



برآورد مقدار هدررفت آب ناشی از تبخیر در سد کالپوش استان سمنان و بررسی روش‌های کاهش آن

حسن شکاری^۱، احمد نظری^{۲*}

^۱ کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران.

^۲ استادیار مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران.

مقاله مستقل، تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۷؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۳/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۰۱

چکیده

در مناطق خشک و نیمه‌خشک علت عمده تلفات آب را می‌توان پدیده‌ای به نام تبخیر سطحی دانست که باتوجه به موقعیت و شرایط آب‌وهوایی کشورها، به‌عنوان یک عامل مهم در میزان تلفات منابع آبی در یک کشور، نقش ایفا می‌کند. در این پژوهش به برآورد میزان تبخیر در سد کالپوش واقع در استان سمنان پرداخته شده و با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی و آب‌وهوایی و ... میزان تبخیر از فرمول‌های تجربی و همچنین اندازه‌گیری بیلان آب محاسبه شده‌است. در ادامه بهینه‌ترین روش و ضریب تبخیر مناسب برای برآورد تبخیر انتخاب می‌گردد. باتوجه به محاسبات انجام شده مدل ایوانف با کمترین میزان خطا بهترین همپوشانی را با میزان تبخیر اندازه‌گیری شده با استفاده از تشت تبخیر داشته و ضریب مناسب تبخیر از بین ضرایب بین ۰/۶ تا ۰/۹ بررسی و ضریب ۰/۸۵ با کمترین خطا انتخاب گردید، رتبه بعد فرمول تجربی سازمان عمران آمریکا انتخاب گردید. روش‌های دیگر به علت در نظر نگرفتن فشار بخار در آن فرمول‌ها و احتمال خطای محاسبات با مقدار واقعی قابل استفاده برای سد کالپوش نمی‌باشند.

کلمات کلیدی: تبخیر سطحی؛ تلفات آب؛ تشت تبخیر؛ سد کالپوش.

Estimating the amount of water loss due to evaporation in the Kalpoosh dam of Semnan province and investigating its reduction methods

Hasan Shekari¹, Ahmad Nazari²

¹ MSc. Student, Mech. Eng., Shahrood Univ., Shahrood, Iran.

² Assist. Prof., Mech. Eng., Shahrood Univ., Shahrood, Iran.

Abstract

In arid and semi-arid regions, the main cause of water loss can be considered the phenomenon called surface evaporation. It is an inevitable phenomenon and according to the location and weather conditions of the countries, it plays an important role in the loss of water resources in a country. In this research, the rate of evaporation in the Kalpoosh dam located in Semnan province has been estimated, taking into account the climate and weather conditions, etc., the rate of evaporation has been calculated using various methods, experimental formulas, and water balance measurements, and in the following, the most optimal method and The appropriate evaporation coefficient was chosen to estimate evaporation. According to the calculations, Ivanov's experimental method with the least amount of error has the best overlap with the amount of observed evaporation from the pan, and the appropriate coefficient of evaporation was examined from among the coefficients between 0.6 and 0.9, and the coefficient of 0.85 was chosen with the least error. And then in the next rank, the experimental formula of the American Civil Engineering Organization was selected. Other methods cannot be used for the Kalpoosh dam due to the calculation of the lack of steam pressure in those formulas and the possibility of calculation errors with the actual value.

Keywords: Surface evaporation; Experimental formulas; Evaporation pan; Kalpoosh dam.

۱- مقدمه

تبخیر سطحی تحت تأثیر عواملی همچون شدت تابش خورشید، سرعت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی، شار اتمسفر، عمق آب، شفافیت و غلظت املاح موجود در آب هست. تبخیر سطحی آب از دیرباز یکی از عوامل هدر رفتن آب در منابع ذخیره آب بوده است و متخصصان و محققان در این زمینه همواره به دنبال روش‌هایی بوده‌اند تا بتوانند اثرات این پدیده را کاهش دهند.

