مدیریت کیفی آب مخزن سد بافت از طریق آبگیری انتخابی از محل خروجی های سد با استفاده از مدل CE-QUAL-W2

سپیده بیرامی پور[۱]، کورش قادری[۲]، هادی حق جوئی[۳]، مجید رحیم پور[۴]

تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۰۳/۱۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۱۲/۰۵

چکیده

بهره‌برداری از مخازن سدها شامل یک سری اهداف کمی و کیفی می‌باشد که مواردی همچون تأمین نیازهای آبی، مدیریت سیلاب و نیازهای زیست محیطی در بخش کمی و تأمین نیاز با کیفیت مناسب، کاهش اثرات مخرب لایه‌بندی حرارتی و جلوگیری از تغذیه‌گرایی مخزن در بخش کیفی را شامل می‌شود. آگاهی از چگونگی تغییرات لایه‌بندی حرارتی در بازه زمانی دراز مدت، امری مهم به شمار می‌رود و مدیریت صحیح آن می‌تواند روی هزینه‌های ناشی از تصفیه آب تأثیر به‌سزایی داشته باشد و این هزینه‌ها را کاهش دهد. در این تحقیق، مخزن سد بافت در استان کرمان تحت مطالعه و بررسی قرار گرفت و وضعیت دمایی لایه‌های مختلف مخزن برای یک دوره ۳۷ ساله پیش‌بینی گردید و سپس بهترین لایه در محدوده ترموکلاین یا اصطلاحا نرخ کاهش دما با افزایش عمق، با حداقل ضریب پخش آلاینده‌ها مشخص گردید. داده‌های موجود شامل یک بازه ۱۲ ماهه می‌باشد که شش ماه برای واسنجی و شش ماه برای صحت سنجی مورد استفاده قرار گرفت. به منظور تحلیل از سه سناریوی پرآبی، نرمال و کم آبی استفاده شد و برای شبیه‌سازی رفتار مخزن با توجه به شرایط موجود، مدل دو بعدی CE-QUAL-W2 مناسب‌ترین مدل تشخیص داده شد و با کمک این مدل ریاضی پروفیل عمقی دما به دست آمده است. نتایج نشان‌دهنده این است که این لایه‌بندی در فروردین ماه با شروع دوره گرما به صورت ضعیف شروع می‌گردد و در خرداد ماه شدت می‌گیرد. عمق ترموکلاین در ایام لایه‌بندی شدید که در مرداد ماه می‌باشد به ارتفاع شش متر در عمق بیست متری از کف می‌رسد که این عمق بهترین عمق برداشت آب در دوره لایه‌بندی حرارتی محسوب می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: عمق برداشت بهینه، لایه‌بندی حرارتی، مدل CE-QUAL-W2 .

[۱] دانشجوی دکتری سازه‌های آبی دانشگاه شهید باهنر کرمان، آدرس پست الکترونیکی: sepideh.beiramipoor@gmail.com
[۲] نویسنده مسئول، دانشیار بخش مهندسی آب دانشگاه شهید باهنر کرمان، آدرس پست الکترونیکی: kouroshqaderi@uk.ac.ir
[۳] دانشجوی دکتری سازه‌های آبی دانشگاه شهید باهنر کرمان، آدرس پست الکترونیکی: hadi.haghjuie@gmail.com
[۴] دانشیار بخش مهندسی آب دانشگاه شهید باهنر کرمان، آدرس پست الکترونیکی: rahimpour@uk.ac.ir

مقدمه

آب‌های سطحی و مخازن سدها به عنوان اصلی‌ترین منبع تامین نیازهای شرب و آب شیرین کشور به شمار می‌آیند. دو پارامتر مهم تاثیرگذار بر کیفیت آب مخازن سدها، زمان ماند هیدرولیکی و پدیده لایه‌بندی در مخازن می‌باشد. لایه‌بندی به معنی ایجاد لایه‌هایی از جرم‌های سیال می‌باشد که در اثر اختلاف در دانسیته ایجاد می‌گردد و می‌تواند ناشی از اختلاف در حرارت و یا وجود مواد محلول و معلق باشد (خواجه پور و همکاران، ۱۳۹۳). وجود لایه‌بندی حرارتی در دریاچه سدها عامل و بیانگر تغییرات کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب در ترازهای مختلف است که در صورت تداوم می‌تواند منجر به نامناسب شدن شرایط کیفی آب در مخزن و افزایش هزینه‌های برداشت و تصفیه آب گردد (حمزه‌پور، ۱۳۹۱). از نظر لایه‌بندی حرارتی، مخازن به سه دسته لایه‌بندی نشده، لایه‌بندی ضعیف و لایه‌بندی شدید که تابع جریان ورودی به مخزن می‌باشد، تقسیم می‌شوند. در مخازن با اختلاط عمودی یا بدون لایه‌بندی، درجه حرارت و چگالی در عمق در دوره‌های زمستان و تابستان یکنواخت می‌باشد. مخازن با لایه‌بندی ضعیف مخازنی هستند که به وسیله خطوط هم‌دمایی که در طول محور افقی کج شده‌اند مشخص می‌گردند و مخازن عمیق با لایه‌بندی شدید مخازنی هستند که به وسیله خطوط هم‌دمای افقی در طول مخزن مشخص می‌شوند و دارای لایه‌بندی فصلی درجه حرارت یا چگالی می‌باشند (توحیدی، ۱۳۷۷).

در فصولی که لایه‌بندی اتفاق می‌افتد، به ازای افزایش ۱۰ درجه سانتیگراد، سرعت کلیه واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی دو برابر می‌شود (Ford and et al., 1979). در فصل تابستان به علت بالا بودن درجه حرارت و شدت تابش نور خورشید، رشد جلبک‌ها در لایه‌های سطحی به شدت افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند کیفیت آب را از نظر رنگ، بو و طعم دچار تغییرات زیادی نماید، از طرف دیگر به دلیل کاهش انحلال اکسیژن در آب و زیاد شدن سرعت تجزیه مواد تجمع یافته در رسوبات، شرایط در ترازهای عمقی آب می‌تواند کاملاً بی‌هوازی شده و منجر به تشکیل ترکیبات مولد بوها و یا طعم نامطبوع گردد (توحیدی، ۱۳۷۷).

آبگیری از لایه‌های سطحی و انتقال اینگونه آب‌ها به تصفیه‌خانه‌های آب آشامیدنی نه تنها میزان مصرف مواد شیمیایی و هزینه‌های تصفیه را افزایش می‌دهد، بلکه در برخی مواقع شکایت مردم را نیز به دنبال خواهد داشت. بنابراین، با آگاهی از شرایط کیفی آب در لایه‌های مختلف مخزن، می‌توان بهترین لایه را از لحاظ کیفی تشخیص داده و اقدام به آبگیری از آن تراز نمود.

برای شبیه‌سازی مخازن می‌توان از مدل‌های کیفی متفاوتی بهره گرفت. انتخاب مدل کیفی مناسب تابعی از تعریف دقیق و مشخص مسأله، توانایی‌های موتور محرک و شبیه‌ساز مدل در تشریح مطلوب تغییرات کیفی پیکرهٔ آبی مورد مطالعه، اعتبار تئوریک آن و سهولت تطبیق آن با شرایط و ویژگی‌های فیزیکی خاص محیط مورد نظر است (Robert and et al., 2001).

به طورکلی، مدل‌های کیفی متنوعی جهت بررسی و پیش‌بینی کیفیت آب در مخازن سدها موجود می‌باشد که با توجه به ویژگی‌های آن‌ها مانند: میزان دقت محاسباتی، وسعت و نوع داده‌های مورد نیاز، نوع کاربری مدل و شرایط موجود، می‌توان بهترین مدل را برای سیستم آبی مورد نظر انتخاب نمود.

