مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره چهار، تیر ماه ۱۴۰۱(۱۵۱-۱۳۷)

بررسی وضعیت لایه بندی حرارتی در مخزن اول چاه‌نیمه در راستای مدیریت کیفی منابع آب در دشت سیستان

ایمان همایون نژاد [1*]

Homayoonnezha@pnu.ac.ir

امیرحسام حسنی [2]

اکرم الملوک لاهیجانیان [3]

تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۵ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۸**

چکیده

زمینه و هدف : آب دریاچه‌ها و مخازن در مناطق معتدله در برخی از فصول دچار لایه بندی حرارتی می‌شود و بررسی چگونگی مدل لایه بندی و زمان آن می تواند امکان طراحی یک الگوی مناسب برای مدیریت کیفی آب و حتی پایش را فراهم آورد. این پژوهش با هدف تعیین تغییرات دما در ترازهای مختلف آب و مدل حرارتی مخزن شماره یک چاه نیمه زابل جهت مدیریت بهینه این منبع با ارزش انجام گرفت.

روش بررسی: مطالعه به صورت توصیفی ـ تحلیلی از طریق تعیین ایستگاه نمونه‌برداری و برداشت آب از ۸ عمق مختلف آب (از سطح آب تا عمق ۱۵ متری) از مهر ۹۴ تا مهر ۹۵ طی ۱۲ ماه بصورت ماهیانه انجام شد. به همراه دما فاکتورهایDO، EC، TDS و PH در اعماق مختلف مخزن نیز بررسی گردید. در نهایت از تحلیل های آماری چند متغیره برای تفسیر مجموعه داده ها استفاده شد.

یافته ها: لایه بندی حرارتی در چاه نیمه از اوایل بهار در اردیبهشت ماه آغاز می‌گردد و تقریبا در هر سال تا اوایل آبان به مدت ۶ ماه ادامه می یابد این پدیده در اواسط تابستان و تیرماه به شدیدترین حالت خود می‌رسد. لایه بندی با شروع فصل پاییز بدلیل تغییرات اقلیمی از بین رفته و مخزن همگن می‌گردد.

بحث و نتیجه گیری: فاکتورهای کیفی در این مخزن تحت تاثیر لایه بندی تغییر می‌کنند اما میانگین آنها در مقایسه با استانداردهای جهانی مناسب بوده و آب مخزن قابلیت کاربری آشامیدنی را دارد. در راستای مدیریت کیفی این منبع باید گفت برداشت آب در بهار و بخصوص تابستان از ترازهای مختلف آب، کیفیت های متفاوتی را در اختیار مصرف کننده قرار می‌دهد و هرچقدر عمق برداشت به بستر نزدیک تر گردد کیفیت آب بدست آمده پایین تر است. اما کیفیت آب در اعماق مختلف دریاچه در پاییز و زمستان تقریبا یکسان و نزدیک بهم است.

واژه های کلیدی : چاه نیمه شماره یک، لایه بندی حرارتی، کیفیت آب.

۱- استادیار، گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور(PNU)، تهران، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- استاد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی-واحد علوم و تحقیقات تهران.

۳- دانشیار،گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی-واحد علوم و تحقیقات تهران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No. 4, June, 2022

Study of the Thermal Stratification in NO.1 Zabol Chahnime Reservoir in order to manage the quality of water resources in the plain of Sistan

Iman homayoonnezhad [1*]
Homayoonnezhad@pnu.ac.ir
Amir hessam hassani [2]
Akramolmolok Lahijanian [3]

Admission Date:May 29, 2019 Date Received: June 26, 2018

Abstract

Background and Objective: Water lakes and reservoirs of dams in temperate regions in some seasons due to changes in climatic conditions undergo thermal stratification. This phenomenon can change the qualitative factors of water. Therefore, studying about thermal stratification and its time can provide a suitable pattern for water quality management and even monitoring. This research was carried out with the aim of determining temperature changes at different levels of water and heat model of NO.1 Zabol Chahnime Reservoir for optimal management of this valuable resource.

Material and Methodology: The descriptive-analytical study was conducted through determining sampling station and monthly water harvesting from 8 different water depths (from the surface to the depth of 15 meters) from October 2015 to October 2016. Along with temperatures, TDS, EC, DO and PH factors were also investigated at different depths of reservoir. Finally, multivariate statistical analysis was used to interpret the data set.

Findings: The thermal stratification in NO.1 Zabol Chahnime Reservoir starts early in the spring of May, and lasts for almost 6 months from about every year until early November. This phenomenon is most severe in mid-summer and July. Stratification with the onset of the autumn season is lost due to climate change and the tank is homogeneous.

Discussion and Conclusion: Qualitative factors of Chah Nimeh No. 1 changed under the influence of thermal stratification in different seasons, but their overall average was appropriate according to global standards; and the reservoir water had a drinkable application. In line with the qualitative management of this reservoir, it should be noted that water harvesting from various water levels provided different qualities in spring and summer, but the water quality at different depths of lake was almost the same in the fall and winter.

Key words: Chah Nimeh No. 1; Thermal Stratification; Water quality.

1-Assistant professor Department of Agriculture, Payam Noor University(PNU), Tehran, Iran.
** (Corresponding Author)*
2- Professor Department of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3-Associate Professor Department of Environmental Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

