Research Paper

Evaporation Suppression from the Water Surface Using Monolayers

Mehrdad Karimzadeh[1], Javad Zahiri [2*]

[1] Graduate of Water Structures, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran, Email: m.karimzadeh9529@gmail.com
[2] Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran, Email: j.zahiri@asnrukh.ac.ir

10.22125/IWE.2023.168324

Received:
September 14, 2021
Accepted:
January 19, 2022
Available online:
April 18, 2023

Evaporation, Heavy alcohols, Brij-35, Floating Ball, Canopy

Abstract

Today, due to climate change, limited water resources and population growth, the problem of evaporation from water reservoirs has become a global issue. Various methods have been proposed to reduce evaporation from the water surface, which using heavy alcohols hexadecanol and octadecanol as a powder or solution is one of the common methods. Using these alcohols as a solution is more common because they are less displaced by wind and have a more uniform distribution. The emulsions used include hexadecanol, octadecanol and an equal combination of hexadecanol with octadecanol. Class A evaporation pans were used to evaluate the performance of the emulsions made in reducing evaporation from the water surface. In addition to chemical compounds in this study, physical methods such as floating balls and canopy were used. The experimental results showed that the octadecanol emulsion had better performance against water evaporation than other chemical compounds. Comparison of the performance of the emulsions and the physical methods showed that the two methods of canopy and floating balls had better performance than the chemical methods, although the octadecanol emulsion in some cases had similar performance to the physical methods in reducing evaporation from the water surface. The study of the effect of wind speed on the performance of the monolayer showed that at low wind speeds the performance of the monolayer is similar to that of floating balls and canopy, but gradually with increasing wind speed, the performance of the monolayer decreases sharply.

1. Introduction

The problem of evaporation from water reservoirs has become a global issue due to climate change, limited water resources, and population growth. With increasing environmental concerns, the world is under pressure to make optimal use of water resources, for example in Australia the rate of evaporation is 2 meters per year and the average rainfall is 500 mm per year (Erick, 2007). At such heat, about 95% of the rainfall evaporates before it falls to the ground. Studies have shown that more than half of the water that accumulates behind dams or in small reservoirs is lost due to evaporation (Craig, 2005). Various tools have been used to deal with surface evaporation, such as floating cover structures (Elshafei et al. 2021) and covering the surface of the water with thin layers of polyethylene (Barnes,

* **Corresponding Author:** Javad Zahiri
Address: Department of Water Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.
Email: j.zahiri@asnrukh.ac.ir
Tel: +989166531896

2008). Implementation of floating structures is not practical in large dimensions and costs a lot of money and, is suitable for only small scales. Low cost of preparation and spraying on the water surface, ease, and high speed of spread are the advantages of monolayers, and among the limitations of their use, we can mention their short life and the negative effect of wind on their performance. These thin films can be created using surfactants or some polymers or a combination of both. The surfactants spread on the surface as soon as added to the water, reducing the surface tension of the water. The tendency of these materials to be located at the common boundary between water and air creates an almost single-molecular thin layer of these materials on the surface of the water, which due to the nanometer thickness of this layer, the amount of material used is very small compared to the coated surface. For instance, Ikweiri et al. (2008) on the Omar Mokhtar Dam achieved an evaporation reduction of about 17% by using a substance based on a mixture of steel alcohol and stearyl alcohol. Their results showed that 80 to 100 grams of this substance can cover the area of one hectare of water. Using heavy alcohols hexadecanol and octadecanol as a powder or solution among monolayer methods. Applying these alcohols as a solution is more common because they are less displaced by wind and have a more uniform distribution.

2. Materials and Methods

This research was carried out near the Ahvaz Airport meteorological station with a latitude of 31° 32', a longitude of 48° 66', and an altitude of 16 m above sea level. In order to conduct research and evaluate the efficiency of different methods in reducing evaporation from the water surface, Class A evaporation pans with a diameter of 120.7 cm and a depth of 25 cm made of galvanized iron were used. In the present study, Brij-35 was used instead of conventional solvents due to its compatibility with the environment. In addition, Brij-35 formed a stronger polar bond than Brij-78 and showed greater resistance to evaporation in contact with the water surface. Another advantage of Brij-35 over Brij-78 is that it melts at a lower temperature, which makes it easier to use. Based on primary experiments, Brij-35 formed a stronger polar bond than Brij-78 and showed greater resistance to evaporation in contact with the water surface, so in the present study, Brij-35 was used to make the emulsion. The emulsions used include hexadecanol, octadecanol, and an equal combination of hexadecanol with octadecanol. In this study, in addition to chemical compounds, physical methods were used to evaluate the monolayers' performance. Physical methods used included canopy and floating balls. Chemical compositions with canopy and floating balls were investigated in 5 Class A evaporation pans compared to the control pan. In the floating ball pan, 100% of the pan surface was covered with balls with a diameter of 5-6 mm. In the canopy pan, the distance of the pan from the canopy was considered to be 30 cm.

3. Results

The results obtained from the experiments conducted on the evaporation pans show that octadecanol and Brij emulsion has the highest effect in reducing evaporation compared to hexadecanol emulsion and the combination of hexadecanol and octadecanol. Compared to the two physical methods of the canopy and floating balls, the octadecanol emulsion had a weaker performance on most days, although in some cases, its evaporation reduction rate was equal to that of floating balls and canopy. This can indicate the effectiveness of the octadecanol emulsion under the influence of different meteorological parameters (Mozafari et al. 2019). A comparison of the efficiency of different methods shows that the canopy and floating balls have the best performance with 60 and 56 percent reduction of evaporation, respectively, and octadecanol emulsion ranks next with 36 percent reduction of evaporation.

4. Discussion and Conclusion

The study of the performance of the three monolayers shows that in some cases their impact on evaporation from the water surface is very high and, on some days, they have little effect. One of the most important reasons for this is the effect of various meteorological parameters such as air temperature, relative humidity, sunshine duration, and wind speed on the performance of monolayers. The experimental results showed that the octadecanol emulsion had better performance against water evaporation than other chemical compounds. Comparison of the performance of the emulsions and the physical methods showed that the two methods of the canopy and floating balls had better performance than the chemical methods, although the octadecanol emulsion in some cases had similar performance

to the physical methods in reducing evaporation from the water surface. By examining the water temperature, it was observed that the water temperature of the monolayer is not much different from the control pan. But the water temperature of the pan has a canopy less than the control pan. The use of floating balls increased the water temperature in the pan compared to the control pan. One of the most important reasons for this is the covering of the water surface, which prevents the wind from affecting the water in the pan. In addition, the presence of floating balls causes more heat to be absorbed from the sun and transferred to the water. The study of the effect of wind speed on the performance of the monolayer showed that at low wind speeds the performance of the monolayer is similar to that of floating balls and canopy, but gradually with increasing wind speed, the performance of the monolayer decreases sharply.

5. Six important references

1) Barnes, G.T. 2008. The potential for monolayers to reduce the evaporation of water from large water storages. Agricultural Water Management. 95(4): 339-353.

2) Craig, I.P. 2005. Loss of storage water due to evaporation, a literature review, NCEA Publication, University of Southern Queensland, Toowoomba, Queensland, Australia.

3) Elshafei, M., A. Ibrahim, A. Helmy, M. Abdallah, A. Eldeib, M. Badawy and S. AbdelRazek. 2021. Study of massive floating solar panels over Lake Nasser. Journal of Energy. 2021, 6674091.

4) Erick, S. 2007. Controlling evaporation losses from large storage dam using chemical monolayers. Report, Centre for engineering in agriculture: University of Southern Queensland, Australia.

