشور در جهان با بحران کمبود آب مواجه هستند و حدود ۱/۵ میلیارد نفر به آب آشامیدنی سالم دسترسی ندارند و ۱/۷ میلیارد نفر

### مقدمه

با توجه به رشد روز افزون جمعیت جهان و ثابت بودن منابع آبی می‌توان نتیجه گرفت که معضل کمبود آب به مشکل بزرگی در آینده تبدیل خواهد شد. کمبود آب با وجود منابع مختلف تأمین آب مانند منابع زیر زمینی، دریاها و رودخانه‌ها و بارندگی‌ها هنوز یکی از مسائل نگران کننده

(۱۳۸۹) در تحقیقی به بررسی توزیع زمانی و مکانی وقوع مه در سواحل ایران و امکان سنجی نظری استحصال آب از مه پرداخته است، که طبق این تحقیقات سواحل شمالی و جنوبی کشور از طول فصل مه خوبی برخوردار هستند به طوری که این مدت برای آستارا به بیش از ۱۱۳ روز در سال می‌رسد که نشان می‌دهد این مناطق پتانسیل خوبی برای استحصال آب از مه دارند (۱۲). محمدی و همکاران<sup>۲</sup> (۱۳۹۱) تحقیقی تحت عنوان "تولید آب شیرین از هوای مرطوب با سیستم سرمایش زیر زمین" در دو استان هرمزگان و گیلان انجام دادند. در این تحقیق از انرژی خورشید برای رطوبت زنی هوا و از سرمای زمین برای رطوبت زدایی استفاده می‌گردید. در استان هرمزگان با توجه به دما و رطوبت بالای هوا نتایج خوبی حاصل گردید. به طور میانگین از هر لوله ۵۰ متری در طول ۱۲ ساعت می‌توان ۸۱ کیلوگرم آب به دست آورد، این مقدار در استان گیلان ۴۸ کیلوگرم می‌باشد (۹). بازارگان و همکاران<sup>۳</sup> (۱۳۹۳) طی تحقیقاتی به بررسی راهکارهای مختلف تولید آب از رطوبت و مدل سازی انتقال حرارت در خاک و مقدار آب تولیدی در سیستم‌های تولید آب پرداختند. همچنین اذعان داشتند که در مناطق گرم و مرطوب می‌توان با استفاده از سیستم تولید آب چگالشی به طور میانگین ۱/۸ کیلوگرم آب در روز در یک متر (۹۰ کیلوگرم آب در لوله ۵۰ متری) استحصال نمود (۲). محمودی و همکاران<sup>۴</sup> (۱۳۹۴) در تحقیقی به مطالعه امکان سنجی استحصال آب از رطوبت هوا در جنوب استان سیستان و بلوچستان پرداختند. آنها از یک جمع کننده پرده ای به ابعاد ۱\*۱ متر مربع استفاده کردند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که جنوب شرق ایران با توجه به داشتن رطوبت نسبی بالای ۷۰ درصد در بیشتر ایام سال شرایط مناسبی جهت استحصال آب از رطوبت هوا دارد. آنها همچنین میانگین آب موجود در یک مترمکعب هوای منطقه مورد مطالعه را در مرطوب-

نیز در آستانه شرایط بحرانی کمبود آب قرار دارند و تا سال ۲۰۲۵ میلادی حدس زده می‌شود که ۲/۳ میلیارد نفر از جمعیت کل جهان با کمبود آب مواجه شوند. با توجه به میزان منابع آب و سرانه مصرف، ایران هم در جمع همان ۲۵ کشوری است که در سال ۲۰۲۵ میلادی با کمبود فیزیکی آب مواجه هستند. این بدان معناست که حتی با بالاترین راندمان و بهره‌وری ممکن در مصرف آب، برای تأمین نیازهایشان آب کافی در اختیار نخواهند داشت (۱۳).