مقدمه

آب مهمترین ماده حیاتی و از عنا صر ا صلی مورد نیاز موجودات زنده می‌باشد. تمدن های بشری برمبنای آب شکل گرفته است (۱). حفاظت از منابع آب همواره در تمامی کشـــورها دارای اهمیت فراوانی بوده اســـت و به منظور حفظ کیفیت منابع آبی پایش های متعددی در بسیاری از کشورها با مدلهای متفاوت صـــورت گرفته اســـت (۲). منابع آب و مدیریت آن و همچنین کنترل خصـوصـیات فیزیکی، شـیمیایی و بیولوژیکی بیشـتر به کیفیت‌های آنها مربوط می‌باشـــد. فعالیتهای ویژه مدیریت از طریق کنترل کمیت و کیفیت آب، استفاده از آب در سیستم‌های طبیعی، اجتماعی و اقتصادی و بررسی چشم انداز آینده تعیین می‌گردد (۳). داشتن اطلاعات جامع، صحیح و قابل اطمینان در خصـــوص کیفیت آب مخازن می‌تواند عامل مهمی در تصـــمیم گیری‌ها و سـیاسـت گذاری‌های آتی باشـد (۴). در حال حاضـر طراحی شـــبکه پایش بایســـتی به گونه ای باشـــد که داده‌های ضـــروری برای تامین اهداف مورد نظر از برنامه پایش را تولید نماید و آنچه مسلم است ایجاد شبکه پایش می‌تواند مقدمه ای برای مدیریت کیفی منابع آب و کاهش هزینه‌های مربوط به آن باشـد اما در مرحلهٔ نخسـت باید خصـوصـیات مختلف آب در دریاچه ها و مخازن مهم که کاربری های چندگانه ای دارند مورد بررسـی قرار گیرد و عوامل تاثیرگذاری بر روی کیفیت آنها شناسایی شود (۵). امروزه ورود رسوبات و مواد مغذی چه از طریق فرآیندهای طبیعی و چه از طریق فعالیت های بشـــری، موجب کاهش کیفیت آب مخازن ســـدها و تشـــدید فرآیندهای طبیعی در آنها شـــده اســـت (۶). یکی از مهم ترین پدیده هایی که موجب تغییرات فصـــلی کیفیت آب مخازن و دریاچه های طبیعی و مصنوعی می‌گردد، لایه بندی حرارتی است. این پدیده ممکن اســـت اثرات نامطلوبی بر کیفیت آب در مخازن بگذارد. تغییرات دما، چگالی و املاح محلول دراعماق مختلف دریاچه، کم شدن غلظت اکسیژن محلول همچنین تغییر طعم و بوی آب از پیامدهای ایجاد لایه بندی حرارتی در مخازن و منابع آبی که عمق بیشتر از ۱۰ متر دارند می‌باشد (۷). تغییرات کیفیت آب در یک مخزن به میزان و نحوه اختلاط عمودی و افقی آب و نوع بهره برداری آن بســـتگی دارد که خود به عواملی از جمله باد، شـــکل مخزن، تعداد ورودی ها و خروجی‌ها و شـــرایط اقلیمی بســـتگی دارد (۸). در دریاچه‌هایی که پدیدهٔ لایه بندی رخ می دهـد ســـه نـاحیـه مشـــخص اپی لیمنون، متـالیمنیون و هیپولیمنیون بوجود می آید. به صـفحه هایی که در مرز دو لایه اپی لیمنیون و متالیمنیون قرار می گیرد ترموکلاین گفته می شـــود. این ناحیه از اختلاط عمودی نواحی فوقانی و تحتانی مخزن جلوگیری می نماید و در نتیجه بسـیاری از خصـوصـیات کیفی آب از جمله اکســیژن محلول در راســتای عمودی مخزن یکنواخت نخواهد بود (۹). پدیدهٔ لایه بندی و اختلاط می تواند پارامترهای کیفی آب را در طول ســـال در ترازهای مختلف که بردا شت آب از آنها انجام می شود شدیداً تحت تاثیر قرار دهد. لذا آگاهی از چگونگی مدل حرارتی لایه های آب و تغییرات کیفیت آب در دوره های مختلف سال، می تواند کمک موثری را در انتخاب بهترین تراز آب‌گیری و در نتیجه مدیریت کیفی آب نماید. آب گیری از لایه هایی که کیفیت مناســـب تری دارند و انتقال آن به تصفیه خانه، نه تنها میزان مصرف مواد شیمیایی و هزینه های تصفیه را کاهش می دهد، در بسیاری مواقع شکایات مصـــرف کنندگان را نیز برطرف می کند و زمینه ســـاز پایش مناســـب منبع آب می‌گردد (۱۰). به‌طور کلی با توجه به اثرات مخرب لایه بندی حرارتی، مطالعه و بررســـی این پدیده برای اولین بار در سال ۱۹۵۳ در ایالات متحده توسط سازمان ارتش آمریکا بر روی مخازن آب آغاز شد (۲).

روشـــهای تشـــخیص و اندازه گیری لایه بندی حرارتی در دو گروه تقســـیم بندی می‌شـــود:۱- اندازه گیری مســـتقیم دما و کیفیت آب در تراز های مختلف آب در مورد مخازن و منابع آبی که دســـترســـی به آنها امکان پذیر و راحت اســـت (۱۱). بعنوان مثال شـــاملو و همکاران با بررســـی تغییرات دما در بخش های مختلف آب و ارزیابی پدیده لایه بندی در مخازن نتیجه گرفتند که این وضـــعیت بر روی تغذیه گرایی دریاچه ها نیز تاثیر دارد (۱۲). همچنین ابراهیم زاده و همکاران در سال ۹۱ وضعیت لایه بندی حرارتی تالاب سوم زابل را با کمک اندازه گیری مستقیم

دما و فاکتورهای اصلی کیفیت آب دراعماق مختلف آب بررسی کردند و نتیجه گرفتند که دریاچه در تابستان دچار لایه بندی می‌گردد و در پاییز به اختلاط می‌رسد (۱۳). ویسی و همکاران در سال ۹۲ بروز پدیده لایه بندی حرارتی را در سد مخزنی اکباتان مورد بررسی قرار دادند و در نهایت مشخص گردید که مخزن در بهار تحت تاثیر لایه بندی حرارتی مشخص قرار می‌گیرد که ۸ ماه ادامه می یابد و در اوایل زمستان مخزن وارد وضعیت اختلاط کامل می گردد (۱۴).

۲- استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی کیفی برای تخمین پتانسیل لایه بندی حرارتی که برای مخازن و یا سدهایی که امکان اندازه گیری میدانی و مستقیم را ندارند به کار می روند، بعنوان مثال بالیستریری و همکاران در تحقیقات خود در سال۲۰۰۶ برای بررسی تغییرات دما و شوری در لایه های آب دریاچهpexterpit (ایالت نوادا) از مدلDYRESM استفاده کردند (۱۵). کیانی صدر در سال ۹۳ با کمک مدلQualw2 CE شبیه سازی لایه بندی حرارتی در سد گرشا استان کرمانشاه را انجام داد و نتایج نهایی قابل قبولی را ارائه کرد (۱۶). کیانوش و احمدیار در سال ۹۴ با کمک یک مدل سه بعدی محاسباتی Fluent وضعیت اختلاط مصنوعی و لایه بندی حرارتی را در یک مخزن آزمایشگاهی بررسی کردند و مشخص کردند اکسیژن در مخزنی که لایه بندی را تجربه می کند کاهش می‌یابد (۱۷).

مخازن چاه نیمه گودالهای طبیعی هستند که در جنوب دشت سیستان و در ۵۰ کیلومتری شهر زابل قرار دارند که آب مازاد در رودخانه هیرمند توسط کانالی به آنها هدایت می‌گردد. چاه‌نیمه شماره یک مهمترین و بزرگترین مخزن در بین مخازن چاه نیمه است که در حال حاضر با هدف نگهداری آب برای مصارف شرب و کشاورزی و آبزی پروری مدیریت می شود. منبع اصلی تغذیه دریاچه های چاه نیمه، رودخانه هیرمند می‌باشد که از کشور افغانستان سرچشمه می‌گیرد. آب از طریق کانالی بطول ۴/۳ کیلومتر وارد مخزن اول می‌گردد. سرعت حرکت آب در محل ورودی مخزن یک متر بر ثانیه محاسبه شده است. در زمان پرآبی حداکثر ۱۳۰ تا ۱۶۰ متر مکعب آب در هر ثانیه وارد مخزن اول می‌گردد (۱۸).

با توجه به شرایط ویژه طراحی شده برای چاه نیمه ها، ورودی و خروجی مخازن صرفاً از طریق مخزن اول صورت می‌گیرد. ارتباط مخازن توسط کانالهایی بطول ۱/۷ کیلومتر بین چاه نیمه اول و دوم و بطول ۱/۱ کیلومتر بین چاه نیمه اول و سوم عملی شده است. مشخصات دقیق مخزن اول چاه نیمه زابل در جدول ۱ آمده است (۱۸). امروزه این منبع به دلیل حفظ حیات منطقه و توسعه کشاورزی به ویژه در مواقع خشکسالی از اهمیت خاصی برخوردار است. این مطالعه با هدف بررسی چگونگی مدل لایه بندی حرارتی در مخزن شماره ۱ چاه نیمه و تعیین فاکتورهای متاثر از لایه‌بندی در اعماق مختلف این دریاچه طراحی و اجرا گردیده است و با توجه به کاربریهای متنوع این مخزن، برای اولین بار چگونگی ایجاد پدیده لایه بندی حرارتی و شرایط کیفی آب برداشت شده در زمانهای مختلف و از ترازهای متفاوت بصورت همزمان بررسی گردید تا در مراحل بعدی با هدف طراحی شبکه پایش کیفی آب و مدیریت کیفیت این مخزن مورد استفاده قرار گیرد.