5) Ikweiri, F., H. Gabril, M. Jahawi and Y. Almatrdi. 2008. Evaluating the evaporation water loss from the Omar Muktar open water reservoir. Paper presented at the Twelfth International Water Technology Conference, IWTC, and Alexandria, Egypt.

6) Mozafari, A., B. Mansouri and S.F. Chini. 2019. Effect of wind flow and solar radiation on functionality of water evaporation suppression monolayers. Water Resources Management. 33(10): 3513-3522.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan for financial support.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره پنجاه و یک . بهار ۱۴۰۲

کاهش تبخیر از سطح آب با استفاده از مونولایرها

مهرداد کریم‌زاده[۱]، جواد ظهیری*[۲]

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ ارسال:۱۴۰۰/۰۶/۲۳
تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۱۰/۲۹

چکیده

امروزه با توجه به تغییرات اقلیمی، محدودیت منابع آب و رشد جمعیت، مشکل تبخیر از مخازن آب به یک معضل جهانی تبدیل شده است. جهت کاهش تبخیر از سطح آب، روش‌های متنوعی ارائه شده است که یکی از روش‌های معمول، استفاده از الکل‌های سنگین هگزادکانول و اکتادکانول به‌صورت پودر یا محلول است. کاربرد این الکل‌ها به‌صورت محلول به همراه یک حلال بیشتر متداول بوده زیرا با وزش باد کمتر جابجا شده و یکنواختی پخش بیشتری دارند. در پژوهش حاضر از "بریج-۳۵" به دلیل سازگاری با محیط‌زیست بجای حلال‌های معمول جهت تهیه امولسیون‌های هگزادکانول، اکتادکانول و ترکیب هگزادکانول با اکتادکانول استفاده گردید. جهت بررسی عملکرد امولسیون‌های ساخته‌شده، تشت‌های تبخیر کلاس A مورد استفاده قرار گرفتند. جهت بررسی کارایی ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از روش‌های فیزیکی مقابله با تبخیر از قبیل توپ‌های شناور و سایبان استفاده گردید. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که امولسیون اکتادکانول و بریج نسبت به دو امولسیون دیگر مورد استفاده از کارایی بهتری در کاهش تبخیر از سطح آب برخوردار است. مقایسه کارایی روش‌های مختلف نشان می‌دهد که سایبان و توپ‌های شناور به ترتیب با ۶۰ و ۵۶ درصد کاهش تبخیر بهترین عملکرد را داشته و امولسیون اکتادکانول نیز با ۳۶ درصد کاهش تبخیر در رده بعدی قرار می‌گیرد. با این حال امولسیون اکتادکانول در بعضی موارد عملکرد مشابه با روش‌های فیزیکی در کاهش تبخیر از سطح آب داشته است. بررسی تاثیر سرعت باد بر عملکرد مونولایر نشان داد که در سرعت‌های کم عملکرد مونولایر شبیه به توپ و سایبان بوده ولی به‌تدریج با افزایش سرعت باد، عملکرد مونولایر به‌شدت کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر، الکل‌های سنگین، بریج-۳۵، توپ شناور، سایه‌بان

[۱] کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ۰۹۱۷۱۲۱۴۸۴۶، m.karimzadeh9529@gmail.com

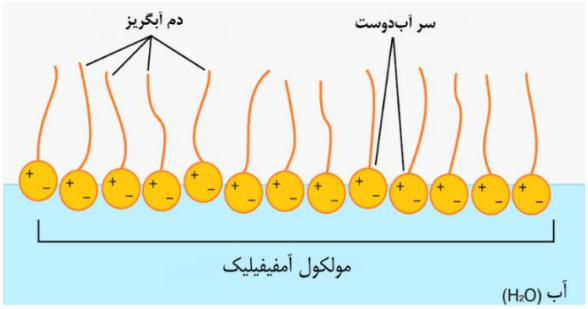
[۲*] دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ۰۹۱۶۶۵۳۱۸۹۶، j.zahiri@asnrukh.ac.ir (نویسنده مسئول)

مقدمه

اصولاً دسترسی به آب مورد نیاز و با کیفیت قابل‌قبول به دو عامل بستگی دارد. عامل اقلیم که دما و میزان بارش مهم‌ترین پارامترهای آن است و عامل غیر اقلیمی که شامل رشد جمعیت، رشد اقتصادی، استفاده از فناوری‌های جدید، تغییر در مشخصات آبخیز و مدیریت منابع آب است (Arnell, 1999). با افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی، جهانیان جهت استفاده بهینه از منابع آبی تحت‌فشار بوده، به‌عنوان مثال در استرالیا میزان تبخیر ۲ متر در سال و متوسط بارندگی ۵۰۰ میلی‌متر در سال گزارش‌شده است (Erick, 2007). در چنین گرمایی حدود ۹۵٪ از بارندگی قبل از جاری شدن بر روی زمین تبخیر می‌شود. وجود سدهای مخزنی می‌تواند به‌عنوان منبع اساسی تأمین آب در کشورهای خشک و نیمه‌خشک به‌حساب بیاید ولی ازآنجاکه متوسط درجه حرارت در این‌گونه کشورها بالاست، ذخیره آب در پشت سدها، میزان بالای تبخیر را نیز به همراه خواهد داشت (Zhao and Gao, 2019). بر اساس مطالعات صورت گرفته بیش از نیمی از آبی که در پشت سدها و یا در مخازن کوچک جمع می‌شود، به علت تبخیر تلف می‌شود (Craig, 2005). در یک طرح مطالعاتی در کوین ایسلند استرالیا، تلفات تبخیر به‌تنهایی بیش از ۴۰٪ برآورد گردید (Watts, 2005). بررسی‌های انجام شده بر روی سد قرعون (Qaraoun Dam) در لبنان نشان می‌دهد که در سال ۲۰۱۳، ۱۷/۸۸ میلیون مترمکعب آب از سد براثر تبخیر تلف‌شده است که اگر این میزان آب جهت تولید برق مورد استفاده قرار می‌گرفت، حدود ۸۵۰ هزار دلار سود می‌داشت. بااین‌حال، این مقدار تنها ۵/۱٪ از کل ضرر را شامل می‌شود (Bou-Fakhreddine et al. 2019). با توجه به خشکسالی‌های صورت گرفته در اغلب نقاط جهان در کنار رشد چشمگیر جمعیت و افزایش نیاز به آب، دغدغه کنترل تلفات آب از مخازن پدیدار و این امر موجب رایج شدن تکنیک‌های مختلف در این زمینه گردید (پیری و همکاران، ۱۳۸۹). پوشش‌های بیولوژیکی همچون سوسن‌ها و خزه‌ها، قدرت کاهش تبخیر از سطح آبی که روی آن زندگی می‌کنند را دارند. این پوشش‌ها به دلیل راندمان خیلی کم، زیاد موردتوجه قرار نگرفته‌اند (Cooley and Myers, 1973). گیاه عدسک آبی به‌عنوان یک پوشش دوستدار محیط‌زیست می‌تواند جهت کاهش تبخیر از سطح آب مورد استفاده قرار گیرد. نتایج پژوهش‌های صورت گرفته بر روی این گیاه آبی نشان می‌دهد که پوشش گیاهی عدسک آبی منجر به کاهش حدود ۹ درصدی تبخیر شده است. علاوه بر این هوادهی باعث افزایش رشد عدسک آبی و کاهش بیشتر تبخیر می‌گردد (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۹). احداث بادشکن گیاهی به کمک درختان برای کاهش وزش باد بر روی سطح آب که می‌تواند تأثیر بسزایی در کاهش تبخیر از سطح آب داشته باشد (Elshafei et al., 2021). کارایی پوشش‌های طبیعی (برگ درخت سپستان) و مصنوعی (پلی استایرن گرانولار) در کاهش تبخیر از مخازن آبی منطقه جیرفت در ایام گرم سال مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که هر دو نوع پوشش در همه تراکم‌ها تأثیر معنی‌داری بر روی کاهش تبخیر داشته‌اند، هرچند پوشش پلی استایرن گرانولار نسبت به برگ درخت سپستان از عملکرد بهتری برخوردار بوده است (مددی و همکاران، ۱۳۹۹). نتایج استفاده از پوشش‌های فیزیکی از قبیل ورقه‌های پلی استایرن، قطعات چوب و ورقه‌های موم عسل جهت کاهش تبخیر از سطح آب تشت‌های تبخیر نشان داد که استفاده از پوشش پلی استایرن نسبت به دیگر روش‌های مورد استفاده از عملکرد مناسب‌تری برخوردار بوده است (قزوینیان و همکاران، ۱۳۹۹).