ایران کشوری با اقلیم عمدتاً گرم و خشک بوده و میزان بارندگی در آن یک چهارم بارندگی متوسط در جهان است. رشد سریع جمعیت مهم‌ترین عامل کاهش سرانه آب تجدید شونده کشور در قرن گذشته بوده است. طبق آمار اعلام شده جمعیت ایران به ۸۱ میلیون نفر تا پایان سال ۱۳۹۶ شمسی رسیده است. بر این اساس میزان سرانه آب تجدیدپذیر سالانه کشور از حدود ۱۳۰۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۰۰ شمسی به حدود ۱۴۰۰ متر مکعب در سال ۱۳۹۲ شمسی تقلیل یافته و در صورت ادامه این روند، وضعیت در آینده به مراتب بدتر خواهد شد. بنابر شاخص‌های ذکر شده، کشور ایران برای حفظ وضع موجود خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید که این مقدار با توجه به امکانات و منابع آب موجود غیرممکن به نظر می‌رسد (۱). بر اساس آماری که شبکه آمار و اطلاعات وزارت نیرو منتشر کرده است، کل مصارف آب ایران در بخش کشاورزی چیزی در حدود ۹۲ درصد، در بخش مصارف شربی و بهداشتی در حدود ۶ درصد و در بخش مصارف صنعتی در حدود ۲ درصد می‌باشد، این آمار نشان می‌دهد که تأمین آب شرب پایدار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (۴). استفاده از سرمای زمین برای استحصال آب از رطوبت هوا ایده جدیدی است و تحقیقات کمی در این رابطه صورت گرفته است. از این اندک کارهای انجام شده بیشتر کارهای موجود در این زمینه تئوری بوده و تنها چند کار آزمایشگاهی وجود دارد که نتایج تحقیق خود را انتشار داده‌اند. رحیمی و همکاران<sup>۱</sup>

2- Mohammadi *et al.*3- Bazargun *et al.*4- Mahmoudi *et al.*1- Rahimi *et al.*

توسط انرژی خورشیدی، رطوبت جذب شده را به بخار آب تبدیل می‌کرد و سپس در مرحله سوم و آخر، آب تبخیر شده به قطرات آب متراکم شده تبدیل و در یک مخزن جمع‌آوری می‌شد (۱۰). جوشی و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۷) دستگاه تولید آب از رطوبت هوا ساختند و مورد آزمایش قرار دادند، در سیستم آنها از ۱۰ ترموالکتریک برای خنک کاری هوا و چگالش آب استفاده شد. منبع تغذیه استفاده شده در این پروژه ۶۰ وات توان خروجی داشت. آنها در دمای ۳۰ و رطوبت نسبی ۹۰ درصد به مقدار آب ۲۵۰ میلی لیتر در ۱۰ ساعت دست یافتند (۶). نرلکار<sup>۶</sup> (۲۰۱۷) با استفاده از مکانیزم برودتی اقدام به تولید آب از رطوبت هوا نمود. نیروی محرکه در مکانیزم وی انرژی الکتریسته بوده و ادعا کرد که با این روش می‌توان آب شرب با درجه خلوص ۹۹٪ بدست آورد (۱۱).

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق از سامانه‌ای استفاده شد که بخشی زیر خاک و بخشی دیگر بیرون از خاک بود. بخش مدفون شده در زیر اتاقک شامل لوله‌های مسی، شیرهای برقی قطع و وصل مدار و مخزن جمع‌آوری آب تولیدی می‌باشند و بخش روی خاک شامل اتاقک مکعبی به ابعاد ۲ متر بود که در برگیرنده حسگرها، عملگرهای دما و رطوبت، فن‌ها، قسمت تغذیه کننده هوای ورودی، اهرم‌های کنترل شیرها، کولر، بخاری و رطوبت ساز می‌باشند. سطوح مختلف پارامترها با کنترل اتوماتیک عملکرد کولر، بخاری، فن تهویه و رطوبت‌ساز تغییر یافته و شرایط محیطی لازم جهت آزمایشات فراهم می‌شد و سپس توسط فن تغذیه به داخل لوله هدایت می‌شد. سامانه در محوطه سایت گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران اهواز ساخته شده و داده برداری صورت پذیرفت (شکل ۱). لازم به توضیح است که می‌توان از سامانه مذکور بدون استفاده از اتاقک و عملگرهای برقی در مناطقی که فاقد انرژی برق هستند برای

