ارزیابی پارامترهای کیفیت آب در اثر کاربرد پوشش شناور کاهش تبخیر(توپ روزنه‌دار)
(مطالعه‌ی موردی: ایستگاه تحقیقاتی آب و هواشناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه لرستان)

صدیقه ابراهیمیان [۱]
ناصر طهماسبی پور [۲*]
محسن عادلی [۳]
حسین زینی وند [۴]
محمد طهماسبی پور [۵]

۱. دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه لرستان.
۲. دانشیار، گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه لرستان.
۳. استاد ،گروه شیمی آلی دانشکده علوم پایه.
۴. دانشیار، گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه لرستان.
۵. دانشیار دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران.

* **نویسنده مسئول مکاتبات**
tahmasebi.n@lu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۷
این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

چکیده

این پژوهش با هدف کاهش میزان تبخیر با توپ‌های شناور و بررسی روند تغییرات پارامترهای شیمیایی کیفیت آب و پارامتر فیزیکی (دمای آب) در بازه زمانی ۲ ماهه از ۱۴۰۰/۶/۱ تا ۱۴۰۰/۷/۳۰ در ایستگاه تحقیقاتی هواشناسی واقع در محوطه‌ی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه لرستان انجام شد. در این پژوهش برای بررسی کارایی پوشش شناور کنترل تبخیر بر میزان کیفیت آب از پارامترهای شیمیایی و فیزیکی استفاده گردید. پارامترهای منتخب کیفی شامل درصد اکسیژن محلول (DO%)، pH، هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم، سختی کل، مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی تغییرات غلظت اکسیژن محلول به عنوان پارامتری مؤثر بر سایر پارامترها درنظر گرفته شد. نتایج بدست آمده نشان دهنده‌ی این است که مقادیر پارامترهای مذکور در تشتک شاهد در طول دوره‌ی آماری به ترتیب ۶۹ درصد اکسیژن محلول، سختی کل ۱۴۳/۶ (ppm)، هدایت الکتریکی ۶۸۲/۴ دسی‌زمنس، کلسیم ۴۵/۵ (ppm)، منیزیم ۴۵/۶ (ppm) و همچنین مقادیر پارمترهای فوق الذکر در تشتک دارای توپ شش روزنه به ترتیب ۵۹/۷۵ درصد اکسیژن محلول، سختی کل ۱۴۴ (ppm)، هدایت الکتریکی ۵۸۱/۲ دسی زمنس، منیزیم ۴۵/۱ (ppm)، کلسیم ۴۵/۲ (ppm) بوده است. تجزیه تحلیل آماری نتایج مذکور نشان دهنده‌ی میزان تغییرات هر یک از عناصر مورد بررسی در طول دوره‌ی آماری است. اکسیژن محلول در بین عناصر کیفی آب بیشترین تغییرات و سختی کل کمترین تغییرات را نشان دادند. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده‌ی کاهش ۸ درصدی EC و pH تا ۶ درصدی توپ شش روزنه نسبت به تشتک شاهد است. به علاوه در تشتک شاهد، امکان تماس با هوا، تابش ورودی بیشتر و وقوع فرآیند فتوسنتز، غلظت اکسیژن محلول را افزایش می‌دهند. در مقابل در تشتک پوشش یافته با توپ شش روزنه حضور پوشش‌های شناور موجب کاهش میزان اختلاط آب می‌شود. این عوامل موجب کاهش ۱۶ درصدی اکسیژن محلول آب در تشتک دارای توپ شش روزنه می‌گردد. حضور پوشش‌ها با کاهش میزان فعالیت‌های بیولوژیکی که باعث افزایش غلظت کلسیم و منیزیم به ترتیب ۱۰ و ۱۱ درصد در تشتک توپ شش روزنه نسبت به تشتک شاهد، افزایش منیزیم و کلسیم منجر به افزایش سختی کل تشتک دارای توپ شش روزنه نسبت به تشتک شاهد با افزایش ۷ درصدی نسبت به تشتک شاهد بوده است. به دلیل جنس توپ‌ها که از ماده پلی اتیلنی بود، این ماده گرمای خورشید را جذب کرده و افزایش زبری سطح منجر به افزایش دمای آب شده است. افزایش ۶ درصدی دمای سطحی تشتک دارای توپ شش روزنه در مقایسه با شاهد مشاهده شد. در تحلیل آماری با استفاده از Anova با میانگین‌گیری از طریق توکی و دانکن در SPSS ، دمای تشتک شش روزنه تفاوت معناداری با دمای سطحی تشتک شاهد نشان داد.

واژگان کلیدی: کنترل تبخیر، کیفیت آب، پارامتر شیمیایی کیفیت، توپ شناور.

مقدمه

منابع آبی برای رشد و توسعه شهرها لازم بوده و یکی از مهم‌ترین مسایل عصر حاضر تامین آب با کیفیت می‌باشد. از طرفی جمعیت جهان و شهرها رو به افزایش بوده و تقاضای آب نیز روز به روز بیشتر می‌شود. میزان بارش و تبخیر به صورت مستقیم روی توان آبی و اکولوژیکی هر منطقه تاثیر می‌گذارد (Alizadeh Choobari and Najafi, 2018). کشور ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته و متوسط بارندگی آن از مقدار متوسط جهانی کمتر می‌باشد، همچنین روند بارش‌های کشور نیز نزولی بوده و هر دهه ۸ میلی‌متر