مونولایرها یک لایه شیمیایی خیلی نازک به ضخامت مولکولی ۲ نانومتر هستند و مانع تبخیر از سطح آب می‌شوند. مونولایرها با ایجاد پوشش تک

لایه‌ای روی سطح آب، تبخیر را کاهش می‌دهند که نحوه قرارگیری آن‌ها بر روی سطح آب در شکل ۱ نشان داده شده است (Panjabi et al., 2016). به‌عنوان مثال ماده شیمیایی هگزادکانول بر روی سطح آب لایه‌ای به ضخامت یک مولکول تشکیل می‌دهد به این دلیل که مولکول‌های مونولایرها از یک قطب به‌شدت جاذب آب و از قطب دیگر به‌شدت دافع آب می‌باشند. برای همین موقع قرارگیری این مولکول‌ها در داخل آب طوری تغییر جهت می‌دهند که یک قطب آن‌ها در داخل آب و قطب دیگر به سمت بالا و خارج از آب قرار می‌گیرد (Reddy, 2005).



شکل(۱): نحوه قرارگیری مولکول مونولایر روی سطح آب

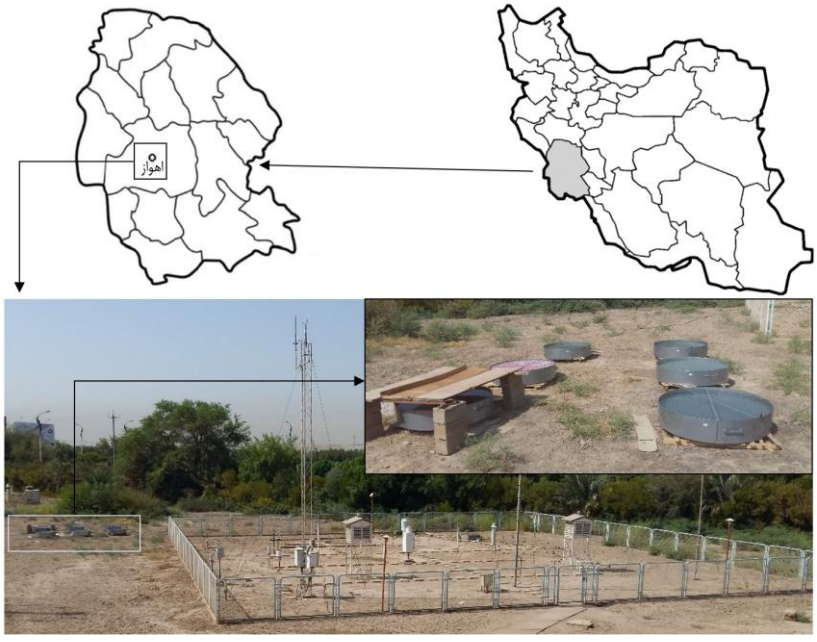
یکی از مونولایرهای متداول ترکیب ستیل و استئاریل با نسبت ۱ به ۹ بوده که می‌تواند میزان تبخیر را تا حد قابل قبولی کاهش دهد. علاوه بر این اضافه نمودن کلسیم هیدروکسید می‌تواند به پخش شدن بهتر مونولایر بر روی سطح آب کمک کند (Mozafari et al. 2019). بیشتر مواقع مواد مونولایر به‌آسانی و به‌سرعت به‌وسیله باکتری‌ها تجزیه می‌شوند (Chang et al., 1962). براین اساس میزان کارایی آن‌ها در دوره زمانی ۱ تا ۳ روز روی سطح آب می‌باشد. هزینه پایین تهیه و پاشش روی سطح آب، سهولت و سرعت پخش بالای این مواد از مزایای مونولایرها به شمار می‌رود. این لایه‌های نازک را می‌توان با استفاده از مواد فعال سطحی یا برخی پلیمرها و یا ترکیبی از هر دو ایجاد کرد. مواد فعال سطحی به‌محض اضافه شدن به آب در سطح آن گسترش پیدا کرده و کشش سطحی آب را کاهش می‌دهند. تمایل این مواد به قرارگیری در مرز مشترک بین آب‌وهوا باعث پیدایش یک لایه نازک تقریباً تک‌مولکولی از این مواد در سطح آب می‌شود که با توجه به ضخامت نانومتری این لایه، مقدار ماده مصرفی در مقایسه با سطح پوشش داده‌شده بسیار کم است. به‌عنوان نمونه اکویری و همکاران بر روی سد عمر مختار توانستند با استفاده از ترکیب الکل و استئاریل الکل، کاهش تبخیری حدود ۱۷٪ به دست آورند. نتایج ایشان نشان داد که با ۸۰ تا ۱۰۰ گرم از این ماده می‌توان سطح یک هکتار آب را پوشش داد (Ikweiri et al., 2008).

با توجه به مسائل فنی، اجرایی، اقتصادی و ملاحظات زیست‌محیطی یکی از پرکاربردترین روش‌های کاهش تبخیر، روش شیمیایی است که با استفاده از مواد مختلفی اجرا می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها مونولایرها هستند. در میان الکل‌های سنگین، اکتادکانول و هگزادکانول در ترکیب با یک حلال می‌توانند موجب کاهش تبخیر از مخازن شوند (O'brien, Desai et al., 1990; Roberts, 1962; 2006; Barnes, 2008). بر همین اساس در پژوهش حاضر از مونولایرهای هگزادکانول، اکتادکانول و ترکیب هگزادکانول با اکتادکانول به همراه بریج جهت کاهش تبخیر از سطح آب استفاده گردید. در این تحقیق از بریج-۳۵ که در مقایسه با بریج-۷۸ پیوند قطبی قوی‌تری تشکیل داده و در تماس با سطح آب مقاومت بیشتری در برابر تبخیر از خود نشان می‌دهد، جهت ساخت امولسیون استفاده گردید. علاوه بر این سعی گردید تا تاثیر روش‌های

