مجله محیط زیست و مهندسی آب
شابک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

Journal of Environment and Water Engineernig
ISSN: 2476-3683

طراحی و ساخت پوشش فیزیکی فومتالات با استفاده از ضایعات پلیمری به‌منظور کاهش تبخیر از پساب‌های اسیدی

حمیده افخمی، حسین ملکی‌نژاد، عصمت اسماعیل‌زاده و ابوالفضل عزیزیان

دوره ۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، صفحات ۵۴ -۶۵

Vol. 3(1), Spring 2017, 54 - 65

www.jewe.ir

OPEN ACCESS

Designing and Construction of Foamthalate Physical Coverage using Polymeric Waste for Evaporation Reduction from Acidic Effluents

Afkhami H., Malekinezhad H., Esmailzadeh E. and Azizian A.

نحوه ارجاع به این مقاله: افخمی ح.، ملکی‌نژاد ح.، اسماعیل‌زاده ع. و عزیزیان، ا. (۱۳۹۶). طراحی و ساخت پوشش فیزیکی فومتالات با استفاده از ضایعات پلیمری به‌منظور کاهش تبخیر از پساب‌های اسیدی. محیط‌زیست و مهندسی آب، جلد۳، شماره ۱، صفحات: ۵۴– ۶۵.

How to cite this paper: Afkhami H., Malekinezhad H., Esmailzadeh E. and Azizian A. (2017). Designing and construction of Foamthalate physical coverage using polymeric waste for evaporation reduction from acidic effluents. J. Environ. Water Eng., 3(1), 54 – 65.

طراحی و ساخت پوشش فیزیکی فومتالات با استفاده از ضایعات پلیمری به‌منظور کاهش تبخیر از پساب‌های اسیدی

حمیده افخمی[۱*]، حسین ملکی نژاد[۲]، عصمت اسماعیل‌زاده[۳]، و ابوالفضل عزیزیان[۴]

[۱] دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

[۲] دانشیار، گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

[۳] رئیس امور تحقیقات آب و محیط‌زیست، مجتمع مس سرچشمه، کرمان، ایران

[۴] استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

[*] **نویسنده مسئول:** hamide.afkhami@gmail.com

تاریخ دریافت: [۱۳۹۵/۰۹/۲۲] **تاریخ پذیرش: [۱۳۹۵/۱۰/۲۲]**

چکیده

یکی از فراوان‌ترین انواع ضایعات پلیمری، بطری‌های نوشیدنی می‌باشد که درزمینه بازچرخش این مواد اقدامات اساسی انجام‌شده بسیار محدود است. همواره حجم عظیمی از این ضایعات به‌عنوان زباله وارد محیط‌زیست می‌گردد. پژوهش حاضر باهدف کاهش تبخیر از منابع آبی مجتمع مس سرچشمه و همچنین مصرف بهینه ضایعات عظیم این پلیمر انجام شد. به این منظور پوشش فیزیکی شناوری به نام فومتالات طراحی گردید که حاصل تزریق صنعتی پلی‌استایرن در قالب‌های پرشده با بطری‌های دلستر می‌باشد. پوشش‌های فراهم‌شده، بعد از آماده‌سازی و ساخت، به محل احداث حوضچه‌های تحقیقاتی واقع در مجاورت سد رسوب‌گیر مجتمع مس سرچشمه منتقل گردیدند. کارایی پوشش در کاهش میزان تبخیر از سطح آب به مدت دو ماه موردبررسی و آنالیز قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده مؤید تأثیر مثبت این پوشش در کاهش میزان تبخیر تا بیش از ۹۰ درصد می‌باشد. درنهایت با توجه به عملکرد دومنظوره پوشش فوق، طرح ارائه‌شده می‌تواند طرحی موفق و کارآمد در راستای حفظ محیط‌زیست و مقابله با چالش کم‌آبی تلقی گردد.