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

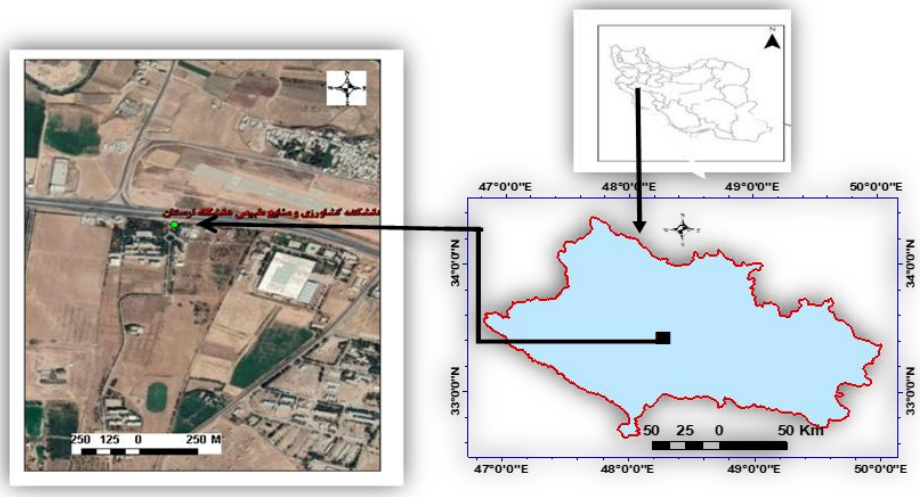
کاهش یافته که باعث گسترش مناطق خشک ایران گردیده است (Gianniou and Antonopoulos, 2007). به‌طور کلی میزان ذخیره‌سازی آب و شرایط منطقه در انتخاب روش مناسب کنترل تبخیر مؤثر است. روش‌های کاهش تبخیر در مخازن آبی در درجه‌ی اول شامل روش‌های فیزیکی و شیمیایی می‌شوند. کاربرد روش‌های فیزیکی موجب حفظ ۷۰ تا ۹۰ درصدی آب از طریق کاهش تبخیر شده که مستلزم هزینه‌ی بالای سرمایه‌گذاری و کاهش هزینه‌های عملیات و نگهداری هستند. Afkhami و همکاران در سال ۲۰۱۷ در پژوهشی به بررسی کارایی سه نوع توپ به عنوان پوشش کاهنده‌ی تبخیر از سد رسوبگیر و سطوح آبی روباز مجتمع مس سرچشمه پرداختند. در این تحقیق از دو نوع توپ تک روزنه و چند پلی‌پروپیلنی به قطر ۱ سانتی‌متر استفاده کردند. مخازن یک روزنه از جنس پلی اتیلن با قطر ۸ سانتی‌متر و یک نوع توپ ریز کوچک یک مترمکعبی در مجاورت سد رسوبگیر مجتمع، احداث و کارایی پوشش‌های نامبرده به مدت یک ماه مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به دست آمده نشان داد توپ‌های تک روزنه با ۶۵ درصد، توپ‌های چند روزنه با ۵۱ درصد و توپ ریز با ۳۸ درصد موجب کاهش تبخیر از مخازن شدند. روش‌های شیمیایی درصد کمتری از آب (۲۰ تا ۴۰ درصد) را حفظ کرده و هزینه‌ی پایین اما هزینه‌ی عملیات و نگهداری بالاتری دارند. به علاوه روش‌های فیزیکی نسبت به روش‌های شیمیایی دائمی‌تر هستند. با این حال تمام اقدامات کنترل تبخیر بر اکوسیستم آب تأثیر می‌گذارند؛ بنابراین بررسی کیفیت آب مخازن نیاز به مطالعه‌ی بیشتر دارد. با وجود پژوهش‌های بسیار بر روی تأثیر روش‌های فیزیکی خصوصاً پوشش‌های شناور بر میزان کاهش تبخیر از سطح مخازن آب، تاکنون مطالعات زیادی در زمینه‌ی اثر این پوشش‌ها بر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت آب درون مخازن (Abdallah *et al.,* 2021) صورت نگرفته است. در مطالعه‌ای Maestre-Valero و همکاران (۲۰۱۳)، در اسپانیا به بررسی هم‌زمان اثرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی پوشش‌های یکپارچه‌ی سایبان بر آب ذخیره شده در چهار مخزن آبیاری کشاورزی نزدیک جلگه‌ی ساحلی رود سگورا به مدت یکسال پرداختند. میزان EC در حضور پوشش‌ها ۱۰ درصد کمتر از حالت بدون پوشش بدست آمد. همچنین در اثر کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی در مخازن پوشش‌دار، کلیفرم تا ۸۲ درصد کاهش یافت. Nejatian و همکاران (۲۰۲۲) 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 لایه‌ای 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 غشاها 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 تک‌لایه‌ها در مناطقی که تبخیر زیاد دارند می‌تواند به مدیریت بهتر منابع آب کمک کند. Mady و همکاران (۲۰۲۰) به مطالعه بر روی تأثیر اجسام شناور مدولار در مخازن کوچک با ابعاد ۱۳/۵ مترمربع و عمق ۱/۵ متر در حضور سیانوباکترها پرداختند. در این مطالعه ۲ مخزن بدون پوشش و ۶ مخزن با دیسک‌هایی از جنس فوم پوشانده شدند. نتایج نشان داد پوشش‌ها با کاهش شدت نفوذ تابش خورشید موجب کاهش جمعیت فیتوپلانکتون ها تا ۶۵ درصد شدند. Shalaby و همکاران (۲۰۲۱) دو تشتک تبخیر کلاس A را برای بررسی تاثیر پوشش‌های شناور متنوع در رنگ، شکل و درصد پوشش با در نظر گرفتن اکولوژی آب انتخاب کردند. آزمایش اول با توپ‌های سفید، سیاه و رنگی با ۹۱ درصد پوشش به مدت نه ماه در شمال و جنوب مصر انجام شد. آزمایش دوم با صفحات فومی سفید ۹۱ و ۱۰۰ درصد پوشش، صفحات پلاستیکی با پوشش ۹۱ و ۱۰۰ درصد، و توپ‌های سفید ۹۱ درصد پوشش برای سه هفته صورت گرفت. نتایج مشخص کرد در آزمایش اول توپ‌های سفید منجر به کاهش تبخیر ۶۴ درصدی شدند. در آزمایش دوم صفحات پلاستیکی با پوشش ۹۱ درصد کاهش تبخیر ۲۷ درصدی را نشان داد. همچنین ۹۶ درصد کاهش تبخیر توسط صفحات فومی و پلاستیکی با ۱۰۰ درصد پوشش بدست آمد. به علاوه توپ‌های سفید با ۹۱ درصد پوشش، کاهش ۳۰ درصدی رشد جلبک‌ها را به همراه داشتند. پیشنهاد شد برای مخازن کوچک از صفحات فومی یا پلاستیکی با ۱۰۰ درصد پوشش و برای مخازن بزرگ از توپ‌های سفید یا صفحات فومی ۹۱ درصد پوشش استفاده شود. Bakhtiar Dashtaloui (۲۰۲۱) در پژوهشی از دو مخزن با مساحت هر یک ۲۵ مترمربع و عمق ۲ متر واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان برای مطالعه‌ی تأثیر پوشش‌های شناور استفاده شد. سطح یکی از