ایران به عنوان کشوری که در منطقه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده دارای متوسط بارندگی حدود یک سوم بارندگی سالانه کره زمین و متوسط تبخیر حدود سه برابر تبخیر سالانه کره زمین است. بنابر آمارها، متوسط بارندگی سالانه جهان حدود ۸۵۰ میلی‌متر و این مقدار در ایران ۲۵۰ میلی‌متر و چیزی کمتر از یک سوم متوسط میزان بارندگی سالانه جهان است. متوسط تبخیر سالانه در جهان ۷۰۰ میلی‌متر و در ایران برابر با ۲ هزار و ۱۰۰ میلی‌متر است و این آمار نشان می‌دهد که تبخیر سالانه در ایران سه برابر متوسط تبخیر سالانه جهانی است و می‌توان گفت محدودیت و کمبود منابع آبی در ایران نسبت به سایر نقاط جهان بسیار جدی‌تر است. ۷۰ درصد منابع آب ایران با تبخیر در دشت‌ها، کوه‌ها، پشت سدها هدر می‌رود. بر اساس برآورد سالانه نزدیک به سه تا پنج میلیارد مترمکعب از آب دریاچه‌ی پشت سدها تبخیر می‌شود و در حال حاضر کشور با معضل تبخیر شدید آب در پشت ۶۰۰ سد احداث شده در کشور مواجه است.

با توجه به اهمیت حفظ و مراقبت از منابع آبی در برابر هدررفت به ویژه به علت تبخیر، مطالعات فراوانی در بررسی این مسئله انجام شده‌است. یکی از مهم‌ترین منابع ذخایر آب در ایران سدها می‌باشند. به طوری که حدود ۲۰۰ سد در ایران مورد بهره‌برداری است و ضرورت دارد تا اتلاف آب بر اثر تبخیر و روش‌های جلوگیری از آن به جد مورد توجه قرار گیرد. استفاده از روش‌های کاهش تبخیر آب مانند نصب صفحات خورشیدی فتوولتائیک به صورت ثابت یا شناور روی سطح آب و همچنین کاشت درختان در اطراف سدها، علاوه بر استحصال انرژی الکتریسیته و برداشت محصول درختان با ایجاد سایه و کاهش سرعت جریان باد می‌تواند نقش موثری در جلوگیری از هدر رفت آب ناشی از تبخیر داشته باشند [۱]. افزون‌براین پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهند با استفاده از پوشش‌های

فیزیکی مختلف مانند توپ‌های سفید، کاه و کلش، توری‌های سایبان می‌توان مقدار تبخیر را از ۲۷ تا ۹۶ درصد کاهش داد [۷-۲].



(الف)



(ب)

شکل ۱ - برخی پوشش‌های مورد استفاده در کاهش

تبخیر

الف) توپ‌های پلاستیکی سفید ب) توری سایبان سبز و سفید

در این پژوهش به صورت موردی بر روی سد کالپوش واقع در استان سمنان مطالعاتی انجام گردیده است که در این بخش به معرفی این سد پرداخته خواهد شد. پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهند، موقعیت جغرافیایی، شرایط اقلیمی و عوامل جوی تأثیر قابل توجهی بر مقدار تبخیر آب دارند. نتایج بدست آمده از این تحقیق را می‌توان به سایر سدهای کشور در مناطق مختلف تعمیم داد که دارای شرایط اقلیمی مشابه شرایط اقلیمی منطقه کالپوش استان سمنان هستند. شمال شرقی استان (دشت میامی و حسین آباد کالپوش) دارای آب وهوای نسبتاً سرد و خشک است. در استان سمنان، نزولات جوی بسیار کم و غالباً به صورت باران و در فصول سرد، به ندرت به صورت برف نازل می‌شود. متوسط بارندگی سالانه استان حدود ۱۴۵ میلیمتر اندازه‌گیری شده‌است [۸-۱۰]. در این پژوهش

۲- مواد و روش‌ها

به‌طور کلی روش‌های مورد استفاده در برآورد تبخیر از سطح آب را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود:

- اندازه‌گیری با تشت تبخیر
- روش بیلان آب
- روش بیلان انرژی

داده‌های مربوط به دما، سرعت باد، رطوبت و همچنین میزان تبخیر روزانه بر اساس قرائت تجهیزاتی است که مشخصات آنها در جدول ۲ ذکر گردیده است.