ترین حالت ۲۹ گرم و در خشک‌ترین حالت ۸/۱ گرم برآورد کردند (۸). بازیار و همکاران<sup>۱</sup> (۱۳۹۵) بر روی توسعه المان ترموالکتریک در طراحی و ساخت دستگاه تولید آب از رطوبت هوا کار کردند، آنها آزمایشات خود را در بازه رطوبت نسبی ۱۰ تا ۳۵ درصد انجام دادند و به حداکثر آب تولیدی ۵/۶ میلی لیتر در ساعت دست یافتند (۳). زارع تبار و همکاران<sup>۲</sup> (۱۳۹۶) در تحقیقی به مطالعه آزمایشگاهی دستگاه تولید آب از رطوبت هوا بر پایه کولر ترموالکتریک پرداختند. آنها از روش سرد کردن برای تولید آب از رطوبت هوا استفاده کردند که به روش چگالشی معروف است. بدین منظور از کولر ترموالکتریک برای مولد سرما استفاده شد. در این پروژه با ساخت دستگاه تولید آب از رطوبت هوا، به بررسی تاثیر پارامترهای مختلف بر مقدار آب تولیدی، به روش آزمایشگاهی پرداخته شد (۱۴). جان زاده<sup>۳</sup> (۱۳۹۷) در طی تحقیقاتی برای استحصال آب از هوا با بهره‌گیری از دمای عمق زمین (به صورت موردی در بندرعباس) که محاسبات خود را بر مبنای نظریه‌ها و با روابط تئوری بنا نهاده بود، اعلام داشت که میزان آب بدست آمده در این روش بسته به اقلیم و شرایط مؤثر دیگر متفاوت است و آب بدست آمده روزانه بین ۵ تا ۲۰ لیتر در هر ساعت در ماه‌های گرم متفاوت می‌باشد (۵). لیندبلاد و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) جهت تولید آب آشامیدنی و آب برای مصارف کشاورزی از رطوبت هوا، از دستگاه تقطیرکن خورشیدی و لوله‌های دفن شده در عمق ۰/۵ متری استفاده کردند. آنها متوسط تولید آب در مصارف کشاورزی را ۳/۱ کیلوگرم و برای آب شرب ۱/۸ کیلوگرم در روز و در یک متر طول لوله بیان داشتند (۷). محمد و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از انرژی خورشیدی و بستر خشک کننده در سه مرحله اقدام به تولید آب کردند. بستر خشک کننده در مرحله اول رطوبت هوا را در شب جذب کرده و در مرحله دوم در طول روز با گرم شدن بستر

1- Baziyar et al.

2- Zaretabar et al.

3- Janzadeh

4- Lindblom et al.

5- Joshi et al.

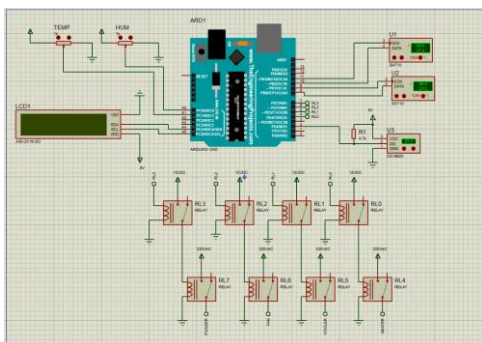
6- Nerlekar

حاجی نجف و همکاران: بررسی تاثیر پارامترهای محیطی بر...

۳۰ میلی‌متر و ضخامت ۱ میلی‌متر) بر روی میزان آب استحصالی مورد ارزیابی قرار گرفت. میزان عمق خاک جهت استقرار لوله در محدوده ۱ متر در نظر گرفته شد و دمای آن به کمک حسگر دماسنج در کنار لوله‌های مدفون شده اندازه‌گیری شد این دما در طول آزمایشات بین ۱۰/۲۵ تا ۱۲/۷۵ درجه سانتی‌گراد متغیر بود. طرح آماری مورد استفاده طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی است و تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها انجام شده است. شکل ۲ نحوه قرار گرفتن رله‌ها در درون جعبه پلاستیکی و مدار اتصالات را نشان می‌دهد. جدول ۱ متغیرهای مستقل و سطوح مورد استفاده در این کار پژوهشی را نشان می‌دهد.

تولید آب از رطوبت هوا استفاده کرد که در آن صورت عامل محرک فن هدایت کننده هوا به داخل لوله، انرژی باد می‌باشد.