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

مخازن با پوشش‌های دیسکی پلی‌استایرنی به قطر ۵۰ سانتی‌متر و ضخامت ۵ سانتی‌متر پوشانده شد و کلیه‌ی نتایج با مخزن روباز مقایسه گردید. پارامترهای منتخب کیفی شامل pH ، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، اکسیژن محلول، نیترات، فسفات، آمونیاک و پارامترهای بیولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان‌دهنده‌ی کاهش ۱۱ درصدی pH ، کاهش ۱۱ درصدی هدایت الکتریکی، کاهش ۱۵ درصدی کل جامدات محلول به علت کاهش ورود گرد و غبار و میزان تبخیر در مخزن پوشیده نسبت به مخزن روباز است. به علاوه در مخزن روباز، امکان تماس با هوا، تابش ورودی بیشتر و وقوع فرآیند فتوسنتز به دلیل جمعیت بیشتر جلبک‌ها، غلظت اکسیژن محلول را افزایش می‌دهند. در مقابل در مخزن پوشیده، حضور پوشش‌های شناور موجب کاهش میزان اختلاط آب می‌شود. همچنین با کاهش تابش ورودی به مخزن میزان فتوسنتز کمتر خواهد شد. این عوامل موجب کاهش ۳۶ درصدی اکسیژن محلول می‌گردد. حضور پوشش‌ها با کاهش میزان فعالیت‌های بیولوژیکی و جمعیت گونه‌های جلبکی به عنوان مصرف‌کنندگان مواد مغذی باعث افزایش ۲۷ درصدی غلظت فسفات، افزایش نیترات به میزان ۳۰ درصد و افزایش ۹۵ درصدی غلظت آمونیاک در مخزن پوشیده نسبت به مخزن روباز گردید. نتایج تغییرات غلظت اکسیژن محلول مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در عمق مخازن با یکدیگر مطابقت داشتند. یافته‌های مدلسازی تأثیر قابل توجه پوشش‌های شناور بر کاهش غلظت اکسیژن محلول در مخزن ذخیره‌ی آب را نشان داد. این کاهش غلظت مربوط به کاهش تبادل اکسیژن با اتمسفر، کاهش تابش ورودی به مخزن، جلوگیری از اختلاط آب توسط وزش باد و کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی است.در پژوهش حاضر، با توجه به مطالعات محدود در زمینه‌ی اثرگذاری روش‌های کنترل تبخیر بر کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب به بررسی تغییرات روند پارامترهای شیمیایی از جمله درصد اکسیژن محلول (DO%)، pH، هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم، سختی کل و پارامتر فیزیکی (دما) با استفاده از پوشش شناور فیزیکی (توپ شناور شش روزنه) کاهنده تبخیر پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

مکان اجرای پژوهش، محوطه‌ی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان می‌باشد. موقعیت دانشکده در شکل ۱ نشان داده شده است. این دانشکده در ۱۱ کیلومتری جنوب شهر خرم‌آباد در زمینی به مساحت ۷۰ هکتار تاسیس شده و دارای مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه و ۴۱ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه و ۸۶ ثانیه عرض شمالی است. ارتفاع از سطح دریا ۱۲۰۰ متر، میانگین حداکثر دما ۲۵/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، میانگین حداقل آن ۹/۴ درجه‌ی سانتی‌گراد، میانگین دمای سالانهٔ آن ۱۷/۴ درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه ۴۹۰ میلی‌متر می‌باشد (Ebrahimian *et al.*, 2023[a]).



شکل ۱: موقعیت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی خرم آباد درایران و استان لرستان.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

پوشش‌های فیزیکی به کار رفته شامل توپ پلی‌اتیلنی روزنه‌دار سفید رنگ به قطر ۷ سانتی‌متر با وزن تقریبی۱۰ گرم و تشتک کلاس A (شکل ۲) شاهد که دارای بادسنج نیم‌متری برای اندازه‌گیری سرعت باد بر حسب نات، گیج و ورنیه جهت اندازه‌گیری دقیق تبخیر و دماسنج حداقل و حداکثر جهت اندازه‌گیری دمای سطحی آب می‌باشد. در تشتک تیمار با ۳ تکرار از توپ‌های شناورپلی اتیلنی استفاده شد که ۱۰۰ درصد مساحت سطح تشتک با آنها پوشش داده شد. با توجه به وزن ناچیز توپ پلی‌اتیلنی 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 روزنه‌هایی بر سطح توپ ایجاد گردد تا با ورود آب در داخل توپ وزن توپ‌ها افزایش یابد. به این منظور جهت افزایش وزن توپ‌های پلی-اتیلنی با توجه به نحوه‌ی قرارگیری توپ در سطح آب در تشتک توپ شش روزنه، سه روزنه به قطر یک میلی‌متر بر سطح تماس توپ با آب ایجاد گردید و سه روزنه به منظور خروج هوا در زمان ورود آب به داخل توپ، در نقطه مقابل روزنه‌ها در نظر گرفته شد. به این ترتیب آب، به محض قرارگیری توپ بر روی سیال از طریق روزنه‌های ایجاد شده وارد توپ شده و از روزنه مقابل هوا خارج می‌گردد. با ورود آب، توپ به سمت روزنه خروجی هوا شروع به چرخش نموده تا سطح آب در روزنه‌های مقابل به یکدیگر، هم تراز گردد. برای ایجاد روزنه به قطر یک میلی‌متر از سوزن میکروکانولا استفاده شد. برای این کار ۳ روزنه در قسمت پایین توپ و ۳ روزنه دیگر در نقطه‌ی مقابل آن ایجاد شد. با این کار بعد از استقرار توپ‌ها در سطح تشتکی که تا نیمه از آب پر شده، در حدود ۸ تا ۹ برابر وزن اولیه‌ی به وزن توپ اضافه می‌شود و به این ترتیب از حرکت و روی هم قرار گرفتن آنها در هنگام وزش باد جلوگیری می‌شود. مطابق (شکل۳)، تشتک دارای توپ شش روزنه را نشان می‌دهد. تعداد ۲۴۰ عدد توپ پلی‌اتیلنی با قطر ۷ سانتی‌متر برای پوشش ۱۰۰ درصدی سطح هر تشتک استفاده شده است. با توجه به قطر تشتک کلاس A (۱/۲ متر) و محاسبه مساحت سطح تشتک که معادل با πr^2 می‌باشد و با در نظر گرفتن قطر ۷ سانتی‌متری توپ-های پلی‌اتیلنی، تعداد ۲۴۰ عدد توپ در سطح تشتک جای گرفت. برای ارزیابی میزان اثرگذاری توپ‌های روزنه‌دار بر کیفیت آب شرب از پارامترهای شیمیایی کیفیت آب در این بازه زمانی (۱۴۰۰/۶/۱ تا ۱۴۰۰/۷/۳۰) ۱۸ سری داده‌برداری انجام شد. پارامترهای شیمیایی از جمله آنیون‌ها و کاتیون‌ها مانند کلسیم، منیزیم، سختی‌کل (TH)، EC،PH، و DO٪ (درصد اکسیژن‌محلول) و پارامتر فیزیکی تغییرات دمای سطحی آب، تشتک شاهد و تشتک دارای توپ شش روزنه، برداشت شد.

برای اندازه‌گیری کلسیم، منیزیم با دستگاه فلیم فتومتر (شکل ۴ مدل انگلستانی BWB) و جهت بررسی EC (هدایت الکتریکی)، pH و (درصد اکسیژن محلول) DO% از دستگاه Aqua Combo (شکل ۵) استفاده شد. دستگاه Aqua Combo دارای ۳ سنسور برای اندازه‌گیری EC، pH و (درصد اکسیژن محلول) DO% می‌باشد. بعد از ست کردن سنسورها را در ظرف مخصوص اندازه‌گیری چند دقیقه ثابت نگه داشتیم تا اعداد به صورت ثابت باقی بمانند و سپس اعداد خوانده شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از نمونه‌برداری پارامترها از نرم افزار SPSS استفاده شد.