از مهم‌ترین مدل‌ها می‌توان به مدل‌هایی چون HEC-5Q، DYRESEM، CE-QUAL-W2، WQRRS و WASP اشاره کرد. از بین این مدل‌ها، مدل CE-QUAL-W2 در این تحقیق استفاده شده است، زیرا مدل WASP قادر به شبیه‌سازی دما نیست و نیز امکان معرفی سازه‌های کنترلی مانند سرریزها برای آن وجود ندارد. مدل‌های WQRRS، DYRESEM و HEC-5Q نیز به صورت یک بعدی عمل می‌کنند و توانایی شبیه‌سازی تغییرات در عمق را ندارند، بنابراین استفاده از این مدل‌ها نیز توصیه نمی‌شود. با استفاده از مدل CE-QUAL-W2 می‌توان شکل واقعی‌تری از مخزن را برای شبیه‌سازی تعریف کرد. همچنین، باید گفت این نرم‌افزار به علت

استفاده از الگوریتم تعیین گام‌های زمانی، میزان خطای عددی کمتری تولید می‌کند (Cole and et al., 2008).

بررسی‌های انجام شده و مقایسهٔ قابلیت‌ها و محدودیت‌های مدل‌های مطالعه شده نشان می‌دهد که مدل CE-QUAL-W2، برای توسعهٔ یک مدل سیستم رودخانه- مخزن قابل تعمیم به شرایط فیزیکی، متنوع و متفاوت بر دیگر مدل‌های بررسی شده برتری‌های محسوسی دارد. نسخهٔ سوم (Version 3) مدل CE-QUAL-W2 قابلیت شبیه‌سازی سیستم‌های ترکیبی رودخانه- مخزن را دارا می‌باشد (Cole and et al., 2008).

در دهه گذشته، محققان زیادی از مدل CE-QUAL-W2 در طرح‌های پژوهشی و اجرایی خود استفاده کرده‌اند که بیانگر کارایی مدل فوق در مدل‌سازی مخازن دارد. ارتقای پیوسته مدل و وجود نسخه‌ها و ویرایش‌های مکرر آن نشان از علاقه وافر محققان به استفاده از مدل فوق دارد. در مطالعه‌ای با تلفیق رویکردهای سازه‌ای و غیر سازه‌ای برای بهینه‌سازی تراز و ظرفیت دریچه‌های مخزن سد ۱۵خرداد از مدل CE-QUAL-W2 استفاده شد و چنین نتیجه‌گیری شد که در صورت وجود رویکرد سازه‌ای و غیرسازه‌ای، میزان غلظت نمک خروجی در ماههایی که نیاز آبی قابل توجه است به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (حیدری و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین با استفاده از مدل CE-QUAL-W2 و داده های سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۱ به کالیبراسیون و صحت‌سنجی مدل، تغذیه‌گرایی مخزن Shihmen و سپس به شبیه سازی غلظت کلروفیل a ، تحت سناریوهای مختلف تخصیص بار آلاینده پرداخته شد. براساس نتایج کار، کاهش ۹۰ درصد تخصیص بار آلاینده‌ها، منجر به تغییر وضعیت مخزن از حالت تغذیه‌گرا به شاداب گردید (Ray and et al., 2004). در پژوهشی دیگر از نسخه ۳ مدل سه بعدی CE-QUAL-W2 برای مدل کردن دما در یک سیستم رودخانه و مخزن به منظور بررسی استراتژی‌های مدیریتی جهت تأمین الزامات کمی و کیفی جامعه ماهیان، استفاده گردید (Annear and et al., 2002). در سال ۲۰۰۲ از نسخه ۳ این مدل برای مدلسازی کیفی آب برای تعیین استراتژی‌های مدیریت کیفی در مخزن Feitsui در شمال تایوان استفاده شد (Jan-Tai and et al., 2002).

همچنین، مدل‌سازی دریاچه Powell، شبیه‌سازی مخزن

شیمن و دریاچه Henry Hagg توسط مهندسان بخش کنترل کیفی آب ارتش آمریکا با مدل CE-QUAL- W2 انجام شد (Robertet and et al., 2001). در مطالعه‌ای دیگر نیز محققان با تلفیق دو مدل CE- QUAL- W2 و AGNPS به پیش‌بینی رفتار مخازن پرداختند (ZHU and et al., 2009). همچنین اثرات تغییرات درجه حرارت در رقوم سطح آب مخزن سد کرخه توسط مدل CE-QUAL-W2 اندازه‌گیری شد (Abbas Afshar and et al., 2011). در سال 2014 نیز از یک تکنیک اتوماتیک جهت کالیبراسیون مدل کیفیت آب CE-QUAL-W2 استفاده شد (Nasim Shojaei., 2014).

در این تحقیق نیز به منظور بررسی لایه‌بندی حرارتی و تعیین تراز بهینه برداشت آب، مطالعات بر روی سد بافت با استفاده از مدل CE- QUAL- W2 انجام شده است.

مواد و روش ها

معرفی محدوده مورد مطالعه

سد بافت بر روی رودخانه بافت و در ۱۴۰ کیلومتری جنوب‌غربی کرمان و چهار کیلومتری شمال شرق بافت قرار دارد. این سد در سال ۱۳۸۷ به منظور استفاده در بخش کشاورزی آبگیری شده است اما از نیمه دوم سال ۱۳۹۳ به منظور تأمین آب شرب شهر بافت مورد استفاده قرار گرفته است. سد بافت از نوع سنگریزه‌ای با هسته رسی و گنجایش ۴۰ میلیون مترمکعب طراحی و اجرا شده است. طول تاج ۱۱۳۷متر، عرض تاج ۱۰ متر و ارتفاع سد از بستر رودخانه ۶۲/۵ متر است. موقعیت محدوده مورد مطالعه در شکل (۱) مشخص شده است.

معادلات حاکم بر مدل

به‌منظور مدیریت کیفیت آب مخزن سد بافت از مدل شبیه‌ساز CE-QUAL-W2 استفاده شده است. مدل مذکور یک مدل شبیه‌ساز دوبعدی طولی- عرضی است که برای شبیه‌سازی هیدرودینامیک و کیفیت آب استفاده می‌شود. استفاده از این مدل به دانش هیدرودینامیکی، روش‌های عددی، شیمی و بیولوژی حوضه، کامپیوتر، فرترن و آمار نیاز دارد. از توانایی‌های مدل می‌توان به مدل‌سازی هیدرودینامیکی، کیفیت آب، شبیه‌سازی برای دوره‌های طولانی، بدنه‌های آبی چند شاخه، مدل‌هایی که شامل چندین ورودی و خروجی هستند، محاسبات مربوط به پوشش یخ و شرایط مرزی که با زمان تغییر می‌کنند اشاره کرد. مدل اولیه در سال ۱۹۷۵ به نام LARM در مخزنی بدون شاخه به کار رفت. از آن سال تا به امروز مدل CE-QUAL-W2 به‌صورت مرتب به روز شده و در موارد بسیاری از جمله رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، مخازن، مصب‌ها و ترکیبی از این پیکره‌های آبی به کار رفته است. (کاظمی الموتی و همکاران، ۱۳۹۱).