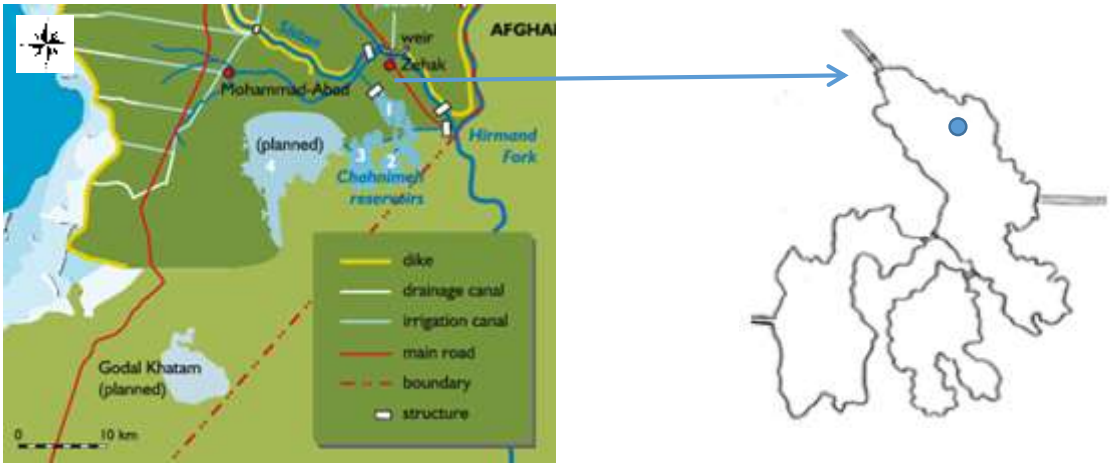
جدول ۱- مشخصات مخزن شماره یک چاه نیمه زابل(۱۸)

Table 1. Characteristic of No 1 Zabol Chahnimeh Reservoir (18)

مشخصات	مخزن اول
نوع	مخزن حاصل از سد خاکی یکنواخت
سطح(کیلومتر مربع)	۲۱/۲۷
حجم(میلیون متر مکعب)	۲۰۰
سرعت ورود آب(متر بر ثانیه)	۱ متر بر ثانیه
سرعت خروج آب(متر بر ثانیه)	۰/۵ متر در ثانیه
حداقل ارتفاع کف مخزن(متر)	۴۶۷/۹
حداقل ارتفاع آب قابل برداشت(متر)	۴۸۴/۵
حداکثر ارتفاع آب(متر)	۴۹۲

روش بررسی

این مطالعه توصیفی- تحلیلی از نوع مقطعی در سال۱۳۹۵ بر روی دریاچه شماره۱ چاه نیمه زابل انجام شد. چاه نیمه زابل با سطحی بیش از ۲۰ کیلومتر مربع و حدود۲۰۰ میلیون متر مکعب حجم، بزرگترین مخزن در بین مجموعه چاه نیمه های زابل است. مخزن اول که حوزه بررسی این مطالعه است در قسمت جنوبی دشت سیستان (جنوب شرق ایران) از حاشیه مرز افغانستان شروع شده و به موازات رودخانه هیرمند تا حدود۶ کیلومتری شهر زهک امتداد دارد (تصویر ۱).



تصویر ۱- مخازن چاه‌نیمه و ایستگاه نمونه‌برداری

Figure 1. Chahnimeh Reservoirs & Sampling Stations

همانطور که در تصویر ۱ نیز مشخص است با توجه به میانگین عمق دریاچه و وسعت آن ایستگاه نمونه‌برداری در قسمت عمیق در یاچه در مختصات ۳۸ ۴۶ ۳۰ و ۱۰ ۴۱ ۶۱ در سطح ارتفاعی۴۶۴ متری از سطح دریا انتخاب شد. نمونه برداریها به صورت ماهیانه در فاصله زمانی مهرماه ۱۳۹۴ تا مهرماه ۱۳۹۵ انجام گرفت. نمونه برداری با استفاده از نمونه بردار نانسن از

عمق هـای مختلف۱، ۳، ۵، ۷،۹، ۱۱، ۱۳و ۱۵ متر صـــورت پذیرفت (۱۹).

در این مطالعه پارامترهای دما، کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC) ،اکسیژن محلول (DO) و اسیدیته(pH) در۸ عمق مختلف مورد بررســـی قرار گرفت. اکســـیژن محلول توســـط دســـتگاه اکســـیژن ســـنج مدل TWTو میزان هدایت الکتریکی، درجه حرارت، pH و TDS توسـط دسـتگاه پرتابل Cpcwp 3003kاندازه گیری شدند. نمونه ها ضمن نگهداری در دمای منا سب به آزمایشگاه منتقل شد و برا ساس رو شهای اســـتاندارد متد در آزمایشـــگاه آنالیز گردید (روش sension 156Hach استاندارد متد) (۲۰).

نتـا یج آز مون کلـمو گراف اســـمـیر نف(-kolmogorow smirinov) بر روی داده‌ها نشـان داد تمامی داده‌های ارزیابی شـــده در ســـطح اطمینان ۹۵٪ بصـــورت نرمال توزیع شـــده‌اند. داده‌ها توسط نرم افزار SPSS و با استفاده از آمارهای توصیفی و تحلیلی و بوســـیله آزمون آماریone sample t test تجزیه و تحلیل گردیدند و (P<0/05) به عنوان سطح معنی داری در نظر گرفته شد.

یافته ها

جدول ۲ میانگین فاکتورهای مورد مطالعه در این پژوهش را در سطوح مختلف آب که نمونه ها از آنجا برداشت شده‌اند را نشان می‌دهد.

جدول ۲- میانگین دمای محیط و پارامترهای کیفی آب در اعماق مختلف (۸ تراز مختلف) بر حسب ماههای نمونه برداری

Table 2. Average of location temperature & water qualitative parameters in various depths (8 different levels) based on sampling months

متغیر	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
دمای محیط	۳۰	۳۸	۳۹	۴۲	۳۸	۳۱	۳۴	۳۱	۲۴	۲۰	۲۰	۲۷
میانگین دمای اعماق مختلف آب(درجه سانتی گراد)	۲۰/۱	۲۲/۲	۲۴/۳	۲۶/۳	۲۵/۶	۱۹/۶	۲۱/۳	۲۰/۳	۱۸/۱	۱۴	۱۴/۱	۱۹
کل جامدات محلول(TDS) (میلی گرم بر لیتر)	۳۰۳/۷	۳۷۷/۶	۴۰۹/۷	۴۶۷/۶	۴۶۶/۸	۶۱۰/۵	۵۱۷/۱	۵۰۵/۱	۶۸۸/۵	۵۵۹/۵	۵۵۷	۲۸۷/۵
هدایت الکتریکی(EC) میکرو زیمنس بر سانتی متر)	۴۷۴/۱	۵۹۳/۳	۶۴۰/۵	۷۳۰/۵	۷۲۹/۷	۹۵۵/۲	۸۰۸	۷۸۹/۲	۸۷۷/۱	۷۸۶/۱	۹۳۳/۷	۴۴۷/۱
pH	۸/۴۸	۸/۵۵	۸/۲۵	۸/۴۸	۸/۳۸	۸/۴۳	۸/۳۸	۸/۱۱	۷/۷	۸/۱	۷/۳۲	۸/۵۷
اکسیژن محلول(DO) (میلی گرم بر لیتر)	۸/۸۶	۸/۷۲	۸/۶۳	۸/۳۳	۸/۷۳	۸/۶۳	۸/۷۶	۸/۵۷	۸/۴۲	۱۰/۶	۱۰/۰۵	۸/۷۸

با دقت در جدول ۲ م شخص ا ست که پایین ترین دما در آب تا حد زیادی وابسته به دمای محیط است.