شکل ۲: تشتک کلاس A شاهد

شکل ۳: تشتک دارای توپ شش روزنه.

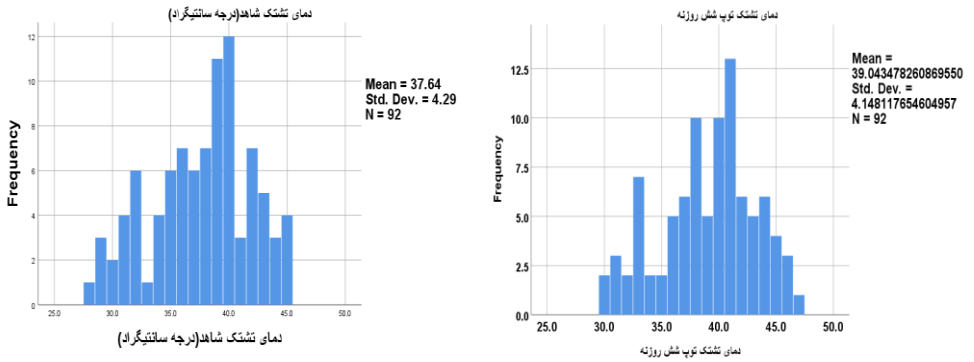
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

شکل ۴: دستگاه فلیم فتومتر برای اندازه‌گیری کاتیون و آنیون آب

شکل ۵: دستگاهAqua Comb

نتایج

حضور پوشش‌ها هم‌چون عایقی باعث کاهش شدید انرژی تابشی ورودی به تشتک و کاهش تبادل انرژی میان سطح تشتک با هوای اطراف شده و از اختلاط آب تشتک توسط باد جلوگیری می‌کند. هیستوگرام تغییرات دمای تشتک شاهد و تشتک‌های دارای توپ شش روزنه (شکل ۶)، نشان‌گر دمای میانگین و انحراف معیار پراکنش فراوانی داده‌های دمایی می‌باشد. کمترین میانگین به تشتک شاهد و بیشترین دما به تشتک دارای توپ تعلق دارد. در راستای توجیه نوسانات دمایی بین تشتک دارای توپ و تشتک شاهد، چون جنس توپ‌ها از ماده پلی اتیلن می‌باشد، این ماده گرمای خورشید را جذب کرده و افزایش زبری سطح منجر به افزایش دمای آب شده است. توپ چند روزنه تحت تاثیر جریانات و نوسانات محیطی گاهی دچار چرخش شده و این عامل منجر می‌شود تا حجم بیشتر آب به درون آن ها نفوذ کند. عمق نفوذ آب در این حالت بیشتر از عمق روزنه‌هایی است که مقابل هم قرار گرفته‌اند. در جدول ۱ ، آنالیز واریانس یک سویه Anova با میانگین‌گیری توکی و دانکن با در نظر گرفتن دمای تشتک شاهد (به عنوان متغییر مستقل) و دمای تشتک دارای توپ شش روزنه (متغیر وابسته)، بیانگر تفاوت معنادار بین دمای این دو تشتک است. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، میانگین دما تشتک دارای توپ نسبت به تشتک شاهد با اختلاف نزدیک به ۱/۵ درجه، بیشتر می‌باشد. دلیل اصلی این اختلاف گرمای نهان تبخیر است. گرمای خورشید بدون هیچ مانعی به‌طور مستقیم به سطح آب تشتک شاهد می‌رسد، این گرما صرف تبخیر شده و پس از تبخیر دمای سطحی آب نسبت به تشتک دارای توپ، کمتر می‌گردد.



شکل ۶: هیستوگرام فراوانی نسبی دمای تشتک شاهد و تشتک دارای توپ.

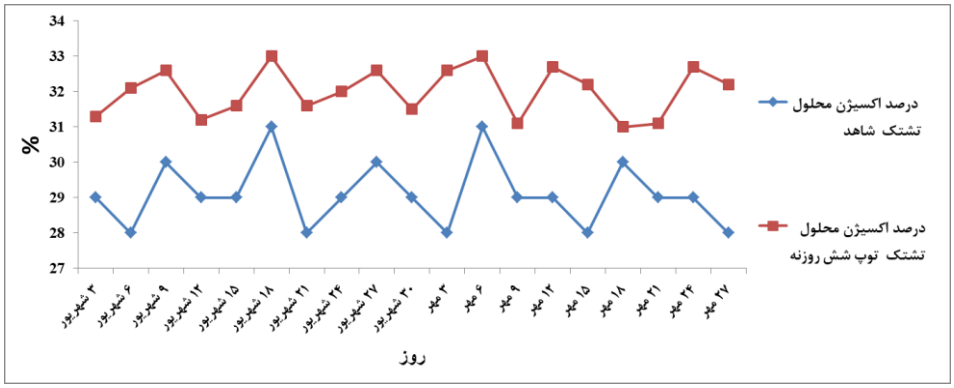
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

جدول ۱: آنالیز واریانس یک سویه دمای تشتک شاهد و تشتک دارای توپ

	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
بین گروهی		۵۰	۲۷/۶۶	۳۱۶/۱۲	۰/۰۰۰
درون گروهی	۰/۸۷	۱۰	۰/۰۸۷		
کل	۱۳۸۳/۳	۶۰			

تاثیر بر درصد اکسیژن محلول در آب

اکسیژن محلول به میزان اکسیژنی گفته می‌شود که بدون هیچ‌گونه واکنش شیمیایی به صورت محلول در آب وجود دارد. مقدار آن در حالت ایده‌آل بین ۵ تا ۹ میلی‌گرم بر لیتر است (Viessman *et al.*, 1998). همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، تغییر کاهشی در تبادل اکسیژن محلول تشتک دارای توپ نسبت به تشتک شاهد وجود دارد که بیانگر عملکرد پوشش فیزیکی در تبادل گازی با سطح می‌باشد. امکان تبادل اکسیژن بیشتر در تشتک روباز، منجر به افزایش غلظت اکسیژن محلول در تشتک شاهد نسبت به تشتک دارای توپ می‌شود. تغییر کاهشی در تبادل اکسیژن محلول تشتک دارای توپ با میانگین ۵۹/۷۵ درصد و تشتک شاهد با میانگین ۶۹ درصد، بیانگر عملکرد کاهش تبادل پوشش فیزیکی در تبادل گازی با سطح می‌باشد. مطابق جدول انحراف واریانس یک سویه با آزمون میانگین‌گیری توکی و دانکن (جدول ۲) در نسبت پراش ۰/۰۵ درصد، تفاوت معناداری بین تشتک دارای توپ و تشتک شاهد مشاهده نمی‌شود.