کلمات کلیدی: پوشش فیزیکی شناور، تلفات آب، مجتمع مس سرچشمه، محیط‌زیست، منابع آب

۱- مقدمه

امروزه در بسیاری از مناطق کشور، کمبود آب و افت شدید سفره‌های زیرزمینی عاملی جدی و تهدیدکننده محسوب می‌گردد. از جمله صنایع بزرگ و ارزشمندی که امروزه نیاز به مصرف آب بالایی دارد، معادن فلزات می‌باشد. یکی از راهکارهای مهم و مؤثر در بهینه‌سازی مصرف آب در معادن، احداث سدهای رسوب‌گیر و آبگیر در این سایت‌ها می‌باشد. معدن مس سرچشمه ازجمله بزرگ‌ترین منابع ذخیره مس در ایران محسوب می‌گردد که در حال حاضر آب مصرفی این مجتمع از چاه‌های دشت خاتون‌آباد تأمین می‌گردد. احداث سد رسوب‌گیر و سد آبگیر در این سایت و همچنین وجود ذخایر روباز آبی دیگر منجر شده تا سالیانه حجم عظیمی از آب به شکل تلفات تبخیر از دسترس خارج گردد. با توجه به معضل کم‌آبی و اهمیت روش‌های کاربردی مبنی بر کاهش میزان تبخیر از مخازن کوچک و بزرگ در سراسر دنیا، ضروری است با بررسی روش‌های مناسب در جهت کاهش میزان تبخیر از سطح مخزن روباز در بهینه‌سازی و حداکثر نمودن آب بازیافتی از باطله‌ها و کاهش تلفات و هدررفت آب تدابیر مناسب اتخاذ گردد (Morton 1994, Stanhill 2002, Wurbs and Ayala 2014). امروزه تأثیر استفاده از روش‌های کاهش تبخیر از منابع ذخیره آب در بسیاری کشورها از جمله آمریکا، استرالیا، هندوستان، ترکیه و کانادا به اثبات رسیده است (Barnes 2008). تاکنون روش‌های مختلفی در راستای کاهش تبخیر از مخازن آبی پیشنهاد گردیده است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به دودسته روش‌های شیمیایی و فیزیکی اشاره نمود (Brown 1988). روش‌های شیمیایی شامل استفاده از منولیرها[1] می‌باشد. این مواد شامل الکل‌های چرب به‌ویژه هگزادکانول[2] و اکتادکانول[3] و مواد تجاری ازجمله واترسیو[4] و آکواتین[5] می‌باشد که به‌صورت یک‌لایه در سطح آب قرارگرفته و در شرایط ایده‌آل تا ۶۰ درصد مانع از تلفات تبخیر می‌گردد. روش‌های فیزیکی شامل استفاده از بادشکن‌های زنده و غیرزنده، استفاده از پوشش‌های معلق[6] و پوشش‌های شناور[7] با چگالی کمتر از آب از قبیل بتن‌های سبک پرلیتی، پلی‌استایرن‌ها و ورق‌های پلاستیکی می‌باشد که کارایی هر یک از موارد نامبرده تحت تأثیر عوامل مختلف، متفاوت می‌باشد. به‌عنوان‌مثال بادشکن‌ها تا ۲۰ درصد، پوشش‌های معلق تا ۶۵ درصد و پوشش‌های شناور بین ۴۰ تا ۹۵ درصد در کاهش تبخیر مؤثر می‌باشند (Gharvani and Al-Ahmad 2007). Alvarez et al. (2006) نیز تأثیر پوشش‌های سایه‌انداز را در کاهش تبخیر روزانه بررسی نمودند و نشان دادند پوشش‌های سایه‌انداز از جنس آلومینیوم و پلی‌اتیلن میزان تبخیر را به ترتیب ۵۰ و ۸۰ درصد کاهش می‌دهند. Craig (2005) نشان داد استفاده از مواد شیمیایی بر پایه ستیل الکل می‌تواند کاهش تبخیری معادل ۵ تا ۳۰ درصد را به همراه داشته باشد. در تحقیق دیگری Craig (2007) اظهار داشت نوع پوشش‌ها می‌تواند تحت تأثیر مساحت مورداستفاده متفاوت باشد به‌طوری‌که بر اساس آنالیزهای اقتصادی، برای مخازنی با مساحت بیشتر از ۱۰ هکتار مواد شیمیایی و برای سطوح کوچک‌تر استفاده از پوشش‌های فیزیکی می‌تواند گزینه مناسبی باشد. در فاصله سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۲ مطالعاتی توسط مرکز ملی مهندسی کشاورزی در جنوب استرالیا بر روی انواع مختلف پوشش‌های تجاری موجود، جهت کاهش تبخیر از سطح آب انجام شد. نتایج این بررسی‌ها نشان داد پوشش‌های سایه‌انداز تا ۷۵ درصد و پوشش‌های شناور تا ۹۵ درصد در کاهش تبخیر مؤثر می‌باشد (Jennison 2003). در این مورد مطالعاتی نیز بر روی سدها و دریاچه‌های ترکیه انجام‌گرفته که نتایج به‌دست‌آمده میزان ذخیره آب حاصل از کنترل تبخیر را تا ۲۰ درصد برآورد نموده است (Gokbulak and Ozhan 2006). همچنین Hassan et al. (2007) مطالعاتی بر روی استفاده از ورقه‌های فوم‌های دایره شکل جهت کاهش تبخیر دریاچه ناصر در مصر انجام دادند. نتایج این بررسی در مقیاس آزمایشگاهی نشان داد با پوشانیدن ۸۲/۵ درصد از سطح، کاهش تبخیری معادل ۷۴ درصد به دست خواهد آمد. نتایج مطالعاتی که توسط Helfer (2012)

---

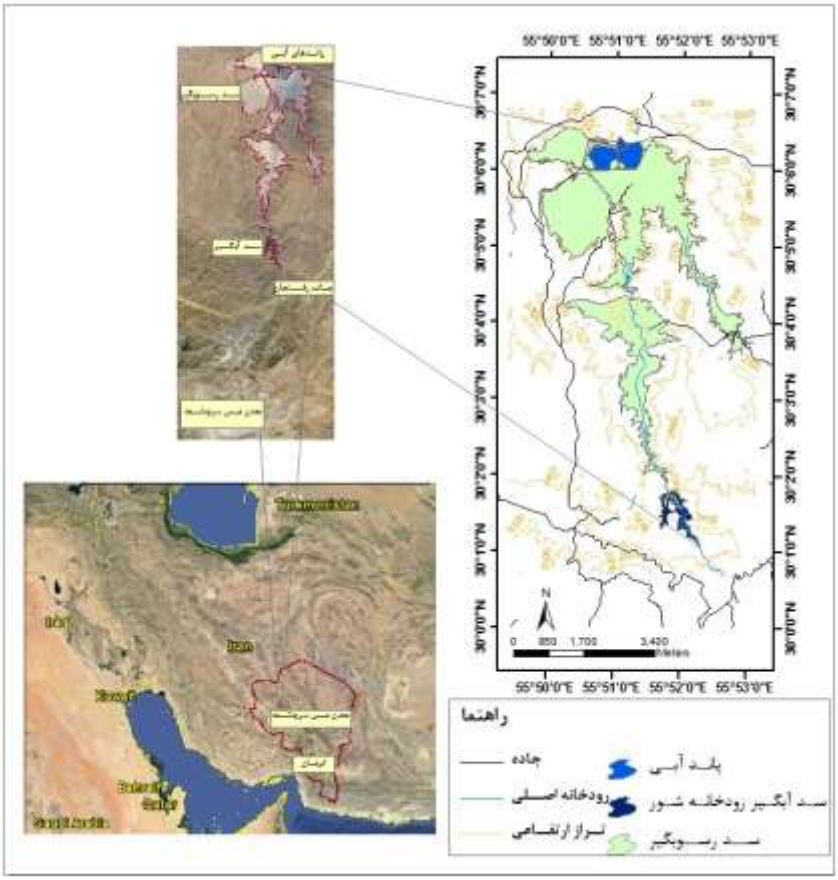
[1]- Monolayer
[2] -Hexadecanol
[3] -Octadecanoyl
[4]- Water Save
[5]- Aquatin
[6]- Aquacap
[7] -Floating Cover