مختلف فیزیکی و شیمیایی بر دمای آب تشت‌های تبخیر مورد بررسی قرار گیرد. با توجه به اهمیت پارامترهای هواشناسی از قبیل درجه حرارت، درصد رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد بر پدیده تبخیر، سعی گردید تا تأثیر این پارامترها بر روی عملکرد مونولایر مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در محوطه ایستگاه هواشناسی اهواز با عرض جغرافیایی '۳۲ °۳۱، طول جغرافیایی '۶۶ °۴۸ و ارتفاع از سطح دریا ۱۶ متر به انجام رسید. جهت انجام تحقیق و بررسی میزان کارایی روش‌های مختلف در کاهش تبخیر از سطح آب، از تشت‌های تبخیر کلاس A به قطر ۱۲۰/۷ سانتی‌متر و عمق ۲۵ سانتی‌متر از جنس آهن گالوانیزه استفاده گردید. به دلیل تأثیر پارامترهای مختلف هواشناسی بر روی میزان تبخیر از تشت‌ها، نیاز بود که کلیه روش‌های کاهش تبخیر به‌صورت هم‌زمان بر روی تشت‌های موجود لحاظ شوند. بر همین اساس از شش تشت تبخیر در مجاورت ایستگاه هواشناسی استفاده گردید. زیر تمام تشت‌ها پایه چوبی به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر قرار داده و تشت‌ها روی آن‌ها تراز شدند. نمایی از موقعیت محل انجام آزمایش‌ها در ایستگاه هواشناسی اهواز به همراه تشت‌های تبخیر کلاس A در مجاورت ایستگاه در شکل ۲ ارائه شده است. مقدار تبخیر از مخازن و تشت تبخیر به علت پارامترهای اقلیمی و فیزیکی متفاوت بوده و با توجه به شرایط هر منطقه برای تبدیل شدت تبخیر از تشت به‌شدت تبخیر از مخزن ضریب اصلاحی که معمولاً بین ۰/۷ تا ۱/۱ است بکار می‌رود (Varma, 1997). بر این اساس میزان تبخیر از تشت می‌تواند به‌عنوان مرجعی جهت مقایسه عملکرد روش‌های مختلف کاهش تبخیر مورد استفاده قرار گیرد.

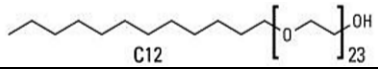
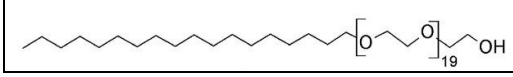


شکل (۲): موقعیت ایستگاه هواشناسی شهرستان اهواز به همراه تشت‌های تبخیر کلاس A مورد استفاده در پژوهش

حلال‌های فرار مورد استفاده در مونولایرها ازنظر اقتصادی و زیست‌محیطی مناسب نیستند لذا از "بریج-۷۸" که مشکلات ذکر شده را ندارد و با مونولایر تشکیل یک امولسیون می‌دهد استفاده می‌گردد (Brink et al., 2011). با بررسی صورت گرفته مشخص شد که بریج-۳۵ در مقایسه با بریج-۷۸ پیوند قطبی قوی‌تری تشکیل داده و در تماس با سطح آب مقاومت بیشتری در برابر تبخیر از خود

نشـان می‌دهـد، لـذا در تحقیـق حاضـر از بـریج-۳۵ در سـاخت امولسـیون اسـتفاده گردیـد. یکـی دیگـر از مزایـای بـریج-۳۵ نسـبت بـه بـریج-۷۸، ذوب شـدن آن در دمـای پـایین‌تر بـوده کـه باعـث می‌شـود اسـتفاده از آن آسـان‌تر گـردد. در جـدول ۱ ویژگی‌هـا و سـاختار مولکولی بریج-۳۵ و بریج-۷۸ ارائه شده است.

جدول (۱): ویژگی‌ها و ساختار مولکولی بریج-۳۵ و بریج-۷۸

	بریج-۳۵	بریج-۷۸
نام علمی	Polyethylene glycol dodecyl ether	Polyoxyethylene stearyl ether
فرمول مولکولی	$(C_2H_4O)nC_{12}H_{26}O$	$C_{18}H_{37}(OCH_2CH_2)_{20}OH$
چگالی	1.05 g/mL	0.964 g/mL
نقطه اشتعال	>110 °C	>110 °C
نقطه ذوب	41-45 °C	56-60 °C
نقطه جوش	100 °C	100 °C
ساختار مولکولی		

جهـت سـاخت امولسـیون، ۴٪ اکتادکـانول بـا درجـه خلـوص ۹۹ درصـد ذوب و بـا ۱٪ بـریج-۳۵ ترکیـب و به‌صـورت امولسـیون درآورده شـد. سـپس ۹۵٪ آب مقطر بـا دمـای ۷۰ درجـه سـانتی‌گراد بـه آن افـزوده و تـا زمانی که سرد گردیـد بـه هـم زده شـد. ایـن مونـولایر تـا ۶ مـاه قابل‌اسـتفاده خواهـد بـود (Varma, 1997; Brink et al., 2011). در ادامـه جهـت اختصـار از واژه بـریج بـه‌جای بـریج-۳۵ اسـتفاده شـده اسـت. بـرای تهیـه امولسـیون هگزادکـانول از ۴٪ هگزادکـانول و بـرای امولسـیون هگزادکـانول + اکتادکـانول از ۲٪ اکتادکـانول و ۲٪ هگزادکـانول در ترکیـب فـوق اسـتفاده گردید. بر این اسـاس بـا دسـتورالعمل ذکرشـده سـه نـوع مونـولایر: امولسـیون هگزادکـانول، امولسـیون اکتادکـانول و امولسـیون اکتادکـانول + هگزادکـانول تهیه شـد. بـا توجـه بـه تحقیقـات انـدک صـورت گرفتـه در زمینـه اسـتفاده از ترکیبـات مونـولایر در شـرایط واقعـی و جدیـد بـودن ترکیبـات اشاره‌شـده، بـرای بررسـی میـزان غلظـت ترکیبـات مختلـف بـر کـاهش تبخیـر، ابتـدا غلظـت‌هـای مختلـف از امولسـیون تهیـه شـد و بـر روی تشـت‌ها تزریـق گردیـد. تزریقـات صـورت گرفتـه نسـبت بـه تشـت شـاهد طـی یـک دوره دو روزه مـورد مقایسـه قـرار گرفـت کـه نتـایج بیـانگر اثـر مثبـت امولسـیون‌هـای مختلـف بـر کـاهش تبخیـر بـه ازای غلظـت‌هـای بـالای ۰/۲ سی‌سـی بـود. بـر همـین اسـاس آزمایش‌هـا بـرای غلظـت ۱۱/۴ میلی‌گـرم بـر مترمربـع انجام پذیرفت.

در ایـن تحقیـق عـلاوه بـر ترکیبـات شـیمیایی از روش‌هـای فیزیکـی نیـز جهـت کـاهش تبخیـر از سـطح آب اسـتفاده گردیـد. روش‌هـای فیزیکـی مورداسـتفاده شـامل سـایبان و تـوپ‌هـای شـناور بـود. ترکیبـات شـیمیایی بـه همـراه سـایه‌بان و تـوپ‌هـای شـناور در ۵ تشـت تبخیـر کـلاس A نسـبت بـه تشـت شـاهد مـورد بررسـی قـرار گرفتنـد. در تیمـار تـوپ شـناور، ۱۰۰٪ سـطح تشـت بـا تـوپ‌هـایی بـه قطـر ۵-۶ میلی‌متـر پوشـانده شـد. در تیمـار سـایه‌بـان نیـز، فاصـله تشـت از سایه‌بان، ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شد.

