

بررسی لایه‌بندی حرارتی و اثر آن بر کیفیت آب خروجی مخزن

سد مهاباد برای مصرف شرب شهر مهاباد

مرتضی قلیزاده¹، میکائیل حسینی²، جواد محمدی³، منیره کریم خوشنوا آذر⁴

1. کارشناسی ارشد آگرو اکولوژی و کارشناس شرکت آب منطقه ای آ-غ
 2. دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی کارشناس شرکت مدیریت منابع آب ایران
 3. کارشناس ارشد عمران - آبیاری و کارشناس شرکت آب منطقه ای آ-غ
 4. کارشناس ارشد آگرو اکولوژی و کارشناس شرکت آب منطقه ای آ-غ
- (نویسنده مسئول مرتضی قلیزاده tel: 09143804438 mail: Gholizadeh_morteza@yahoo.com)

چکیده

حوضه آبریز سد مهاباد مهم ترین منبع تامین کننده آب شرب و کشاورزی شهر مهاباد میباشد. نمونه برداری‌های از سه ایستگاه، شامل SW4 واقع در شاخه کوثر SW7 مربوط به شاخه بیطاس و از داخل مخزن SW8 نزدیک به محور مخزن سد، از 4 عمق که جهت افزایش دقت از مرداد ماه 90 یک نقطه دیگر در حد وسط ناحیه ترموکلاین اضافه گردید بر اساس نتایج به دست آمده ماههای آبان، آذر، دی و بهمن و اسفند مخزن دارای اختلاط کامل می‌باشد با افزایش دمای هوا در بهار، در ماه فروردین با دمای سطحی لایه‌بندی شروع گردیده. سپس در ماه مهر با رسیدن پاییز دمای رولایه در مهرماه به 18 درجه کاهش می‌یابد و نهایتاً در آبان ماه مخزن به حالت اختلاط کامل می‌رسد. محدوده ترموکلاین، در تابستان حد فاصل 10 - 15 متر است و در ماههای پاییز با ضعیف شدن شدت لایه‌بندی ضخامت لایه ترموکلاین به تدریج افزایش یافته و به حد فاصل عمق 10 - 20 متر می‌رسد. اختلاف متوسط دمای رولایه و زیرلایه در ماه مرداد بیشترین اختلاف را داشته، متوسط رولایه (24 درجه سانتیگراد) و زیرلایه (11 درجه سانتیگراد) برابر 13 درجه سانتیگراد بوده است، در 5 ماه اختلاط (آبان تا اسفند) منحنی‌های رولایه و زیرلایه بر هم منطبق هستند و با توجه به تراز برداشت آب شرب در ماه‌های آخر تابستان و اول پاییز تامین آب فقط از لایه فوقانی ممکن میشود که در این لایه کیفیت آب مناسب نیست.

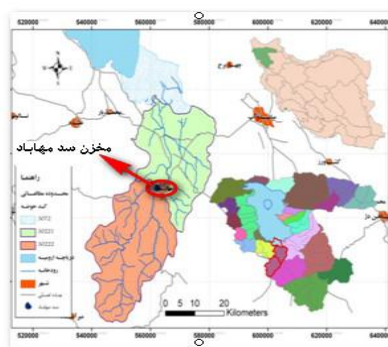
کلید واژه ها : سد مهاباد ، حوضه آبریز ، لایه بندی حرارتی و تغییرات کیفی آب