جدول ۲- تجهیزات هواشناسی سد کالپوش [۱۱]

نام دستگاه	مدل	محدوده اندازه‌گیری	دقت
دستگاه اندازه‌گیری سرعت و جهت باد	WSP101	۵۰-۰ m/s	۲/۸ درجه
دستگاه اندازه‌گیری دمای هوا	TMF101 RTD PT100	۷۰- تا ۳۰	۰/۲ درجه
دستگاه اندازه‌گیری رطوبت نسبی هوا	HMF101	۱۰۰-۰ درصد	۳ درصد
تشت تبخیر (ارتفاع ۱۰ و قطر ۴۸ اینچ)	کلاس A استاندارد WMO	۰ تا ۲۵ سانتیمتر	۰/۱ سانتیمتر

روش‌های برآورد تبخیر:

تشت تبخیر

با استفاده از آمار اندازه‌گیری شده از تشت می‌توان مقدار تبخیر از سطح آب را طبق معادله زیر تخمین زد [۱۲].

$$E = K(E_{pan}) \quad (۱)$$

در این معادله E_{pan} مقدار تبخیر از تشت و K ضریب ثابتی است که مقدار آن برای تشت تبخیر استاندارد کلاس A (امریکایی) بین ۰/۵۸ تا ۰/۷۸ (به طور متوسط ۰/۷) است. مقادیر تبخیر روزانه سد کالپوش به طور دیجیتال از روی سنسور نصب شده بر روی تشت تبخیر سد واقع در ایستگاه هواشناسی سد قرائت می‌شود. مشخصات این تشت در جدول (۳) ذکر شده است.

به صورت موردی بر روی سد کالپوش واقع در استان سمنان مطالعاتی انجام گردیده است که در این بخش به معرفی این سد پرداخته خواهد شد.

سد و شبکه آب شرب کالپوش در استان سمنان در شهرستان میامی و در حوالی روستای حسین‌آباد و بر روی رودخانه‌ای به همین نام واقع شده است. فاصله محل سد تا شهر شاهرود حدود ۱۸۰ کیلومتر و در عرض شمالی ۰۷' - ۳۷° و طول شرقی ۴۳' - ۵۵° واقع شده است. شمال شرقی استان (دشت میامی و حسین‌آباد کالپوش) دارای آب و هوای نسبتاً سرد و خشک است. در استان سمنان، نزولات جوی بسیار کم و غالباً به صورت باران و در فصول سرد، به ندرت به صورت برف نازل می‌شود. متوسط بارندگی سالانه استان حدود ۱۴۵ میلیمتر اندازه‌گیری شده است [۱۱].

جدول ۱- مشخصات فنی سد کالپوش [۱۱]

توضیحات	مشخصات
سال شروع ساخت	۱۳۸۷
سال آبگیری	۱۳۹۳
منطقه جغرافیایی	کالپوش - میامی - سمنان
نوع سد	خاکی با هسته رسی
ارتفاع سد از بستر رودخانه	۴۰ متر
وسعت دریاچه	۱۴۰ هکتار
طول دریاچه	۳ کیلومتر
حجم مخزن در تراز نرمال	۱۶/۵ میلیون متر مکعب
هزینه احداث (سال ۱۳۸۶)	۱۷۵ میلیارد ریال
طول تاج	۲۷۳ متر
آب قابل تنظیم سالیانه	۱۰ میلیون متر مکعب



شکل ۲- نمایی از سد کالپوش

جدول ۳- مشخصات تشت تبخیر سد کالپوش [۱۱]

نوع تشت تبخیر	تشت تبخیر کلاس A
شرکت سازنده	سیماب الکترونیک
شرکت نصب	پرماتکو
استاندارد	WMO
ابعاد	ارتفاع: ۱۰ اینچ قطر: ۴۸ اینچ
دقت	۰.۱ میلیمتر

۲۷ درجه سانتیگراد به ترتیب مربوط به دوم بهمن ماه و چهاردهم تیر ماه ثبت گردیده است [۱۱].