شکل ۷: تغییرات DO در تشتک شاهد و تشتک دارای توپ شش روزنه

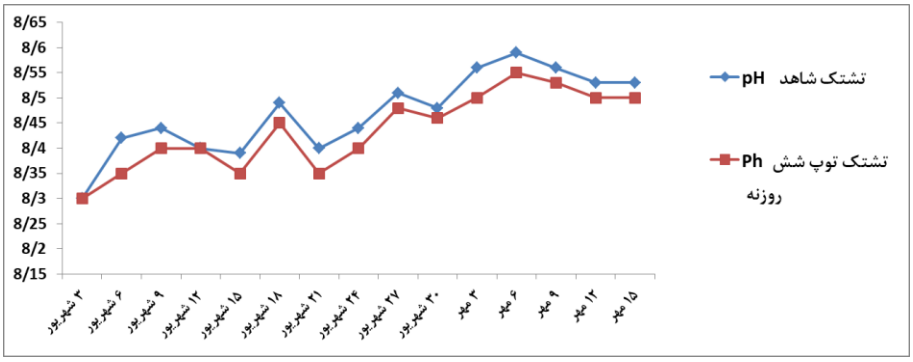
جدول ۲: انحراف واریانس اکسیژن محلول یک سویه تشتک دارای توپ نسبت به تشتک شاهد

ANOVA					
اکسیژن محلول تشتک توپ شش روزنه					
	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
بین گروه	۱۲/۶	۱۱	۱/۱۴	۲/۵	۰/۱۱
درون گروهی	۳/۱۶	۷	۰/۴۵		
کل	۱۵/۷	۱۸			

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

تاثیر بر pH آب

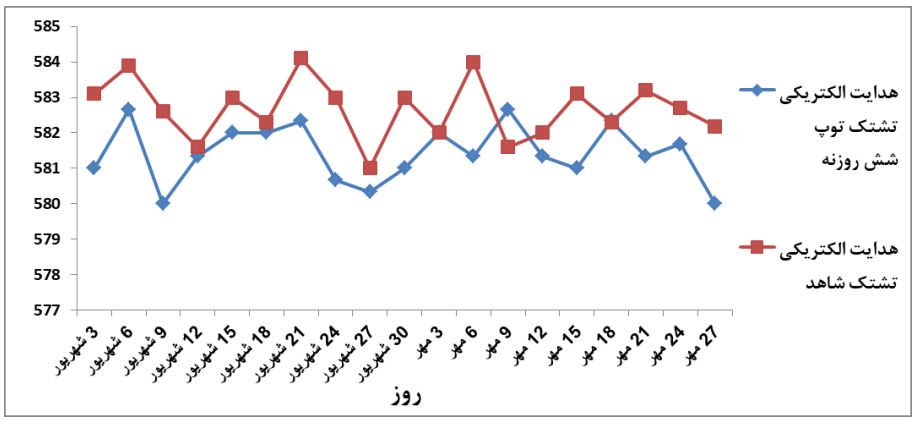
مقدار pH برابر با غلظت یون هیدروژن فعال (مول بر لیتر) بوده و بین صفر (اسید بسیار قوی) تا ۱۴ (باز بسیار قوی) متغیر است (Youssef and Khodzinskaya, 2019). در واقع pH آب یا غلظت یون هیدروژن، اسیدیته یا قلیائیت آب را مشخص می‌کند pH آب آلوده نشده رابطه‌ی بین دی‌اکسیدکربن آزاد و مقدار کربنات و بی‌کربنات را نشان می‌دهد. pH آب طبیعی بر واکنش‌های بیولوژیکی و شیمیایی تأثیر می‌گذارد و یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی توزیع گونه‌ها در زیستگاه‌های آبی به شمار می‌رود. شکل ۸ تغییرات pH در تشتک شاهد و تشتک دارای توپ را نشان می‌دهد.



شکل ۸: تغییرات pH در تشتک شاهد و تشتک دارای توپ شش روزنه.

تاثیر بر هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی میزان قابلیت محلول برای انتقال جریان الکتریسیته است. این قابلیت در اثر یونیزه شدن املاح موجود در آب ایجاد می‌گردد (Soltani *et al.*, 2020). بنابراین میزان هدایت الکتریکی به حضور یون‌ها، مجموع غلظت یون‌ها، ظرفیت یون‌ها، سرعت حرکت یون‌ها و دما بستگی دارد. دامنه‌ی تغییرات هدایت الکتریکی در تشتک شاهد و تشتک دارای توپ در شکل ۹ نشان داده شده است. کاهش هدایت الکتریکی و pH در تشتک دارای توپ (شکل‌های ۸ و ۹) به حضور اجسام شناور در کاهش تبخیر و کاهش ورود گرد و غبار به درون تشتک پوشیده مرتبط شد. این پوشش‌ها با تأثیر بر تابش ورودی، کاهش سطح تماس تشتک با اتمسفر، کاهش اختلاط آب تشتک توسط وزش باد، منجر به کاهش غلظت اکسیژن محلول در تشتک پوشیده شدند.

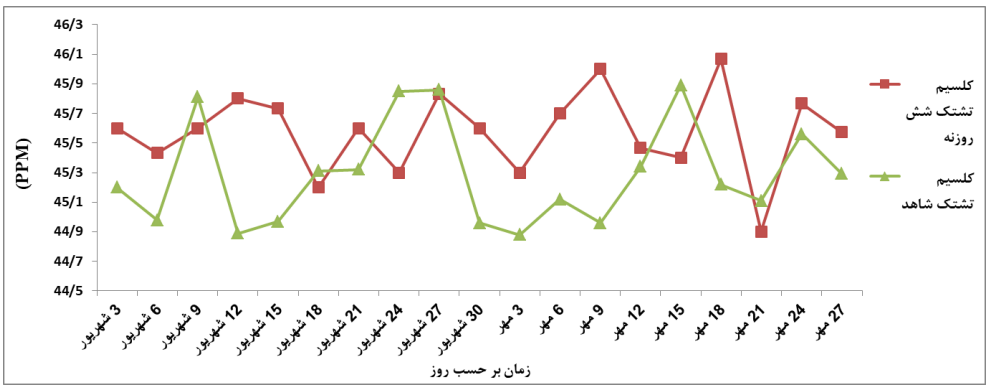


شکل ۹: تغییرات Ec در تشتک شاهد و تشتک دارای توپ.