مقدمه

کیفیت آب دریاچه های پشت سد ها یکی از مهم ترین عوامل در مصرف بوده و سد مهاباد که بر روی رودخانه مهاباد چای کمی پایین تر از محل تلاقی دو رودخانه کوثر و بیطاس، که یکی از رودخانه های حوضه آبریز دریاچه ارومیه بوده و هدف آن تامین آب شرب شهر مهاباد و کشاورزی دشت شهر ویران مهاباد بمیزان 18.2 هزار هکتار میباشد یکی از اقدامات اساسی در پایش کیفی و بهره برداری بهینه کمی و کیفی از آب، از آب رودخانه و سد میباشد، یکی از پارامترهای مهم در پایش کیفی آب مخازن در مناطق با آب هوای معتدل که در فصول گرم دچار لایه بندی حرارتی میشوند و با شروع دوره سرما پدیده چرخش در آنها اتفاق می افتد و همچنین در مناطق سرد نیز لایه بندی در زمستان رخ میدهد این چرخش در عمق آب در کیفیت دارایی یک اثر شدید متقابل با فسفر میباشد در فصول گرم آب سطحی دریاچه به دو طریق غیر مستقیم در تماس با هوای گرم و مستقیم از طریق نور خورشید، گرم میشود با توجه به چگالی کم آب گرم در قسمت بالا باقی میماند مگر توسط اغتشاش ناشی از عوامل دیگری مانند باد ، امواج و غیره اختلاط صورت گیرد و این اختلاط نیز در سطح بالا اتفاق خواهد افتاد لذا در بخش فوقانی یک لایه بوجود میآید که در اصطلاح لایه فوقانی (لایه اپی لیمنیون¹) گویند که عمق این لایه با توجه به عمق، شفافیت، عوامل مانند سرعت باد، امواج و غیره از یک متر تا 20 متر یا بیشتر نیز میتواند باشد آب گرم لایه فوقانی روی آب سرد لایه پایین (هیپولیمنیون²) شناور شده و لایه پایین بدلیل عدم اختلاط دارایی اکسیژن محلول ناچیز و حتی بعضی مواقع بی هوای نیز ایجاد گردد، مرز بین لایه بالای و پایینی یک لایه بوجود میآید که به لایه میانی (ترموکلاین³) که تغییرات دما و چگالی در این لایه رخ میدهد. اثر تغییرات دما بر کیفیت آب سد مهاباد را می توان به تاثیرات کمی و کیفی که دارای ارتباط تنگاتنگی باشد، در دمای بالا تبخیر از سطح دریاچه افزایش یافته و تاثیر کیفی تغییرات دما و لایه بندی مخزن که در آب مخزن بوجود میآید و همچنین بهم خوردن لایه بندی که باعث تغییرات کیفی در آب مخزن میشود از طریق کنترل تخلیه کننده ها و دریچه ها ی آبیگر شرب و کشاورزی چگونه میتوان میزان NO₃, BOD, COD, P, NO₂ را کنترل و کیفیت آب خروجی را از آبیگرها شرب را بهبود داد با توجه به اینکه در آب مخزن سد میزان فسفر و نترات افزایش و اکسیژن محلول شفافیت آب کاهش یافته و رشد گیاهان آبی شدید شده و با گذشت زمان و باروری بیولوژیکی دریاچه رشد فتو یلانگتونها افزایش می یابد و باعث تیرگی و مایل به سبز شدن آب دریاچه ها میگردد (افیونی و همکاران).

موقعیت سد و محدوده مطالعاتی

سد مهاباد در طول شرقی 45 درجه و 43 دقیقه و 30 ثانیه و در عرض شمالی 36 درجه و 46 دقیقه و 30 ثانیه جغرافیای در یک کیلومتری غرب شهر واقع شده که مطالعات آن از سال 1341 آغاز و در سال 1346 اجرای آن با احداث تونل انحراف کلید خورده و در اسفند ماه سال 1349 اجرای آن تمام و به بهره برداری رسید حجم اولیه آن 206 میلیون مترمکعب بوده و ارتفاع آن از سطح پی 47.5 متر و طول تاج آن 700 متر حداکثر عمق 41 متر و طول دریاچه در تراز نرمال 11 کیلومتر میباشد (قلی‌زاده و همکاران 1389) سد مهاباد یکی از حوضه های آبریز منتهی به دریاچه ارومیه می باشد که در غرب حوضه رودخانه سیمینه رود و شرق حوضه رودخانه زاب کوچک قرار گرفته که دارای وضعیت کوهستانی و پرشیب بوده و مساحت این حوضه از محل سرچشمه تا ورودی به دریاچه ارومیه بالغ بر 806 کیلومترمربع می باشد. رودخانه مهاباد که از تلاقی دو رودخانه کوتر و بیطاس تشکیل شده پس از عبور از قسمت شمالی شهرستان مهاباد در قسمت شمال شرقی آن وارد دشت مهاباد شده و ضمن مشروب کردن زمین های زراعی دشت مهاباد به دریاچه ارومیه می ریزد. رودخانه های کوتر و بیطاس نیز هریک دارای شاخه های فرعی بوده و تامین آب این شاخه ها از ذوب برف کوهستان های موجود در حوضه آبریز و وجود چشمه های دائمی بوده و بنابه وضعیت نزولات جوی آب چشمه ها در فصول مختلف سال متغیر می باشد.



شکل 1 نمایش محدوده مطالعاتی حوضه آبریز رودخانه و سد مهاباد شکل 2 نقاط نمونه برداری مخزن سد مهاباد
رودخانه کوتر حدود 80 درصد آبدهی رودخانه مهاباد و بیطاس 20 درصد آبدهی این رودخانه را تامین مینماید. براساس آمار موجود ایستگاه های هیدرومتری در یک دوره 25 ساله دبی متوسط سالانه برای رودخانه کوتر حدودا برابر 8 مترمکعب در ثانیه و در یک دوره 25 ساله دبی متوسط سالانه برای رودخانه بیطاس حدودا برابر 1.7 مترمکعب در ثانیه که با احتساب مجموع ورودی معادل 9.7 مترمکعب در ثانیه برای رودخانه مهاباد متوسط حجم آب ورودی به سد مهاباد با توجه به آمار موجود حدود 298 میلیون مترمکعب در سال خواهد بود ولی در سالهای اخیر ورودی سالانه کمتر از 200 میلیون مترمکعب میباشد.

