



Gonbad Kavous University
Journal of New Approaches in
Water Engineering and Environment
Volume 1, Issue 2

Evaluation of evaporation reduction methods at laboratory levels Through physical methods of two- and six-hole floating balls (Case study of Khorramabad)

Sedigheh Ebrahimian¹, Nasser Tahmasebipour^{2*}, Mohsen Adeli³ Hossein Zeinivand⁴

¹PhD Student in Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, Iran

²Associate Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, Iran

³Professor, Department of Organic Chemistry, Faculty of Basic Sciences, Lorestan, Iran

⁴Associate Professor, Department of Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Lorestan, Iran

Received: 13.08.2022; Accepted: 13.11.2022

Review

Evaporation is one of the most significant losses from water levels, especially in desert areas. Because a large amount of water is stored in reservoirs, water losses evaporate from the surface of water reservoirs, which is one of the sources of water loss. So far, various solutions have been proposed to reduce the rate of evaporation. In the present study, which was conducted with the aim of reducing the rate of evaporation from Class A evaporation pans, it was attempted to investigate for the first time the efficiency of three types of balls as evaporation reducing coatings. The balls used, including three types of two-hole and six-hole balls and without holes with a diameter of 7 cm, made of propylene were used. In order to evaluate the performance of these coatings in reducing the evaporation of Class A pans for 2 months from 1400/6/1 to 1400/7/30. Based on the Tukey and Duncan mean test, the three ball samples had a significant difference of 5% in terms of changes in evaporation rate and temperature with the control. The results showed that holes without holes with 70.6% efficiency had the largest share in reducing evaporation, while two-hole and six-hole balls with 45 and 30% efficiency were in the next priorities. Finally, holes without apertures were identified as the best evaporation reducing coating in the present study due to their suitable surface roughness and the percentage of empty spaces remaining constant over time.

Keywords: Evaporation, Floating Ball, Duncan, Tukey

*. Corresponding author, Email: ntahmasebipour@yahoo.com



دانشگاه گنبد کاووس

نشریه "رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست"

دوره اول، شماره دوم

<http://Nawee.gonbad.ac.ir>

ارزیابی شیوه‌های کاهش تبخیر در سطوح آزمایشگاهی از طریق روش‌های فیزیکی توپهای شناور دو و شش روزه (مطالعه موردی خرم آباد)

صدیقه ابراهیمیان^۱، ناصر طهماسبی پور^۲، محسن عادل^۳، حسین زینی وند^۴

^۱ دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

^۲ دانشیار، گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

^۳ استاد، گروه شیمی آلی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

^۴ دانشیار، گروه آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲

چکیده:

تبخیر از جمله مهم ترین تلفات محسوس از سطوح آبی به ویژه مناطق بیابانی است. از آن جایی که مقدار زیادی آب موجود با ذخیره در مخازن تامین می‌شود، تلفات آب به صورت تبخیر از سطح این مخازن یکی از منابع اتلاف آب می‌باشد. تاکنون راهکارهای مختلفی برای کاهش میزان تبخیر ارائه شده است. در پژوهش حاضر که با هدف کاهش میزان تبخیر از تشتک های تبخیر کلاس A انجام گرفت، سعی شده تا برای اولین بار کارایی سه نوع توپ به عنوان پوشش کاهنده تبخیر بررسی گردد. توپ های مورد استفاده شامل سه نوع توپ دو روزه و شش روزه و بدون روزه با قطر ۷ سانتی متر از جنس پروپیلن مورد استفاده قرار گرفت. به منظور بررسی عملکرد این پوشش ها در کاهش تبخیر تشتک های کلاس A به مدت ۲ ماه از ۱۴۰۰/۶/۱ تا ۱۴۰۰/۷/۳۰ بررسی شدند. بر اساس آزمون مقایسه میانگین توکی و دانکن، سه نمونه توپ به لحاظ تغییرات میزان تبخیر و دما با شاهد اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد داشتند. نتایج به دست آمده نشان داد توپ های بدون روزه با کارایی ۷۰،۶ درصد بیشترین سهم را در کاهش تبخیر داشتند در حالی که توپ های دو روزه و شش روزه با کارایی ۳۰ و ۴۵ درصد در اولویت های بعدی قرار گرفتند. در نهایت توپ های بدون روزه به دلیل زبری مناسب و بیشتر در سطح و ثابت ماندن درصد فضاها خالی در طول زمان، به عنوان بهترین پوشش کاهنده تبخیر در پژوهش حاضر شناسایی گردیدند.

کلید واژه: تبخیر، توپ شناور، دانکن، توکی

مقدمه:

بارندگی سالانه جهان حدود ۸۵۰ میلیمتر است. ایران با ۲۵۰ میلیمتر بارش حدود یک سوم متوسط بارندگی سالانه جهان را دریافت می‌کند. از طرفی متوسط پتانسیل تبخیر سالانه در جهان حدود ۷۰۰ میلیمتر و این میزان در ایران حدود برابر و معادل ۲۱۰۰ میلیمتر است (AlHassoun & et al, 2011). موضوع فوق بیانگر محدودیت و کمبود منابع آبی به ویژه در مناطق خشک ایران است. تلفات تبخیر از تاسیسات ذخیره‌سازی نسبتاً وسیع می‌باشد (Alvarez et al., 2006). در لیبی که آب و هوایی گرم‌تر از ایران دارد، ولی در اوایل پاییز میزان تبخیر از مخازن مصنوعی نگهداری آب، به حدود ۲ متر مکعب در سال به ازای هر متر مربع می‌رسد. (Hudson et al., 1987) بر اساس اندازه‌گیری‌ها اتلاف آب از مخازن نکه-داری آب از ۱۷ ایالت غربی در ایالت متحده هر ساله ۱۹/۲ میلیارد مترمکعب بوده است. که این اتلاف معادل با ناپدید شدن تمام آب موجود ذخیره شده در کالیفرنیا در سال ۱۹۵۶ می‌باشد. (Saggai et al., 2018). (Afkham et al (2008) از جمله استراتژی و راهکارهای مهم که امروزه در بحث منابع آبی رو باز جهت حفاظت از آب در جهان مطرح است، کاهش تلفات تبخیر از این سطوح می‌باشد. کنترل تبخیر از سطوح آب با استفاده از روش‌های مختلف، راه حل مهمی در حفاظت از آب می‌باشد و در بسیاری از موارد از جمع‌آوری و ذخیره همان مقدار آب از منابع دیگر اقتصادی‌تر می‌باشد. تاکنون مطالعات وسیعی در جهان در رابطه با استفاده از پوشش‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی انجام گرفته است. با ارزیابی میزان کارایی این پوشش‌ها در مقیاس آزمایشگاهی و میدانی، در بسیاری از موارد نتایج قابل قبولی ارائه شده است. (Piri et al., 2010) در تحقیقی با عنوان، بررسی تاثیر استفاده از الکل‌های سنگین بر کاهش تبخیر از سطح مخازن آب، به این نتایج دست یافتند، کاربرد الکل‌های سنگین می‌تواند موجب کاهش شدت تبخیر و کاهش غلظت نمک آب گردد. در این پژوهش دو نوع الکل هگزادکانول و اکتادکانول و ترکیبی از این الکل‌ها که در اتانول حل شده بودند و عمق آب داخل تشت‌ها، در دو مرحله زمانی به ترتیب با استفاده از غلظت‌های ۲۰ و