برخـی بررسـی‌ها حـاکی از آن اسـت کـه اسـتفاده از اکتادکـانول و هگزادکـانول اثـری بـر ویژگی‌هـای آب از قبیـل هـدایت الکتریکـی، دمـا، pH و ... ندارنـد (پیـری و همکـاران، ۱۳۸۹). بنـابراین در ایـن پـژوهش فقـط

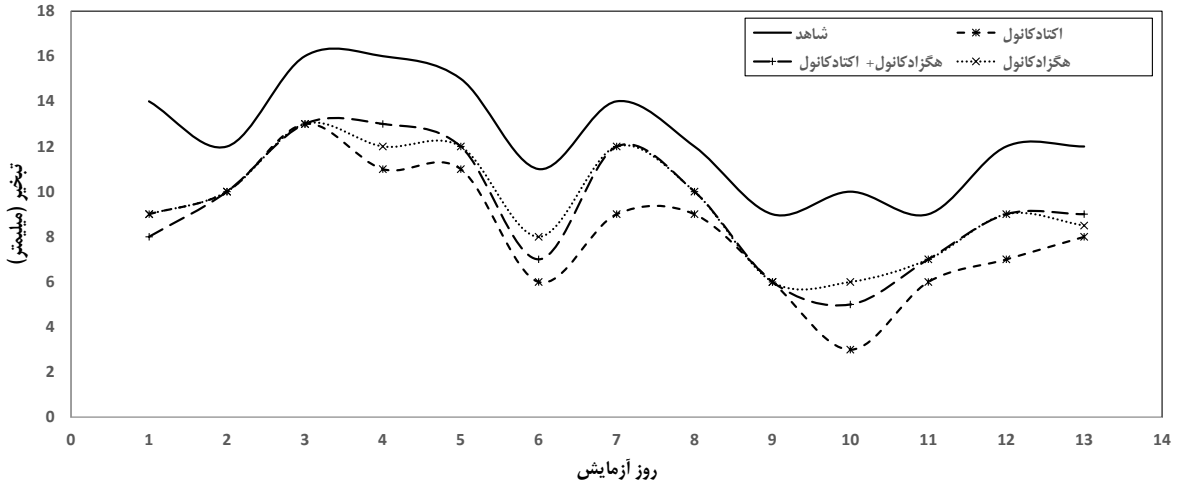
پارامترهای دمای آب و میزان تبخیر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری تبخیر و دما به ترتیب با استفاده از اشل مدرج و دماسنج از تشت‌های مورد آزمایش، روزانه و هم‌زمان با قرائت تشت تبخیر ایستگاه هواشناسی انجام گرفت. نمایی از دماسنج دیجیتال درون تشت، سرنگ تزریق مونولایر و پخش شدن مونولایر در سطح آب در شکل ۳ ارائه شده است. جهت بررسی مقادیر تبخیر قرائت‌شده از تشت‌ها، در ابتدا میزان تبخیر از تشت ایستگاه هواشناسی با مقدار تبخیر قرائت‌شده از تشت شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. نزدیکی مقادیر تبخیر از تشت ایستگاه و تشت شاهد بیانگر صحت اندازه‌گیری‌ها بود. در کلیه مراحل تحقیق، تشت‌های مورد آزمایش به‌مانند تشت تبخیر ایستگاه هواشناسی با آب شهری پر گردید.

شکل (۳):نمایی از دماسنج دیجیتال جهت اندازه‌گیری دمای آب تشت، سرنگ تزریق مونالایر و پخش شدن مونولایر در سطح آب

نتایج و بحث

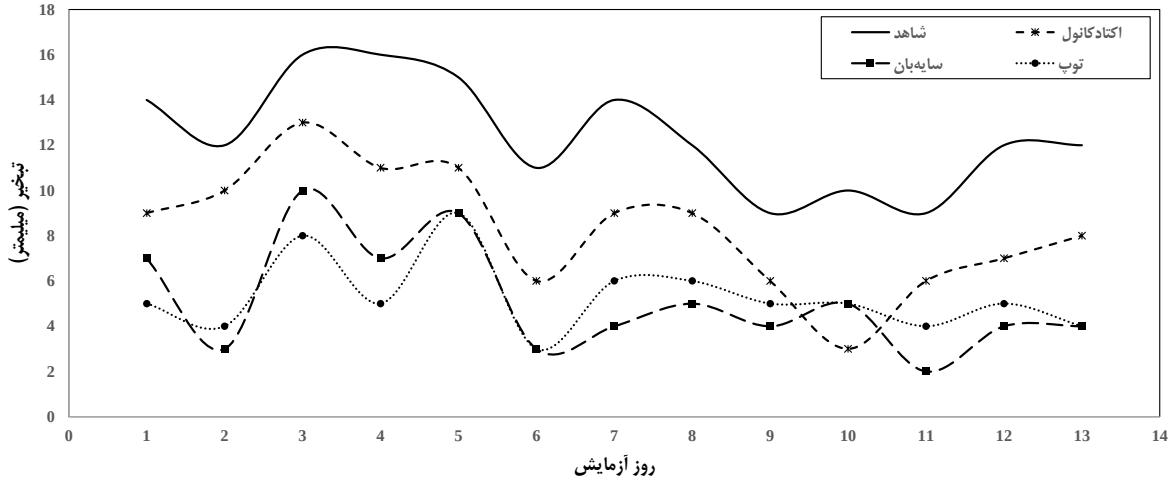
جهت مقایسه عملکرد مونولایرهای مختلف در کاهش تبخیر از سطح آب، نتایج مربوط به میزان تبخیر در روزهای آزمایش در شکل ۴ ارائه‌شده است. مطابق این شکل از بین سه مونولایر مورد بررسی، امولسیون اکتادکانول نسبت به دو ترکیب دیگر از عملکرد بهتری برخوردار بوده است. دو ترکیب دیگر تقریباً اثر مشابهی بر روی میزان تبخیر از سطح آب داشته‌اند. نتیجه حاصل با نتایج پژوهشگران قبلی که ترکیب اکتادکانول + هگزادکانول بیشترین اثر کاهشی در تبخیر را داشت (Arnell, 1999; Brink et al., 2011) متفاوت است. یکی از دلایل این امر می‌تواند استفاده از این ترکیبات به همراه بریج-۳۵ در این تحقیق باشد. به عنوان مثال Brink et al. (2011) جهت ساخت امولسیون از بریج-۷۸ استفاده نمودند. متفاوت بودن ساختار بریج-۷۸ و بریج-۳۵ می‌تواند بر روی عملکرد مونولایرهای مختلف تاثیرگذار باشد.

مطالعه عملکرد سه مونولایر در شکل ۴ نشان می‌دهد که تاثیر آن‌ها در بعضی موارد بر روی تبخیر از سطح آب بسیار بالا بوده و در بعضی از روزها تاثیر چندانی نداشته‌اند. یکی از مهم‌ترین دلایل این امر تاثیر پارامترهای مختلف هواشناسی از قبیل دمای هوا، رطوبت نسبی، تعداد ساعات آفتابی و سرعت باد بر روی عملکرد مونولایرها می‌باشد.



شکل (۴): مقایسه میزان تبخیر از تشت‌های حاوی مونولایرهای مختلف

جهت بررسی کارایی ترکیبات شیمیایی مورداستفاده، از روش‌های متداول فیزیکی از قبیل توپ‌های شناور و سایبان در این تحقیق استفاده گردید. مطابق شکل ۵، مقایسه تأثیر روش‌های فیزیکی بر روی میزان تبخیر نشان می‌دهد که در اغلب موارد، روش‌های فیزیکی نسبت به ترکیب اکتادکانول از عملکرد بهتری برخوردار می‌باشند. مقایسه عملکرد امولسیون اکتادکانول با توپ شناور و سایه‌بان نشان می‌دهد که در بعضی از روزها کاهش تبخیر مربوط به امولسیون اکتادکانول عملکرد مشابهی با روش‌های فیزیکی مورداستفاده داشته است.