در استرالیا انجام شد، نشان می‌دهد که در مخازن روباز با اعمال روش‌های کاهش تبخیر تا ۴۰ درصد می‌توان از تلفات تبخیر جلوگیری نمود. ازجمله مطالعات انجام‌شده درزمینه کاهش تبخیر در ایران می‌توان به مطالعه Piri et al. (2011) اشاره نمود. در این پژوهش، تأثیر استفاده از پلی استایرن با درصد پوشش‌های مختلف را موردبررسی قرار گرفت و درنهایت کارایی استفاده از این نوع پوشش‌ها در کاهش میزان تبخیر بین ۳۰ تا ۵۵ درصد گزارش شد. Ranjbar et al. (2011) نیز در ایران استفاده از صفحات بتن سبک پرلیتی را جهت کاهش تبخیر از دریاچه کارون سه پیشنهاد نمودند. Santafe (2011) از سلول‌های شناور خورشیدی جهت تولید جریان الکتریسیته و همچنین کاهش تبخیر بر روی مخازن آب آبیاری در اسپانیا استفاده نمود. Santafe et al. (2014) در تحقیقی دیگر به آنالیز اقتصادی استفاده از سلول‌های خورشیدی به‌منظور کاهش تبخیر و تولید الکتریسیته بر روی مخازن ذخیره والنسیا پرداخت و درنهایت این کاربرد دومنظوره را روشی نسبتاً آسان و مقرون‌به‌صرفه ارزیابی نمود. متأسفانه علی‌رغم این‌که متوسط تبخیر در ایران بیش از سه برابر متوسط جهانی می‌باشد تاکنون اقدامات جدی در رابطه با کنترل تبخیر صورت نگرفته است. به همین منظور در مطالعه حاضر سعی شده تا پوشش شناور فیزیکی در راستای کاهش تبخیر از منابع آبی و پساب‌های روباز مجتمع مس سرچشمه ارائه گردد. با توجه به جنس پوشش‌های رایج مورداستفاده در دنیا که در بیشتر موارد موادی از جنس پلیمر می‌باشد، در این مطالعه نیز ایده‌ای مبنی بر استفاده از ضایعات پلیمری مطرح گردید. طی سالیان اخیر، حجم عظیمی از ضایعات بطری‌های نوشیدنی از جنس ترفنتالات در مجتمع مس سرچشمه تولید می‌شود که به‌صورت باطله در مناطق دفن زباله مدفون می‌شود. در این راستا ایده ارایه‌شده منجر به طراحی و ساخت پوششی به نام فومتالات گردید. هدف اصلی از تحقیق حاضر کاهش تبخیر از مخازن آبی روباز مجتمع مس سرچشمه با بکارگیری ضایعات پلی‌اتیلینی می‌باشد که این امر در جلوگیری از ورود حجم انبوه ضایعات به محیط‌زیست نیز بسیار مفید و حائز اهمیت می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه موردمطالعه

معدن مس سرچشمه با مختصات ″۲۰ ′۵۲ °۵۵ طول شرقی و ″۴۰ ′۵۶ °۲۹ در ۱۶۰ کیلومتری جنوب غرب کرمان و در فاصله ۵۰ کیلومتری شهرستان رفسنجان واقع شده است. مکان انجام طرح فوق سد باطله و سد آبگیر معدن مس سرچشمه و همچنین سایر مخازن روباز مجتمع می‌باشد. موقعیت معدن، سد باطله و سد آبگیر در شکل (۱) نمایش داده‌شده است. مساحت دریاچه سد آبگیر (رودخانه شور) که در بالادست سد رسوب‌گیر واقع‌شده است حدود ۳۸ هکتار می‌باشد که سالانه به‌وسیلهٔ سیلاب‌های حوزه آبخیز بالادست آن تغذیه می‌گردد و از کیفیت آب به نسبت مناسبی برخوردار می‌باشد. از طرفی پساب خروجی واحدهای مختلف لیچینگ، تغلیظ و ذوب به تیکنرهای خمیری منتقل‌شده و بعد از جذب بیش از ۴۰ درصد آب در تیکنرها، باقیمانده تیل به پایین‌دست منتقل‌شده و طی رسوب‌گذاری در مسیر آب باقیمانده در تیل به پشت سد رسوب‌گیر منتقل می‌گردد. سپس در مواقع ضروری آب پشت سد توسط شناور پمپاژ و به داخل مجتمع بازگشت داده می‌شود. درمجموع سد آبگیر و رسوب‌گیر با مساحتی بالغ بر ۱۰۲۰۸۰۰ مترمربع و پتانسیل تبخیر ۲۲۶۶ میلی‌متر و همچنین سایر مخازن روباز آبی موجود در کارخانه با پتانسیل تبخیر ۲۰۶۱ میلی‌متر، سالانه حجمی بیش از ۲۵۸۰۰۰۰ مترمکعب آب قابل‌استفاده را از دسترس خارج می‌نمایند. بدیهی است این میزان تبخیر علاوه بر کاهش شدید منابع آبی، باعث کاهش کیفیت منابع آبی باقیمانده نیز می‌گردد.



شکل ۱- موقعیت معدن مس سرچشمه و سد آبگیر و رسوب‌گیر معدن در استان کرمان و ایران

۲-۲- طراحی پوشش شناور فومتالات

در تحقیق حاضر که به‌منظور کاهش تبخیر و مصرف ضایعات از منابع روباز آبی مجتمع مس سرچشمه انجام‌گرفت، پوششی شناور با نام یورتالات طراحی گردید. سپس جهت بررسی کارایی در مقیاس کوچک اجرا شد. با توجه به اینکه بخشی از منابع آبی کارخانه مربوط به مخازن سد رسوب‌گیر می‌باشد، توجه به شرایط ویژه آب جمع شده پشت سد جهت طراحی پوشش استفاده‌شده حائز اهمیت می‌باشد. پساب جمع شده در پشت سد رسوب‌گیر که در واقع خروجی قسمت‌های مختلف کارخانه می‌باشد، دارای pH متغیر با دامنه ۳-۱۱ بوده که اغلب pH اسیدی غالب می‌باشد. پوشش فومتالات درواقع قطعاتی مکعبی با ابعاد ۱×۲ متر باضخامت ۷-۱۰ سانتی‌متر و از جنس پلی استایرن می‌باشد که فضای داخل آن با حداکثر بطری دلستر قابل گنجایش پرشده است. استفاده از بطری دلستر علاوه بر مصرف بهینه ضایعات از حجم مصرفی پلی استایرن نیز می‌کاهد و این پوشش را از لحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه‌تر می‌نماید. باید توجه داشت پلی‌استایرن ممکن است در برابر شرایط محیطی و اقلیمی از قبیل تابش مستقیم اشعه خورشید و بارش‌های اسیدی به‌مرور مقاومت خود را از دست بدهد. علاوه بر این با توجه به حاکمیت بادهای شدید منطقه‌ای و وزن سبک پوشش‌ها، تعادل و تثبیت قطعات ممکن است با مشکل مواجه شود. جهت رفع مشکلات فوق سعی شد تا سطح فوقانی قطعات با استفاده از پوشش بادوام بتن ضد اسید متناسب با pH دریاچه ایزوله و عایق گردد. این عایق بتنی علی‌رغم حفاظت سطحی، منجر به افزایش وزن قطعات فومتالات شده و می‌تواند در تعادل و پایداری آن‌ها در برابر شرایط محیطی مؤثر واقع گردد. علاوه بر این با در نظر گرفتن تمهیدات مناسب شرایط جهت اتصال مستقیم بتن به پلی استایرن فراهم‌شد و نیاز به راویز نیز مرتفع گردید.