در طول آزمایشات، دما و رطوبت داخل اتاقک توسط حسگرها و عملگرهای دما و رطوبت با استفاده از یک مدار میکروکنترلر آردوینو کنترل گردید (شکل ۲) و اثر تغییرات رطوبت هوا (در چهار سطح ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد)، دمای هوا (در چهار سطح ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد)، دبی هوای ورودی (در سه سطح ۲/۵، ۵ و ۷/۵ متر مکعب بر ساعت به ترتیب متناسب با جریان هوا با سرعت‌های ۱، ۲ و ۳ متر بر ثانیه) به داخل لوله و طول موثر لوله (در دو سطح ۲ و ۴ متر با قطر ثابت



شکل (۲) مدار میکروکنترلر مورد استفاده برای کنترل دما و رطوبت اتاقک سامانه

Figure (2) Microcontroller board used for temperature and humidity control



(الف)

(a)



(ب)

(b)

شکل (۱) (الف) بخش مدفون شده در زیر اتاقک، (ب) اتاقک قابل کنترل برای تولید آب

Figure (1) The part buried under the chamber (a), Controllable room for water production (b)

## نتایج و بحث

طول لوله در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بوده و با تغییر در سطوح متغیرهای مستقل (دما، رطوبت، سرعت هوای ورودی به داخل لوله و طول لوله) میزان استحصال آب در سامانه افزایش می‌یابد.

با توجه به نتایج آنالیز واریانس (جدول ۲) ملاحظه می‌شود که اثرات متقابل در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است زیرا  $p\text{-value} < 0.01$  می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود که اثرات ساده دما، رطوبت، سرعت هوای ورودی و

جدول (۱) عوامل مستقل مورد استفاده و سطوح آنها

Table (1) Independent parameters and their corresponding levels

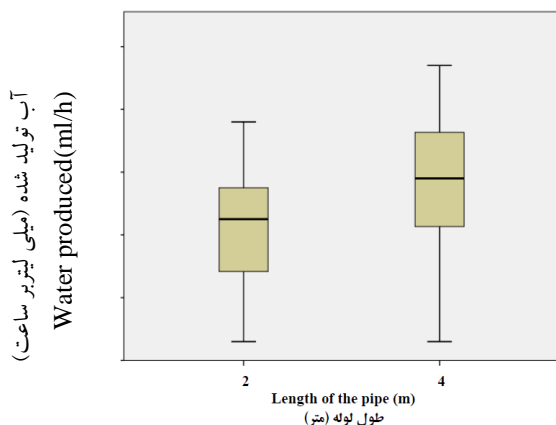
عوامل مستقل Independent Parameters	$X_i$	سطوح عوامل Parameter levels			
		1	2	3	4
دمای هوا (سانتی‌گراد) Temperature (C0)	$X_1$	20	30	40	50
طول لوله (متر) length of the pipe (m)	$X_2$	2	4	-	-
سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه) Air flow speed(m/s)	$X_3$	1	2	3	-
رطوبت هوا (درصد) Humidity (%)	$X_4$	30	50	70	90

جدول (۲) نتایج تجزیه واریانس تاثیر عوامل مختلف بر روی میزان تولید آب

Table (2) ANOVA results for the effect of various factors on water production

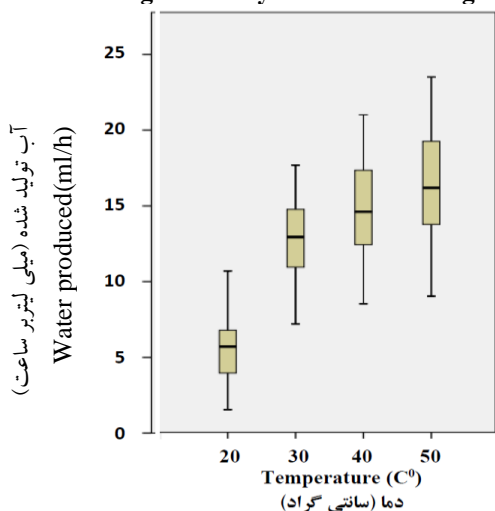
منابع تغییرات (Sources of variation)	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (Sum of squares)	میانگین مربعات (Mean squares)	مقدار P (P-value)
$X_1$	3	1661.323	553.774	< 0.0001
$X_2$	1	305.188	305.188	< 0.0001
$X_3$	2	90.264	45.132	< 0.0001
$X_4$	3	397.434	132.478	< 0.0001
$X_1 * X_2$	3	13.383	4.461	< 0.0001
$X_1 * X_3$	6	22.597	3.766	< 0.0001
$X_1 * X_4$	9	37.625	4.181	< 0.0001
$X_2 * X_3$	2	.056	.028	< 0.0001
$X_2 * X_4$	3	1.753	.584	< 0.0001
$X_3 * X_4$	6	4.242	.707	< 0.0001
$X_1 * X_2 * X_3$	6	.703	.117	< 0.0001
$X_1 * X_2 * X_4$	9	6.153	.684	< 0.0001
$X_1 * X_3 * X_4$	18	7.202	.400	< 0.0001
$X_2 * X_3 * X_4$	6	.937	.156	< 0.0001
$X_1 * X_2 * X_3 * X_4$	18	1.924	.107	< 0.0001
خطا (Error)	0	.000	.	
مجموع (Sum)	97	17275.167		