معادلات تجربی

کوشش‌های زیادی به عمل آمده است تا فرمول‌ها و روابط تجربی و ساده‌ای برای تخمین تبخیر از سطح آزاد آب ارائه شود. در این تحقیق چندین روش تجربی انتخاب شده و مورد استفاده و مقایسه قرار می‌گیرند. این روابط تجربی را می‌توان در جدول ۵ مشاهده نمود.

جدول ۵- روابط تجربی برآورد میزان تبخیر [۱۲]

مایر	$E = \left(1 + \frac{U_2}{16}\right) \cdot C \cdot (e_s - e_a)$
مارسیانو	$E = 0.03U_2(e_s - e_a)$
شاهتین	$E = (0.116 + 0.017U_2)(e_s - e_a)$
هنفر	$E = 0.028U_2(e_s - e_a)$
ایوانوف	$E = 0.0018(T + 25)^2(100 - RH)$
تیچومیروف	$E = (e_s - e_a) \cdot (15 + 3U_{10})$
سازمان عمران آمریکا	$E = 0.883(4.57T + 43.3)$

در تحقیق حاضر جهت ارزیابی روش‌های تجربی و تجزیه و تحلیل داده‌ها از روابط زیر استفاده می‌شود [۱۲].

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}))^2}{(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2)(\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2)} \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X_i - Y_i^2)}{n - 1}} \quad (3)$$

X_i مقدار مشاهده شده، Y_i مقدار برآورد شده و n تعداد داده‌ها است. در مقایسه مدل‌ها، مدلی که دارای ضریب تبیین (R^2) بیشتر و مجذور میانگین مربعات خطا ($RMSE$) کمتری باشد، مدل مطلوب‌تری خواهد بود.

۳- نتایج و بحث

مقدار تبخیر از سطح آزاد آب با استفاده از روابط تجربی محاسبه و با مقدار تبخیر از تشت مورد مقایسه قرار

ضریب تشت تبخیر برای ماه‌های مختلف سال را می‌توان از جدول ۴ تخمین زد. ملاحظه می‌شود که مقدار ضریب تشت در ماه‌های زمستان کم و در ماه‌های گرم سال به دلیل جذب حرارت خورشید توسط توده آب دریاچه‌ها و در نتیجه بالارفتن مقدار تبخیر از سطح آزاد آب این ضریب بزرگ‌تر می‌شود که این تفاوت زیاد چشمگیر نمی‌باشد [۱۵].

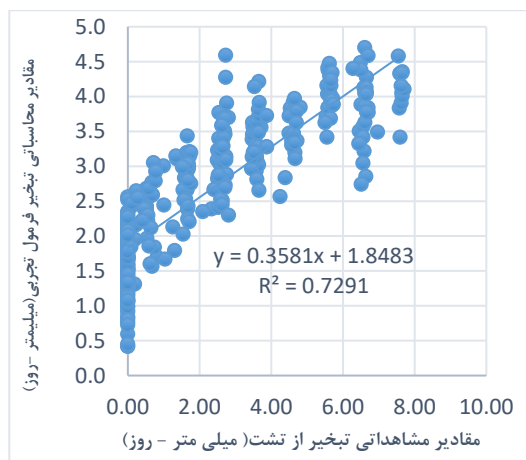
جدول ۴- ضرایب تشت تبخیر به تفکیک ماه

ماه	ضریب	ماه	ضریب
ژانویه	۰/۶۰	ژوئیه	۰/۷۷
فوریه	۰/۷۰	اوت	۰/۷۷
مارس	۰/۷۲	سپتامبر	۰/۷۷
آوریل	۰/۷۳	اکتبر	۰/۷
مه	۰/۷۴	نوامبر	۰/۶۳
ژوئن	۰/۷۶	دسامبر	۰/۶