۴۰ گرم در هکتار در مراحل اول و دوم در مجموع طی مدت ۳۸ روز اندازه‌گیری، و مقادیر آن با نمونه شاهد (بدون الکل)، مقایسه شد. نتایج نشان می‌دهد استفاده مجزا از هر دو نوع الکل، در کاهش تبخیر موثر بوده، ولی استفاده از ترکیب آن‌ها می‌تواند تاثیر بیشتری در کاهش تبخیر از سطح آب داشته باشد. Qarawi. and Ahmad (2007) در تحقیقی با عنوان، تبخیر و روش‌های کنترل آن، که در این تحقیق به ارزیابی روش‌های مختلف کاهش تبخیر از جمله استفاده از مونولایرها، پوشش‌های شناور و معلق، بادشکن‌ها و کاهش سطح مخزن پرداخته شد. و در نهایت کارایی بادشکن در کنترل تبخیر تا ۲۰ درصد، پوشش‌های معلق تا ۶۵ درصد و پوشش‌های شناور بین ۴۰ تا ۹۵ درصد گزارش شد.

(Santafe (2014) در تحقیقی با عنوان، اجرای پوشش شناور فتوولتائیک بر روی مخازن آبیاری، که در این تحقیق، به مدت ۲ سال (۲۰۰۹-۲۰۱۱) بخشی از مخزن ذخیره آب با مساحتی بالغ بر ۳۵۰ متر مربع که حدود ۷ درصد از سطح مخزن را به خود اختصاص می‌داد با سلول خورشیدی پوشانید و در نهایت نتایج به دست آمده در کنترل تبخیر مثبت قلمداد شد. سپس در ادامه با توجه به کارایی مناسب سلول شناور خورشیدی جهت کاهش تبخیر از سطح آب و همچنین تولید جریان الکتریسته، مساحتی بالغ بر ۴۴۹۰ متر مربع را با ۱۴۵۸ سلول خورشیدی و ۷۵۰ پنتون پوشانید. در نهایت این کاربرد دو منظوره که هم با هدف کاهش تبخیر و هم تولید جریان الکتریسته انجام گرفت روشی نسبتاً آسان و مقرون به صرفه ارزیابی گردید.

تک‌لایه‌ای مانند ستیل و استناریل الکل به تنهایی یا در ترکیب هر دو، به ترتیب تا ۳۰٪ و ۵۷٪ تبخیر را کنترل می‌کنند. اقدامات بیولوژیکی با استفاده از ضایعات کشاورزی مقرون به صرفه است و گزارش شده است که تبخیر را تا ۶۰٪ با برگ خرما کاهش می‌دهد. اقدامات مکانیکی مانند پانل‌های خورشیدی شناور، اگرچه گران است، اما با مزایای متعدد مفید هستند. حفاظ‌های مکانیکی مانند پارچه‌های سایه‌دار معلق، ترموکل، استایروفوم و موم شناور که توسط محققان مختلف مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، گزارش شده‌اند که تبخیر بین ۲۵ تا

۷۰ درصد را کنترل می‌کنند. (Deepika et al, 2021).

Nejatian (2022)، راندمان کاهش تبخیر انواع مختلف غشاهای نانومونتاژ شده را ارزیابی کردند. این مونولایرها از شش ترکیب مختلف استئاریل و ستیل الکل با افزودنی‌هایی مانند روغن جوجوبا، اسید استئاریک و هیدروکسید کلسیم تشکیل شده است. این مطالعه از دو جفت تشت تبخیر کلاس A استفاده شد: یک جفت در سطح آب دریاچه چیتگر نیمه شناور بود و دیگری در ساحل قرار داشت. نتایج تجربی نشان داد که تک لایه ای حاوی الکل‌های استئاریل تا ستیل ۳:۱ با وزن ۶۰ درصد هیدروکسید کلسیم بهترین عملکرد را داشته و می‌تواند تبخیر را تا ۵۰ درصد در طول عمر سه روزه خود کاهش دهد. این مطالعه نشان داد که در حالی که غشاهای اثرات جانبی قابل‌توجهی بر pH آب دریاچه، کدورت و کل جامدات معلق نداشتند، افزایش جزئی در دمای سطح آب مشاهده شد. می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از این تک لایه‌ها در مناطقی که تبخیر زیاد دارند می‌تواند به مدیریت بهتر منابع آب کمک کند.