یکسانی ندارند و در نقطه‌ای یکدیگر را قطع می‌کنند، لذا می‌توان بیان کرد که این دو متغیر اثر متقابل معنی‌داری بر میزان تولید آب دارند. همچنین این نمودار نشان می‌دهد که وقتی از سطح سه متغیر دما (۴۰ درجه سانتی‌گراد) به سمت سطح چهار متغیر دما (۵۰ درجه سانتی‌گراد) حرکت می‌کنیم روند تغییرات تولید آب بخصوص در رطوبت‌های ۳۰ و ۵۰ درصد یکسان نیست (این روند در رطوبت ۳۰ درصد رو به پایین و کاهشی است اما در رطوبت ۵۰ درصد رو به بالا و افزایشی می‌باشد) که خود دلیل بر معنی‌دار بودن اثر متقابل متغیرهای مستقل مذکور می‌باشد.



شکل (۴) مقایسه میانگین‌های تولید آب در سامانه بر اساس طول لوله

Figure (4) Comparison of water production averages in the system based on length



شکل (۵) مقایسه میانگین‌های تولید آب در سامانه بر اساس دما

Figure (5) Comparison of water production averages in the system based on temperature

### اثر طول لوله بر میزان آب استحصال شده از سامانه تولید آب

بر اساس مقایسه میانگین‌های انجام شده برای اثر طول در میزان تولید آب و با عنایت به نمودار آن در شکل ۴ مشاهده می‌شود که اختلاف میانگین تولید آب در طول ۲ متر و طول ۴ متر معنی‌دار است و با افزایش طول لوله و به تبع آن افزایش سطح تماس لوله با خاک اطراف، افزایش تولید آب در سامانه حاصل می‌شود.

### اثر دما بر میزان آب استحصال شده از سامانه تولید آب

بر اساس مقایسه میانگین‌های انجام شده برای اثر دما در میزان تولید آب در شکل ۵ مشاهده می‌شود که اختلاف میانگین تولید آب در هر چهار دمای ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد معنی‌دار است و با افزایش دما، افزایش تولید آب در سامانه مشاهده می‌شود. اختلاف میانگین تولید آب در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به اختلاف میانگین تولید آب در دماهای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد بسیار بیشتر است و از این رو نشان می‌دهد که میزان تولید آب در دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد بسیار بهتر انجام می‌شود.

### اثر تغییرات رطوبت بر میزان آب استحصال شده از سامانه تولید آب

بر اساس مقایسه میانگین‌های انجام شده برای اثر رطوبت در میزان تولید آب در شکل ۶ مشاهده می‌شود که اختلاف میانگین تولید آب در هر چهار سطح رطوبتی ۳۰٪، ۵۰٪، ۷۰٪ و ۹۰٪ معنی‌دار است و با افزایش رطوبت هوا، بر میزان تولید آب در سامانه افزوده می‌شود.

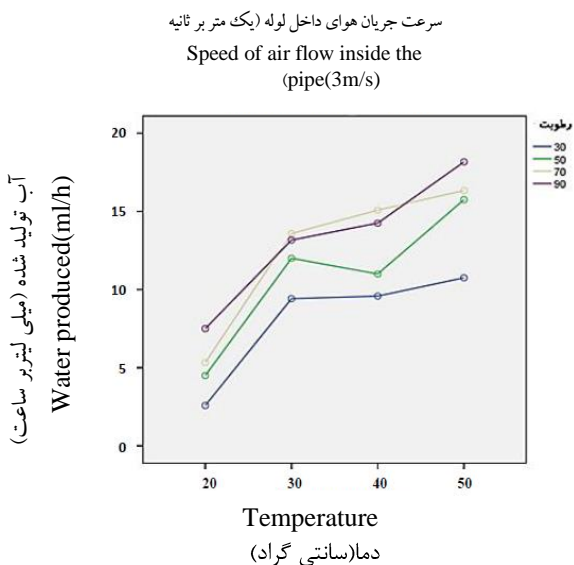
### بررسی اثر متقابل طول لوله، رطوبت و دما بر میزان تولید آب