شکل (۵): مقایسه عملکرد اکتادکانول و دو روش سایبان و توپ در کاهش تبخیر از تشت

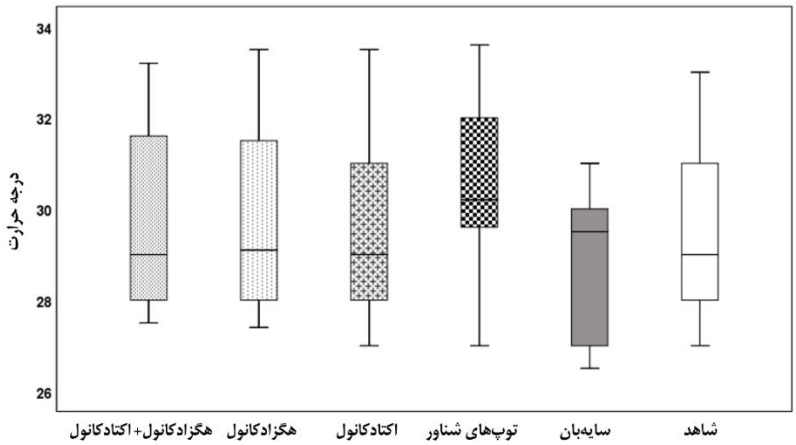
میزان کاهش تبخیر در روش‌های فیزیکی مورد استفاده متفاوت بوده به‌گونه‌ای که در بعضی از موارد سایبان از عملکرد بهتری نسبت به توپ‌های شناور برخوردار بوده و در بعضی از روزها حالت عکس صادق بوده است. یکی از دلایل این امر می‌تواند تأثیر پارامترهای مختلف هواشناسی بر روی عملکرد هرکدام از روش‌های مذکور باشد. میانگین تبخیر، انحراف معیار و درصد کاهش تبخیر نسبت به تشت شاهد برای روش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی مورد استفاده در تحقیق حاضر، جهت بررسی

دقیق‌تر میزان کارایی آن‌ها، در جدول ۲ ارائه شده است. مطابق این جدول در بررسی بیشترین درصد کاهش تبخیر روزانه نسبت به تشت شاهد، این مقدار برای روش‌های فیزیکی سایبان و توپ‌های شناور به ترتیب برابر با ۶۰ و ۵۶ درصد محاسبه شده است. در میان ترکیبات شیمیایی نیز امولسیون اکتادکانول و بریج با ۳۶٪ کاهش تبخیر نسبت به تشت شاهد بهترین کارایی را داشته است. نتایج پژوهش‌های گذشته بر روی مونولایرها نیز بیانگر کاهش میزان تبخیر حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد بوده است (پیری و همکاران، ۱۳۸۹). بنابراین استفاده از امولسیون اکتادکانول و بریج عملکرد رضایت‌بخشی داشته است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، روش‌های سایبان، توپ‌های شناور، امولسیون اکتادکانول، امولسیون هگزادکانول و ترکیب هگزادکانول + اکتادکانول به ترتیب بهترین کارایی را داشته‌اند.

جدول (۲): مقایسه آماری کاهش تبخیر در روش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی

	شاهد	سایبان	توپ‌های شناور	اکتادکانول	هگزادکانول	هگزادکانول +اکتادکانول
میانگین تبخیر	۹/۷۲	۳/۸۴	۴/۲۸	۶/۲۷	۷/۲۳	۷/۶۸
انحراف معیار	۲/۳۱	۲/۳۲	۱/۶	۲/۵۸	۲/۰۷	۲/۳۴
درصد کاهش تبخیر	-	٪۶۰	٪۵۶	٪۳۶	٪۲۶	٪۲۱

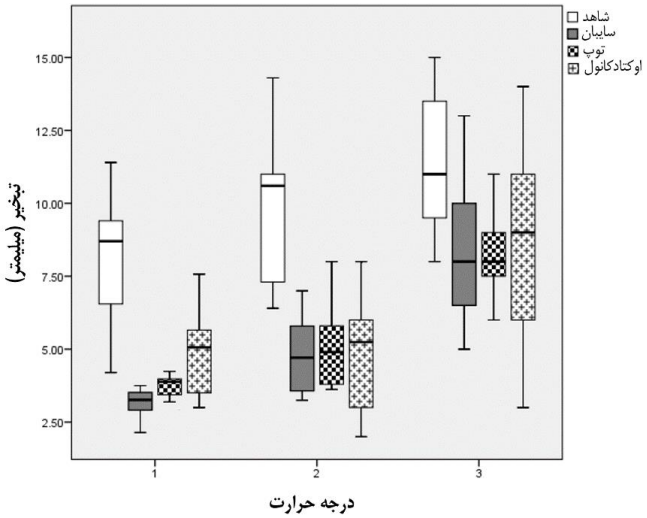
در شکل ۶ دمای آب تشت‌های تبخیر برای کلیه روش‌های مورد استفاده ارائه شده است. با بررسی پارامتر دما ملاحظه گردید که دمای آب تشت‌های حاوی مونولایر تفاوت زیادی با تشت شاهد ندارد. ولی دمای آب تشت دارای سایه‌بان کمتر از شاهد است. دمای آب درون تشت با توپ شناور در اغلب روزها بیش از شاهد بوده است که با نتایج افخمی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد. بر اساس این تحقیق استفاده از توپ‌های شناور باعث افزایش دمای آب درون تشت نسبت به تیمار شاهد شده است. یکی از مهم‌ترین دلایل این امر پوشیده شدن سطح آب بوده که این امر مانع اثرگذاری باد بر روی آب موجود در تشت می‌شود. علاوه بر این وجود توپ‌های شناور باعث می‌شود که گرمای بیشتری از خورشید جذب شده و این گرما به آب منتقل شود.



شکل (۶): مقایسه دمای تشت‌های تبخیر در تیمارهای مختلف

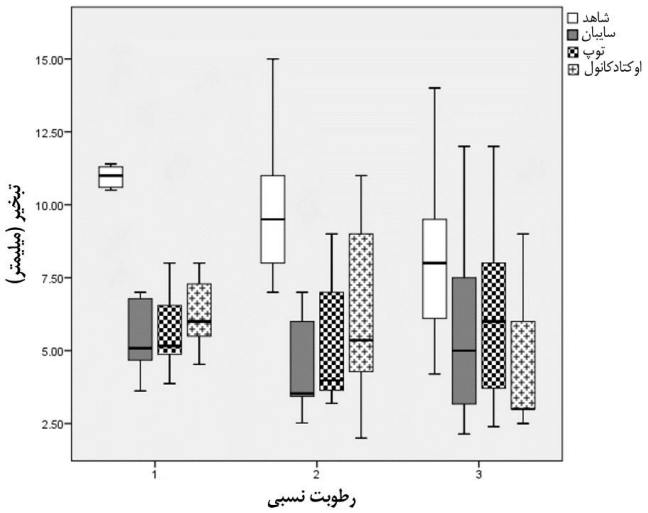
جهت بررسی تأثیر پارامترهای هواشناسی از قبیل دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی بر روی میزان تبخیر روش‌های مختلف از نمودارهای جعبه‌ای استفاده گردید. برای تحلیل بهتر گراف‌ها، از

بین روش‌های مختلف مونولایر تنها روش اکتادکانول، که نسبت به بقیه روش‌ها از عملکرد بهتری برخوردار بود، استفاده گردید. جهت بررسی دقیق‌تر تأثیر پارامترهای مختلف هواشناسی با استفاده از نمودارهای جعبه‌ای، هرکدام از پارامترهای هواشناسی به سه سطح کم، متوسط و زیاد تقسیم‌بندی گردید. در شکل ۷ تأثیر درجه حرارت بر روی میزان تبخیر از سطح آب در حالت‌های مختلف ارائه شده است. با افزایش درجه حرارت از سطح ۱ به سطح ۳، میزان تبخیر در تمامی حالت‌ها افزایش یافته است. نکته قابل‌توجه در این شکل مربوط به عملکرد مونولایر اکتادکانول است که در دماهای پایین عملکرد ضعیف‌تری نسبت به سایبان و توپ داشته ولی به‌تدریج با افزایش دما، عملکرد آن بهبود یافته است. بر این اساس، این مونولایر می‌تواند گزینه مناسبی در جهت کاهش تبخیر از سطح مخازن در دماهای بالا به‌حساب بیاید.