Morsy (2021) همان‌گونه که اشاره گردید تبخیر یکی از مولفه‌های مهم در روش بیلان آب در اکثر مخازن سدهای کوتاه و بلند است. اگر چه تبخیر به صورت تدریجی انجام می‌گیرد. اما مطالعات نشان می‌دهد این مولفه سالیانه منجر به هدر رفت و خروج بخش عظیمی از آب مخازن سدها می‌گردد. با توجه به موارد زیر، ضرورت انجام این پژوهش بیشتر مشخص می‌شود:

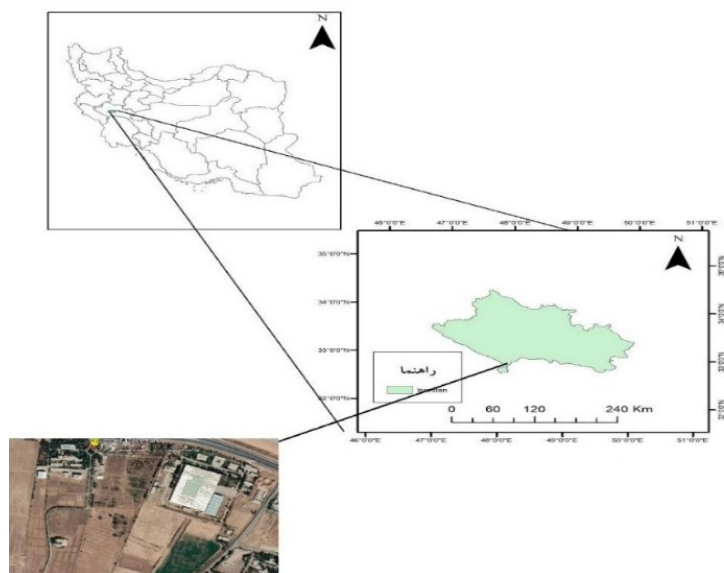
۱- ایران در زمره کشورهای نیمه‌خشک جهان قرار گرفته و به عنوان دومین کشور دارای بیشترین سدهای در حال ساخت بعد از چین می‌باشد.

در پژوهش حاضر، با هدف کاهش تبخیر از مخازن در مناطق خشک، تاثیر و کارایی انواع توپ‌های شناور پلی اتیلنی به عنوان کاهنده‌های تبخیر بررسی می‌شود و در پایان با انتخاب برترین گزینه، راهکارهای مناسب و اجرایی جهت کاهش تبخیر منابع آبی ارائه می‌گردد.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

مکان اجرای پژوهش در محوطه‌ی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان می‌باشد این دانشکده در ۱۱ کیلومتری جنوب شهر خرم آباد در زمینی به مساحت ۷۰ هکتار تاسیس شده است. دانشکده کشاورزی دارای مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه و ۴۱ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه و ۸۶ ثانیه عرض شمالی و ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا با میانگین حداکثر دما ۲۵/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین حداقل آن ۹/۴ درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین دمای سالانه ۴۹۰/۴ میلی‌متر می‌باشد (Deo et al., 2011). پژوهش حاضر با هدف بررسی میزان کاهش تبخیر به روش توپک‌های شناور می‌باشد. پوشش‌های استفاده شده شامل سه نمونه توپ با قطر یکسان از جنس پلی اتیلن با وزن تقریبی هر توپ ۱۰ گرم می‌باشد (جدول ۱)، ذکر این نکته حائز اهمیت است که درصد پوشش سطح به قطر توپ‌های مورد نظر بستگی دارند. که در شکل ۲ و ۳ نمایی از محیط کار با روش فیزیکی نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی خرم آباد در ایران و است



شکل ۲- سمت چپ تشتک کلاس A دارای توپ بدون روزنه، سمت راست تشتک دارای توپ دو روزنه



شکل ۳- سمت چپ تشتک کلاس A شاهد، سمت راست تشتک دارای توپ شش روزنه

جدول ۱- ویژگی های توپ های مورد استفاده در پژوهش حاضر

نوع پوشش	جنس	مقاومت به درجه حرارت (درجه سانتیگراد)	نقطه نرمی	قطر (میلیمتر)	تعداد روزنه	ابعاد روزنه (میلیمتر)	درصد پوشانندگی در سطح
توپ های بدون روزنه	پلی اتیلن	۹۰	پایین	۷۰	ندارد		۸۰
توپ های دو روزنه	پلی اتیلن	۹۰	پایین	۷۰	۲	۱-۲	۸۰
توپ های شش روزنه	پلی اتیلن	۹۰	پایین	۷۰	۶	۱-۲	۸۰

با توجه به وزن ناچیز دو نمونه توپ پلی اتیلنی و سرعت بالای باد در منطقه، همواره احتمال جمع شدن و پراکنش توپ‌ها در سطح آب وجود دارد. این مسئله کارایی این پوشش را کاهش می‌دهد. به منظور رفع مشکل فوق سعی گردید در دو نمونه توپ پلی اتیلن با قطر ۷ سانتیمتر، روزنه هایی بر سطح توپ ایجاد گردد تا با ورود آب در داخل توپ وزن توپ ها افزایش یابد. به این منظور جهت افزایش وزن توپ‌های پلی اتیلنی با توجه به نحوه ی قرار گیری توپ در سطح آب در تشتک توپ شش روزنه، دو روزنه ، سه روزنه، یک روزنه به قطر یک میلیمتر بر سطح تماس توپ با آب ایجاد گردید و سه روزنه و یک روزنه به منظور خروج هوا در زمان ورود آب به داخل توپ، در نقطه مقابل روزنه ها در نظر گرفته شد. به این ترتیب آب، به محض قرار گیری توپ بر روی سیال از طریق روزنه های ایجاد شده وارد توپ شده و از روزنه مقابل هوا خارج می گردد. با ورود آب، توپ به سمت روزنه خروجی هوا شروع به چرخش نموده تا سطح آب در روزنه های مقابل به یکدیگر، هم تراز گردد. با قرارگیری تمام روزنه در زیر سطح آب، ورود آب به داخل توپ متوقف گردد. تعبیه روزنه‌ها بر روی توپ‌ها به گونه ای طراحی شد تا میزان ورود آب به داخل