همچنین تغییرات جامدات محلول و هدایت الکتریکی بطور کلی در مخزن زیاد اســـت، بنابراین پدیده لایه بندی که در بهار و با شـــروع اردیبهشـــت ماه آغاز می‌گردد و تا اوایل آبان ماه حدود شـــش ماه از ســـال تداوم دارد می‌تواند از طریق جلوگیری از اختلاط عمودی لا یه های مختلف آب شـــرایط کیفی مخزن را بخصـــوص از نظر فاکتورهایی مانند جامدات محلول و هدایت الکتریکی نامناسب تر کند.

نتایج حاصـــل از آنالیزهای آماری و تجزیه واریانس فاکتورهای کیفی آب در ۸ عمق مختلف مخزن اول چاه نیمه در جدول ۳ آورده شده است.

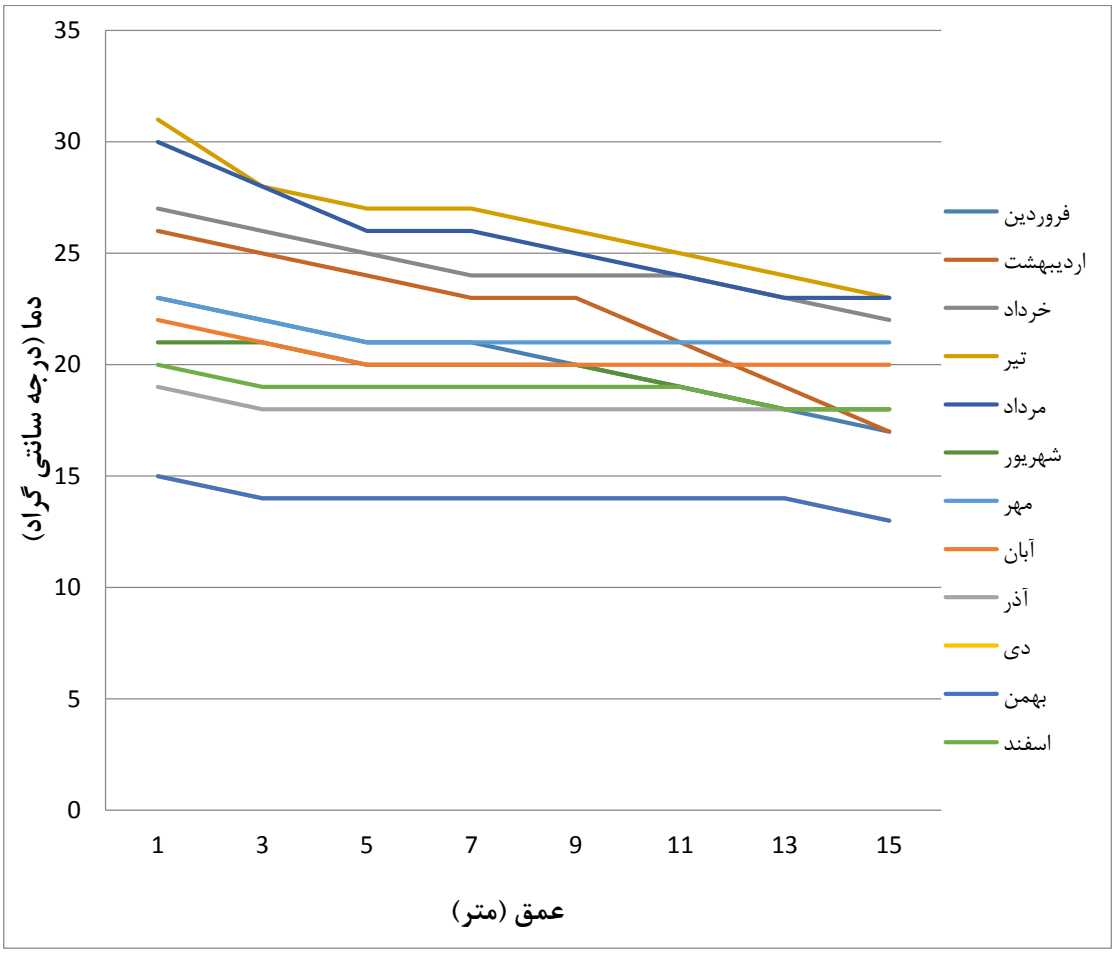
جدول ۳- آنالیز آماری متغیرهای کیفی آب در اعماق مختلف چاه نیمه اول و مقایسه با استاندارد جهانی

Table 3. Statistical analysis of water qualitative variables in different depths of No.1 chahnimeh & comparison with universal standard

متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداکثر	حداقل	میانگین مربعات	واریانس	استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO)
دما (درجه سانتی‌گراد)	۲۰/۳۹	۴/۱۲	۳۱	۱۳	۲۱/۶۳	۰/۰۲۵۹	۲۰-۱۰
کل جامدات محلول(TDS) (میلی گرم بر لیتر)	۴۷۹/۹۱	۱۱۶/۰۴	۶۹۰	۲۷۹	۶۵۵/۲۴	۰/۰۱	۵۰۰
هدایت الکتریکی (EC) (میکروزیمنس بر سانتی متر)	۷۳۰/۴۰	۱۵۹/۴۹	۹۷۵	۴۳۵	۱۹۲۶/۹۰	۰/۰۱	۷۵۰
pH	۸/۲۳	۰/۳۹۳	۸/۷	۷/۱	۰/۴۵۳	۰/۸۹۹	۶/۸-۵/۵
اکسیژن محلول (DO) (میلی گرم بر لیتر)	۸/۹۴	۰/۷۶۵	۱۲	۸/۱	۵/۷۲	۰/۲	۹-۵/۵

بررسی جداول ۲ و ۳ که مشخصات آماری پارامترهای کیفی این پژوهش را نشـان می‌دهند مشـخص نمود که تغییرات پارامترها در اعماق و فصول مختلف وجود دارد. اما بطور کلی نتیجه آنالیز واریانس برای پارامترهای کیفی اندازه گیری شـده در ایسـتگاه نمونه برداری نشـان داد که روند تغییرات دما در اعماق مختلف در سـطح ۰/۰۵معنی دار می باشـد همچنین میزان نوسـانات جامدات محلول (TDS) و هدایت الکتـریکـی (EC) نیز در سـطح ۰/۰۵ معنی دار تشـخیص داده شـد ($p<0/05$). اما تغییرات میزان pH و اکسیژن محلول (DO) در ۸ تراز مختلف آب که نمونه برداری و اندازه گیری در آنجا صورت گرفت معنی دار نبود ($p>0/05$).