در شکل ۷ نمودار میانگین‌های تولید شده برای طول لوله ۲ متر و دو ترکیب گروه‌های دما و رطوبت در خطوط جداگانه ترسیم شده است، همانطور که مشاهده می‌شود خطوط نمایش داده شده موازی نبوده و روند حرکتی



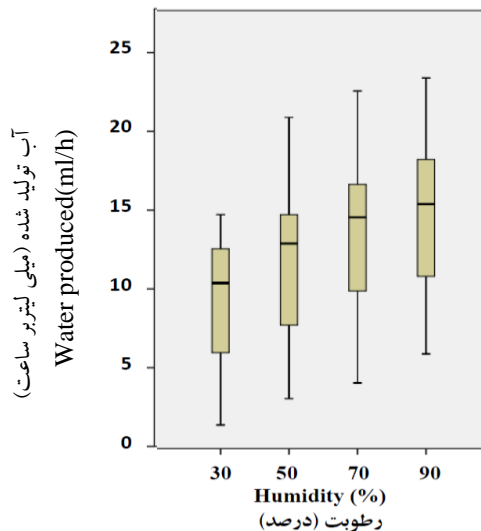
خطوط نمایش داده شده موازی نبوده و در نقاطی یکدیگر را قطع می کنند، لذا می توان بیان کرد که این متغیرها اثر متقابل معنی داری بر میزان تولید آب دارند. همچنین این نمودار نشان می دهد که وقتی از سطح دو متغیر دما (۳۰ درجه سانتی گراد) به سمت سطح چهار متغیر دما (۵۰ درجه سانتی گراد) حرکت می کنیم میزان تولید آب در رطوبت ۹۰ درصد نسبت به رطوبت ۷۰ درصد کاهشی و سپس افزایشی می باشد که خود بیانگر آنست که در یک بازه تغییرات سطوح دما، با افزایش رطوبت میزان آب تولیدی بجای افزایش، کاهش می یابد و تاثیر معنی دار متغیرها بر روی میزان تولید آب را می رساند.

اثر متقابل معنی دار متغیرها بر روی میزان تولید آب در سرعت های ۲ و ۳ متر بر ثانیه هوای ورودی به داخل لوله را به ترتیب در اشکال ۹ و ۱۰ هم مشاهده می کنید.

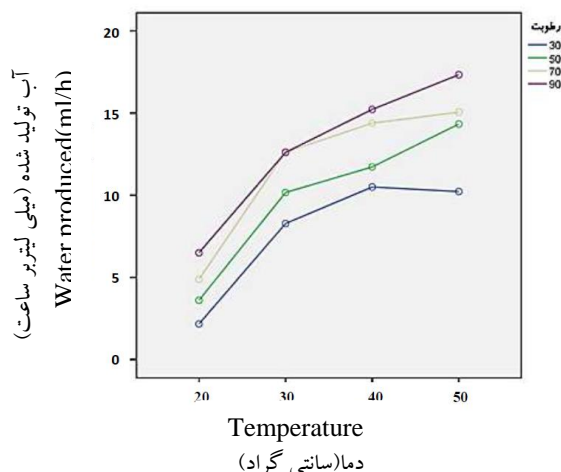


شکل (۸) اثر متقابل سرعت جریان هوای داخل لوله (یک متر بر ثانیه)، رطوبت و دما بر میزان تولید آب  
 Figure (8) Interaction of air flow velocity inside the pipe (1 m/s), humidity and temperature on water production

از شکل ۹ مشاهده می شود که خطوط نمایش داده شده موازی نبوده و وقتی از سطح سه متغیر دما (۴۰ درجه سانتی-گراد) به سمت سطح چهار متغیر دما (۵۰ درجه سانتی گراد) حرکت می کنیم روند تغییرات تولید آب در رطوبت ۳۰



شکل (۶) نمودار مقایسه میانگین های تولید آب در سامانه بر اساس رطوبت  
 Figure (6) Comparison of water production averages in the system based on humidity