توپ زمانی متوقف گردد که توپ‌ها تا نیمه در آب غوطه‌ور گردیده و بر روی بزرگ‌ترین سطح خود بایستند که البته بیشترین پوشاندگی را نیز ایجاد می‌کنند. تنها در این شرایط است که بیشترین زبری در سطح آب و کمترین فضای خالی بین توپ‌ها ایجاد می‌گردد. به این ترتیب، تعداد ۲۴۰ عدد توپ برای هر تشتک دو روزنه و شش روزنه سوراخ گردید. با قرار گیری بر سطح آب وزن ثانویه توپ ها به طور متوسط به ۸ تا ۹ برابر وزن اولیه می‌رسد. به دلیل تنش‌های محیطی از جمله سرعت باد زیاد در منطقه مورد مطالعه همواره این احتمال وجود دارد که توپ تحت شرایط مختلف چرخیده و با قرار گیری حتی یک روزنه بالاتر از سطح آب، شرایط برای ورود آب از روزنه‌های دیگر در توپ فراهم گردد. به این ترتیب، با ورود حجم بیشتری از آب، میزان غوطه وری توپ در آب بیشتر شده و توپ بر روی سطح تماس کوچک تری بر روی آب قرار می‌گیرد. این مساله منجر به افزایش فضاهای خالی بین توپ شده و ضمن کاهش زبری توپ در سطح آب، میزان تبخیر را افزایش داده و از کارایی پوشش فوق می‌کاهد. جدول (۲) وزن آب موجود در توپ‌ها به طور میانگین و میزان فرورفتگی آن ها را نشان می دهد.

جدول ۲- وزن و میزان غوطه وری توپ‌های دارای روزنه در آب

نوع توپ ها	وزن متوسط آب (گرم)	میزان متوسط فرورفتگی در ابتدای بازه (سانتیمتر)	میزان متوسط فرورفتگی در انتهای بازه (سانتیمتر)
شش روزنه	۱۳۰-۱۵۰	۳.۵-۴.۳	۵.۵-۴
دو روزنه	۱۲۰-۱۳۰	۳.۵-۴	۳.۵-۴

بازه اندازه‌گیری و M_{cover} میزان تلفات در هر یک از پوشش‌ها در همان بازه می‌باشد. مقادیر اندازه گیری شده تبخیر و دمای سطحی آب به صورت $Mean \pm S.d$ ارایه شد. از تحلیل واریانس یک طرفه و آزمون توکی و دانکن برای مقایسه میانگین تاثیر انواع پوشش‌ها بر کاهش تبخیر و دما استفاده شد.

نتایج:

کارایی انواع توپ‌ها در تشتک‌ها:

مقادیر میانگین و انحراف استاندارد، واریانس، مینیمم و ماکزیمم پارامترهای تبخیر و دما در جدول ۳ و آورده شده است. همان گونه که مشاهده می‌گردد شد مقادیر تبخیر و دما در نمونه‌های اندازه گیری شده متفاوت است. این امر تاثیر مثبت استفاده از انواع توپ ها را در کاهش

بعد از آماده سازی، توپ ها در سطح تشتک‌های کلاس A پخش شدند. یک تشتک به عنوان شاهد و سه تشتک دیگر که هر کدام با ۲۴۰ عدد توپ شناور به عنوان تیمار با توپ های دو روزنه، شش روزنه و بدون روزنه در نظر گرفته شدند. به مدت ۶۰ روز از تاریخ ۱ شهریور ۱۴۰۰ تا ۳۰ مهر ۱۴۰۰ در ساعت ۱۰ صبح داده برداری انجام شد. میزان کاهش تبخیر و دمای آب در عمق ۵ سانتیمتری از سطح با دماسنج حداقل و حداکثر دمای سطحی آب اندازه گیری شد. در آخر کارایی انواع توپ ها در کاهش میزان تبخیر با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید.

$$\text{معادله (۱)} \quad (M_{control} - M_{cover} / M_{control}) \times 100$$

که در آن: $M_{control}$ میزان تلفات از مخزن شاهد طی

بر میزان تبخیر نشان داد که پوشش‌ها در گروه های مختلف آماری قرار گرفتند. بر این اساس، مخزن شاهد بیش ترین مقدار تبخیر را در بین دیگر مخازن داشته، در حالی که مخزن های پوشیده شده با توپ های بدون روزنه کمترین مقدار تبخیر را نشان داد. مقایسه مقادیر میانگین تبخیر در آزمون دانکن هیچ گونه حروف مشترکی را نشان نمی‌دهد و این امر بدان معناست که تمام زوج پوشش ها در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری با هم دارند.

تبخیر نشان می دهد. بر اساس مقادیر نسبت پراش، در جدول (۴) بین پوشش های مختلف از نظر میزان تبخیر و دما در سطح احتمال ۹۵ درصد اختلاف معناداری دارد. در ادامه جهت تشخیص تفاوت بین میانگین تبخیر و دما هر یک از زوج پوشش ها از دو آزمون توکی و دانکن در سطح اطمینان ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج این دو آزمون به منظور بررسی تاثیر پوشش ها بر میانگین تبخیر در جدول (۵) آورده شده است.

نتایج مقایسه میانگین تاثیر پوشش‌های مختلف توپ

جدول ۳- آماره های تبخیر و دما در گروه های مختلف در بازه زمانی اندازه گیری

تبخیر نشتنک توپ تک روزنه (میلیمتر)	تبخیر نشتنک توپ چند روزنه (میلیمتر)	تبخیر نشتنک توپ بدون روزنه (میلیمتر)	تبخیر نشتنک شاهد (میلیمتر)	
۴/۸	۶/۲	۲/۶	۸/۸	میانگین
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲	خطای میانگین
۰/۷	۰/۴	۰/۴	۱/۳	انحراف معیار
۰/۶	۰/۹	۰/۲	۱/۸	واریانس
۲/۹	۳/۶	۱/۶	۵/۲	مینیمم
۶/۴	۸/۱	۳/۵	۱۱/۶	ماکسیمم