جدول 1- زیر حوضه های اصلی حوضه رودخانه مهاباد

نام زیر حوضه	مساحت (کیلومتر مربع)
بیطاس	278.1
چاندره	80.67
شیخان	60.23
دهبکر	54.6
گماگش	45.1
	288
	806

مواد و روش ها

نمونه برداری های از سه ایستگاه نمونه برداری که مشخصات آنها در جدول 2 آمده، شامل SW4 واقع در مخزن سد مربوط به شاخه کوتر SW7 مربوط به شاخه بیطاس و از داخل مخزن SW8 نزدیک به محور مخزن سد انجام می شود. نمونه برداری از مخزن سد مطابق راهنمایی پایش کیفی مخازن، از 4 عمق صورت گرفته بود که در ادامه مطالعات (از مرداد ماه 90) یک نقطه دیگر در حد وسط ناحیه ترموکلاین اضافه گردید. عمق نقاط نمونه برداری در ماههای مختلف ثابت نبوده و متناسب با پروفیل دمایی آب مخزن تعیین می گردید. بدین صورت که قبل از انجام نمونه برداری، دمای عمقی مخزن مشخص و عمق مناسب نمونه برداری بصورت یک متر زیر سطح آب، درست بالاتر از حد بالایی ترموکلاین، درست پایین تر از حد پایینی ترموکلاین و در عمق میانگین حد بالایی و پایینی ترموکلاین انتخاب که محل نمونه برداری در تصویر 2 آمده و نمونه برداری از ماه دی 89 تا آذر 90 (سال 2011) انجام گردید.

جدول 2 مشخصات نقاط نمونه برداری شبکه پایش آب سطحی

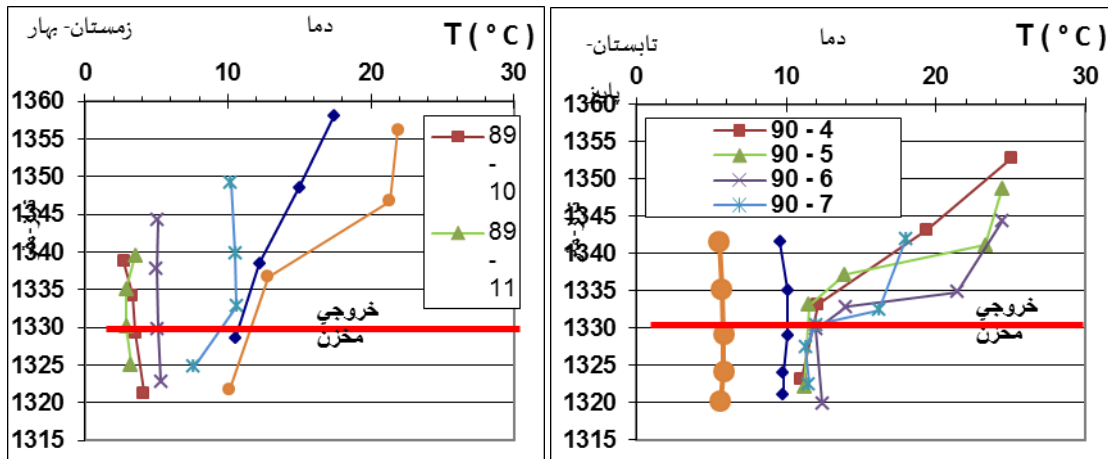
ردیف	ایستگاه	اختصاری	طول_UTM	عرض_UTM	رودخانه	آدرس
1	ورودی شاخه کوتر	SW3	554774	4064917	کوتر	ورودی شاخه کوتر پس از اتصال آراهه دهبکری
2	میانه مخزن شاخه کوتر	SW4	557718	4068713	مهاباد	میانه مخزن شاخه کوتر
3	ورودی شاخه بیطاس	SW6	560482	4062722	چم قوره	ورودی شاخه بیطاس
4	میانه مخزن شاخه بیطاس	SW7	560659	4067311	مهاباد	میانه مخزن، شاخه بیطاس
5	مخزن سد	SW8	562377	4069281	مهاباد	محدوده محور سد
6	خروجی مخزن	SW9	563172	4069990	مهاباد	خروجی مخزن سد

پروفیل های تغییرات دمایی بر حسب تراز و عمق ترسیم گردیده است. بر اساس نتایج به دست آمده ماههای آبان، آذر، دی و بهمن و اسفند مخزن دارای اختلاط کامل می باشد. در این ماهها دمای مخزن از 10 درجه در آبان ماه به حدود 4 درجه در دی و بهمن کاهش می یابد. با افزایش دمای هوا در بهار، در ماه فروردین با دمای سطحی حدود 10 درجه لایه بندی شروع گردیده و در خرداد ماه رولایه به 22 درجه می رسد در ماههای تابستان دمای سطحی آب به 25 درجه رسیده و زیرلایه در حد 12 درجه باقی می ماند. سپس در ماه مهر با رسیدن پاییز دمای رولایه در مهرماه به 18 درجه کاهش می یابد و نهایتاً در آبان ماه مخزن به حالت اختلاط کامل می رسد.