این مدل براساس روش تفاضل محدود و معادلات متوسط گیری شده در عرض شامل:

$$\frac{\partial B_{\eta}\eta}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial Z}\int_{\eta}^{h}UBdZ-\int_{\eta}^{h}qBdZ \qquad (۱)$$

معادله مومنتم

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial P}{\partial Z}-g\cos\alpha=0 \qquad (۲)$$

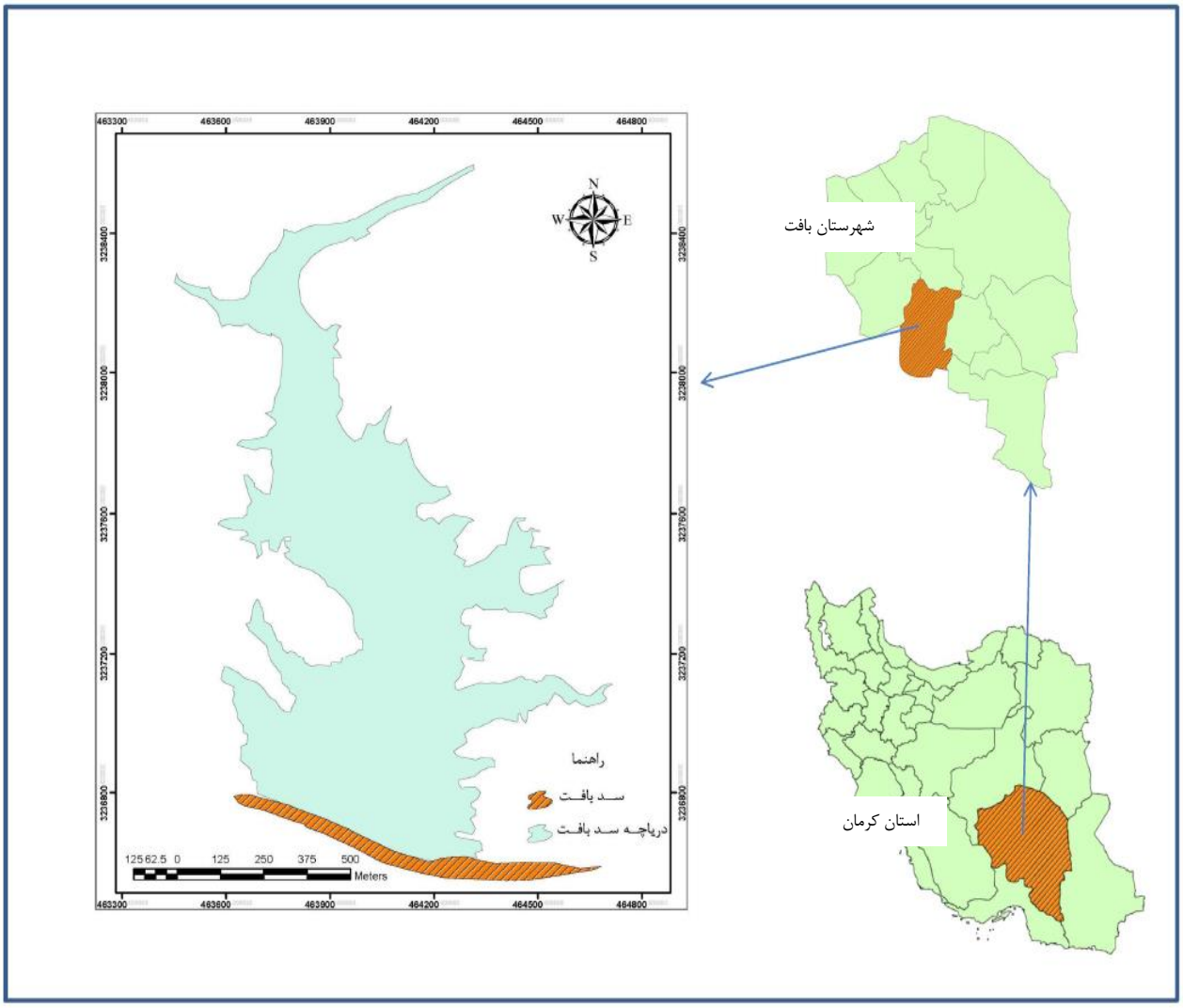
معادله پیوستگی

$$\frac{\partial UB}{\partial X}+\frac{\partial WB}{\partial y}=qB \qquad (۳)$$

معادله حرکت

$$\rho=f(T_w,\varphi_{TDS},\varphi_{ss}) \qquad (۴)$$

معادله سطح آزاد آب که ارتباط بین دانسیته، دمای آب و غلظت مواد جامد، محلول و معلق را برقرار می‌کند، حل شده و قادر به محاسبه تراز سطح آزاد، فشار، دانسیته، سرعت قائم و افقی و غلظت اجزا می‌باشد. در این روابط، B عرض پیکره آبی،U سرعت افقی میانگین عرضی، W سرعت قائم میانگین عرضی، ρ چگالی آب، t زمان، P فشار، g شتاب ثقل، q دبی ورودی و خروجی، α شیب کف پیکره آبی، ϕ غلظت اجزا متوسط‌گیری شده در جهت عرضی، B_{η} عرض سطح آب که با زمان و مکان متغیر می باشد، η محل سطح آزاد آب و h عمق آب می‌باشد. در معادله حالت نیز چگالی تابعی از دمای آب T_w، غلظت مواد جامد محلول φ_{TDS} و غلظت مواد جامد معلق φ_{ss} می‌باشد. (خواجه پور و همکاران، ۱۳۹۳).



شکل(۱): موقعیت محدوده مورد مطالعه

داده های مورد نیاز جهت مدلسازی سد بافت

۱- اطلاعات هندسی: شامل اطلاعات پایه سد بافت می‌باشد که در قسمت قبل ذکر گردید ۲- بدنه جریان: در این مدلسازی، قسمت اول بدنه جریان، شامل تعداد شاخه‌های رودخانه ورودی و قسمت دوم، تقسیم‌بندی مخزن در جهت طولی و عمقی می باشد که برای تقسیم‌بندی از ۳۰ بخش‌بندی در جهت طولی و ۳۶ بخش‌بندی در جهت عمقی استفاده شده است. ۳- داده‌های هواشناسی: شامل داده‌های متوسط روزانه دما ۴- شرایط مرزی: شامل جریان، پارامترهای کیفی و دما در سطح و عمق ۵- اطلاعات اضافه شده: شامل سناریوهای مشخص شده است که در اینجا سه سناریو شامل کم‌آبی، نرمال و پرآبی بر اساس دبی حداقل، میانگین و حداکثر رودخانه بافت مشخص شده است.

روش تحقیق

در این تحقیق با استفاده از مدل CE- QUAL- W2 در سه سناریوی خشکسالی، نرمال و پرآبی لایه‌بندی حرارتی انجام شده است. سپس از یک شاخص برای جداسازی و تفکیک زیرلایه، میان‌لایه و رولایه استفاده شد که شکل (۲) به‌عنوان یک شاخص از نظر شکلی، جداسازی هر سه لایه را نشان می‌دهد.

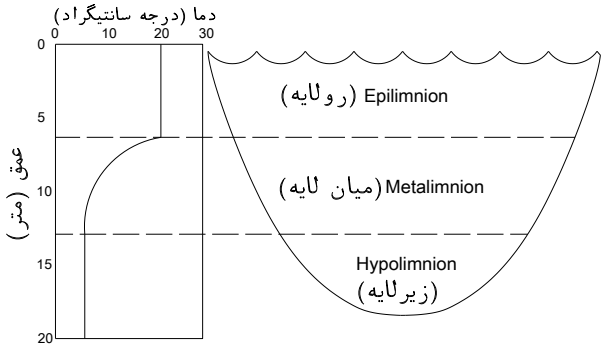
بر این اساس در زمان لایه‌بندی حرارتی مخزن سد در سه لایه قابل طبقه بندی می‌باشد:

الف) رولایه (Epilimnion) که مشخصه آن اکسیژن محلول زیاد و نور مناسب است.