جدول ۴- انحراف واریانس یکسویه برای بررسی تغییرات تبخیر و دما در پوشش های مختلف

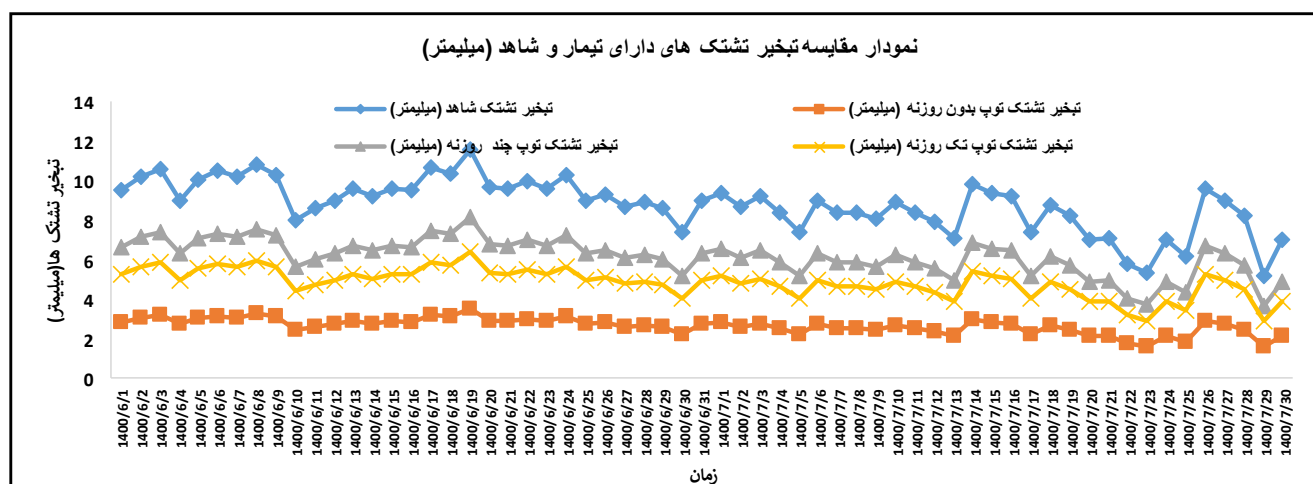
منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	F آمار	میانگین مربعات	نسبت پراش
تبخیر	۲۳۲۶/۲	۹	۹۴	۱۲۳۰	۰/۰
درون گروه ها	۱۰۶۹	۶۴		۱۵/۴	
جمع کل		۷۳		۱۷/۵	۰/۰
دما	۴۶	۹			
درون گروه ها	۳۹	۶۴		۰/۳	
جمع کل		۷۳			

جدول ۵- نتایج آزمون های مقایسه میانگین تاثیر پوشش هادر تبخیر

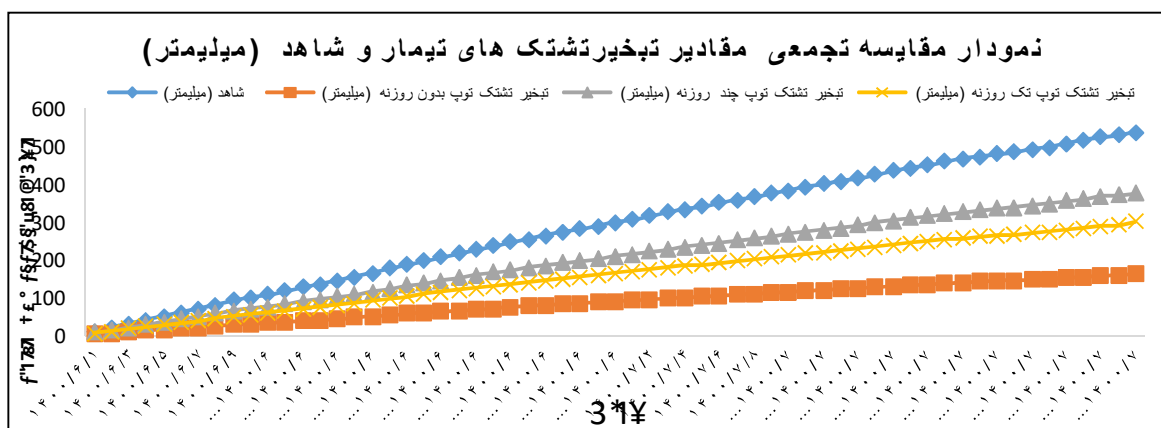
آزمون	پوشش ها	طبقه بندی	
توکی	تشتک پوشیده شده با توپ های بدون روزنه	۱	۴
		۲	۳
		۳	
		۴	
		۱۲/۳	
	تشتک پوشیده شده با توپ های دو روزنه	۱۴/۶	
	تشتک پوشیده شده با توپ های شش روزنه	۱۸	
	تشتک شاهد	۲۰/۲	
دانکن	تشتک پوشیده شده با توپ های بدون روزنه	۱۲/۳ ^A	
	تشتک پوشیده شده با توپ های دو روزنه	۱۴/۶ ^B	
	تشتک پوشیده شده با توپ های شش روزنه	۱۸ ^C	
	تشتک شاهد	۲۰/۳ ^D	

توپ های دو روزه و شش روزه از نظر کاهش تبخیر به ترتیب در رتبه های دوم و سوم قرار دارند. میزان درصد کاهش تبخیر با استفاده از سه نوع توپ در شکل ۶ نشان داده شده است. بیشترین میزان درصد کاهش تبخیر مربوط به مخزن پوشیده شده با توپ های بدون روزه ۷۱ درصد به دست آمده است. درصد متوسط کاهش تبخیر در تشتک های پوشیده شده با توپ های تک روزه و توپ های چند روزه به ترتیب ۵۳/۶، ۲۹/۳ درصد است. با توجه به مقایسه سه نمودار فوق بدیهی است. با وجود این که درصد فضای خالی بین سه نمونه توپ یکسان بوده اما کمترین درصد تغییرات کاهش تبخیر در توپ های بدون روزه و بیشترین میزان مربوط به توپ های چند روزه است. همچنین در توپ هایی با چندین روزه این تغییرات در ابتدای بازه زیاد و به مرور کاهش یافته است.