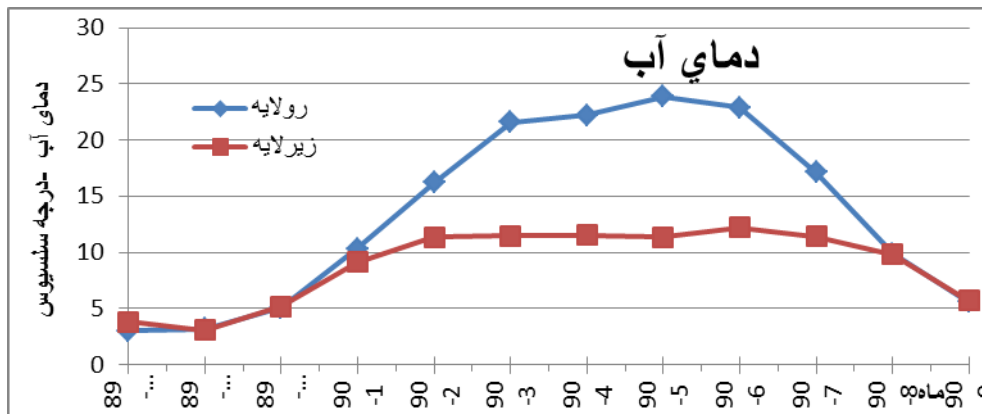
در ماههای لایه بندی حرارتی، شناسایی عمق ترموکلاین از نظر بهره برداری کیفی مخزن دارای اهمیت می باشد. در محدوده ترموکلاین، پارامترهای کیفی با تغییرات شدیدی مواجه می شوند. عمق ترموکلاین از ناحیه ای شروع می شود که تغییرات دمایی با شیب زیاد تغییر می کند. مطابق شکل 3 عمق ترموکلاین در تابستان حد فاصل 10 - 15 متر است و در ماههای پاییز با ضعیف شدن شدت لایه بندی ضخامت لایه ترموکلاین به تدریج افزایش یافته و به حد فاصل عمق 10 - 20 متر می رسد. عمل ختلاف متوسط دمای رولایه و زیرلایه نیز در شکل 4 مشخص شده است. در ماه مرداد بیشترین اختلاف متوسط رولایه (24 درجه سانتیگراد) و زیرلایه (11 درجه سانتیگراد) برابر 13 درجه سانتیگراد بوده است. همانطور که مشخص است در 5 ماه اختلاط (آبان تا اسفند) منحنی های رولایه و زیرلایه بر هم منطبق می باشند.

اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی و محیط زیست ایران

اردیبهشت 1394



شکل 3 پروفیل تغییرات دمایی در ایستگاه SW8 بر حسب تراز

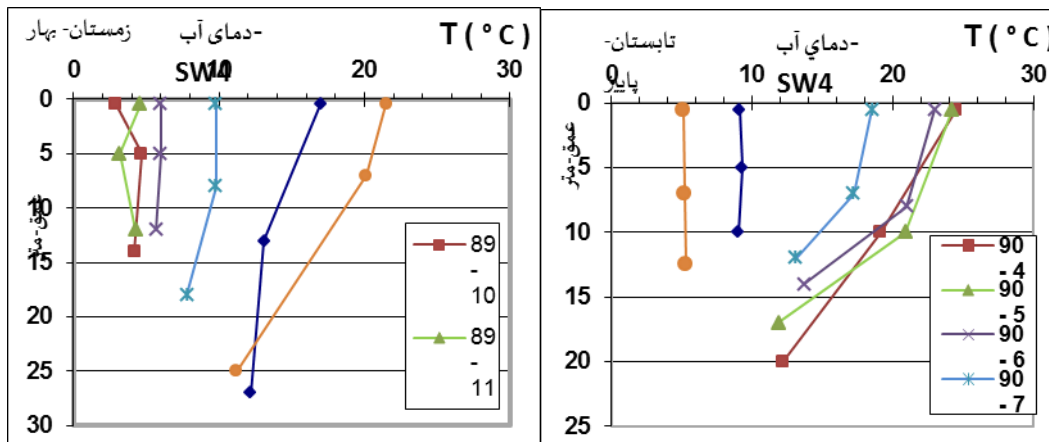


شکل 4 تغییرات متوسط دمایی رولایه و زیر لایه در ایستگاه SW8

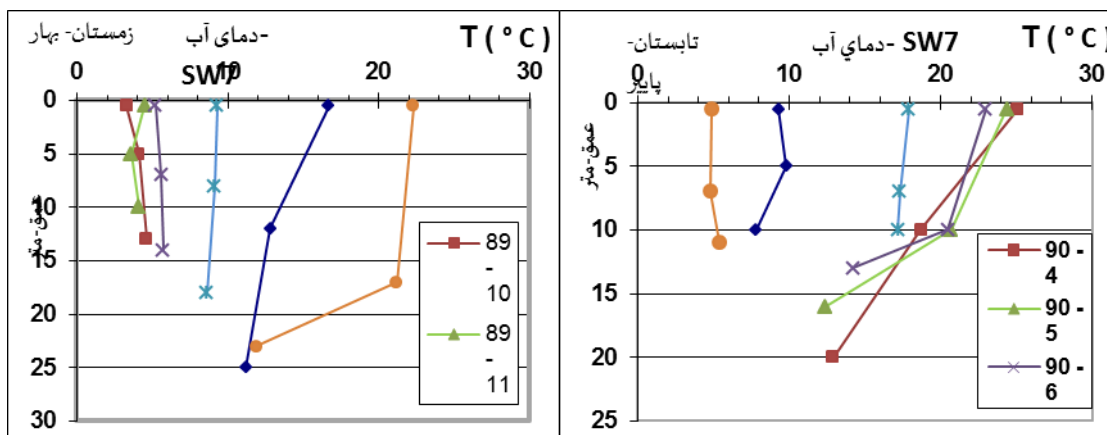
با مشاهده شکل های 3 و 4 روند تغییرات پروفیل دمایی بر حسب عمق را در دو ایستگاه SW4 و SW7 نشان می‌دهد. این روند مشابه ایستگاه SW8 می‌باشد. به طوری که در ماههای آبان تا اسفند، تقریباً شرایط اختلاط حاکم بوده و در ماههای فصل بهار لایه‌بندی ضعیف و در تابستان لایه‌بندی نسبتاً شدید وجود دارد. در جدول 3 خلاصه وضعیت لایه‌بندی حرارتی مخزن با توجه به نتایج به دست آمده ارائه شده است. در صورتیکه اختلاف دمای سطح و کف مخزن بیش از 3 درجه باشد، مخزن دارای لایه بندی حرارتی می باشد. در 0 تغییرات ماهانه دمای جریان ورودی و خروجی مخزن سد مهیاد نشان داده شده است. مقایسه این شکل با نوسانات دمایی مخزن نشان می دهد که در ماههای دی، بهمن و آذر جریان ورودی به لایه زیرین تخصیص می یابد. با توجه به قرارگیری تراز آبگیری مخزن در زیر لایه، کیفیت جریان مخزن در این سه ماه می تواند تحت تاثیر مستقیم ورودی قرار گیرد. در سایر ماهها جریان ورودی به دلیل هم دمایی با لایه سطحی، به لایه سطحی تخصیص می یابد.

اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی و محیط زیست ایران

اردیبهشت 1394



شکل 5 پروفیل تغییرات دمایی در ایستگاه SW4 بر حسب عمق



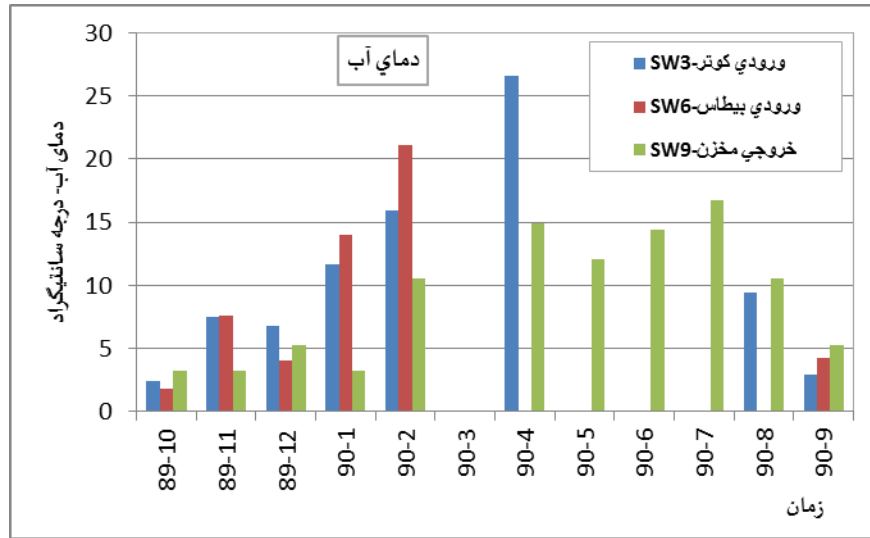
شکل 6 پروفیل تغییرات دمایی در ایستگاه SW7 بر حسب عمق

جدول 3 خلاصه وضعیت لایه بندی حرارتی مخزن سد مهاباد

سال		1390							1389			
ماه	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر
عمق ترموکلاين					10	10	10	8	10	10		
وضعیت لایه بندی حرارتی مخزن سد	اختلاط کامل			شروع لایه بندی				لایه بندی حرارتی				

اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی و محیط زیست ایران

اردیبهشت 1394



شکل 7 تغییرات ماهانه دمای جریان ورودی و خروجی مخزن سد مهاباد

کلروفیل a

کلروفیل a رنگدانه اصلی فرآیند فتوسنتزی در فیتوپلانکتونها می باشد که با اندازه گیری آن نه تنها می توان بیوماس جلبکی را تخمین زد بلکه یک شاخص واقعی قابل مشاهده برای حالت های تروفیک یک اکوسیستم آبی به شمار می رود. به عبارت دیگر این پارامتر به عنوان مهمترین شاخص در تحلیل وضعیت تغذیه گرای مخزن به شمار می رود. در **Error! Reference source not found.** تغییرات کلروفیل a در ایستگاههای نمونه برداری نشان داده شده است. در این شکلها خطوط قائم معادل 4 و 10 میکروگرم در لیتر بر اساس معیار نووتنی معادل مرز سطوح الیگوتروفیک، مزوتروفیک و یوتروفیک نشان داده شده است. بر اساس مقادیر اندازه گیری شده مطابق شکل، وضعیت تغذیه گرای مخزن عمدتاً در سطوح مزوتروفیک قرار دارد. به طوری که مخزن در فصل زمستان در شرایط الیگوتروفیک (شادابی) قرار داشته و در فصول پاییز و بهار به علاوه تیرماه شرایط مزوتروفیک است. مطابق شکل در ماههای مرداد و شهریور غلظت کلروفیل a در سطح آب در ایستگاههای SW8 در محدوده یوتروفیک می باشد. این مقایسه بیانگر فعالیت قابل توجه جلبک در مخزن سد مهاباد می باشد. بررسی غلظت کلروفیل a در رولایه و زیرلایه مخزن نیز نشان می دهد که به دلیل فعالیت فتوسنتزی جلبک، غلظت کلروفیل در رولایه به جهت حضور نور بیشتر از زیرلایه می باشد. این مساله در **Error! Reference source not found.** که میانگین تغییرات متوسط کلروفیل را در رولایه و زیرلایه را نشان می دهد نیز مشخص شده است.

درصد اشباع اکسیژن محلول زیرلایه

Error! Reference source not found. تغییرات درصد اشباع اکسیژن محلول در سه ایستگاه نمونه برداری از مخزن را نشان می دهد. خطوط قائم در مقادیر 10٪ و 80٪ ترسیم شده که مطابق معیار **Error! Reference source not found.** (معیار نووتنی) مرزهای سطوح سه گانه تغذیه گرای را نشان می دهد. مطابق این شکل درصد اشباع اکسیژن زیرلایه عمدتاً بیشتر از 10٪ بوده و در محدوده مزوتروفیک قرار می گیرد. حداقل مقدار این پارامتر در ماههای مرداد تا مهر اتفاق افتاده که در آن درصد اشباع زیرلایه به 15٪ در مهر ماه در ایستگاه SW8 می رسد. یک مورد در ماه شهریور نیز درصد اشباع 10٪ از آنجایی که در ماههای مرداد و شهریور مطابق **Error! Reference source not found.** اکسیژن محلول زیرلایه در وضعیت نامناسب برای حیات آبزیان قرار دارد، اثر تغذیه گرای در هر صورت قابل توجه قلمداد می شود.

کلیفرم گوآرشی

کلیفرم گوآرشی عمدتاً حاصل آلودگی میکروبی ناشی از تخلیه فاضلاب های انسانی می باشد که لزوماً با مقادیر سایر کلیفرمها همبستگی ندارد. برای استاندارد آب آشامیدنی این پارامتر باید صفر بوده و برای مصارف تفریحی مقدار 400 در 100 میلی لیتر برای تفریح مستقیم ذکر شده است. (**Error! Reference**)

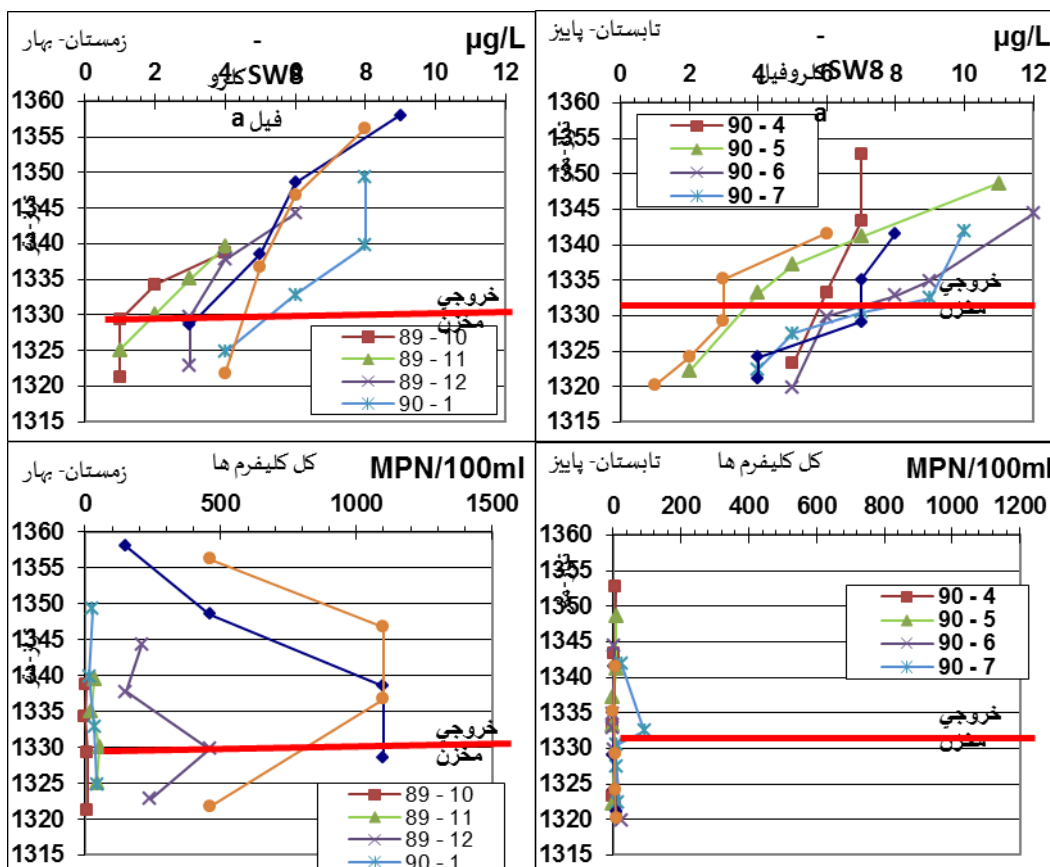
اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی و محیط زیست ایران