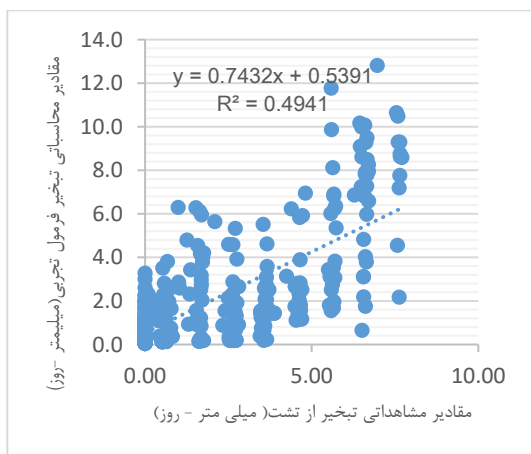
بررسی داده‌های اقلیمی

در این تحقیق اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی سد کالپوش در طول روزهای سال ۱۴۰۰ استفاده گردید. این اطلاعات شامل تبخیر از تشت، میانگین دمای روزانه، رطوبت نسبی، سرعت باد است.

با بررسی این داده‌ها مشخص شد با توجه به شرایط اقلیمی منطقه کالپوش میانگین رطوبت نسبی هوا معادل ۷۸ درصد و متوسط سرعت باد نیز ۴/۸ متر بر ثانیه است که این داده‌ها می‌تواند بر روی انتخاب معادله متناسب با سد کالپوش موثر باشد. دمای هوا در این منطقه با حداقل منفی ۶ و حداکثر



شکل ۴- مقایسه مقادیر تبخیر تشت با روش سازمان عمران آمریکا



شکل ۵- مقایسه مقادیر تبخیر تشت با روش ایوانف

۴- نتیجه گیری:

در این پژوهش، به بررسی میزان تبخیر در سد کالپوش پرداخته شد. ابتدا با استفاده از تشت تبخیر، میزان تبخیر محاسبه گردید. سپس با استفاده از پارامترهای هواشناسی شامل رطوبت نسبی، دما، سرعت و جهت باد و با استفاده از هفت روش تجربی، برآوردی از میزان تبخیر روزانه سد انجام گرفت. در ادامه این تحقیق با استفاده از روش‌های آماری به مقایسه هر کدام از این روش‌ها با تبخیر حاصل از تشت پرداخته شد که در این بین روش تجربی ایوانف با در نظر گرفتن ضریب تشت تبخیر، با کمترین خطا و ضریب همبستگی مناسب‌تر انتخاب گردید.

گرفتند. همانطور که ذکر گردید، مدلی که دارای ضریب تبیین (R^2) بیشتر و مجذور میانگین مربعات خطا کمتری باشد، مدل مطلوب‌تری است. بر این اساس و اطلاعات جدول ۶ رابطه سازمان عمران آمریکا با کمترین میزان خطا ($RMSE = 1.66$) در مقایسه با داده‌های حاصل از تشت و همچنین بالاترین ضریب تبیین 0.73 نسبت به دیگر روابط تجربی از دقت بالاتری در برآورد میزان تبخیر آب در سد کالپوش برخوردار است.

جدول ۶- نتایج حاصل از روابط تجربی

ردیف	نام رابطه تجربی	R^2	RMSE
۱	سازمان عمران آمریکا	0.73	0.66
۲	مایر	0.45	2.18
۳	مارسیانو	0.24	2.48
۴	شاهتین	0.28	2.58
۵	هنفر	0.24	2.49
۶	ایوانوف	0.49	1.96
۷	تیچومیروف	0.39	2.4

در شکل‌های زیر نمودار ضریب همبستگی پیرسون و نمودار پراکنش بین تبخیر از تشت و روابط تجربی سازمان عمران آمریکا و ایوانف ارائه گردیده است.



شکل ۳- ضریب همبستگی بین تبخیر حاصل از تشت و فرمول‌های تجربی

در تست‌های تبخیر ضرایبی برای افزایش دقت و کاهش خطای آن در نظر گرفته می‌شود. ضرایب مختلف تبخیر برای تست محاسبه و هر کدام از این محاسبات با روش ایوانف مقایسه گردید تا ضریب بهینه با کمترین خطا و بهترین همپوشانی انتخاب گردد که ضریب $0/85$ شامل این خصوصیات بود. میزان تبخیر در سد کالیوش در طول ماه‌های سال 1400 محاسبه و در مجموع به میزان 807 میلی‌متر محاسبه گردید. با استفاده از نمودار حجم سطح دریاچه سطح این میزان تبخیر معادل 706 هزار مترمکعب است که می‌توان ضریب تبخیر $0/85$ را نیز اعمال نمود تا خطای حاصل از تست پوشش داده شود. میزان تبخیر با این تجدید محاسبه به میزان 600 هزار مترمکعب معادل شش درصد کل آب مخزن در آن سال است.