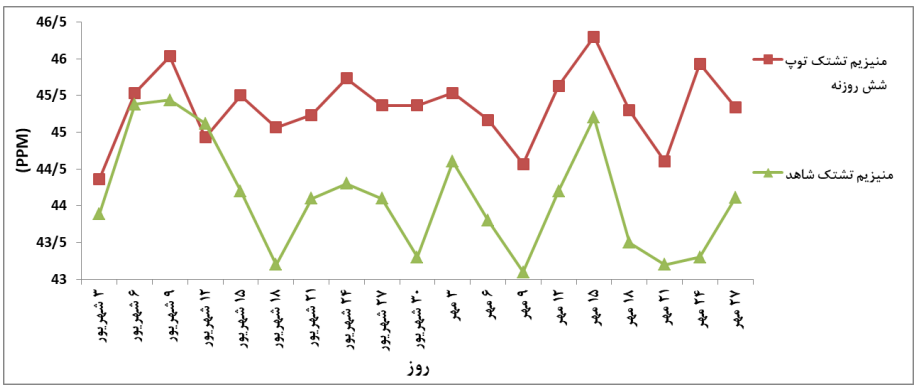
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

تاثیر بر سختی

سختی به‌طور عمده بر پایه دو فلز منیزیم و کلسیم سنجیده می‌شود. به‌طور کلی عوامل سختی کاتیون‌ها می‌باشند. یون‌هایی مانند آلومینیم، آهن، منگنز و روی در سختی آب شرکت می‌کنند، ولی کلسیم و منیزیم به مقدار زیاد هستند و کاتیون‌های دیگر یا نیستند یا به مقدار بسیار کم حضور دارند (Zare *et al.*, 2018). سختی کل (TH) مجموع مقدار کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg) است. مطابق با شکل‌های ۱۰ و ۱۱ با افزایش محسوس در میزان کلسیم و منیزیم در تشتک دارای توپ، میزان سختی آب نیز روند افزایشی مطابق با شکل ۱۲ در این تشتک خواهد داشت. در روند انجام مطالعه، مقدار کلسیم و منیزیم در تشتک شاهد کاهش پیدا کرده و این می‌تواند به علت مصرف مواد محلول در آب توسط باکتری در طول دوره آزمایش باشد. درجه سختی آب از روی مقدار کلسیم و منیزیم موجود در آن تعیین می‌شود. درجه‌بندی شدت میزان سختی آب، استاندارد مشخص ندارد و در نقاط مختلف دنیا متفاوت است. با افزایش میزان کلسیم و منیزیم در تشتک دارای مونولایر، سختی کل نیز روند افزایشی محسوسی نسبت به تشتک شاهد دارد.

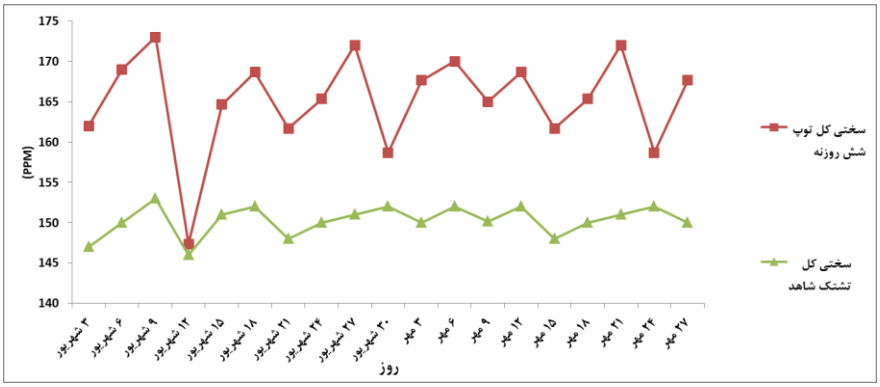


شکل ۱۰: تغییرات کلسیم در تشتک شاهد و تشتک دارای توپ شناور.



شکل ۱۱: تغییرات منیزیم در تشتک شاهد و تشتک دارای توپ شناور.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]



شکل۱۲: تغییرات سختی کل در تشتک شاهد و تشتک دارای توپ شناور.

مطابق جداول ۳، ۴ و ۵ انحراف واریانس یک سویه پارامترهای سختی کل، منیزیم، کلسیم تشتک دارای توپ نسبت بـه تشـتک شـاهد بـا روش میانگین‌گیری توکی و دانکن، تفاوت معناداری در سطح ۰/۰۵ ندارد.

جدول ۳: انحراف واریانس یک‌سویه منیزیم تشتک دارای توپ نسبت به تشتک شاهد.

منیزیم تشتک توپ شش روزنه					
	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.
بین گروه	۶/۱	۱۴	۰/۴۴	۰/۸	۰/۶۳
درون گروه	۲/۰۵	۴	۰/۵		
کل	۸/۲	۱۸			

جدول ۴: انحراف واریانس یک سویه کلسیم تشتک دارای توپ نسبت به تشتک شاهد.

کلسیم تشتک توپ شش روزنه					
	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	نسبت پراش
بین گروه	۸.۸	۱۲	۰/۷	۲	۰/۱۹
درون گروه	۲/۲	۶	۰/۳۶		
کل	۱۱	۱۸			

جدول ۵: انحراف واریانس یک سویه سختی کل تشتک دارای توپ نسبت به تشتک شاهد.

سختی کل تشتک توپ شش روزنه					
	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	نسبت پراش.
بین گروه	۱/۱۴	۹	۰/۱۲	۴۲	۰/۲۳
درون گروه	۰/۰۲۷	۹	۰/۰۳		
کل	۱۷/۱	۱۸			

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

کارایی کنترل تبخیر توپ‌ها در تشتک:

مقادیر میانگین و انحراف استاندارد، واریانس، مینیمم و ماکزیمم پارامترهای تبخیر در جدول (۶) آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد مقادیر تبخیر در نمونه‌های اندازه‌گیری شده متفاوت است. این امر تاثیر مثبت استفاده از توپ‌ها را در کاهش تبخیر نشان می‌دهد. بر اساس جدول (۷) درصد کاهش تبخیر نزدیک ۳۰ درصد تشتک دارای توپ شش روزنه نسبت به شاهد می باشد. نتایج این پژوهش با نتایج Afkhami و همکاران در سال ۲۰۱۷ مطابقت دارد که در پژوهشی به بررسی کارایی سه نوع توپ به عنوان پوشش کاهنده‌ی تبخیر از سد رسوبگیر و سطوح آبی روباز مجتمع مس سرچشمه پرداختند. در این تحقیق از دو نوع توپ تک روزنه و چند پلی‌پروپیلنی به قطر ۱ سانتی‌متر استفاده کردند. نتایج به دست آمده نشان داد توپ‌های تک روزنه با ۶۵ درصد، توپ‌های چند روزنه با ۵۱ درصد و توپ ریز با ۳۸ درصد موجب کاهش تبخیر از مخازن شدند.