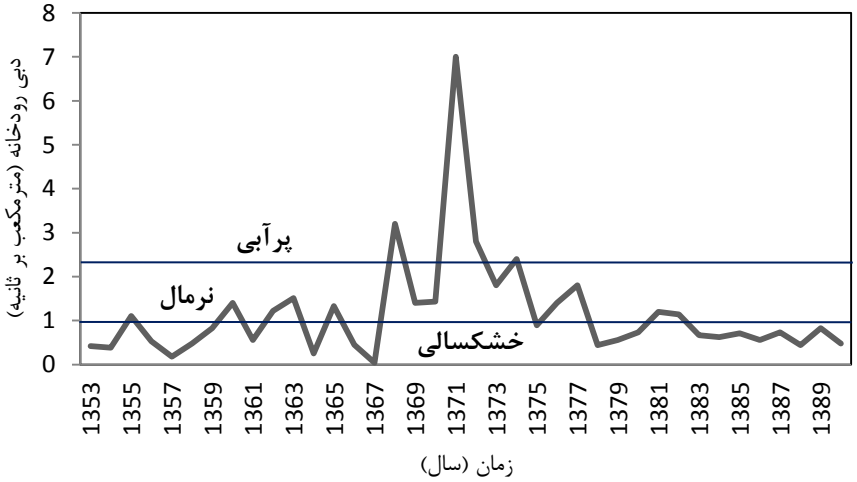
ب) میان‌لایه (Metalimnion) که ویژگی بارز آن حداقل بودن ضریب پخش آلاینده‌ها می‌باشد.

ج) زیرلایه (Hypolimnion) که دارای نور کم، فتوسنتز کم، اکسیژن محلول کم و فرآیندهای بی‌هوازی می‌باشد.

در ابتدا با کمک گرفتن از مطالعات منابع آب سد، اطلاعات کمی و کیفی مورد نیاز در یک دوره ۳۷ ساله (سال‌های ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۰) استخراج گردید، که در شکل (۳) میزان دبی رودخانه نسبت به سال مورد نظر، رسم شده و محدوده سه سناریوی مختلف پرآبی، کم‌آبی و نرمال نشان داده شده است.



شکل (۲): شاخص تغییرات دمای آب نسبت به تغییرات ارتفاعی سد (کارآموز و کراچیان، ۱۳۸۲)



شکل (۳): تغییرات سالانه دبی ورودی به مخزن سد بافت

کالیبراسیون مدل شامل کالیبراسیون هندسه مدل، تراز آب مخزن و دما می‌باشد. اولین فایل ورودی به مدل، فایل هندسه مخزن است که لازم است در آن ژئومتری مخزن برای مدل تعریف شود. در این

شبیه‌سازی طول مخزن به فواصل ۱۰۰۰ متری تقسیم شده و در مجموع شامل ۳۲ بازه طولی می باشد. همچنین بعد قائم مخزن به ۳۶ لایه تقسیم بندی شده که اختلاف لایه‌های عمودی ۲ متر می‌باشد.

کالیبراسیون تراز سطح آب با توجه به داده‌های برداشت شده از تاریخ ۱۳۸۳/۱۰/۱ تا ۱۳۸۴/۳/۱۱ انجام شده و خطاهای کالیبراسیون مدل در تراز آب مخزن در جدول (۱) قابل مشاهده است. نتایج جدول حاکی از اختلاف بسیار کم بین داده‌های مشاهداتی و نتایج حاصل از مدل می‌باشد.

داده‌های واقعی پروفیل دما بر اساس داده‌های برداشت شده شرکت مهندسین مشاور موج آب در قالب مطالعات مرحله اول طرح تصفیه‌خانه شهر بافت با تعداد دفعات برداشت ۶ مرتبه در بازه‌های شماره ۱۲، ۱۹، ۲۳ و ۳۱ وارد شده است و بر این اساس مقایسه بین نتایج داده‌های واقعی و مدل در قالب جدول (۲) قابل مشاهده است.

جدول(۱): نتایج خطای کالیبراسون مدل در تراز سطح آب مخزن از تاریخ ۱۳۸۳/۱۰/۱ تا ۱۳۸۴/۳/۱۱

میانگین خطا (متر)	انحراف معیار (متر)	تعداد روزهای مشاهداتی
۰/۰۹	۰/۱	۱۶۲

جدول(۲): نتایج خطای کالیبراسون مدل در دمای آب مخزن

بازه	میانگین خطای مطلق (درجه سلسیوس)	درصد خطا
۱۲	۱/۲۳	۵/۹۶
۱۹	۱/۱۸	۵/۲
۲۳	۱/۳۵	۷
۳۱	۱/۲۳	۵/۹۶

در جدول (۳) نیز دمای آب نمونه برداری شده موجود ارائه شده است. سپس براساس داده‌های موجود در یک دوره ۱۲ماهه (اردیبهشت ۸۸ تا فروردین ۸۹)، شبیه‌سازی دما با استفاده از مدل انجام شد. از این اطلاعات ۱۲ ماهه موجود، ۶ ماه برای واسنجی و ۶ ماه برای صحت‌سنجی مدل استفاده شد. پس از بدست آوردن اطمینان از صحت مدل برای شبیه‌سازی ۳۷ ساله اقدام گردید. برای انجام این مرحله با توجه به نمودار دبی متوسط درازمدت و دبی ورودی هر سال به رودخانه، سه سناریو شامل سال‌های کم آبی، پرآبی و نرمال در نظر گرفته شد. جدول (۴) بیانگر مقدار حداکثر، میانگین و حداقل دبی در سه سناریو می‌باشد. همچنین شکل (۳)، بیانگر تغییرات سالانه دبی ورودی به مخزن سد بافت در سال‌های مد نظر، برای سه سناریوی پرآبی، نرمال و خشکسالی است.

جدول(۳): دمای آب نمونه برداری شده از مخزن سد بافت در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴

تاریخ	۱۳۸۳/۱۰/۱	۱۳۸۳/۱۰/۱	۱۳۸۳/۱۰/۱	۱۳۸۳/۱۱/۱	۱۳۸۴/۱/۲۳	۱۳۸۴/۱/۳۰	۱۳۸۴/۱/۳۰	۱۳۸۴/۲/۱۴
دما (C^o)	۶	۶	۶	۲۵	۹	۲۰	۲۰	۲۰
تاریخ	۱۳۸۴/۲/۱۴	۱۳۸۴/۳/۱۱	۱۳۸۴/۳/۱۲	۱۳۸۴/۳/۱۶	۱۳۸۴/۳/۲۷	۱۳۸۴/۳/۲۹	۱۳۸۴/۳/۳۰	۱۳۸۴/۳/۳۱
دما (C^o)	۲۰	۲۰	۲۰	۲۴	۱۰	۱۲	۲۰	۲۰