اردیبهشت 1394

source not found). با توجه به مقادیر مشاهده شده در 0 حداکثر مقدار برابر 42 در 100 میلی‌لیتر که تقریباً 10 برابر کمتر از حد مجاز مصارف تفریحی است. بررسی تغییرات کلیفرم گوارشی نشان می‌دهد که در خرداد ماه و تابستان این پارامتر با افزایش مواجه شده است. با توجه به مشاهدات میدانی، استفاده تفریحی و شنا از مخزن سد مهاباد در این بازه زمانی، بالایی باشد. این امر در آلودگی میکروبی کلیفرم گوارشی مخزن سد تاثیر گذار است.

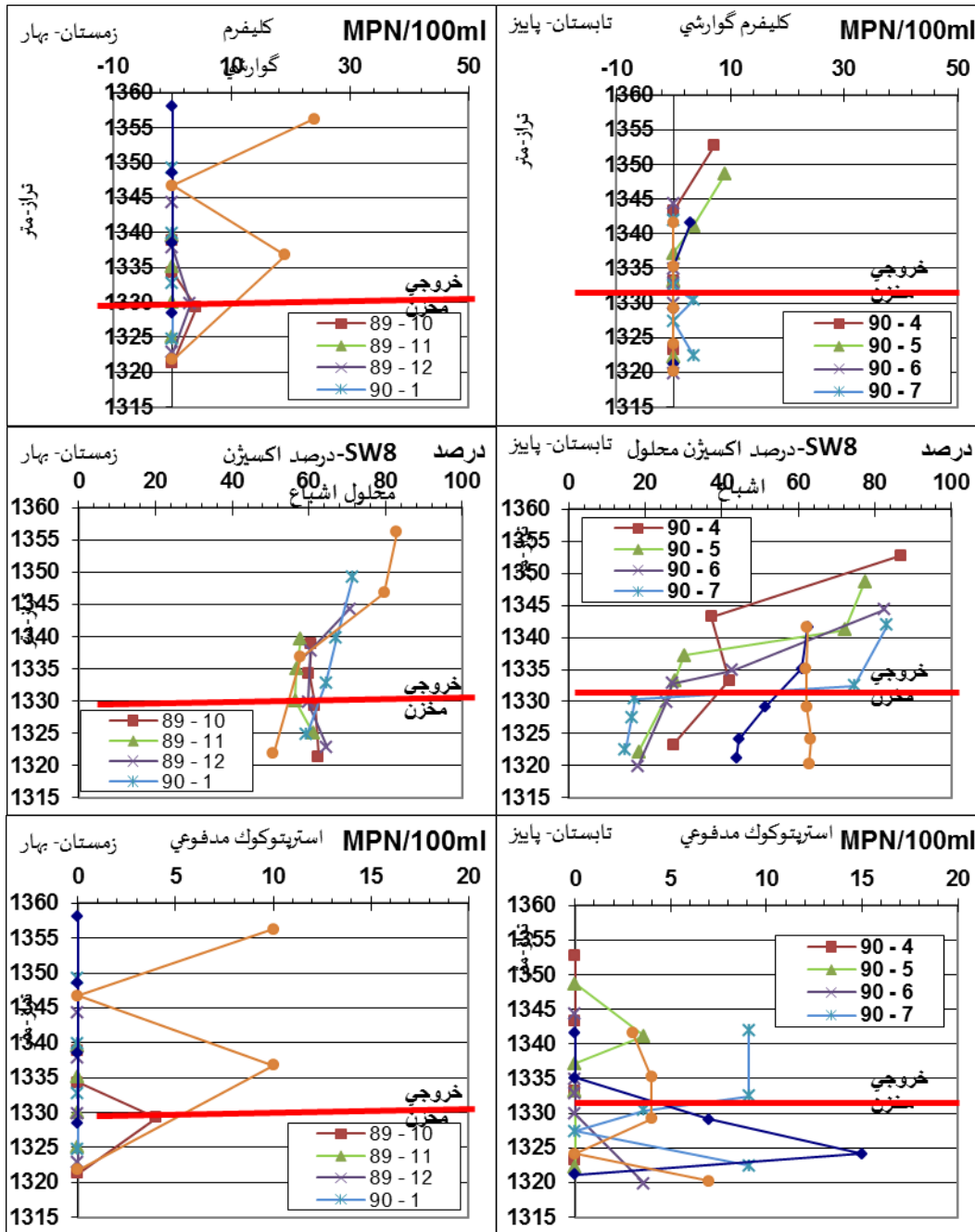
استرپتوکوک مدفوعی

استرپتوکوک مدفوعی پارامتری است که نشان دهنده آلودگی آب به فضولات دامی می‌باشد. در Error! Reference source not found. تغییرات عمقی استرپتوکوک مدفوعی در نقاط مختلف مخزن سد مهاباد نشان داده شده است. بررسی روند تغییرات این پارامتر نشان می‌دهد که در فصول تابستان و پاییز میزان آن در زیرلایه و در محل نزدیک محور سد (SW8) با افزایش روبرو شده است. در شاخه های بیطاس و کوتر نیز لایه میانی عمدتاً با افزایش استرپتوکوک مدفوعی مواجه شده است. برای بررسی میزان منشأ آلودگی میکروبی ناشی از منبع انسانی یا حیوانی از نسبت کلیفرم گوارشی به استرپتوکوک استفاده می‌شود. و نشان‌دهنده منشأ ترکیب حیوانی و انسانی آلودگی میکروبی در مخزن می‌باشد. در ماه‌های بهار و اسفند منشأ این پارامتر از ناحیه بالادست بوده ولی در تابستان و مهر با توجه به خشک بودن رودخانه های ورودی مخزن، اتراق و چرای دام در حاشیه مخزن در افزایش این پارامتر تاثیر گذار بوده اند و آب خروجی در اواخر تابستان و اوایل پاییز کیفیت مناسبی برای اهداف شرب ندارد.



اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی و محیط زیست ایران

اردیبهشت 1394



شکل 8 تغییرات عمقی کلروفیل، اکسیژن محلول، استرپتوکوک مدفوعی و کلیفرم گوارشی در ایستگاه SW8 (محور سد)

بررسی نتایج

در ماههای که لایه بندی حرارتی وجود دارد، شناسایی عمق ترموکلاین از نظر بهره برداری کیفی مخزن دارای اهمیت می باشد. در محدوده ترموکلاین، پارامترهای کیفی با تغییرات شدیدی مواجه هستند، عمق ترموکلاین در تابستان حد فاصل 10 - 15 متر است و در ماههای پاییز با ضعیف شدن شدت لایه بندی ضخامت لایه