جدول ۶- آماره‌های تبخیر در گروه‌های مختلف در بازه زمانی اندازه گیری (Ebrahimian *et al.*, 2023[a])

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

جدول (۷)- مقایسه کارایی توپ در شرایط محیطی یکسان(Ebrahimian *et al.*, 2023[a])

روش	کاهش تبخیر (درصد)
توپ های شش روزنه	۲۹/۳۴

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از موثرترین روش‌ها در کنترل تبخیر استفاده از پوشش‌های شناور از جمله توپک‌های شناور می‌باشد. در این پژوهش کنترل شیمیایی کیفیت آب در یک بازه زمانی در تشتک داری توپ روزنه دار نسبت به شاهد انجام گرفت. پارامترهای منتخب کیفی شامل درصد اکسیژن محلول (DO%)، pH، هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم و سختی کل، مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات غلظت اکسیژن محلول به عنوان پارامتری مؤثر بر سایر پارامترها در نظر گرفته و اندازه‌گیری شد. نتایج بدست آمده نشان دهنده‌ی این است که مقادیر پارامترهای مذکور در تشتک شاهد در طول دوره‌ی آماری به ترتیب ۶۹ درصد اکسیژن محلول، سختی کل ۱۴۳/۶ (ppm)، هدایت الکتریکی ۶۸۲/۴ دسی‌زمنس، کلسیم ۴۵/۵ (ppm)، منیزیم ۴۵/۶ (ppm) و همچنین مقادیر پارمترهای فوق الذکر در تشتک دارای توپ شش روزنه به ترتیب ۵۹/۷۵ درصد اکسیژن محلول، سختی کل ۱۴۴ (ppm)، هدایت الکتریکی ۵۸۱/۲ دسی زمنس، منیزیم ۴۵/۱ (ppm)، کلسیم ۴۵/۲ (ppm) بوده است. نتیجه این تحقیق با نتایج Bakhtiar Dashtaloui (۲۰۲۱) در تحقیقی با عنوان تأثیر پوشش‌های شناور کاهنده

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

تبخیر بر پارامترهای شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت آب مطابقت دارد. در این پژوهش از دو مخزن با مساحت هر یک ۲۵ مترمربع و عمق ۲ متر واقع در دانشگاه صنعتی اصفهان برای مطالعه‌ی تأثیر پوشش‌های شناور استفاده شد. سطح یکی از مخازن با پوشش‌های دیسکی پلی-استایرنی به قطر ۵۰ سانتیمتر و ضخامت ۵ سانتی‌متر پوشانده شد و کلیه‌ی نتایج با مخزن روباز مقایسه گردید. نتایج بدست آمده نشان دهنده‌ی کاهش ۱۱ درصدی pH و کاهش ۱۱ درصدی هدایت الکتریکی، به علت کاهش ورود گرد و غبار و میزان تبخیر در مخزن پوشیده نسبت به مخزن روباز است.

یافته‌ها نشان داد دمای آب از مهم‌ترین عوامل در تعیین DO است. با توجه به افت دمایی، تشتک شاهد، دارای اکسیژن محلول بیشتری نسبت به تشتک دارای توپ شش روزنه است (Piri *et al.,* 2010; Rezazadeh *et al.,* 2020). در تشتک شاهد بیشتر اکسیژن محلول از اتمسفر وارد آب شده و اختلاط آب توسط باد به طور قابل ملاحظه‌ای میزان اکسیژن محلول را بالا می‌برد. توپک‌های کاهنده تبخیر، ماژول‌هایی از جنس پلی‌اتیلن فشرده و اغلب به رنگ سیاه می‌باشد که به صورت شناور در سطح آب رها شده و با ایجاد یک لایه در سطح آب مانع تبخیر می‌شوند. به منظور افزایش مقاومت در برابر نیروی باد روزنه‌هایی بر روی توپ تعبیه شده که با ورود میزان مشخصی آب در داخل هر توپ، وزن آن حدود ۵ تا ۶ برابر افزایش می‌یابد. این توپ‌ها که به اصطلاح خود پر شونده نیز نامیده می‌شود و کارایی بین ۶۵ تا ۸۰ داشته و دوام آن حدود ۱۰ سال پیش‌بینی شده است. از این پوشش جهت پوشاندن چندین مخزن سد در کالیفرنیا استفاده شده است (Seager *et al.,* 2007). همان‌گونه که قبلاً نیز بیان گردید توپ‌های شش روزنه تحت تاثیر جریانات و نوسانات محیطی گاهی دچار چرخش شده و این عامل منجر می‌شود تا حجم بیشتر آب به درون آن‌ها نفوذ کند. عمق نفوذ آب در این حالت بیشتر از عمق روزنه-هایی است که مقابل هم قرار گرفته‌اند. نتایج حاصل از تحقیق حاضر با نتایج دیگر تحقیقات انجام شده در خارج از ایران و با تراشه‌های پلی‌اتیلنی در کاهش میزان تبخیر مطابقت دارد (Abbas Davood *et al.,* 2016).

مقایسه تاثیر دما بین تشتک دارای توپ روزنه‌دار نسبت به شاهد، نشان داد، میانگین دما تشتک دارای توپ نسبت به تشتک شاهد با اختلاف نزدیک به ۱/۵ درجه بیشتر می‌باشد. دلیل اصلی این اختلاف گرما نهان تبخیر است. گرمای خورشید بدون هیچ مانعی به‌طور مستقیم به سطح آب تشتک شاهد می‌رسد و این گرما صرف تبخیر شده و بعد از تبخیر دمای سطحی آب نسبت به تشتک دارای توپ دمای کمتر می‌باشد. کمترین میزان دما مربوط به تشتک شاهد در جدول ۱ نشان داده شده است. تشتک مربوط به توپ شش روزنه با وجود این که بیشترین درصد کاهش تبخیر را نشان می‌دهد، بیشترین اختلاف دما را با شاهد دارد. این اختلاف در برخی روزهای برداشت تا ۱/۵ درجه سانتی‌گراد نیز ثبت شده است. نتایج این تحقیق با Ebrahimian [b] و همکاران مطابقت دارد.

منابع

Abdallah, A., Parihar, C., Patra, S., Nayak, H., Saharawat, Y. and Singh, U., 2021. Critical evaluation of functional aspects of evaporation barriers through environmental and economics lens for evaporation suppression-a review on milestones from improved technologies. Science of The Total Environment, 147800.

Alizadeh Choobari, O. and Najafi, M., ۲۰۱۸. Extreme weather events in Iran under a changing climate. Climate Dynamics, vol. 50, no. 1, pp. 249–260. doi: 10.1007/s00382-017-3602-4.

Abass Dawood, K., Lafta Rashir, F. and Hashim, **A., 2013.** Reduction evaporation losses from water reservoirs. International journal of Energy and Environmental research, vol. 1, no. 1, pp. 23-29.

Afkhami, H., Maleki Nejad, H. Ghoribi, S. T., 2017. Investigation of water wastage with an emphasis on methods of reducing evaporation from tailings dam and open water sources of Sarcheshme Mes complex. Journal of Separation Science and Engineering, 9(2): 61-77. 10.22124/jcr.2019.9136.1246. (in Farsi).