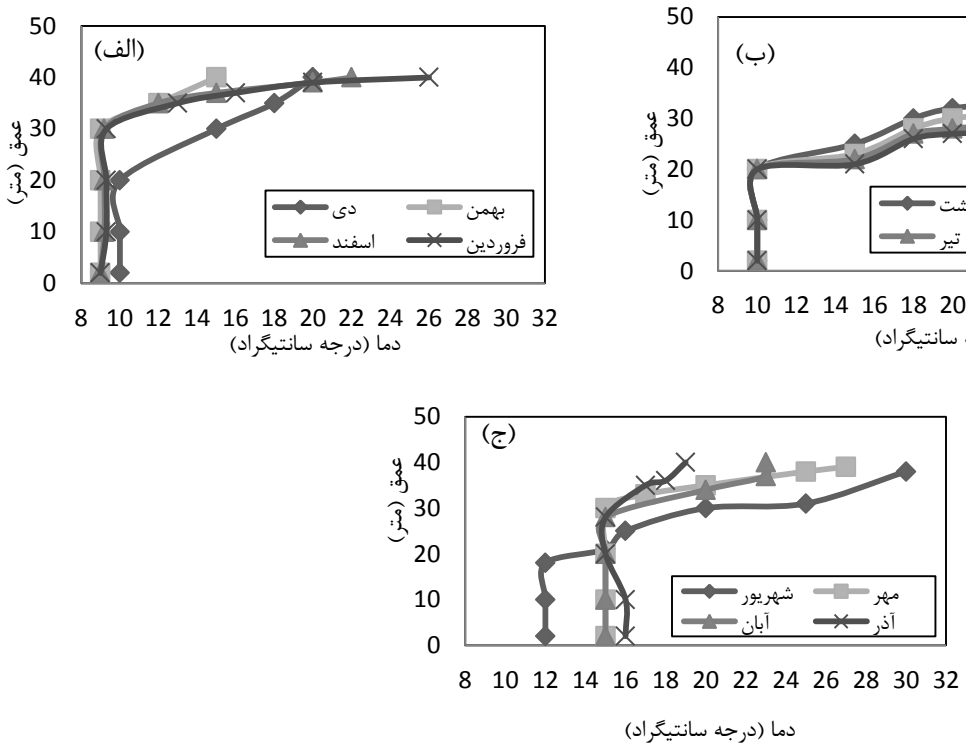
جدول(۴): اطلاعات آماری دبی در سناریوهای مختلف

سناریو	حداکثر دبی (M^3/S)	حداقل دبی (M^3/S)	میانگین دبی (M^3/S)
پرآبی	۷	۲/۴	۳/۸۵
نرمال	۱/۸	۱/۱	۱/۳۹
خشکسالی	۰/۸۹	۰/۰۴	۰/۵۳

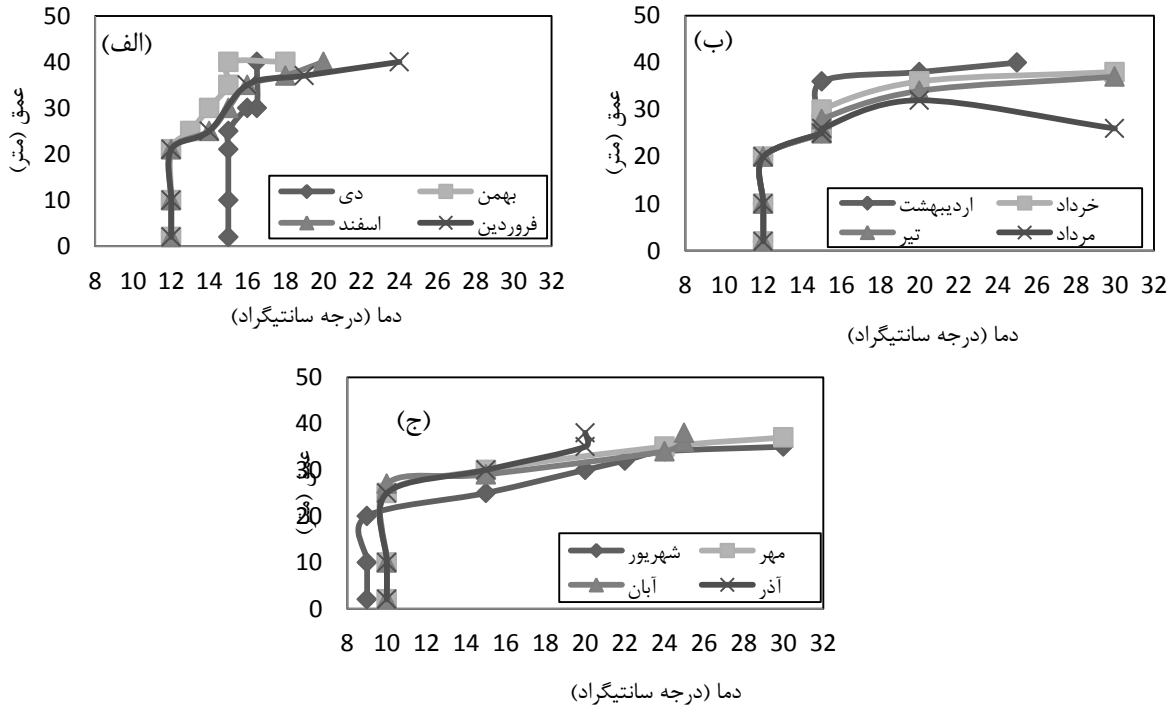
نتایج

با توجه به سناریوهای تعریف شده و شبیه سازی شده توسط مدل CE-QUAL-W2 و بررسی تمام سناریوهای تعریف شده برای سد مخزنی بافت، نتایج حاصل از شبیه‌سازی با استفاده از شاخص نشان داده شده در شکل (۲) مورد تحلیل قرار گرفتند.