۲-۳- طراحی حوضچه‌های تحقیقاتی

به‌منظور بررسی کارایی پوشش ارائه‌شده در شرایط محیطی، دو حوضچه با ابعاد ۱*۳*۳ متر و با مساحت نه مترمربع در مجاورت سد رسوب‌گیر طراحی گردید و به‌منظور جلوگیری از نشت از کف و کناره‌ها، داخل حوضچه‌ها با پوشش ایزوگام کاملاً پوشانیده شد. جهت قرائت میزان تبخیر در هر حوضچه نیز شاخصی فلزی طراحی و تعبیه گردید. بعد از آماده‌سازی حوضچه‌ها، با استفاده از سیستم پمپاژ، آب پشت سد به دو حوضچه منتقل گردید و بلافاصله آزمایش‌ها آغاز گردید. شکل (۲) تصاویر فومتالات طراحی‌شده و قراردادن آن بر روی حوضچه‌های تحقیقاتی در زمان شروع برداشت را نشان می‌دهد.

الف- تصویر پوشش فیزیکی فومتالات

ب- حوضچه پوشانیده شده با قطعات فومتالات

ج- حوضچه شاهد و دارای پوشش در مجاورت سد رسوب‌گیر

شکل ۲- پوشش فومتالات استفاده شده در این تحقیق: الف- تصویر پوشش فیزیکی فومتالات، ب- حوضچه پوشانیده شده با قطعات فومتالات، حوضچه شاهد و دارای پوشش در مجاورت سد رسوب‌گیر

۲-۴- اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها

درنهایت ۴/۵ قطعه فومتالات با ابعاد ۰/۰۱×۱×۲ متر متناسب با مساحت حوضچه‌ها تهیه و به محل پایلوت در مجاورت سد رسوب‌گیر منتقل گردید. سپس سطح یکی از حوضچه‌ها با پوشش مذکور پوشانیده و حوضچه دیگری به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در ادامه جهت بررسی کارایی پوشش‌ها مقادیر تبخیر، دمای سطح آب و pH از سطح دو حوضچه از تاریخ ۹۵/۰۶/۲۱ تا ۹۵/۰۸/۲۱ به مدت

دو ماه اندازه‌گیری گردید. شایان ذکر است قرائت‌ها، به فاصله زمانی ۷۲ ساعت و رأس ساعت ۱۱ صبح انجام گرفت. در نهایت کارایی انواع توپ‌ها در کاهش میزان تبخیر با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید.

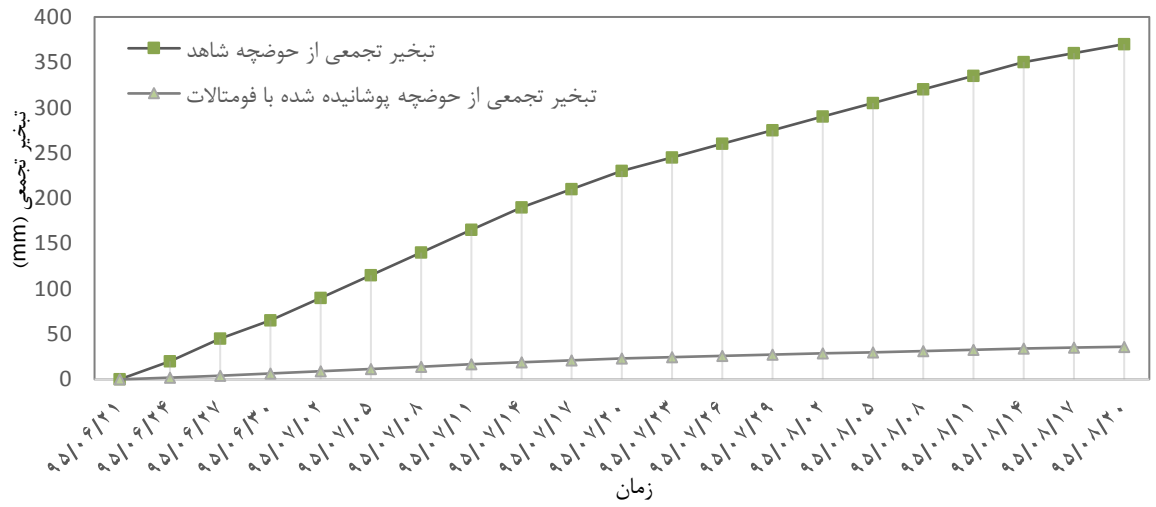
$$\frac{L_{control} - L_{cover}}{L_{control}} \times 100 \quad (۱)$$

که در آن $L_{control}$ میزان تلفات از حوضچه شاهد طی بازه اندازه‌گیری و L_{cover} میزان تلفات از حوضچه دارای پوشش در همان بازه می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱-تأثیر پوشش فومتالات بر کاهش میزان تبخیر