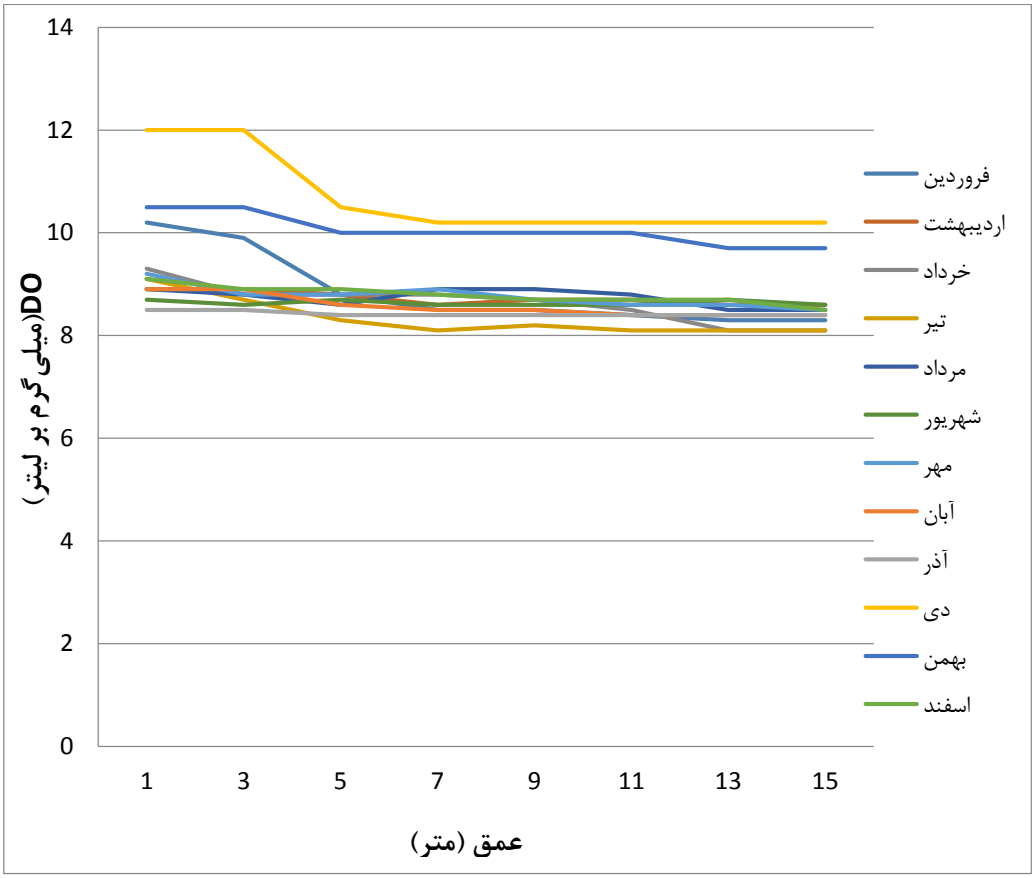
همچنین همانطور که در جدول ۳ مشـخص اسـت میانگین فاکتورهای اندازه گیری شـده در مقایسـه با اسـتانداردهای آب آشـامیدنی ارائه شـده توسـط سـازمان بهداشـت جهانی در رنج مناسب قرار گرفته‌اند و آب مخزن اول برای استفاده آشامیدنی و کشاورزی مناسب می باشد. در نمودارهای ۱ تا ۵ روند تغییرات هر یک از پارامترها در اعماق مختلف در طول ۱۲ماه آورده شده است.



نمودار۱- روند تغییرات دما در اعماق مختلف در۱۲ماه نمونه برداری

Figure 1. Trend of changes in temperatures at different depths in 12 months of sampling

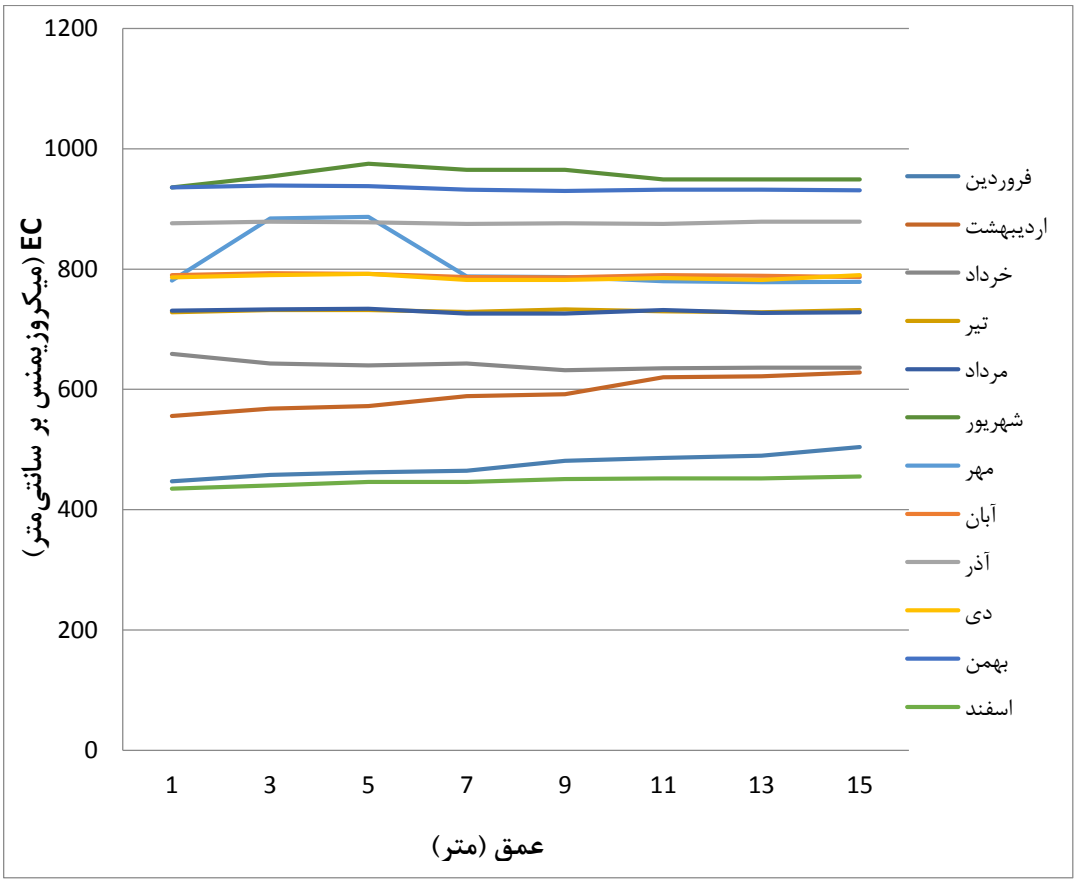
با دقت در نمودار ۱ مشخص است که پائین‌ترین مقدار دما در دی و بهمن، همچنین بالاترین آن در تیرماه است، از طرفی روند تغییرات دما در بهار و تابستان در اعماق مختلف آب به گونه‌ای است که لایه بندی حرارتی و تفاوت در ترازهای مختلف را نشان می دهد. اما در فصول پاییز و زمستان روند تغییرات دما در ترازهای مختلف آب به هم نزدیک شده و نشان می‌دهد با سرد شدن هوا اختلاط درمخزن صورت می‌گیرد و قسمت اعظم مخزن دمای یکسانی را دارند. همچنین نمودار نشان می‌دهد در تیرماه بیشترین اختلاف بین دمای سطح آب با پایین‌ترین عمق آب به وجود آمده است. با دقت در نمودار بالا مشخص است که در ماه‌هایی که لایه‌بندی وجود دارد (از اردیبهشت تا آبان) خطوط دارای ۳ بخش می‌باشند که نمایانگر ۳ لایه متفاوت در آب است هرچه شرایط لایه بندی ضعیف‌تر می‌شود ۳ جز خطوط نیز کمتر قابل تشخیص است، در واقع در فصول پاییز و زمستان خطوط مربوط به هر ماه ۳ بخشی نیستند و شرایط لایه بندی از بین رفته است.