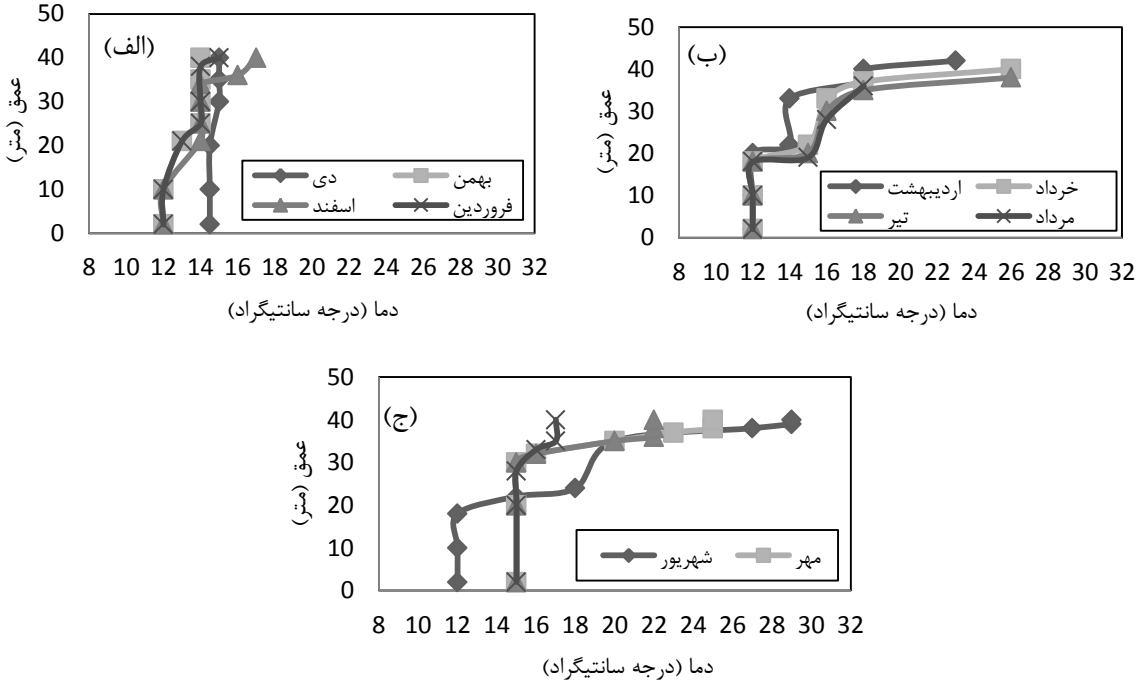
بر این اساس می‌توان گفت با شروع دوره گرم از اوایل فروردین مخزن به تدریج وارد لایه‌بندی ضعیف شده و همان‌گونه که قبلاً ذکر شد، از اواسط خرداد ماه با افزایش دمای هوا لایه‌بندی شدت می‌گیرد. از این زمان به بعد لایه‌بندی حرارتی تشدید شده و در مرداد و شهریور به اوج خود می‌رسد و این روند تا مهرماه ادامه خواهد داشت. اما مهم‌ترین مشکل کاهش کیفیت آب در زمان لایه‌بندی حرارتی شدید می‌باشد که در این زمان می‌بایست تراز آبگیری از مخزن با سایر روزهای سال متفاوت باشد. در ابتدا می‌بایست تغییرات دمایی آب در عمق لایه‌های مختلف تعیین گردد تا براساس آن بتوان عمق ترموکلاین که حداقل ضریب پخش آلاینده‌ها را دارا می‌باشد، شناسایی و آبگیری را از آن عمق انجام داد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی تغییرات دمایی آب نسبت به عمق برای کلیه سناریوها شامل دوره‌های خشکسالی، نرمال و پرآبی بررسی و نتایج آن به منظور تعیین تراز بهینه برداشت آب بهترین لایه برداشت آب را مشخص کرد که در اکثر مقالات ارائه شده از این سناریو برای تحلیل، استفاده می گردد و همانطور که مشخص است در ماه‌های گرم سال شامل اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد می‌توان عمق لایه و رولایه را تعیین و برنامه‌ریزی لازم را ارائه داد. شکل (۶) معرف سناریوی پرآبی است که احتمال وقوع پایین‌تری نسبت به سایر سناریوها دارد. همانطور که مشخص است نوسانات دمایی در ماه‌های دی، بهمن، اسفند و فروردین بسیار کم بوده (بطور متوسط ۳ درجه سانتیگراد در ۳۸ متر عمق)، به‌نحوی که تحلیل در این حالت به سختی امکان پذیر است. در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد با توجه به وجود نوسانات زیاد (بطور متوسط ۱۲ درجه سانتیگراد در ۳۸ متر عمق)، تحلیل به خوبی صورت می‌گیرد اما در ماه‌های شهریور و مهر بازه‌ی نوسانات دمایی در عمق، زیاد بوده (بطور متوسط ۱۴ درجه سانتیگراد در ۳۸ متر عمق) و قابلیت تحلیل وجود دارد و از مخزن سد قابل مشاهده می‌باشد. در شکل (۴) همانطور که مشاهده می‌شود با توجه به شاخص تفکیک لایه‌ها نمی‌توان عمق رولایه و میان‌لایه را به‌درستی مشخص کرد و شرایط ثبات دمایی مشخصی در این سناریو صورت نمی‌پذیرد، بنابراین تحلیل بهترین لایه برداشت در این سناریو به درستی امکان پذیر نیست. شکل (۵) معرف سناریوی نرمال است که با توجه به شاخص تفکیک لایه‌ها می‌توان زیرلایه، میان‌لایه و رولایه را بدرستی تفکیک و در ماه‌های آبان و آذر، به‌دلیل نوسانات دمایی کم در عمق (بطور متوسط ۵ درجه سانتیگراد در ۳۸ متر عمق)، تحلیل با مشکل مواجه شده است.



شکل (۴): تغییرات دمای آب نسبت به تغییرات ارتفاعی سد در سناریوی خشکسالی

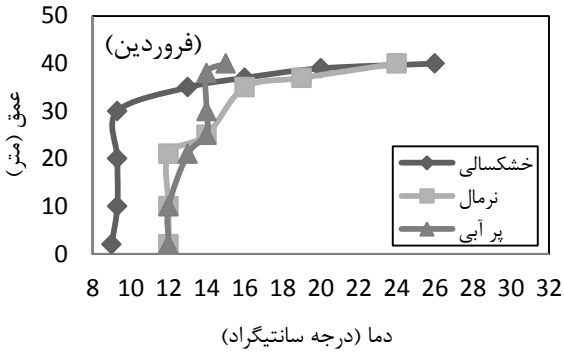


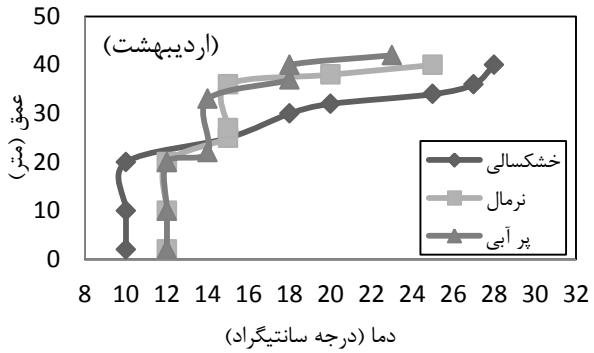
شکل (۵): تغییرات دمای آب نسبت به تغییرات ارتفاعی سد در سناریوی نرمال

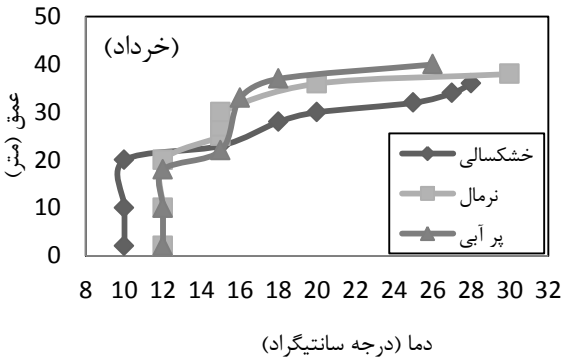


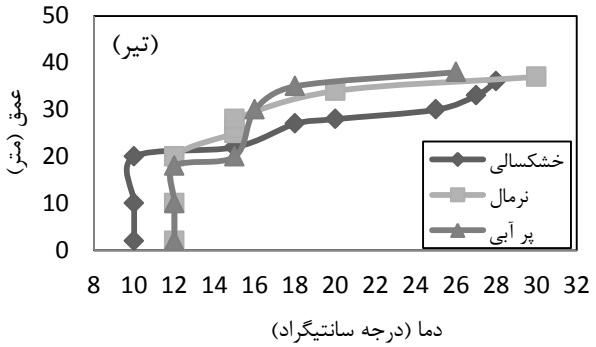
شکل (۶): تغییرات دمای آب نسبت به تغییرات ارتفاعی سد در سناریوی پرآبی

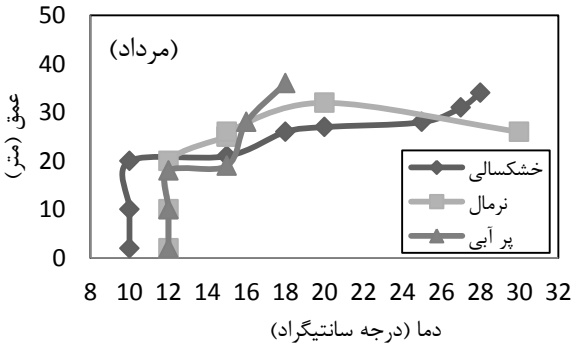
در ماه‌های شهریور، مهر، آبان و فروردین، با وجود اینکه نوسانات دمایی در عمق زیاد بوده اما در مقایسه با شکل شاخص (۲) نوسانات کمتری را نشان می‌دهد (بطور متوسط ۱۴ درجه سانتیگراد در ۳۸ متر عمق) و در آخر ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد دارای نوسانات دمایی حداکثر در عمق بوده (بطور متوسط ۱۶ درجه سانتیگراد در ۳۸ متر عمق)، که این مورد نشان‌دهنده تصمیم‌گیری بهینه جهت تعیین سه لایه موردنظر مخزن سد براساس ماه‌های چهارگانه مذکور می‌باشد.