Bakhtiar Dashtaloui, M., 2 021. Effect of evaporation suppression floating covers on chemical and biological water quality parameters. Isfahan University of Technology, P. 85.

Ebrahimian[a], S., Tahmasabipour, N., Adeli, M. and Zainivand, H., ۲۰۲۳. Evaluating methods of reducing evaporation through the combined methods of floating balls and monolayer in class (A) pan (case study of Khorram Abad city). Journal of Water Resources Research, 4:75 87.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

Ebrahimian[b], S., Tahmasabipour, N., Adeli, M. and Zainivand, H., ۲۰۲۳. Evaluating methods of reducing evaporation in laboratory levels through physical methods of two- and six-hole floating balls (Khorramabad case study). New Approaches in Water and Environmental Engineering, 1(2):10-18.

Gianniou, S. K. and Antonopoulos, V. Z., ۲۰۰۷. Evaporation and energy budget in Lake Vegoritis, Greece. Journal of Hydrology, vol. 345, no. 3, pp. 212–223, doi:/۱۰.۱۰۱۶ j.jhydrol.2007.08.007.

Maestre-Valero, J. Martínez-Alvarez, V. and Nicolas, E., 2013.Physical, chemical and microbiological effects of suspended shade cloth covers on stored water for irrigation. Agricultural water managemen, 118:70-8.

Mady B, Lehmann P, Gorelick SM, Or D. Distribution of small seasonal reservoirs in semi-arid regions and associated evaporative losses. Environmental Research Communications. 2020;2(6):061002.

Nejatian, A. M., Mohammadi. M., Doulabi. A., Iraji zad., ۲۰۲۲.Evaporation Mitigation Assessment by Self-assembled Nano-thickness Films in Shallow Fresh Water Lake Using Fixed and Semi-Floating Pans .August. Environmental Processes, 9(3).

Piri, M., Hassam, A. and Dehghani, A., ۲۰۱۰. 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. https://sid.ir/paper/156172/fa. (in Farsi).

Rezazadeh, A., Akbarzadeh, M. and Aminzadeh, M., ۲۰۲۰. The Effect of Floating Balls Density on Evaporation Suppression of Water Reservoirs in the Presence of Surface Flows. Journal of Hydrology, 591(1):125323.

Soltani, Z., Khani, A., Mahanpoor, K. and Marjani, A., ۲۰۲۰. Reducing evaporation of standing waters by fresh and non-living duckweed covering. Water and Wastewater, 31(3): 43-50. (in Farsi).

Seager, R. M., Ting, I., Held, Y., Kushnir, J., Lu, G., Vecchi, H. P., Huang, N., Harnik, A., Leetmaa, and Lau, N. C., 2007. Model projections of an imminent transition to a more arid climate in southwestern North America. Science, vol. 316, no. 5828, pp. 1181-118 ,4 .2333

Shalaby,MM, I.N. Nassar, A.M. Abdallah.Evaporation suppression from open water surface using various floating covers with consideration of water ecology.J. Hydrol., 598 (2021), Article 126482, 10.1016/j.jhydrol.2021.126482.

Youssef, Y. W. and Khodzinskaya, A., ۲۰۱۹. "A review of evaporation reduction methods from water surfaces," E3S Web Conf., vol. 97, p. 05044. doi: 10.1051/e3sconf/20199705044.

Zare, H., Mehzabieh, M., Azhdari, M., Moghadam, A., Behzadmehr, A. and A. Kikha, A., 2018. An experimental study on the reduction of surface evaporation of Chahnimeh water, master's thesis, University of Sistan and Baluchistan, Zahedan.۱۵۰pp.

Viessman, W., Hammer, M.J., Perez, E.M. and Chadik, P.A.1998. Water supply and pollution control.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]

Evaluation of water quality parameters due to the use of floating cover to reduce evaporation (perforated ball). (Case Study: Weather and Climatology Research Station of the Faculty of Natural Resources, University of Lorestan)

Sedigheh Ebrahimian[1]
Nasser Tahmasebipour[2*]
Mohsen Adeli[3]
Hossein Zeinivand[4]
Mohamad Tahmasebipour[5]

1. PhD Student in Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University.
2. Associate Professor, Department of Watershed Management, Lorestan University.
3. Professor, Department of Organic Chemistry, Faculty of Basic Sciences.
4. Associate Professor, Department of Watershed Management, Lorestan University.
5. Associate Professor, Faculty of Modern Sciences and Technologies, University of Tehran.

***Corresponding author:**
tahmasebi.n@lu.ac.ir

Received date: January/01/2024
Reception date: June/07/2025

Abstract

This research aimed to reduce evaporation using floating balls and to investigate changes in chemical water quality parameters and physical parameters (water temperature) over a two-month period, from May 22, 2021, to July 22, 2021. The study was conducted at the Meteorological Research Station located on the campus of the Faculty of Natural Resources, Lorestan University. In this research, chemical and physical parameters were used to evaluate the efficiency of floating covers in controlling evaporation and their impact on water quality. The selected quality parameters included dissolved oxygen percentage (DO%), pH, electrical conductivity (EC), calcium, magnesium, and total hardness. Changes in dissolved oxygen concentration were considered an influential parameter affecting other parameters. The results showed that the values of the aforementioned parameters in the control pan during the statistical period were: 69% dissolved oxygen, 143.6 ppm total hardness, 682.4 dS/m electrical conductivity, 45.5 ppm calcium, and 45.6 ppm magnesium. In the pan with six-hole balls, the values were: 59.75% dissolved oxygen, 144 ppm total hardness, 581.2 dS/m electrical conductivity, 45.2 ppm calcium, and 45.1 ppm magnesium. Statistical analysis of these results indicates the extent of changes for each investigated element over the statistical period. Dissolved oxygen showed the most significant changes among the water quality elements, while total hardness showed the least. The results indicated an 8% reduction in EC and up to a 6% reduction in pH in the pan with six-hole balls compared to the control pan. Additionally, in the control pan, exposure to air, increased incoming radiation, and the occurrence of photosynthesis increased dissolved oxygen concentration. In contrast, in the pan covered with six-hole balls, the presence of floating covers reduced water mixing. These factors led to a 16% decrease in dissolved oxygen in the pan with six-hole balls. The presence of covers, by reducing biological activities, increased calcium and magnesium concentrations by 10% and 11% respectively in the six-hole ball pan compared to the control pan. The increase in magnesium and calcium led to a 7% increase in total hardness in the pan with six-hole balls compared to the control pan. Due to the polyethylene material of the balls, this material absorbed solar heat, and the increased surface roughness led to an increase in water temperature. A 6% increase in the surface temperature of the pan with six-hole balls was observed compared to the control. In statistical analysis using ANOVA with Tukey and Duncan's multiple comparison tests in SPSS, the temperature of the six-hole pan showed a significant difference compared to the surface temperature of the control pan.

Keywords: evaporation control, water quality, chemical parameter of quality, floating ball

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-05]