نمودار ۲- روند تغییرات اکسیژن محلول دراعماق مختلف در۱۲ماه نمونه برداری

Figure 2. Trend of Changes in Dissolved Oxygen at Different Depths in 12 Months of Sampling

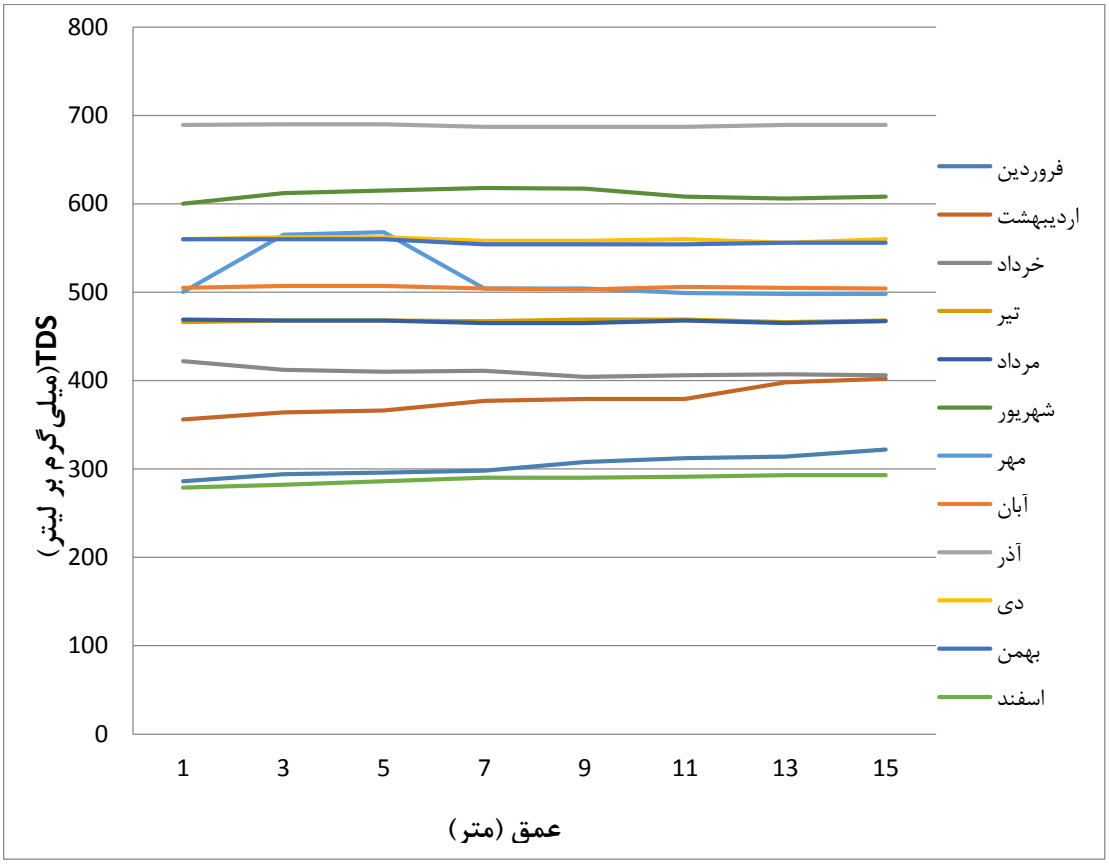
همانطور که در نمودار ۲ ملاحظه می‌شود، بالاترین مقداراکسیژن محلول در دی‌ماه و پائین‌ترین آن در تیرماه ثبت شده است که بیش از هر چیزی وابسته به دمای هوا است. اما نکته قابل توجه اینکه اولاً مقدار اکسیژن محلول در عمق، کمتر از سطح است ولی هرگز به شرایط بی‌هوازی نمی‌رسد، ثانیاً به طور کلی روند تغییرات DO در زمان اختلاط مخزن (پاییز و زمستان) در اعماق مختلف به هم نزدیک می شود.



نمودار۳- روند تغییرات هدایت الکتریکی در اعماق مختلف در۱۲ماه نمونه‌برداری

Figure 3. Trend of Changes in Electerical Conductivity at Different Depths in 12 Months of Sampling

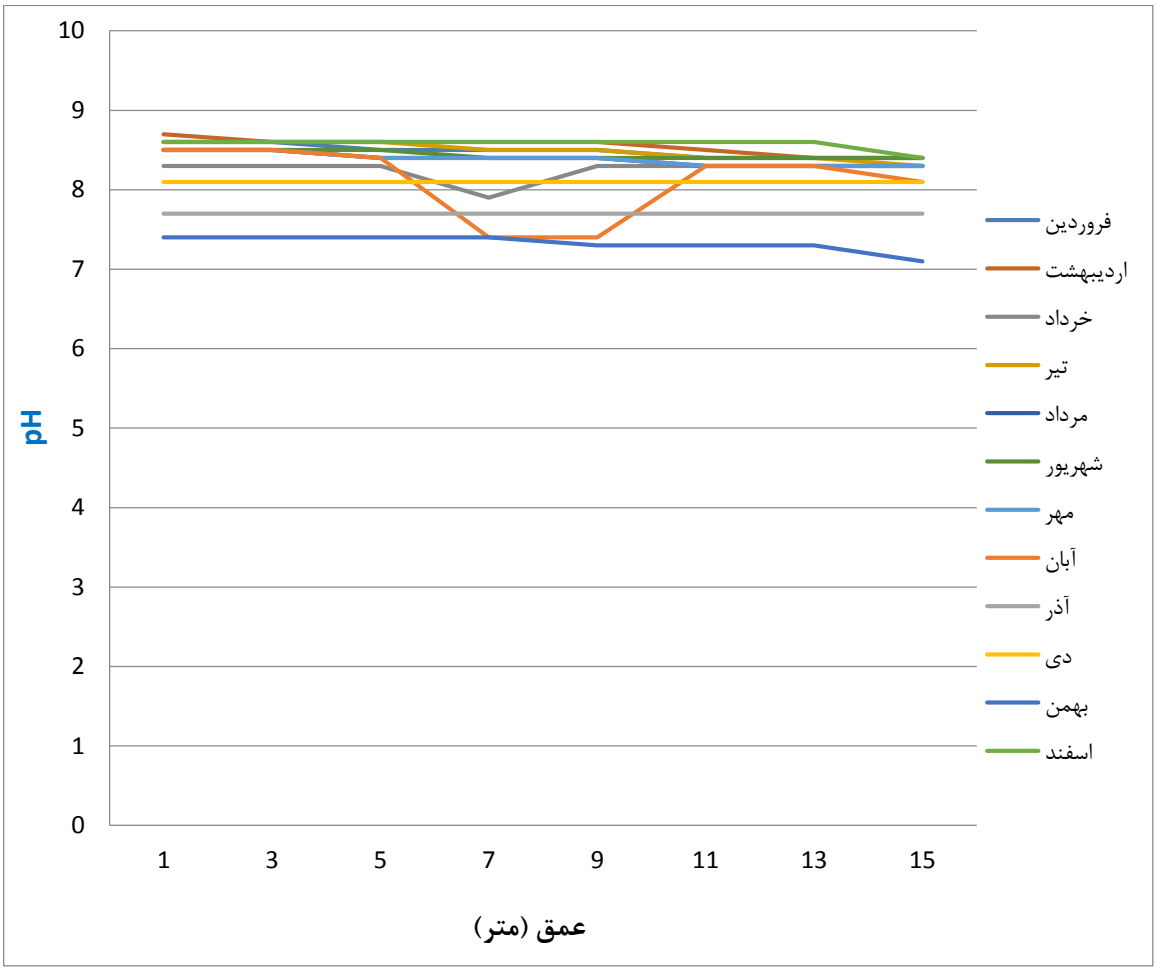
نمودار۳ نشـــان می‌دهد که تغییرات EC نظم خاصـــی را در ماه‌های مختلف دنبال نمی‌کند و بالاترین میزان آن در فصـــل تابستان می‌باشد که به دلیل افزایش میزان املاح بخصوص در عمق دریاچه است و روند لایه‌بندی نیز به این امر کمک می‌کند اما با شـــروع اختلاط و بهم خوردگی مخزن، تغییرات هدایت الکتریکی در مخزن در تراز های مختلف آب به هم نزد یک‌تر می‌گردد.