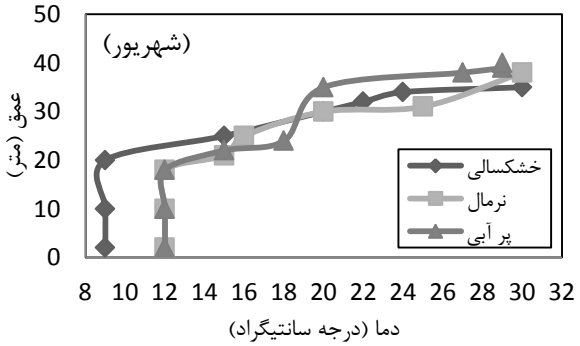

(فروردین)
عمق (متر)
دما (درجه سانتیگراد)
خشکسالی
نرمال
پر آبی

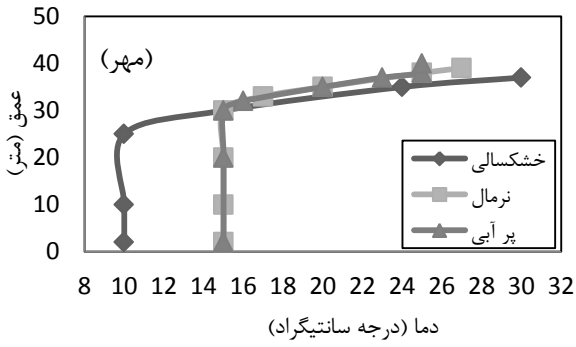

(اردیبهشت)
عمق (متر)
دما (درجه سانتیگراد)
خشکسالی
نرمال
پر آبی

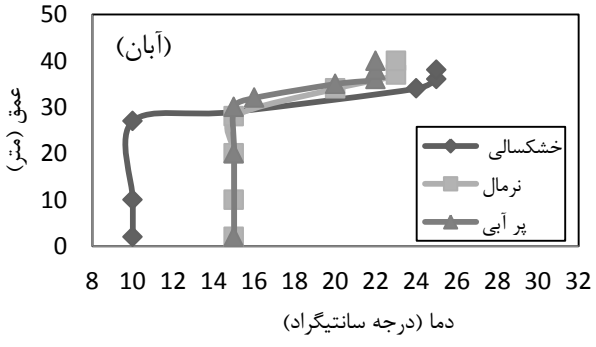

(خرداد)
عمق (متر)
دما (درجه سانتیگراد)
خشکسالی
نرمال
پر آبی

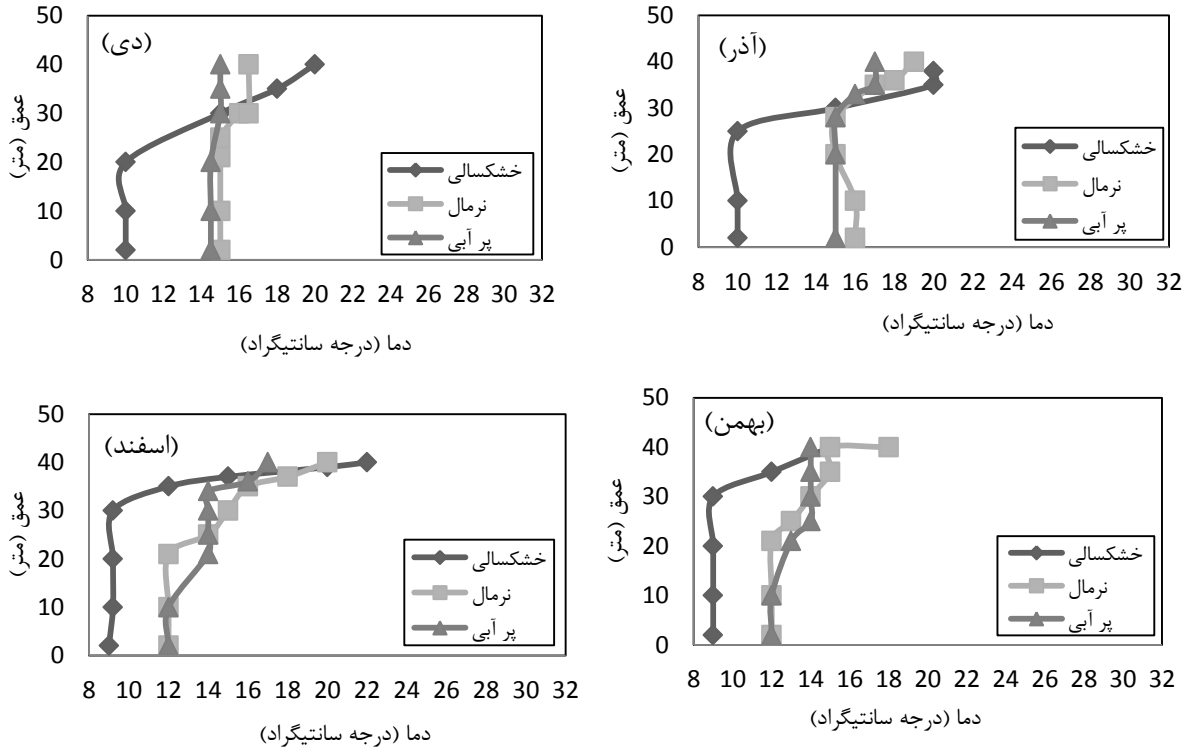

(تیر)
عمق (متر)
دما (درجه سانتیگراد)
خشکسالی
نرمال
پر آبی


(مرداد)
عمق (متر)
دما (درجه سانتیگراد)
خشکسالی
نرمال
پر آبی


(شهریور)
عمق (متر)
دما (درجه سانتیگراد)
خشکسالی
نرمال
پر آبی


(مهر)
عمق (متر)
دما (درجه سانتیگراد)
خشکسالی
نرمال
پر آبی


(آبان)
عمق (متر)
دما (درجه سانتیگراد)
خشکسالی
نرمال
پر آبی



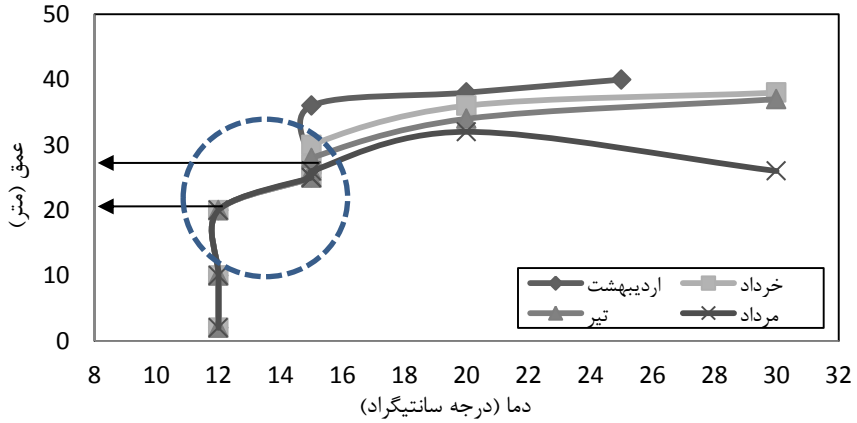
شکل (۷): تغییرات دمای آب نسبت به تغییرات ارتفاعی سد در ماه‌های مختلف در سه سناریوی خشکسالی، نرمال و پرآبی

در ادامه به‌منظور بررسی دقیق وضعیت لایه‌بندی، نمودار تغییرات دما-عمق به‌ازای سناریوهای مختلف در شکل (۷) ارائه شده است. نظر به اینکه تحلیل صورت گرفته به‌منظور تعیین زیرلایه، میان‌لایه و رولایه می‌باشد، می‌بایست براساس روند تغییراتی دما-عمق مشخص شده در شکل (۲) باشد. بنابراین پس از تحلیل نمودارها به شرح زیر ارائه شده است.