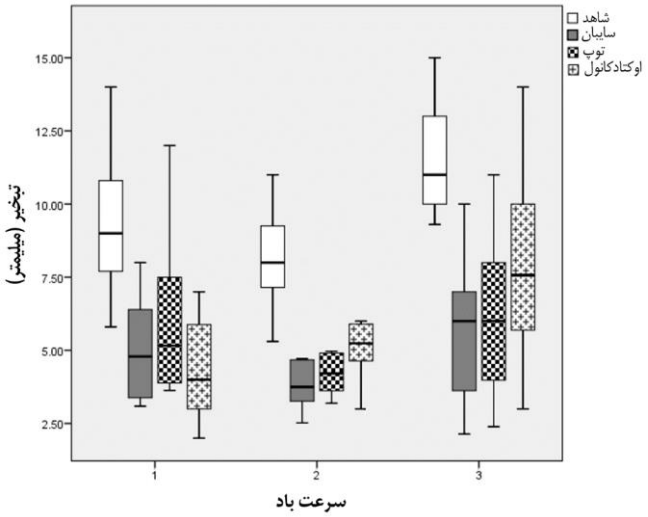
شکل (۷): نمودار جعبه‌ای تأثیر درجه حرارت بر روی عملکرد روش‌های کاهش تبخیر مورد استفاده

در شکل ۸ تأثیر سطوح مختلف رطوبت نسبی بر روی میزان تبخیر از سطح آب در حالت‌های مختلف نشان داده شده است. در حالت کلی با افزایش رطوبت نسبی، میزان تبخیر کاهش می‌یابد که این مورد در تشت شاهد به‌وضوح مشاهده می‌شود. در مورد دو روش فیزیکی تفاوت زیادی میان سه سطح رطوبتی مشاهده نمی‌شود، به‌گونه‌ای که در بالاترین سطح رطوبتی تفاوت زیادی میان تبخیر از تشت شاهد و روش‌های سایبان و توپ وجود ندارد. این در حالی است که در بالاترین سطح رطوبت نسبی، عملکرد اکتادکانول بهبود یافته و نسبت به دو روش فیزیکی از کارایی بهتری برخوردار شده است.



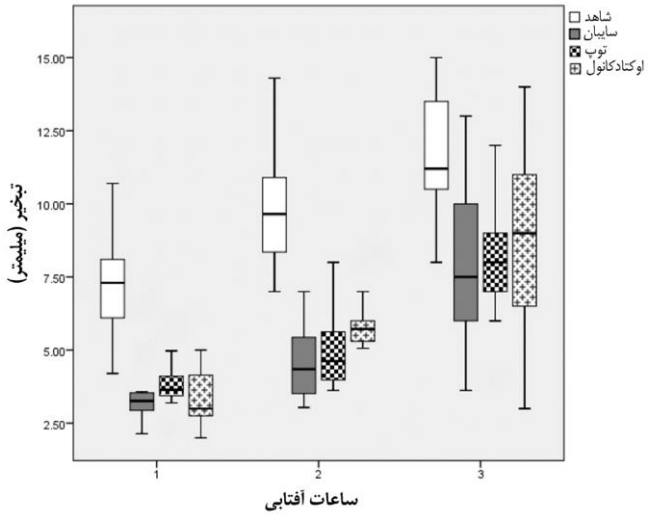
شکل (۸): نمودار جعبه‌ای تأثیر رطوبت نسبی بر روی عملکرد روش‌های مختلف کاهش تبخیر

در شکل ۹ تأثیر سطوح مختلف سرعت باد بر روی میزان تبخیر نشان داده شده است.



شکل (۹):نمودار جعبه‌ای تأثیر سرعت باد بر روی عملکرد روش‌های کاهش تبخیر مورد استفاده

در حالت کلی با افزایش سرعت باد، میزان تبخیر از سطح آب افزایش می‌یابد، هرچند بقیه پارامترها از قبیل دما و رطوبت نسبی می‌توانند بر روی این مسئله تأثیر بگذارند. نکته مهم در شکل ۹ تأثیر بسیار بالای سرعت باد بر روی عملکرد مونولایر است. بر اساس این شکل، در سرعت‌های باد پایین عملکرد مونولایر شبیه به توپ و سایبان بوده ولی به‌تدریج با افزایش سرعت باد، عملکرد مونولایر به‌شدت کاهش می‌یابد. در شکل ۱۰ تأثیر سطوح مختلف ساعات آفتابی بر روی میزان تبخیر نشان داده شده است. بر اساس این شکل با افزایش تعداد ساعات آفتابی، میزان تبخیر از تشت‌های مختلف افزایش یافته است. مقایسه عملکرد روش‌های مختلف کاهش تبخیر با تشت شاهد نشان می‌دهد که با افزایش تعداد ساعات آفتابی، عملکرد هر سه روش مورد مقایسه کاهش یافته و به تشت شاهد نزدیک‌تر شده است.



شکل (۱۰): نمودار جعبه‌ای تأثیر تعداد ساعات آفتابی بر روی عملکرد روش‌های کاهش تبخیر

نتیجه‌گیری

در این تحقیق سعی گردید تا میزان کارایی مونولایرهای مختلف بر روی کاهش تبخیر از سطح آب در مقایسه با دو روش سایبان و توپ‌های شناور مورد بررسی قرار گیرد. جهت ساخت امولسیون‌های مختلف از بریج-۳۵ استفاده گردید که نسبت به ترکیبات دیگر تأثیرات زیست‌محیطی بسیار کمتری داشته و امولسیون پایدارتری را نیز می‌توان با استفاده از آن ساخت. نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های صورت گرفته بر روی تشت‌های تبخیر نشان می‌دهد که امولسیون اکتادکانول و بریج بیشترین اثر را در کاهش تبخیر در مقایسه با امولسیون هگزادکانول و ترکیب هگزادکانول و اکتادکانول داراست. دو ترکیب دیگر عملکرد بسیار پایینی در کاهش تبخیر از سطح آب داشته‌اند. امولسیون اکتادکانول در مقایسه با دو روش فیزیکی سایبان و توپ‌های شناور در اغلب روزها عملکرد ضعیف‌تری داشته، هرچند در بعضی موارد میزان کاهش تبخیر آن مساوی توپ‌های شناور و سایه‌بان بوده که این می‌تواند نشان‌دهنده کارایی روش مذکور تحت تأثیر پارامترهای مختلف هواشناسی باشد. مقایسه کارایی روش‌های مختلف نشان می‌دهد که سایبان و توپ‌های شناور به ترتیب با ۶۰ و ۵۶ درصد کاهش تبخیر بهترین عملکرد را داشته و امولسیون اکتادکانول نیز با ۳۶ درصد کاهش تبخیر در رده بعدی قرار می‌گیرد. مقایسه دمای آب در تشت‌های مختلف نشان داد که توپ‌های شناور علاوه بر کاهش قابل‌ملاحظه میزان تبخیر، تا حدودی دمای آب را نیز بالا می‌برد. بر همین اساس توپ‌های شناور می‌توانند به‌منظور کاهش تبخیر و نیز گرم نمودن آب استخرهای پرورش ماهی مورد استفاده قرار گیرند. بررسی تأثیر پارامترهای مختلف هواشناسی بر روی میزان عملکرد مونولایر اکتادکانول در کاهش تبخیر نشان داد که در دماهای بالا، این مونولایر از کارایی بالاتری در مقایسه با دماهای پایین برخوردار است. علاوه بر این عملکرد اکتادکانول به‌شدت تحت تأثیر باد بوده به‌گونه‌ای که در سرعت‌های بالای باد، به‌شدت از عملکرد آن کاسته می‌شود. بر این اساس، امولسیون اوکتادکانول می‌تواند به عنوان یکی از روش‌های کاهش تبخیر در مخازن بزرگ که کاربرد روش‌های فیزیکی مستلزم هزینه بالایی می‌باشد، مورد استفاده قرار گیرد. همچنین با توجه به تاثیر پارامترهای مختلف

هواشناسی می‌توان تزریق مونولایر را در شرایطی
انجام داد که بیشترین کارایی را داشته باشد.