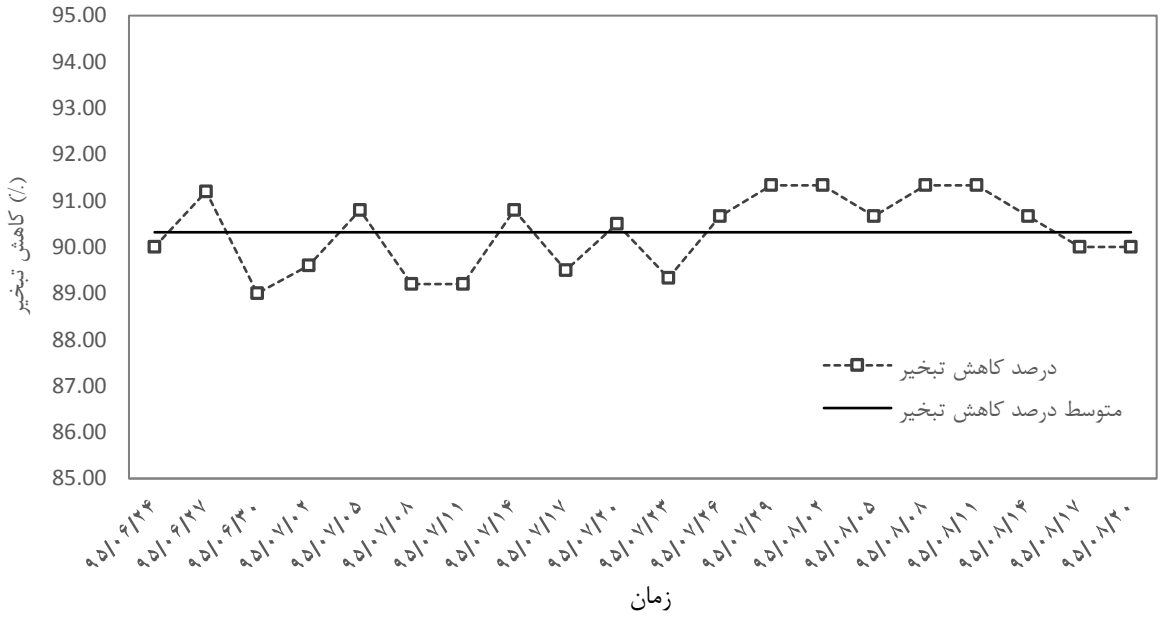
پوشش فیزیکی شناور فومتالات، بعد از تهیه و ساخت به مدت دو ماه از اواخر شهریور تا اواسط آبان بر روی حوضچه‌های تحقیقاتی در مجاور سد رسوب‌گیر قرار گرفت. عملکرد آن در کاهش میزان تبخیر آب با توجه به حوضچه شاهد محاسبه و ارزیابی گردید. با توجه به نتایج ثبت‌شده، مقدار تبخیر در دو حوضچه طی دو ماه با نزدیک شدن به فصل سرد کاهش یافت. در اواخر بازه اندازه‌گیری به کمتر از نصف کاهش یافت. به‌طور متوسط میزان تبخیر سه‌روزه در حوضچه شاهد و پوشانیده شده با فومتالات به ترتیب ۱۸/۵ و ۱/۸ میلی‌متر برآورد گردید. متوسط روزانه تبخیر طی ۶۰ روز اندازه‌گیری در این دو حوضچه ۶/۲ و ۰/۶ محاسبه شد. تفاوت در مقادیر تبخیر دو حوضچه که بیانگر میزان ذخیره آب می‌باشد، عملکرد بالای فومتالات را در کاهش میزان تبخیر از سطح آب به‌وضوح نشان می‌دهد. با توجه به ارتفاع تبخیر و سطح نه مترمربعی حوضچه‌ها حجم تلفات آب در طول دو ماه اندازه‌گیری از حوضچه شاهد ۳۳۳۰ لیتر به‌دست‌آمد درحالی‌که حجم آب ازدست‌رفته از حوضچه دارای پوشش ۳۲۴ لیتر محاسبه شد. تفاوت در مقادیر برآورد شده، میزان ذخیره ۳۰۰۶ لیتری را طی مدت ۶۰ روز اندازه‌گیری در حوضچه پوشانیده شده با پوشش فومتالات نشان می‌دهد. شکل (۳) نمودار میزان تبخیر تجمعی در فاصله‌های سه‌روزه را نمایش می‌دهد.



۳- مقادیر تبخیر و تبخیر تجمعی در حوضچه شاهد و دارای پوشش فومتالات

همان‌گونه که مشاهده می‌گردد شیب منحنی در ابتدای بازه که مربوط به اواخر شهریورماه تا اواخر مهر می‌باشد تندتر و به‌مرور با رسیدن به انتهای بازه کاهش‌یافته است. کاهش دما با تأثیر بر میزان تبخیر در اواخر مهر و آبان منجر به کاهش شیب و تحدب منحنی در دو حوضچه شده که این روند به‌خصوص در حوضچه شاهد به‌وضوح قابل‌مشاهده می‌باشد. در شکل فوق سطح زیر منحنی

مقادیر تبخیر تجمعی تا محور افقی معادل حجم تلفات از حوضچه شاهد بوده و سطح زیر منحنی ترسیم‌شده حاصل از تبخیر تجمعی در حوضچه دارای پوشش تا محور افقی برابر حجم آب ازدست‌رفته از این حوضچه می‌باشد. بدیهی است سطح بین دو منحنی رسم شده معادل ذخیره یا میزان کاهش تبخیر آب ناشی از اعمال پوشش فومتالات در حوضچه‌های تحقیقاتی می‌باشد. درصد کاهش تبخیر یا به‌عبارت‌دیگر کارایی پوشش فومتالات در بازه‌های سه‌روزه که حاصل درصد ذخیره به‌کل حجم آب تلف‌شده از حوضچه شاهد در آن بازه می‌باشد در شکل (۴) آورده شده است.