شکل (۷) اثر متقابل دما، رطوبت و طول لوله ۲ متر بر میزان تولید آب  
 Figure (7) Interaction of temperature, humidity and pipe length of 2 meters on water production

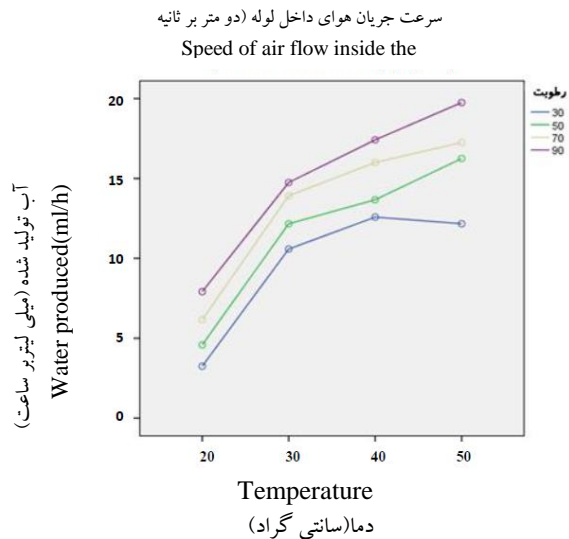
بررسی اثر متقابل سرعت جریان هوا، رطوبت و دما بر میزان تولید آب

در شکل ۸ نمودار میانگین آب تولید شده برای سرعت جریان هوای داخل لوله (با سرعت یک متر بر ثانیه) و دو ترکیب گروه های دما و رطوبت در خطوط جداگانه ترسیم شده است، همانطور که مشاهده می شود

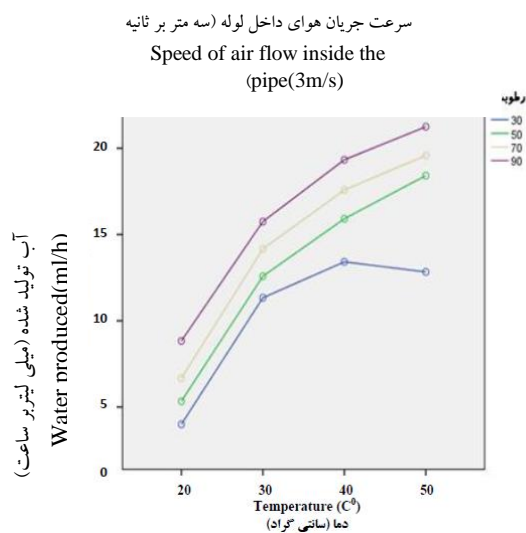
### نتیجه گیری

با توجه به نتایج و بررسی‌های انجام شده در این سامانه می‌توان دریافت که هر یک از عامل‌های مورد بررسی شامل طول لوله، رطوبت هوا، دما و سرعت جریان هوای درون لوله‌ی دفن شده در زمین، بر میزان آب تولیدی اثرگذار هستند. بر اساس این بررسی‌ها، با افزایش مقادیر هر یک از پارامترهای مذکور در دامنه تغییرات تعریف شده برای آنها، میزان آب تولید شده در سامانه افزایش یافته است. بر اساس آنالیز واریانس می‌توان نتیجه گرفت که تغییر طول لوله مارپیچ مدفون در زیر خاک از ۲ به ۴ متر، موجب افزایش آب تولیدی در سامانه خواهد شد. در این تحقیق دمای ۵۰ درجه سانتی-گراد، سرعت هوای داخل لوله به میزان ۳ متر بر ثانیه، رطوبت هوای ۹۰ درصد و طول لوله مسی ۴ متر بیشترین تولید آب را در بازه زمانی معین داشته است که می‌توان نقطه مورد نظر را به وضوح در شکل ۱۰ مشاهده کرد. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که استحصال آب از رطوبت هوا هر چند کم و ناچیز هست، اما می‌تواند به عنوان روشی برای تولید آب شیرین در گلخانه‌ها و باغچه‌های کوچک و همچنین در مناطق دور افتاده و کم جمعیت که به آب شیرین دسترسی ندارند، مورد استفاده قرار گیرد. همچنین با عنایت به آنچه که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شد و نیز با توجه به نتایج تحقیق، مهمترین مزیت سامانه و تولید آب به روش فوق آنست که می‌توان از آن بدون نیاز به مصرف انرژی برق و تنها با استفاده از انرژی تجدیدپذیر باد و سرمایه‌ش زمین استفاده کرد و آنرا به عنوان تامین کننده آب شرب برای مناطقی که به انرژی برق دسترسی ندارند و یا برای تامین آب شرب احشام و حیوانات در مناطق صعب العبور و دور دست بکار برد که در آن صورت می‌توان به صرفه بودن آن را از لحاظ اقتصادی نسبت به سایر روش‌های تولید آب از رطوبت هوا که در آن از انرژی برق استفاده می‌شود محتمل تر دانست.