نمودارهای مربوط به ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند به‌دلیل نوسانات کم در عمق (بطور متوسط ۶ درجه سانتیگراد در ۳۸ متر عمق) قابلیت تحلیل امکانپذیر نمی‌باشد.

بحث و نتیجه گیری

براساس پروفیل‌های دمایی ترسیم شده می‌توان گفت شروع دوره لایه‌بندی، مربوط به اواخر اردیبهشت ماه و شروع دوره گرما در منطقه می‌باشد. با توجه به تغییرات دمایی بالا در بین لایه‌ها، لایه‌بندی حرارتی در مرداد و شهریور به اوج خود می‌رسد و تا مهر ماه ادامه پیدا می‌کند. در آبان ماه و اسفند لایه‌بندی متوقف و با توجه به سنگین شدن سطح آب به دلیل کاهش دمای سطح آب در مخزن اختلاط رخ می‌دهد. به منظور تعیین عمق ترموکلاین در زمان لایه‌بندی حرارتی شدید از سناریوی نرمال استفاده شده و با توجه به شکل (۸) بهترین عمق آبگیری ۲۰ متری تا ۲۶ متری از کف می‌باشد.



شکل (۸): انتخاب تراز مناسب آبگیری

منابع

خواجه پور، م.، ا. اقبال‌زاده، م. شیاسی ارانی، م. افتخاری و م، جوان. ۱۳۹۳. مقایسه مدل‌های CE-QUAL-W2 و DYRESM در شبیه‌سازی توزیع دما در مخزن سد پانزده خرداد. نشریه آب و خاک، جلد ۲۸، شماره ۲، ص ۳۵۲-۳۴۳.

کاظمی الموتی، ح. افشار، ع. و سعادت پور، م. ۱۳۹۱. کالیبراسیون دوبعدی مدل CE-QUAL-W2 در مدل‌سازی دمای آب مخزن سد کرخه با استفاده از الگوریتم بهینه سازPSO. مجله علمی پژوهشی آب و فاضلاب، شماره ۴،ص ۱۲-۲.

حمزه‌پور، ص. ۱۳۹۱. بررسی لایه‌بندی حرارتی و تاثیر آن بر کیفیت آب مخزن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.

توحیدی، ح. تحقیق در رابطه با عوامل موثر در تغییرات کیفی آب مخزن سد طرق و ارائه روشهای بهینه کردن آب دریاچه، کمیته تحقیقات کاربردی شرکت آب منطقه ای خراسان رضوی (وزارت نیرو).

حیدری، ژ.، ع. کراچیان و ب، زهرایی. ۱۳۸۷. مدیریت کیفیت آب در مخازن سدها با تلفیق رویکرد سازه ای و غیر سازه ای، چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران، دانشگاه تهران.

کارآموز، م و ر، کراچیان. ۱۳۸۲. برنامه ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب. چاپ اول. انتشارات دانشگاه امیرکبیر.

Ford, D. E., and Thornton, K.W. 1979. Time and length scales for the one-dimensional assumption and its relation to ecological models. waterresources res.,vol. 15, pp: 113-120.

Robert L. et al, 2001. "Upper spokaneriver model: boundary conditions and model setup, 1991 and 2000", Portland state university, technical report EWR-4-01.

Cole, T. M. & Wells, S. A. 2008. CE-QUAL-W2: A two-dimensional,laterallyaveraged, hydrodynamic and water quality Model, version 3.6 . usermanual. U.S. army corps of engineers.

Ray-Shyan, W., Wen-Cheng, L., and Wen-Hsiung, H. 2004. "Eutrophication modeling in shihmen reservoir; Taiwan." J. Environmental Science and Health, Part A, 39(6), pp: 1455-1477.

Annear, R. & Wells, S. 2002. The bull run river – reservoir system model, proceedings, 2nd federal inter agency hydrologic modeling conference, Las Vegas, July28-Aug1.

Jan-Tai, L.; Wen-Cheng, K.; Ruey-Tyng, L.; Wu-Seng,L.; Chou-Ping ,Y.; & Show- Chyuan, C. 2002. Water-quality modeling the feitsuireservoir in northentaiwan. Journal Of AWRA. NO. 3. vol 39. pp: 671-687.

ZHU, L.; LI Huai-en.; Li Jia- Ke. & Dong Wen. 2009. Connecting annAGNPS and CE-QUAL-W2 models for reservoir water quality prediction. nationalnature science fundation of China. projectnumber: 2009 ZX07212-002-005-002.

Afshar, A. & Kazemi, H. & Saadatpour, M. 2011. Particle Swarm Optimization for Automatic Calibration of Large Scale Water Quality Model (CE-QUAL-W2): Application to Karkheh Reservoir, Iran. Springer Science.

1 J. Yazdi, A . Moridi. 2017. Interactive Reservoir-Watershed Modeling Framework for Integrated Water Quality Management. Journal of Water Resources Management. Issue 7/2017.

Shojaei, N. 2014. Automatic Calibration of Water Quality and Hydrodynamic Model (CE-QUAL-W2). Dissertations and Theses.

Reservoir water quality management of Baft dam through selected drainage from the dam outlet locations using the model CE-QUAL-W2

Sepideh Beiramipoor[1], Kourosh Qaderi[2], Hadi Haghjuie[3], Majid Rahimpoor[4]

Abstract

Operation of the dam reservoirs includes a series of quantitative and qualitative goals that include providing water needs, flood management and environmental requirements in the quantitative part and providing adequate quality requirements, reducing the destructive effects of thermal imprinting and preventing the supply of nutrients in the qualitative sector. Awareness of thermal layering changes over the long term is important and proper management can have a significant impact on the costs of water treatment and reduce costs. In this research, the reservoir of Baft Dam in Kerman province was studied and the temperature conditions of the reservoir layers were predicted for a period of 37 years. Then, the best layer in the thermocline range, namely, the temperature decrease rate with increasing depth, with a minimum emission factor Determined. Existing data includes a 12-month interval of six months for calibration and six months for validation. In order to analyze, three scenarios are used: high water, normal and dehydrated and To simulate the behavior of the reservoir according to the existing conditions, the two-dimensional CE-QUAL-W2 model was recognized as the most appropriate model and with the help of this mathematical model; a deep profile of the temperature was obtained. The results indicate that this layering begins weakly in April with the start of the heat period and will intensify in June. The depth of the Thermocline during the period of heavy layering in August is 6 meters deep at a depth of 20 meters from the bottom, which is the depth of the best depth of water harvesting during the thermal molding period.

Keywords: Optimal Removal Depth, Thermal stratification, CE-QUAL-W2 Model.

[1] Phd candidate, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. Email: sepideh.beiramipoor@gmail.com

[2] Corresponding author, Associate Professor, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. Email: kouroshqaderi@uk.ac.ir

[3] Phd candidate, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. Email: hadi.haghjuie@gmail.com

[4] Associate Professor, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran. Email: rahimpour@uk.ac.ir