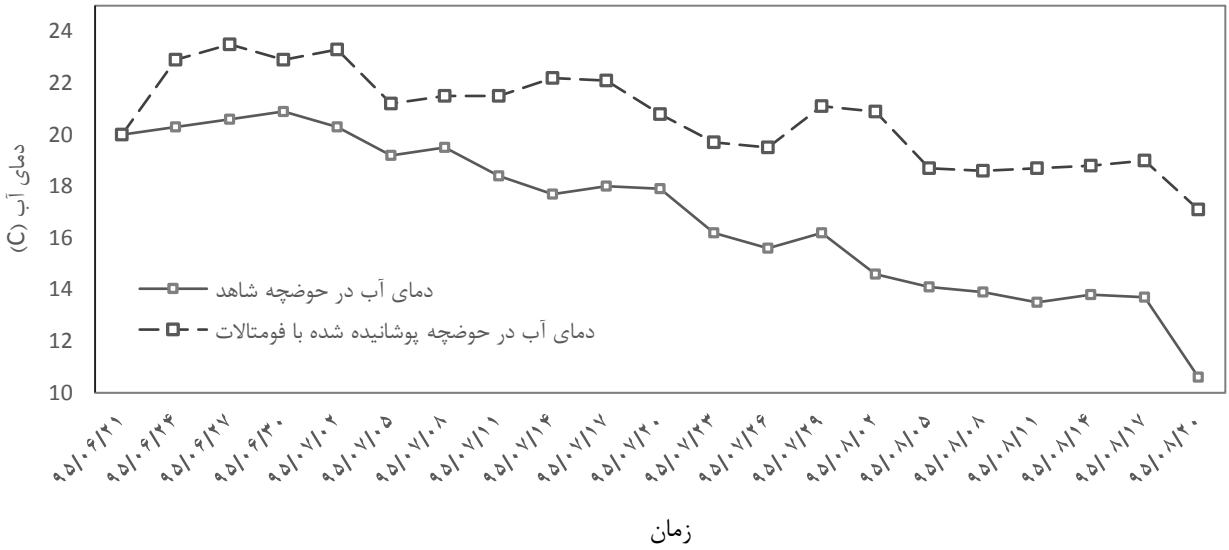


شکل ۴- نمودار کارایی پوشش فومتالات در بازه‌های اندازه‌گیری

نوسانات نمودار ترسیم‌شده با واریانس کمتر از ۰/۸۱ درصد اختلاف در عملکرد، این پوشش را در طول بازه اندازه‌گیری بسیار جزئی نشان می‌دهد. به‌طوری‌که حداکثر کارایی ۹۱/۳۳ درصد و حداقل آن معادل ۸۹ درصد برآورد گردیده که این اختلاف اندک طبیعی بوده و می‌تواند ناشی از جابه‌جایی جزئی پوشش‌ها و یا خطای اندازه‌گیری باشد. خط افقی ترسیم‌شده در شکل (۴) متوسط عملکرد پوشش فومتالات را در بازه اندازه‌گیری نمایش می‌دهد. این مقدار معادل ۹۰/۳۲ درصد می‌باشد که نمایانگر کارایی بالای این پوشش در کنترل تبخیر و ذخیره آب می‌باشد.

۳-۲-تأثیر پوشش فومتالات بر دمای سطح آب

از دیگر پارامترهای اندازه‌گیری شده در این پژوهش دمای سطح آب در بازه‌های سه‌روزه می‌باشد که سعی شده این پارامتر در طول روزهای اندازه‌گیری رأس ساعت مشخص (۱۱ صبح) انجام گیرد. نمودار تغییرات دمای سطح آب در دو حوضچه شاهد و دارای پوشش در شکل (۵) رسم شده است.

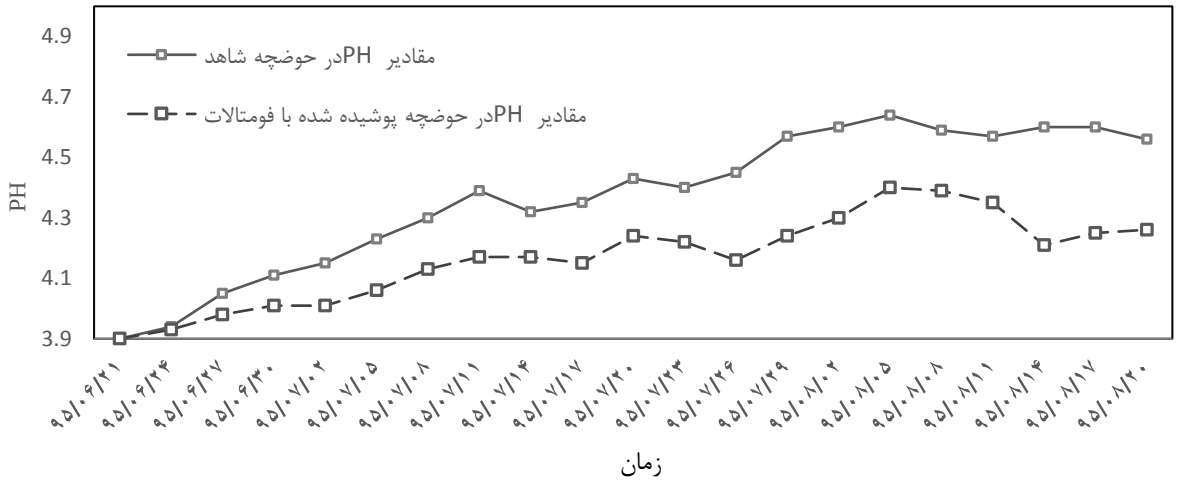


شکل ۵- نمودار تغییرات دمایی در دو حوضچه شاهد و دارای پوشش فومتالات

روند کلی تغییرات دما در دو حوضچه، سیر نزولی این پارامتر را در طول دوره اندازه‌گیری نمایش می‌دهد که با توجه به کاهش دمای محیط ناشی از شروع فصل سرد این روند طبیعی می‌باشد. مقایسه دمای دو حوضچه، افزایش دما را در حوضچه دارای پوشش فومتالات به‌وضوح نمایش می‌دهد. نکته قابل‌توجه تفاوت در اختلاف دما در دو حوضچه است که با نزدیک شدن به انتهای دوره این اختلاف بیشتر به چشم می‌خورد. این در حالی است که در شروع اندازه‌گیری، دما در دو حوضچه یکسان و معادل ۲۰ درجه سانتی‌گراد گزارش‌شده است. حداقل اختلاف دما در دو حوضچه ۲ درجه سانتی‌گراد در شروع بازه و حداکثر آن ۶/۵ درجه در انتهای بازه گزارش‌شده است. به‌طور متوسط می‌توان گفت اختلاف دما در ۳۰ روز دوم اندازه‌گیری‌های حدود ۲/۵ برابر ۳۰ روز اول گزارش شده است. این اختلاف که با کاهش دمای محیط تشدید گردید می‌تواند ناشی از ممانعت پوشش فومتالات در برخورد هوای سرد محیط با سطح آب باشد و علاوه بر این با جلوگیری از وزش مستقیم باد در سطح آب نیز قابل توجیه می‌باشد. درواقع باد با عبور از سطح آب در حوضچه شاهد تبخیر از سطح را افزایش می‌دهد و با جدا شدن مولکول‌های سطحی آب باعث افت انرژی و کاهش دما در سطح آب می‌شود. درنتیجه دمای آب حوضچه شاهد که در تماس با جو بیرون می‌باشد، افت بیشتری خواهد داشت. اگرچه تبخیر با دما رابطه مستقیم دارد اما وجود پوشش فومتالات در سطح آب مانع از جدا شدن مولکول‌های سطحی آب می‌شود و تأثیر منفی افزایش دما در بالا بردن میزان تبخیر را خنثی می‌نماید. از طرفی علی‌رغم این‌که سرمای محیط و کاهش دمای سطح آب در حوضچه شاهد عاملی در کاهش میزان تبخیر می‌باشد اما عامل اصلی تبخیر در طول فصل سرد، وزش باد بر سطح آب می‌باشد. با توجه به بادخیز بودن مکان سد رسوب‌گیر، عامل باد نقش پررنگ‌تری نسبت به دما در تبخیر از سطح آب دارد.