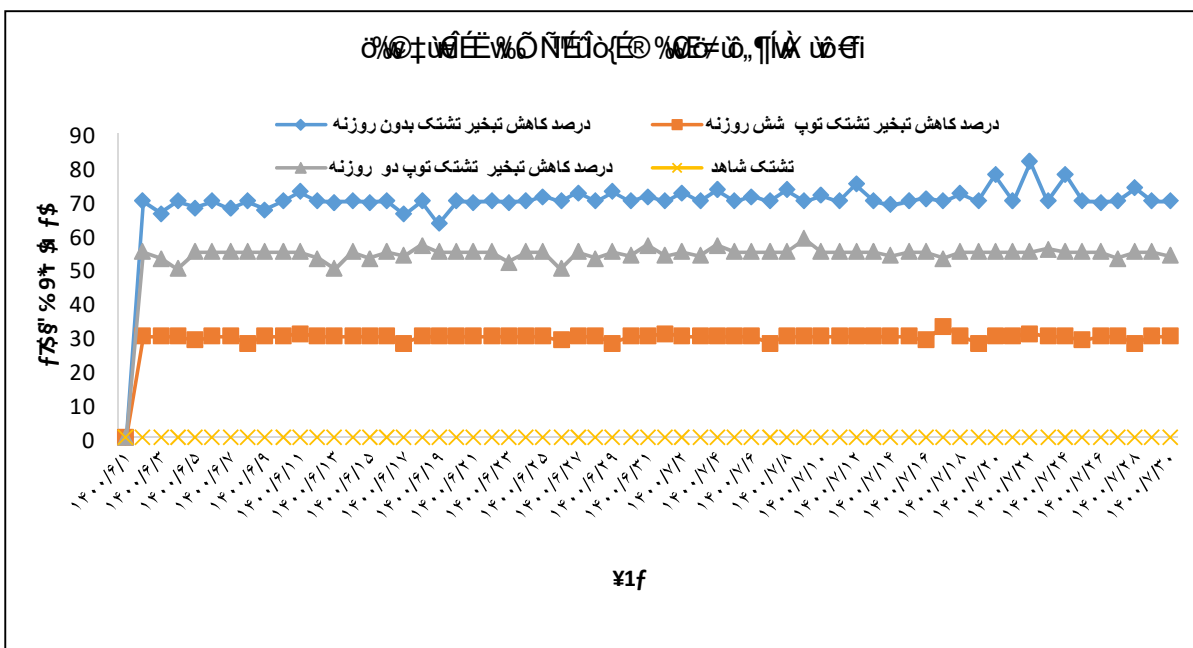
نمودار مقایسه کنترل تبخیر در شکل ۴ و نمودار تجمعی مقادیر متوسط تبخیر در مدت زمان یاد شده در پوشش های مختلف در شکل ۵ نمایش داده شده است. در شکل ۵ سطح زیر منحنی مربوط به تشتک شاهد، پتانسیل کل حجم تبخیر صورت گرفته را در شرایط طبیعی نمایش می دهد. سطح زیر سایر منحنی های مشاهده شده در نمودار نیز برابر با حجم آب تلف شده در تشتک های پوشیده شده با توپ های مختلف است. بر این اساس، مساحت بین هر منحنی تا منحنی شاهد برابر با میزان ذخیره آب یا حجم کاهش تبخیر ناشی از اعمال پوشش های مختلف با انواع مختلف توپ هاست. بیشترین مساحت مربوط به سطح ما بین منحنی مربوط به تشتک پوشیده شده با توپ های بدون روزه و شاهد بوده که کمترین میزان تبخیر از سطح این تشتک اتفاق افتاده است. تشتک های پوشیده شده با



شکل ۴- نمودار مقایسه کنترل تبخیر از سه تشتک تحت پوشش و شاهد



شکل ۵- نمودار تجمعی میزان تبخیر از سه تشتک تحت پوشش و شاهد



شکل ۶- نمودار درصد کاهش تبخیر از سه تشتک تحت پوشش و شاهد

تأثیر پوشش های کاهنده تبخیر بر دمای آب:

برای مقایسه تأثیر استفاده از انواع پوشش ها بر دمای سطح آب نیز از دو آزمون توکی و دانکن استفاده شد. (جدول ۷) نتایج مقایسه میانگین تأثیر پوشش های مختلف بر تغییرات دمای سطح آب نیز نشان می دهد پوشش ها در گروه های مختلف آماری قرار گرفته اند. عدم وجود حرف مشترک در بین گروه ها نیز نشان از نظر تفاوت معنی دار از لحاظ دما بین تمام زوج گروه ها است. مقایسه مقادیر دما نشان می دهد، تشتک شاهد بیشترین میزان دما و تشتک بدون روزه کمترین مقدار را دارا می باشد. شایان ذکر است دما در عمق ۵ سانتی متری از سطح آب اندازه گیری شده

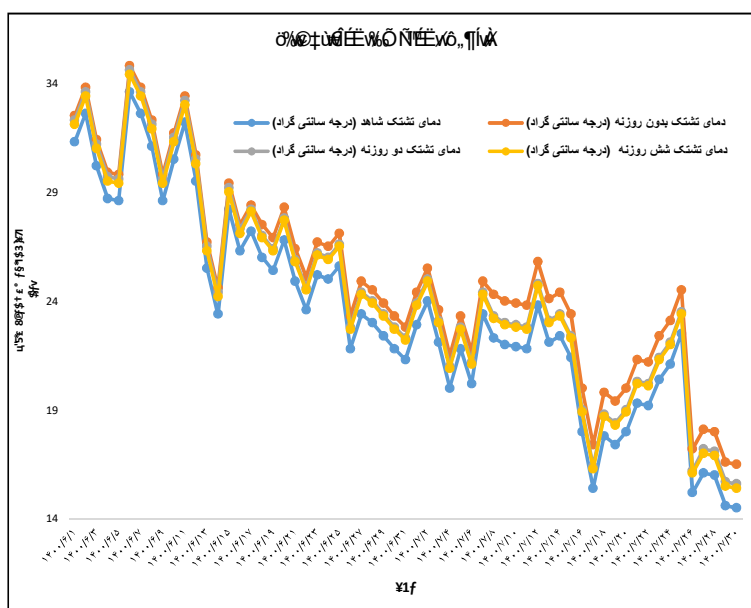
است. همان گونه که در شکل ۷ مشاهده می شود کمترین میزان دما مربوط به تشتک شاهد و سپس به ترتیب توپ-های شش روزه، توپ دو روزه و توپ بدون روزه است. تشتک مربوط به توپ های بدون روزه با وجود این که بیشترین درصد کاهش تبخیر را نشان می دهد، بیشترین اختلاف دما را با مخزن شاهد دارد. این اختلاف در برخی روزهای برداشت تا ۲ درجه سانتی گراد نیز ثبت شده است. در حالی که حداکثر اختلاف دما در دو تشتک پوشانده شده با توپ تک روزه و چند روزه به ترتیب ۱ و ۵/۰ درجه سانتی گراد است.