ترموکلاین به تدریج افزایش یافته و به حد فاصل عمق 10 - 20 متر می رسد. ختلاف متوسط دمای رو لایه و زیر لایه نیز در 0 شکل مشخص شده استدر ماههای مرداد و شهریور در شرایط لایه بندی حرارتی مخزن غلظت فسفر در کف مخزن به مقدار 0/12-0/1 mg/L می رسد در حالیکه در سطح مخزن غلظت در حد 0/05 می باشد. دلیل عمده این حالت رهاسازی فسفات از رسوبات کف مخزن است که این رسوبات معمولاً در ماههای

اولین همایش ملی تخصصی علوم کشاورزی و محیط زیست ایران

اردیبهشت 1394

بهار وارد مخزن و در ماه تیر ته نشین می شوند و نهایتاً در مرداد و شهریور رها شده در ناحیه زیر لایه جمع می شوند و در آبان ماه در اختلاط باز مینواند لایه های بالا را تحت تاثیر قرار دهد با توجه به برداشت آب از تراز 1333 در ماه های شهریور و مهر و آبان محل آبیگری در لایه بالا قرار گرفته و آب خام وارده به تصفیه خانه آب شرب کیفیت مناسبی ندارد و در نتیجه آب شرب نیز از نظر کیفی در حد مطلوب نمیباشد .

منابع

- 1- قلیزاده، مرتضی . همکاران. 1389. بررسی و کنترل ایمنی و پایداری سد مهاباد در سال 1388
- 2- افیونی، مجید. م، عرفان منش. 1381. آلودگی محیط زیست آب، خاک و هوا 308صفحه
- 3-Yongyong Zhang · Jun Xia · Junfeng Chen · Minghua Zhang Environ Monit Assess (2011) 173:409–430
DOI 10.1007/s10661-010-1396-5 _ Received: 15 May 2009 / Accepted: 11 February 2010 / Published online: 17 March 2010© Springer Science+Business Media B.V. 2010
- 4- Sawyer, C. N. , and P. L. McCarty, 1978, Chemistry for environmental Engineering, 3d ed. , McGraw-Hill, New York
- 5-Carney,E. 2009. Relative influence of lake age and watershed land use on tropic state and water quality of artificial lakes in Kansas. J. Lake Reserve. Manage. vol. 25. pp. 199207.
- 6-Fechrul,M.F., D.,Hendrawan, A.,Sitauati .2006. Land use and water quality relation ships in the cilliwung river basin, Indonesia. Dept. of Environmental Engineering Trisakti University.
- 7- Kafle.A().Economic of water .
http://www.wsp.org/pdfs/sa_arsenic_method.pdf
http://www.wsp.org/pdfs/sa_arsenic_learning.pdf