۳-۳-تأثیر پوشش فومتالات بر میزان pH آب

هم‌زمان با اندازه‌گیری تبخیر و دمای سطح آب، پارامتر pH نیز در بازه‌های سه‌روزه در طول دوره اندازه‌گیری، برداشت و آنالیز گردید. نمودار نوسانات pH طی بازه موردنظر در شکل (۶) رسم شده است.



شکل ۶- نمودار نوسانات pH در دو حوضچه شاهد و دارای پوشش فومتالات

نمودار رسم شده در شکل (۶) بیانگر سه نکته مهم می‌باشد. ۱- نوسانات pH روندی افزایشی را در دو حوضچه در طول دوره نشان می‌دهد. ۲- افزایش مقادیر pH در حوضچه شاهد بیشتر از حوضچه دارای پوشش می‌باشد. ۳- از ابتدای بازه به سمت انتهای آن اختلاف مقادیر pH نیز بیشتر می‌گردد. با دقت در سه نکته بیان‌شده، می‌توان دریافت، رفتار pH، در دو حوضچه درست نقطه مقابل پارامتر دما را در این دو حوضچه داشته است و حتی با دقت در اشکال ۵ و ۶ تبعیت معکوس نوسانات pH از دما نیز به‌وضوح قابل‌رؤیت می‌باشد. اگرچه پارامتر pH در حالت عادی کاملاً مستقل از دما می‌باشد اما تبعیت کاملاً معکوس آن در مقابل دما به‌نوعی نشانگر نوسانات این پارامتر تحت تأثیر تغییرات دمایی می‌باشد. نتایج بررسی‌های ارتباط این دو پارامتر و نیز عملیات آهک زنی به آب جمع شده در پشت سد، تبعیت pH از دما را کاملاً توجیه نمود. آب جمع شده در پشت سد رسوب‌گیر مجتمع مس سرچشمه در بیشتر مواقع شرایطی اسیدی دارد. این آب به‌عنوان بخشی از آب تأمین‌کننده مجتمع به کارخانه بازگشت داده می‌شود. به‌منظور جلوگیری از تبعات اسیدی بودن آب و خسارت به تأسیسات در اولین مرحله، در محل تجمع آب پشت سد، به‌طور مرتب به آب‌آهک زده می‌شود. حوضچه‌های تحقیقاتی در پژوهش حاضر نیز در شروع طرح با آب پشت سد آبگیری شدند. ازآنجاکه انحلال آهک در آب سرد بیشتر می‌باشد و با افزایش دما آهک رسوب می‌نماید، کاهش دمای آب برافزایش حلالیت آهک تأثیرگذار می‌باشد و منجر به افزایش pH آب می‌شود، بنابراین با نزدیک شدن به انتهای دوره، کاهش دما، منجر به روند افزایشی pH در دو حوضچه شده است. از طرفی حوضچه شاهد که در طول دوره، دمای کمتری داشته است از pH بالاتری برخوردار می‌باشد. همچنین اختلاف دما در دو حوضچه با رسیدن به انتهای بازه بیشتر شده است و این منجر به اختلاف بیشتر در پارامتر pH دو حوضچه با نزدیک شدن به انتهای دوره می‌شود. نکات بیان‌شده در نمودار تغییرات pH و دما به‌وضوح نمایش می‌دهند.

۴- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر که به‌منظور کاهش تبخیر از سطوح روباز آبی در مجتمع مس سرچشمه انجام‌گرفته است، درنهایت منجر به طراحی و ساخت پوشش فومتالات گردیده است. ازجمله قابلیت‌های پوشش فوق که در این تحقیق مشاهده گردید می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- عملکرد و کارایی بالا در مدیریت منابع آب و کاهش تبخیر و همچنین ورود ضایعات به محیط‌زیست

۲- دستیابی به پوشش‌هایی بادوام و طول عمری بلند به‌عنوان نگهبانان آب با توجه به عدم تجزیه‌پذیری ضایعات پلی‌اتیلنی در طبیعت

۳- قابلیت اتصال آسان، وزن مناسب و پایدار در سطح آب و مقاوم در مقابل بادهای شدید
۴- ورود بارش‌های فصلی به درون آب از طریق درزه‌های بین پوشش‌ها
۵- وجود آستر بتنی ضد اسید بر روی این پوشش‌ها که می‌تواند علاوه بر حفاظت سطحی از پلی استایرن، نقش حفاظت در برابر آسیب‌های احتمال ناشی از تخریب توسط پرندگان، پرتوهای خورشیدی و بارش‌های اسیدی داشته باشد. همچنین با افزودن وزن به پوشش‌های فومتالات شرایط پایداری آن‌ها را در سطح آب فراهم نماید.

با توجه به پتانسیل سالانه تبخیر از ایستگاه کارخانه و سد رسوب‌گیر که به ترتیب ۲۰۶۱ و ۲۲۶۶ میلی‌متر گزارش‌شده است، همچنین مجموع مساحت آبی از سد رسوب‌گیر و سایر مخازن مجتمع که جمعاً ۱۰۵۰۰۰۰ مترمربع برآورد گردیده است، انتظار می‌رود سالانه حدود ۲۵۸۰۰۰۰ مترمکعب آب قابل‌استفاده به شکل تبخیر از دسترس خارج می‌شود که این مقدار معادل برداشت ۲/۵ ماه آب از تمام چاه‌های تأمین‌کننده آب مجتمع از دشت خاتون‌آباد می‌باشد. اجرای طرح پوشاندن سطوح آبی در مجتمع با پوشش فومتالات، سالانه مانع از خروج ۲۳۳۰۲۵۶ مترمکعب تلفات آب می‌شود. چنانچه عمر پوشش‌های فومتالات، به‌طور تقریبی ۱۰ سال فرض شود، می‌توان حدود ۲۳۳۰۲۵۶۰ مترمکعب آب موجود را در محل ذخیره نمود. با توجه به بحران شدید آبی و نیاز به مدیریت منابع آب و حفظ هر قطره آن در شرایط امروز کشور، ارائه و اجرای طرح فوق می‌تواند طرحی موفق و کارآمد محسوب گردد. که این طرح نه‌تنها به‌منظور حفاظت از منابع آب مجتمع مس سرچشمه بلکه باهدف کنترل و ذخیره آب در بسیاری از مخازن، سدها، استخرهای کشاورزی و حتی مخازن روباز فاضلاب‌های شهری در کل کشور نیز قابل‌ارائه بوده و با حمایت‌های دولت در فرهنگ‌سازی و جمع‌آوری بطری‌های آشامیدنی، این طرح می‌تواند یک طرح بزرگ زیست‌محیطی نیز محسوب گردد.