جدول ۶- نتایج آزمونهای مقایسه میانگین تأثیر دما در تبخیر

آزمون	پوشش ها	طبقه بندی			
		۱	۲	۳	۴
توکی	تشتک پوشیده شده با توپ های بدون روزه	۲۵/۳			
	تشتک پوشیده شده با توپ های دو روزه	۲۶/۷			
	تشتک پوشیده شده با توپ های شش روزه	۲۷/۱			
	تشتک شاهد	۲۷/۹			
دانکن	تشتک پوشیده شده با توپ های بدون روزه	۲۵/۳ ^a			
	تشتک پوشیده شده با توپ های دو روزه	۲۶/۷ ^b			
	تشتک پوشیده شده با توپ های شش روزه	۲۷/۱ ^c			
	تشتک شاهد	۲۷/۹ ^d			

جدول ۷- مقایسه کارایی توپ‌های مختلف در شرایط محیطی یکسان

کاهش تبخیر (درصد)	روش
۷۱	استفاده از توپ‌های بدون روزنه
۵۳/۶	توپ‌های دو روزنه
۲۹/۳۴	توپ‌های شش روزنه



شکل ۷- نمودار متوسط تغییرات دمایی در چهار تشک تحقیقاتی با انواع توپ‌ها

نتیجه‌گیری

بودند. در حالی که در توپ‌های که دارای چند روزنه بودند، در چند برداشت اول درصد کاهش تبخیر بیشتر و به تدریج کم شده است. تغییر در کاهش تاثیر توپ‌های چند روزنه را می‌توان ناشی از امواج باد دانست، چرا که در ابتدای قرار گیری بر سطح آب، توپ‌ها با توجه به خاصیت خود پرنندگی، شروع به جذب آب نموده و سپس به یک ثبات اولیه رسیده و در این حالت توپ بر روی بزرگترین وجه خود در شرایط ثابت قرار می‌گیرند. در این وضعیت نصف

در پژوهش حاضر به منظور جلوگیری از تبخیر آب کارایی سه نمونه توپ از نظر تعداد روزنه با اعمال تغییراتی جهت افزایش کارایی و ماندگاری بررسی شد. براساس جدول ۸، بهترین نوع توپ‌ها که بالاترین کارایی را در مخازن مورد آزمایش از خود نشان دادند، توپ‌های پلی اتیلنی با قطر ۷ سانتیمتر با تعداد ۲۰۰ عدد توپ در سطح یک متر مربع بود که بدون روزنه بودند و بعد توپ‌های پلی اتیلنی دو روزنه که تا نیمه از آب پر گردیده

گزارش انجام شده، تراشه‌های پلی اتیلنی در بهترین حالت قادر به کاهش میزان تبخیر ۵۷ درصد می باشد. همچنین تاثیر پوشش های فیزیکی کاهنده تبخیر با استفاده از پلی استایرن و با درصد پوشش های مختلف که در ایران انجام شده است (Ikweiri et al., 2008)، بهترین کارایی این روش‌ها را بین ۳۰ تا ۵۵ درصد گزارش نموده است، در حالی که این میزان کاهش تبخیر با استفاده از پوشش فیزیکی توپ های کاهنده تبخیر در پژوهش حاضر بیش از ۶۵ درصد برآورد شده است. (Afkhani et al., 2008) تاثیر توپ های شناور بر کاهش میزان تبخیر از مخازن آبی روباز معدن مس سرچشمه مطالعه کرد، نتایج به دست آمده نشان داد توپ های تک روزنه با کارایی ۶۵/۱ درصد بیشترین سهم را در کاهش تبخیر داشتند در نهایت توپ‌های تک روزنه به دلیل زبری مناسب در سطح و ثابت ماندن درصد فضای خالی در طول زمان؛ به عنوان بهترین نوع پوشش کاهنده تبخیر در پژوهش شناسایی گردیدند توپ های پلی اتیلنی با قطر ۷ سانتیمتر با تعداد ۲۰۰ عدد توپ در سطح یک متر مربع که به طور متوسط دارای ۵۱،۶ درصد کاهش تبخیر می باشند با هزینه هر توپ به قیمت ۳۰۰۰ ریال که در هر متر مربع ۶۰۰۰۰۰ ریال هزینه استقرار توپ البته این نکته مد نظر باید داشت که دوام توپ ۱۰ ساله هست و در طول ۱۰ سال حجم عظیمی از آب در سطوح بزرگ از دسترس تبخیر حفظ می شود. که از لحاظ اقتصادی می تواند در سطوح وسیع بسیار مقرون به صرفه باشد به طور مثال میزان تبخیر از سطح دریاچه سد درود زن استان فارس سالانه حدود ۲۰۰۰ میلیمتر است. در حجم ۸۰۰ میلیون متر مکعب ، سطح دریاچه حدود ۴ هزار هکتار است بنابراین حجم آب تبخیر شده از سطح دریاچه حدود ۸۰ میلیون متر مکعب در سال (۱۰ درصد از کل آب دریاچه) است. در صورت استفاده از پوشش شناور که به طور متوسط ۵۰ درصد کاهش تبخیر در بردارد با دوام ۱۰ ساله سالانه ۵ درصد از حجم دریاچه از دسترس تبخیر حفظ می شود.