نمودار۴- روند تغییرات TDSدر اعماق مختلف در۱۲ ماه نمونه برداری

Figure 4. Trend of Changes in Total Dissolved Solids at Different Depths in 12 Months of Sampling

همان‌طور که در نمودار ۴ مشخص است، روند تغییرات TDS به گونه ای است که هرچه ازسطح به عمق می‌رویم، بدلیل افزایش میزان رسوبات در بستر، میزان جامدات محلول بیشتر می‌گردد و در فصول گرم سال که لایه بندی حرارتی در مخزن وجود دارد تفاوت مقدار TDS در تراز های مختلف مشخص است ولی در هنگام اختلاط مخزن و در زمستان بخصوص تغییرات TDS در اعماق مختلف آب نزدیک بهم می‌گردد.



نمودار۵- روند تغییراتpH دراعماق مختلف در۱۲ماه نمونه برداری

Figure 5. Trend of Changes in pH at Different Depths in 12 Months of Sampling

همانگونه که در نمودار ۵ ملاحظه می‌گردد، آب مخزن از نظرpH درتمام سطوح مختلف در محدوده ا ستاندارد قرار دارد، اما روند تغییرات pH در زمان لایه بندی (بهار و تابستان) در ترازهای مختلف تا حدودی مشخص و متفاوت است ولی در زم ستان به دلیل همگن شدن مخزن، مقدارpH در تمام اعماق به هم نزدیک شده و در آذر و دی ماه کاملاً یکسان می‌گردد.

بحث و نتیجه گیری

سدها و در یا چه ها نقش مهمی در توازن بین منابع آبی و نیازهای آبی ایفا می‌کنند و به طور کلی تاثیر ا سا سی بر محیط زی ست دارند. از طرفی کاهش کیفیت آب در دریاچه‌ها و مخازن سدها دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد یکی از آنها لایه بندی حرارتی آب در فصول مختلف سال و عدم اختلاط بخش‌های بالایی و زیرین آب می باشد (۲۱). مخزن چاه نیمه اول در سال یکبار لایه بندی و یک بار اختلاط کامل را تجربه می‌کند و در دسته دریاچه های مونومیکتیک گرم قرار دارد. این نوع دریاچه ها در ترازهای پایین و عرض های جغرافیایی کم قرار دارند و متوسط دمای دریاچه هرگز از ۴ درجه سانتی گراد پایین تر نمی رود (۲۲). در دریاچه اول چاه نیمه در تابستان لایه بندی تشکیل می‌شود و از اواسط پاییز و زمستان اختلاط رخ می دهد. بطور دقیق تر لایه بندی حرارتی و ایجاد ۳ تراز مختلف دمایی در مخزن در اردیبهشت بصورت جزیی آغاز می شود و در اوایل آبان ماه با همگن شدن دریاچه از بین می‌رود. شرایط اختلاط از آبان تا اواخر فروردین در چاه نیمه پابرجاست. با توجه به داده های به د ست آمده شدیدترین حالت لایه بندی حرارتی آب در تیرماه که دمای محیط به ۴۲ درجه سانتی‌گراد می‌ر سد رخ می

دهد. دراوج لایه بندی تفاوت دمای سطح آب تا عمق ۱۵ متری به حدود ۸ درجه سانتی‌گراد افزایش می یابد. در نتیجه این اتفاق، لایه اپی لیمنیون تاعمق ۵ متر، لایه ترموکلاین از ۵ متر تا ۷ متر و لایه هیپولیمنیون از ۷ متر تا عمق ۱۵متری شکل می‌گیرند. بررسی مخازن مشابه دریاچه اول چاه نیمه نشان می‌دهد که شرایط لایه بندی در اکثر آنها شبیه و نزدیک به ویژگی‌های لایه بندی مخزن چاه نیمه است که مهمترین علت این تشابه، اقلیم کشور، شرایط آب و هوایی و نوسانات دما در طول سال در ایران است. بعنوان مثال در مخزن سد بختیاری نتایج مطالعه وضعیت حرارتی دریاچه نشان داد که لایه بندی از اواخر فروردین تا اواخر شهریور می باشد(۲۳). همچنین لایه بندی حرارتی در دریاچه سد مخزنی اکباتان همدان نیز از اردیبهشت ماه آغاز می‌گردد و تا اوایل دی ادامه دارد. در این مخزن مشابه چاه نیمه کیفیت آب در اعماق بیشتر از ۱۰ متر به دلیل کمبود اکسیژن محلول و رسوبات بالا بخصوص در زمان بروز لایه بندی نسبتا نامناسب میگردد(۱۴). در مخزن سد زنجان در یک دوره یکساله، لایه بندی از اواخر فروردین تا اواخر تابستان ادامه دارد. اختلاف دما در بدترین شرایط لایه بندی تا ۲۰ درجه بین طبقات آب نیز می‌رسد. آب برداشت شده از این دریاچه در زمان لایه بندی، شوری نسبتا بالایی را نشان می‌دهد که با اختلاط کامل مخزن در زمستان شوری کاهش می‌یابد(۲۴). بطورکلی آنچه مشخص می‌گردد این است که نتیجه لایه بندی، تغییرات غلظت پارامترهای کیفی آب در عمق هایی متفاوت است که از بین آنها تغییرات اکسیژن محلول درآب مهم تراست. با بروز لایه بندی در چاه نیمه اول مقدار اکسیژن محلول با افزایش عمق کاهش می‌یابد، البته خوشبختانه هرگز به صفر و حالت بی هوازی نمی رسد، ولی در زمان اختلاط که در چاه نیمه با شروع فصل پاییز و زمستان همراه است، میزان اکسیژن محلول آب در اکثر قسمت‌های دریاچه یکسان و نزدیک به هم می شود. البته میزان نوسانات اکسیژن محلول در اعماق مختلف معنی دار نیست اما برای فاکتورهای همچون جامدات محلول و هدایت الکتریکی تغییرات معنی دار است در واقع بدلیل شرایط اقلیمی و بروز طوفانهای ۱۲۰ روزه در تابستان و اوایل پاییز که گاها همراه با گرد و غبار نیز است و نوع رسوبات بستر مخزن و با توجه به این واقعیت که آب ورودی به مخزن همواره مقدار زیادی املاح دارد غلظت جامدات محلول و بدنبال آن هدایت الکتریکی بطور کلی بالاست و تداوم روند لایه بندی شرایط را تشدید می کند. بطور کلی بالا بودن برخی از فاکتورهای کیفی در چاه نیمه اول بیشتر از اینکه نتیجه پدیده لایه بندی و بروز ترازهای متفاوت حرارتی باشد متاثر از ویژگیهای اقلیمی منطقه و رسوبات بالا و نوسانات دمایی در فصول مختلف است در واقع نتایج نشان داد لایه بندی حرارتی به وجود آمده درمخزن اول چاه نیمه زابل، بسیار خفیف و ضعیف است و به دلیل اینکه دمای محیط و اعماق مختلف آب هرگز به حدود۴ درجه سانتیگراد نمی رسد، شاهد اختلاط کامل زمستانه نخواهیم بود و تغییرات دمای آب مخزن در عمق بسیار ناچیز است، در واقع بروز شرایط لایه بندی در تابستان و از بین رفتن آن در پاییز و زمستان نتیجه عوامل محیطی است که مهمترین آنها عبارتنداز:

۱- زمان ماند و ورود آب: چاه نیمه اول کمترین میزان ورود آب را در تابستان دارد، همچنین پائین‌ترین میانگین بارش دراین فصل، سبب افزایش میزان ماندآب و عدم جابجایی در لایه های مختلف آب می‌گردد. اما میزان ورود آب در فصل پائیز و همچنین نزولات جوی در این فصل افزایش می‌یابد. با ورود آب هم حجم و هم دمای آب در سطوح و اعماق تغییر می‌کند.