۵- سپاسگزاری

این مطالعه در قالب طرح پژوهشی مصوب و با حمایت مالی مجتمع مس سرچشمه انجام‌گرفته است. نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از واحدهای مختلف مجتمع ازجمله واحد تحقیقات و توسعه، شرکت ارفع سازان، واحد آب‌رسانی و تأسیسات و همچنین واحد حمل‌ونقل که در انجام این پروژه مساعدت و همکاری لازم را به عمل آوردند، صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

References

Alvarez V. M., Baille A., Martínez J. M. and M. G. Real. (2006). Effect of black polyethylene shade covers on the evaporation rate of agricultural reservoirs. Spanish J. Agr. Res., 4(4), 280-288

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

Brown J. (1988). The potential for reducing open water evaporation losses: a review. Hydrology and Water Resources Symposium 1988: Preprints of Papers, Institution of Engineers, Australia

Craig I., Aravinthan V., Baillie C. P., Beswick A., Barnes G., Bradbury R., Connell L., Cooper P., Fellows C. and Fitzmaurice L. (2007). Evaporation, seepage and water quality management in storage dams: a review of research methods. Environ. Health., 7(3), 84-97

Craig I., Green A., Scobie M.and Schmidt E. (2005). Controlling evaporation loss from water storages. National Centre for Engineering in Agriculture Publication 1000580/1, USQ, Toowoomba, <http://www.ncea.org.au/>.

Gharvani S. and Al-Ahmad S. H. (2007). Evaporation and control methods. Civil. Eng. Sch., 37, 53-59. [In Persian]

Gokbulak F. and Ozhan S. (2006). Water loss through evaporation from water surfaces of lakes and reservoirs in Turkey. Official Publication of the European Water Association, EWA

Hassan R. M., Hekal N. T. and Mansor N. M. (2007). Evaporation Reduction From Lake Naser Using New Environmentally Safe Techniques. 12th Int. Conf. Water Technology, IWTC11, Citeseer

Helfer F., Lemckert C.and Zhang H. (2012). Impacts of climate change on temperature and evaporation from a large reservoir in Australia. J. Hydro., 475, 365-378

Jennison I. (2003). Methods for reducing evaporation from storages used for urban water supplies. GHD Department of Natural Resources and Mines Queensland Technical Report

Morton F. (1994). Evaporation research—a critical review and its lessons for the environmental sciences. Critical Rev. Environ. Sci. Technol., 24(3), 237-280

Piri M., Hesam M., Dehghani A. A. and Meftah Halaghi M. (2011). Experimental study on the effect of physical and chemical approach in reducing the evaporation from water surface. J. Water Soil Conserv., 17(4), 141-154. [In Persian]

Ranjbar A., Mahdavian A. A. and Maknoon R. (2011). The possibility of using floating plates of perlite light concrete to evaporation reduction of dams reservoirs.in:proc. Of 1st Int and 3rd Nat. Conf. on Dams and hydropower,Tehran. [In Persian]

Santafe M. R. (2011). Diseño de un Sistema de Cubierta Flotante Fotovoltaica para Balsas de Riego, Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España

Santafe M. R., Gisbert P. S. F., Romero F. J. S., Soler J. B. T., Gozálvez J. J. F. and Gisbert C. M. F. (2014). Implementation of a photovoltaic floating cover for irrigation reservoirs. J.Clean. Produc., 66, 568-570

Stanhill G. (2002). Is the Class A evaporation pan still the most practical and accurate meteorological method for determining irrigation water requirements? Agr. Forest Meteorol., 112(3), 233-236

Wurbs R. A. and Ayala R. A. (2014). Reservoir evaporation in Texas, USA. J. Hydro., 510: 1-9

Designing and Construction of Foamthalate Physical Coverage using Polymeric Waste for Evaporation Reduction from Acidic Effluents

Hamide Afkhami[1*], Hossein Malekinezhad[2], Esmat Esmailzadeh[3] and Abolfazl Azizian[4]

[1] Ph.D. Scholar, Department of Watershed, Faculty of Natural Resources and Desertology, Yazd University, Yazd, Iran

[2] Associate Professor, Department of Watershed Engineering and Sciences, Faculty of Natural Resources and Desertology, Yazd University, Yazd, Iran

[3] Chief of Water and Environmental Research, Sarcheshmeh Copper Complex, Kerman, Iran

[4] Assist. Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Faculty of Natural Resources and Agriculture, Ardakan University, Ardakan, Iran

***Corresponding Author:** hamide.afkhami@gmail.com

Received: December 12, 2016 Accepted**:** January 11, 2017

Abstract

One of the most common types of polymeric waste is beverage bottles. Unfortunately, undertaking basic measures for recycling or reuse of these materials is very limited in Iran and always a huge amount of this waste is released into the environment. The present study was conducted in order to reduce evaporation from water resources of Sarcheshmeh Copper Complex and optimal use of great waste of this polymer. For this purpose, a plan is presented to build a Foamthalate floating cover. This cover was obtained from industrial injection of polystyrene into filled molds with Delester™ bottles. After preparing and constructing coatings, Foamthalate covers were transferred to research ponds in the vicinity of Sarcheshmeh tailing dam and the performance of coatings was evaluated for two months. The obtained results showed performance of Foamthalate coatings in evaporation reduction is more than 90%. Finally, because of the dual-purpose function of Foamthalate, it can be considered as successful and efficient design to protect the environment and deal with water scarcity challenge.

Keywords: Floating Physical Coatings; Water Losses; Sarcheshmeh Copper Complex; Environment; Water Resources.