درصد بر خلاف سایر سطوح رطوبت کاهش یافته است که خود دلیل بر معنی دار بودن اثر متقابل متغیرهای مستقل مذکور می‌باشد. همین استدلال را می‌توان برای شکل ۱۰ نیز بیان کرد و به اثر متقابل معنی دار متغیرها بر روی میزان تولید آب پی برد.



شکل (۹) اثر متقابل سرعت جریان هوای داخل لوله (دو متر بر ثانیه)، رطوبت و دما بر میزان تولید آب  
Figure (9) Interaction of air flow velocity inside the pipe (2 m/s), humidity and



شکل (۱۰) اثر متقابل سرعت جریان هوای داخل لوله (سه متر بر ثانیه)، رطوبت و دما بر میزان تولید آب  
Figure (10) Interaction of air flow velocity inside the pipe (3 m/s), humidity and temperature on water production

**References**

1. Alamdari, F.A., 2009. Examining the types of common desalination plants and designing a sample of solar desalination plants. Bachelor Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Khajeh Nasir al-Din Tusi University of Technology, Tehran.
2. Bazargun, M., and Ahmadi, A.B.M. 2014. Production of Fresh Water Using Underground Cooling of Humid Air and Solar Energy. Khajeh Nasir al-Din Tusi University of Technology, Tehran.
3. Baziyar, M.A., and Irajpour, A.A. 2016. Development of thermoelectric elements in the design and construction of fresh water extraction devices from air humidity. 3rd International Conference on New Research Achievements in Civil Engineering, Architecture and Urban Management, International Confederation of World Inventors.
4. Dastani, Z. 2016. Agriculture is a nation's water killer. Ebtekar newspaper, NO 3457, 20 June 2016. (In Persian)
5. Janzadeh, A.H. 2018. Water extraction from air using depth of earth temperature (Case study: system efficiency study in Bandar Abbas), Journal of Water and Soil Conservation Research. Volume 25, Number 2, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
6. Joshi, V.P., Joshi, H.A., Kothari, M.D., Mahajan, M.B., and Chaudhari, K.D. 2017. Experimental Investigations on a Portable Fresh Water Generator Using a Thermoelectric Cooler. Energy Procedia, 109: p. 161-166.
7. Lindblom, J., and Nordell, B. 2007. Underground condensation of humid air for drinking water production and subsurface irrigation, Desalination 203, 417-434.
8. Mahmoudi, P., Khajehamiri, C., and Salari, M. 2016. Feasibility study of water extraction from air humidity in the south of Sistan and Baluchestan province. Journal of Soil and Water Conservation Research, Volume 23, Number 2.
9. Mohammadi, A. 2012. Production of fresh water from humid air with underground cooling system. Master Thesis, Faculty of Mechanical Engineering, Khajeh Nasir al-Din Tusi University of Technology, Tehran.
10. Mohamed M.H., William G.E., Fatouh M. Solar energy utilization in water production from humid air. Sol Energy 2017; 148: 98-109.
11. Nerlekar, S. P. 2017. Atmospheric Water Generator: Air Drops. International Journal of Advanced Research Trends in Engineering and Technology (IJARTET) Vol. 4, Special Issue 2.
12. Rahimi, M., Rad, B.R., and Mohammadian, N. 2010. Coastal water resources management and theoretical feasibility of water extraction from fog. The first national conference on coastal land water resources management.
13. Rosegrant, M.W. X. Cai and S.A. Cline. 2002. World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity, International Food Policy Research Institute.
14. Zaretabar, M., and gorji, M. 2017. Laboratory study of water humidity generating device based on thermoelectric cooler. Fourth National Conference on Recent Achievements in Civil Engineering, Architecture and Urban Planning, Tehran.