به منظور مدیریت مصرف آب و جلوگیری از تبخیر در بخش تخصیص کشاورزی آب سد می‌توان با انتخاب الگوی کشت مناسب و روش‌های آبیاری نوین به این موضوع کمک نمود. با توجه به کشت چغندر به عنوان کشت مرسوم زمین های اطراف سد و مصرف بالای آب و آبیاری به صورت سنتی، پیشنهاد می‌شود با فرهنگ‌سازی و تشویق کشاورزان به سمت کشت‌های با مصرف آبی کمتر و تغییر روش آبیاری نقش موثری در مدیریت منابع آب داشت که از روش‌های کاهش تبخیر و هدررفت آب از سطح سدها، کاشت درختان و گیاهان در اطراف سد است. کاشت درختان در اطراف سدها می‌تواند علاوه بر ایجاد سایه و مانع از وزش باد، به عنوان یک روش پایدار و مقرون به صرفه در مصرف آب مورد استفاده قرار گیرد. درختان با جذب آب و تراکم بالای برگ‌ها، می‌توانند سطحی را که در معرض تبخیر قرار دارد، کاهش دهند؛ همچنین، با ایجاد سایه در اطراف سد، میزان تبخیر آب از سطح سد کاهش می‌یابد و در نتیجه، منجر به افزایش دبی آب و نگهداری آب سدها خواهد شد. به علاوه، کاشت درختان در اطراف سدها می‌تواند به عنوان یک روش پایدار و طبیعی برای حفظ اکوسیستم منطقه در نظر گرفته شود. یکی از درختان مناسب، با توجه به شرایط اقلیمی کالیوش به منظور کاهش تبخیر در سد، درخت گردو است. درخت گردو از جمله درختانی است که در منطقه کالیوش کاشته می‌شود. گردو درختی با ساقه قوی، برگ‌های بزرگ و پوسته سخت دارد که می‌تواند تحمل خشکی و شرایط آب و هوایی نامساعد را داشته باشد.

همچنین، درخت گردو دارای میزان مصرف آب کمتری نسبت به برخی از درختان دیگر است و می‌تواند به عنوان یک راه حل پایدار برای کاهش تبخیر از سطح سد کالیوش و حفظ منابع آبی در این منطقه مورد استفاده قرار گیرد؛ همچنین، محصولاتی مانند گردوهای تولید شده از این درخت می‌توانند به عنوان یک منبع درآمد برای مردم منطقه و فرآورده‌های اقتصادی مرتبط با آن مورد استفاده قرار گیرند.

علائم، نشانه‌ها و ارقام

تبخیر از سطح آزاد آب بر حسب میلی‌متر در روز	E
سرعت باد در ارتفاع 2 و 10 متری از سطح زمین بر حسب متر بر ثانیه	U_2 و U_{10}
میانگین دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد	T
فشار بخار اشباع آب در هوا بر حسب میلی‌متر جیوه	e_s
فشار واقعی بخار آب در هوا بر حسب میلی‌متر جیوه	e_a
میانگین رطوبت نسبی هوا بر حسب درصد	RH
ضریبی است که برای دریاچه‌های عمیق $0/36$ و برای دریاچه‌های کم عمق $0/5$ در نظر گرفته می‌شود	C