۲- دمای هوا: دمای هوا در منطقه مورد مطالعه در تابستان به شدت افزایش می یابد و تا حدود۴۲ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. تداوم اثردما در طول زمان سبب بروز لایه گرم درسطح بالایی آب ولایه سرد در عمق و تشدید شرایط لایه بندی حرارتی می‌گردد. با شروع فصل پائیز دما کاهش یافته و تغییرات چگالی آب متاثر از این امر به اختلاف دریاچه کمک می کند.

۳- وزش باد: در اواخر تابستان و اوایل پائیز شدت وزش باد در منطقه افزایش می یابد و این امر به اختلاط بخش های مختلف آب کمک می کند ضمن اینکه میزان عمق مخزن نیز در اندازه ای است که وزش باد با میانگین سرعت گاهاً ۸۰کیلومتر در ساعت می‌تواند کل مخزن را تحت تاثیر خود قرار دهد.

در پایان با توجه به نتایج به دست آمده باید به این نکته اشاره کرد که اولا اندازه‌گیریهای منظم فاکتور های کیفی آب در سطح و عمق چاه نیمه اول، گام مهمی درتدوین الگوی مدیریتی مناسب این مخزن است. همچنین با توجه به بروز شرایط لایه بندی حرارتی در فصول بهار و به خصوص تابستان اعمال مدیریت کیفی آب در این زمان از اهمیت ویژه ای برخوردار است. برداشت آب در زمان بروز لایه‌بندی از سطوح میانی آب کیفیت بهتری را در اختیار قرار می‌دهد. در این دوره آبگیری از سطوح بالائی به دلیل رشد جلبکی و از پائین ترین تراز به دلیل تجمع رسوبات و کاهش میزان اکسیژن محلول توصیه نمی‌گردد. اما در فصول پائیز و زمستان به دلیل اختلاط مخزن، کیفیت آب تقریباً در تمامی ترازها یکسان است. در واقع کیفیت آب مخزن در فصول پاییز و زمستان بهتر از فصول بهار و تابستان است. برداشت آب از مخزن بویژه در زمان لایه بندی، آبی با مقدار املاح بالا در اختیار مصرف کننده قرار می دهد و این شرایط هزینه لازم برای تصفیه آب را افزایش می دهد. بطور کلی توصیه می شود برداشت آب در ۶ ماهه اول سال از عمق بین ۱ تا ۳ متر صورت گیرد تا بالاترین سطح کیفی آب بدست آید. اما در ۶ ماهه دوم سال با توجه به همگن بودن مخزن برداشت آب می تواند از ترازهای مختلف صورت گیرد. همچنین همواره میزان غلظت املاح محلول آب و هدایت الکتریکی بررسی و کنترل گردد تا کیفیت آب در چاه نیمه اول برای مصارف آشامیدنی و کشاورزی در حد استاندارد حفظ گردد.

References

1. Asadi, Ali. Investigating the health status of drinking water in the 22nd district of Tehran and the effects of Tehran's development plan on it, MSc thesis, health department, Medical university of Tehran, 2011. (In Persian)
2. Monnavary SM, Noori J, Sohrabnia N. phytoplakton Assembly effect in Karaj Reservoir water quality water and wastewater 2013; 24 (86) : 19-30. (In Persian)
3. U.S.EPA.2015. Drinking Water Standards. U.S.EPA. New York.
4. Vice president, planning and control office. Surface water quality guidelines; 551: 23-170.
5. Roberts RD. perspectives on environmental monitoring in freshwater management. Springer; 2013.
6. Boqiang Q. Zhenjwen L, Havens K, 2007 Eutrophication in Lakes. Hydrobiologia 581 , 3-14
7. Kaveh, mohammad., moridi, Ali. Investigating the effect of thermal stratification and trophic phenomenon on the water quality of dam reservoirs (case study of Dam Dosti reservoir), The 6th International Conference on Water Resources Management, Kordestan university, 2017, pp1-4. (In Persian)
8. Rockwell DC. The US-EPA Lake Erie indicators monitoring program 1983-2002: trends in phosphorus, silica, and chlorophylla in the central basin. Journal of great lakes research 2005: 31(supplement 2):23-34.
9. Caruso B. Integrated assessment of phosphorus in the lake Hayes catchment, south Island New Zeland. Journal of hydrology 2010; 229(3): 168-89.
10. Khayami M, Danesh Sh, Khodashenas S. water quality in the reservoir dam through by means the outputs of dam impounding choice of location. Proceeding of the first congress consistent with water scarcity; 2008. (In Persian)
11. Plamer, M. D, 2001, Water Quality Modeling Guide to Effective Practice, World Bank Publications.
12. Shamlou A, Naseri S, Nadifi K. water quality monitoring of the Gilarlo

reservoir. Journal of water and waste water 2004; 15(3): 51.

13. Ebrahimzade, Gholamreza. Investigating the effect of thermal stratification and eutrophication on the water quality of Zabul Wetland msc thesis, Medical university of zahedan, 2015. (In Persian)
14. Veisi, keivan. Samarghandi, mohamadreza. Samadi, mohamadtaghi. Safaei, mohsen. 2013. Monitoring the destructive phenomenon of thermal stratification in the reservoir dam lake of ekbatan, hamadan, scientific-research journal of health system research, year 9, issue 9, 20-29. (In Persian)
15. Balistrieri. L., Tempel. R. N, Stillings. L., And Shevenell. L.2006. Modeling Spatial And Temporal Variations In Temperature And Salinity During Stratification And Over Turn In Dexter Pit Lake, Tuscarora, Nevada, USA, And Applied Geochemistry, Vol 21, ISS. 7, PP, 1184 – 1203.
16. Kiyani sadr, Maryam. 2014. Simulation of thermal layering and dissolved oxygen concentration using the CE qualw2 model, Wetland ecobiology scientific-research quarterly. Ahvaz university, Year 9, No. 32:52-39. (In Persian)
17. Kiyanoosh, bizhan. Ahmadyar, bizhan. 2016. Investigating the effect of thermal stratification on artificial mixing efficiency in reservoirs of dams, Scientific-research journal of hydraulics, Volume 10, Number 4: 17-33. (In Persian)
18. Regional Water Joint Stock Company of Sistan and Baluchistan Province. 2014. The final report of the chahnime geotechnical project, volume one. (In Persian)
19. Guideline For Water Quality Monitoring of Dams Reservoirs, 2011, Ministry Of Energy Press: 551.
20. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 2005.21th End, American Public Health Association/Washington DC, USA.
21. Fataei, E.,Ansari Moghadam, D,And Nasehi,F., 2014.Prediction Of Thermal Stratification Of Seymarch Damusing CE Qual. W2 Model. Advances In Bioresearch,5(1):150-159
22. Kannel, P.R., Et Al. 2011. Are View Of Public Domain Water Quality Models For Simulating Dissolved Oxygen In River And Streams. Journal Of Environment Model Assess, No 16, pp: 183-204.
23. Nazariha, mehrdad.2011. Comparison of the thermal layering of the tank under construction in Bakhtiari in two areas in Yachei and transition using the CE qual-W2 model, Environmental Science and Technology Quarterly, Volume 13, Number 3, Pages 19-28. (In Persian)
24. Rezaei, hadi. Salmasi, farzin. Sahebi, farzane.2018. Investigation of thermal and qualitative layering in Teham Zanjan Dam using the CE qual-W2 model, Environmental Science and Technology Quarterly, Volume 20, Number 1, Pages 127-145. (In Persian)