حجم توپ در آب شناور و نصف حجم آب بالای سطح آب قرار داشته و کمترین فضای خالی بین توپ ایجاد می گردد. بعد از چند روزنوسانات باد منجر شده که برخی توپ‌ها چرخیده و در شرایط چرخش یکی از روزنه‌ها در معرض هوا قرار گیرد. به این ترتیب توپ میزان بیشتری آب جذب کند. در این شرایط با جذب بیشتر آب، توپ سنگین شده و میزان غوطه وری آن در آب افزایش می‌یابد. این امر منجر شده تا بیش از نیمی از حجم توپ وارد آب شود و توپ بر روی وجه کوچک تر از وجه بیشینه قرار بگیرد، به این ترتیب درصد فضای خالی مابین توپ ها بیشتر و تبخیر از سطح آب بیشتر می‌شود. کارایی توپ تک روزنه نسبت به چند روزنه میزان زبری بیشتر در سطح است که منجر به کاهش تبخیر موثر تر می شود. روند تغییرات دمایی نیز در سه نوع توپ تفاوت معنی داری دارد. در راستای توجیه نوسانات دمایی بین سه نوع مختلف توپ در مخازن تحت پوشش، چون جنس توپ ها از ماده پلی اتیلن می باشد، این ماده گرمای خورشید را جذب کرده و افزایش زبری سطح منجر به افزایش دمای آب شده است. به طوری که زبری بیشتر در تشتک پوشیده با توپ‌های بدون روزنه نسبت به دو تشتک دیگر منجر به افزایش دما در این تشتک شده است. به طوری که زبری بیشتر در تشتک پوشیده با توپ‌های بدون روزنه نسبت به دو مخزن دیگر منجر به افزایش دما در این تشتک شده است. همان گونه که قبلا نیز بیان گردید توپ های چند روزنه تحت تاثیر جریانات و نوسانات محیطی گاهی دچار چرخش شده و این عامل منجر می شود تا حجم بیشتر آب به درون آن ها نفوذ کند. عمق نفوذ آب در این حالت بیشتر از عمق روزنه هایی است که مقابل هم قرار گرفته اند. در این حالت، غوطه وری بیشتر این نوع توپ ها منجر می شود تا زبری در این مخزن نسبت به مخزن پوشیده شده با توپ های دو روزنه کمتر و درصد فضای خالی نسبت به دو نمونه دیگر افزایش یابد. نتایج حاصل از تحقیق حاضر با نتایج دیگر تحقیقات انجام شده در خارج از ایران و با تراشه‌های پلی اتیلنی در کاهش میزان تبخیر مطابقت دارد (Alvarez et al., 2006). طبق

منابع

- Alvarez V. M., Baille A., Martínez J. M., Real M. G. 2006. Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4(4): 280-288.
- AlHassoun S. A., AlShaikh A. A., AlRehaili A. M., Misbahuddin M. 2011. Effectiveness of using palm fronds in reducing water evaporation. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 38(10): 1170-1174.
- AbassDawood k., LaftaRashir F., Hashim V. 2013. Reduction evaporation losses from water reservoirs,” *International journal of Energy and Environmental research*, 1(1): 23-29.
- Afkhami, H.H. MalekiNejad Ghoribi, ST.2008. Investigation of water wastage with an emphasis on methods of reducing evaporation from tailings dam and open water sources of SarcheshmeMes complex. *Journal of Separation Science and Engineering*, 9: 61-77.
- Deo A.V., Kulkarni S.B., Gharpurey M.K., Biswas A.B. 1964a. Equilibrium-film pressure of the monolayer on water of nlong- chain alcohols and n-longchaialkoxyethanols. *J. Colloid Sci.* 19: 813-81.
- Deepika S. M., Osman M., Kumar H. 2021. Sandeep Suppressing Evaporation from Surface Water Reservoirs: A Review...*Journal of Agricultural Engineering* 57(3):259-273.
- Hudson N.W. 1987. Soil and water conservation in semiarid regions. FAO Land and Water Conservation Service, Rome. 256 p.
- Herweijer C., Seager R. 2008. The global footprint of persistent extra-tropical drought in the instrumental era, *International Journal of Climatology*, 28(13): pp1761-1774.
- Ikweiri F.S., Gabril H., Jahawi M., Almatrdi Y. 2008. Evaluating the evaporation water loss from the Omar Muktaropen water reservoir. Twelfth International Water Technology Conference, IWTC12 Alexandria, Egypt
- Khan V., Issac V. 1990. Evaporation reduction in stock tanks for increasing water supplies,” *Journal of hydrology*, 119(1): 21-29.
- Morsy S.M., Elbasyoni I.S., Abdallah A.M., Baenziger P.S. 2021. Imposing water deficit on modern and wild wheat collections to identify drought-resilient genotypes. *J. Agron. Crop Sci.* 1-14.
- Nejatian A. , Mohammadi M., Doulabi M., irajizad A. 2022. Evaporation Mitigation Assessment by Self-assembled Nano-thickness Films in Shallow Fresh Water Lake Using Fixed and Semi-Floating Pans
- Panjabi K., Rudra R., Goel P. 2016. Evaporation Retardation by Monomolecular Layers: An Experimental Study at the Aji Reservoir (India). *Open Journal of Civil Engineering*, 6, 346-357.
- Piri M., Hassam A., Dehghani M. 2009. Laboratory study of the effect of using physical and chemical methods on reducing evaporation from water reservoirs, *Journal of Water and Soil Protection Research*, 17(4):141-154.
- Qarawi S.H., Ahmad S. A. 2016. Evaporation and its control methods. *Scientific Journal of Civil Engineering Faculty Students*, 59-53:13.
- Segal L., Burstein L. 2010. Retardation of Water Evaporation by a Protective Float. *Water Resour Manage*, 24: 129-137.
- Santafe M.R., Gisbert P. S. F., Romero F. J. S., Soler J. B. T., Gozálvez J. J. F., Gisbert C. M. F. 2014. Implementation of a photovoltaic floating cover for irrigation reservoirs, *Journal of cleaner production*, vol ,66: 568-570.
- Saggai S., Bachi Saggai S., Bachi O.E.K. 2018. Evaporation Reduction from Water Reservoirs in Arid Lands, Using Monolayers: Algerian Experience. *ISSN 0097-8078, Water Resources*, 45(2): 280-288.