مراجع

- [۱] شمسانی، ا. حسنی، ا. (۱۳۸۶)، "مروری بر روش‌های کاهش میزان تبخیر از سطوح آزاد آبی در مناطق خشک و نیمه خشک"، اولین همایش سازگاری با کم آبی، ص ۶، تهران.
- [۲] هاشمی منفرد آ، رضاپور م، ژیان ت (۱۳۹۶)، "کنترل سرعت باد جهت کاهش تبخیر از سطح دریاچه‌ها و مخازن به کمک بادشکن"، کنفرانس هیدرولیک ایران، ص ۱، اردبیل.
- [۳] شرایعی، مریم و حقایقی مقدم، سیدابوالقاسم. (۱۳۹۹). "مروری بر روش‌های کاهش تبخیر از سطح آزاد آب و معرفی شیوه‌های مناسب کاربردی و اقتصادی". نشریه آب و توسعه پایدار، سال هفتم شماره ۲ (پیاپی ۱۶، تابستان ۱۳۹۹) صفحات: ۵۳ تا ۶۲
- [۴] هوشمندزاده، فاطمه و یزدانی، محمدرضا و موسوی، سیدفرهاد، ۱۴۰۲، ارزیابی استفاده از پوشش‌های فیزیکی در کاهش تبخیر از سطح مخازن کوچک آب در مناطق خشک و نیمه خشک

- [۱۰] مظاهری، مهدی. (خرداد ۱۴۰۲). بررسی کلی بیلان آب در کشور: وضعیت و چالش‌ها. تهران، ایران: مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. <https://sid.ir/paper/1065799/fa>
- [۱۱] مهندسان مشاور آب نیرو. نشریه شماره ۲۷۲-سازمان مدیریت و برنامه ریزی: "راهنمای مطالعات بهره برداری از مخازن سدها- دستورالعمل بهره برداری و نگهداری از سد کالپوش و اجزای وابسته" (۱۳۹۱)
- [۱۲] علیزاده، ا. (۱۳۹۴). "اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ نهم"، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع) مشهد.
- [۱۳] نجفوند دریکوندی، م. اسلامی، ح. (۱۳۹۵). "مقایسه روش‌های تجربی برآورد تبخیر از سطح آزاد آب (مطالعه موردی: سد تنظیمی دز)" فصلنامه علمی تخصصی مهندسی آب، مقاله ۷، دوره ۴، شماره ۲، مهر ۱۳۹۵، صفحه ۶۵-۷۳
- [۱۴] سپاس‌خواه د. (۱۳۹۸). "کاهش تبخیر از مخزن آب سدها"، مجله پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۳ شماره ۱، ص ۱۳ تا ۲۶.
- [۱۵] باریده م. (۱۳۸۷). "برآورد میزان تبخیر از دریاچه سدهای کشور با استفاده از طشت تبخیر"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، صفحه ۱، تبریز.
- [5] Shalaby, M. M., Nassar, I. N., & Abdalla, A. M. (2021). Evaporation suppression from open water surface using various floating covers with consideration of water ecology. *Journal of Hydrology*, 598, 126482 .
- [6] Amir Rezazadeh, Pooria Akbarzadeh, Milad Aminzadeh, The effect of floating balls density on evaporation suppression of water reservoirs in the presence of surface flows, *Journal of Hydrology*, Vol. 591, 2020.
- [7] Bakhtiar, M., Aminzadeh, M., Taheriyoun, M., Or, D., Mashayekh, E. 2022. "Effects of floating covers used for evaporation suppression on reservoir physical, chemical and biological water quality parameters". *Ecohydrology*. 15(8), e2470
- [۸] باقرزاده انصاری، امین و ظهیری، جواد و مرادی سبزوکی، عادل و چراغی، میترا، ۱۴۰۱، بررسی تاثیر متقابل پارامترهای مختلف هواشناسی بر میزان تبخیر از سطح آب، اولین همایش بین المللی و دومین همایش ملی مدل سازی و فناوری های جدید در مدیریت آب، بیرجند
- [۹] سلطانی، الف؛ پودینه، ص؛ رئیسی، م؛ ذوالفقاری، ع.ا. و کابلی، س.ح. ۱۴۰۲ "تحلیل فراوانی وقوع موج سرما در استان سمنان" اقلیم و بوم‌سازگان مناطق خشک و نیمه خشک، (۱۱)، ۱۸۳-۱۶۷