منابع

افخمی، ح.، ح. ملکی نژاد و ع. اسماعیل‌زاده. ۱۳۹۷. تأثیر توپ‌های شناور بر کاهش میزان تبخیر از منابع آبی روباز (مطالعه موردی: سد رسوب‌گیر معدن مس سرچشمه). فصل‌نامه علمی پژوهشی خشک بوم، سال ۸، شماره ۱، ص ۷۳-۵۹.

پیری، م.، م. حسام، ا. ا. دهقانی و م. مفتاح هلقی. ۱۳۸۹. مطالعه آزمایشگاهی تأثیر استفاده از روش‌های فیزیکی و شیمیایی بر کاهش تبخیر از سطح آب. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، سال ۱۷، شماره ۴، ص ۱۵۲-۱۴۱.

سلطانی، ز.، ع. خانی، ک. مهانپور و ا. مرجانی. ۱۳۹۹. کاهش تبخیر سطحی آب‌های ساکن به‌وسیله پوشش زنده و غیرزنده گیاه عدسک آبی. آب و فاضلاب، سال ۳۱، شماره ۳، ص ۵۰-۴۳.

قزوینیان، ح.، س. فرزین، ح.کرمی و س. موسوی. ۱۳۹۹. بررسی اثر استفاده از لایه های پلی‌استایرن بر کاهش تبخیرمخازن ذخیره آب در مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: شهر سمنان). آب و توسعه پایدار، سال ۷، شماره ۲، ص ۵۲-۴۵.

Arnell, N.W. 1999. Climate change and global water resources. Global Environmental Change. 9: S31-S49.

Barnes, G.T. 2008. The potential for monolayers to reduce the evaporation of water from large water storages. Agricultural Water Management. 95(4): 339-353.

Bou-Fakhreddine, B., I. Mougharbel, A. Faye and Y. Pollet. 2019. Estimating daily evaporation from poorly-monitored lakes using limited meteorological data: A case study within Qaraoun dam-Lebanon. Environmental Management. 241: 502-513.

Brink, G., T. Symes and N. Hancock. 2011. Development of a smart monolayer application system for reducing evaporation from farm dams. Australian Journal of Multi-disciplinary Engineering. 8(2): 121-130.

Brown, J. 1988. The potential for reducing open water evaporation losses: a review. Paper presented at the Hydrology and Water Resources Symposium 1988: Preprints of Papers.

Chang, S.L., M.A. Mcclanahan and P.W. Kabler. 1962. Effect of bacterial decomposition of hexadecanol and octadecanol in monolayer films on the suppression of evaporation loss of water Retardation of Evaporation by Monolayers. 119-131. Academic Press.

Cooley, K.R. and L.E. Myers. 1973. Evaporation reduction with reflective covers. Journal of the Irrigation and Drainage Division. 99(3): 353-363.

Craig, I.P. 2005. Loss of storage water due to evaporation, A literature review, NCEA Publication, University of Southern Queensland, Toowoomba, Queensland, Australia.

Desai, A., T. Iyer and V. Tople. 1990. Use of water evaporation retardants for water conservation. Journal of Indian Water Works Association. 193-194.

Elshafei, M., A. Ibrahim, A. Helmy, M. Abdallah, A. Eldeib, M. Badawy and S. AbdelRazek. 2021. Study of massive floating solar panels over Lake Nasser. Journal of Energy. 2021, 6674091.

Erick, S. 2007. Controlling evaporation losses from large storage dam using chemical monolayers. Report, Centre for engineering in agriculture: University of Southern Queensland, Australia.

Ikweiri, F., H. Gabril, M. Jahawi and Y. Almatrdi. 2008. Evaluating the evaporation water loss from the Omar Muktar open water reservoir. Paper presented at the Twelfth International Water Technology Conference, IWTC, Alexandria, Egypt.

Mozafari, A., B. Mansouri and S.F. Chini. 2019. Effect of wind flow and solar radiation on functionality of water evaporation suppression monolayers. Water Resources Management. 33(10): 3513-3522.

O'brien, R. 2006. Method for making a coated powder for reducing evaporative water loss. United States patent application. US 10/910,950.

Panjabi, K., R. Rudra and P. Goel. 2016. Evaporation Retardation by Monomolecular Layers: An Experimental Study at the Aji Reservoir (India). Open Journal of Civil Engineering. 6(03): 346.

Reddy, P.J.R. 2005. A text book of Hydrology. Laxmi Publications, New Delhi.

Roberts, W. 1962. Reducing water vapor transport with monolayers Retardation of Evaporation by Monolayers. 193-201. Academic Press.

Varma, C. 1997. Manual on evaporation and its restriction from free water surfaces. Hydrological Sciences Journal. 42(6): 960-960.

Watts, P. 2005. Scoping study: Reduction of evaporation from farm dams. Final report to the national program for sustainable irrigation. Feedlot Services Australia Pty Ltd, Toowoomba, Australia.

Zhao, G. and H. Gao. 2019. Estimating reservoir evaporation losses for the United States: Fusing remote sensing and modeling approaches. Remote Sensing of Environment. 226: 109-124.

Evaporation Suppression from the Water Surface Using Monolayers

Mehrdad Karimzadeh[1], Javad Zahiri[2]

Abstract

Today, due to climate change, limited water resources and population growth, the problem of evaporation from water reservoirs has become a global issue. Various methods have been proposed to reduce evaporation from the water surface, which using heavy alcohols hexadecanol and octadecanol as a powder or solution is one of the common methods. Using these alcohols as a solution is more common because they are less displaced by wind and have a more uniform distribution. The emulsions used include hexadecanol, octadecanol and an equal combination of hexadecanol with octadecanol. Class A evaporation pans were used to evaluate the performance of the emulsions made in reducing evaporation from the water surface. In addition to chemical compounds in this study, physical methods such as floating balls and canopy were used. The experimental results showed that the octadecanol emulsion had better performance against water evaporation than other chemical compounds. Comparison of the performance of the emulsions and the physical methods showed that the two methods of canopy and floating balls had better performance than the chemical methods, although the octadecanol emulsion in some cases had similar performance to the physical methods in reducing evaporation from the water surface. The study of the effect of wind speed on the performance of the monolayer showed that at low wind speeds the performance of the monolayer is similar to that of floating balls and canopy, but gradually with increasing wind speed, the performance of the monolayer decreases sharply.

Keywords:Evaporation, Heavy alcohols, Brij-35, Floating Ball, Canopy

[1] Graduate of Water Structures, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran, Email: m.karimzadeh9529@gmail.com

[2]Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran, Email: j.zahiri@asnrukh.ac.ir