مطالعه خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در دریاچه پشت سد آزاد سنندج بمنظور فعالیت های شیلاتی

حسن نصراله زاده ساروی[1]*، فرخ پرافکنده[2]، حسن فضلی [1]، رحمان میرزایی[3]، حمیدحسین پور[3]، محمد علی افرایی[1]، عبداله نصراله تبار[1]، آسیه مخلوق[1]، نظیر واحدی[3]

* hnsaravi@gmail.com

۱-پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، صندوق پستی ۹۶۱، مازندران، ساری
۲-موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۳-مدیریت شیلات، سازمان جهاد کشاورزی کردستان، سنندج

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۵

چکیده

مخازن آبی نقش و سهم مهمی در پرورش و تولید آبزیان در بسیاری از کشورها دارا هستند. در این راستا، مطالعه حاضر دریاچه سد آزاد سنندج را از تیر ۱۳۹۴ تا خرداد ۱۳۹۵ با نمونه برداری در پنج ایستگاه و تعیین ۱۸ پارامتر فیزیکوشیمیایی و مقایسه نتایج با استانداردهای آبزی پروری، مورد بررسی قرار داده است. نتایج نشان داد که ترموکلاین و اکسی کلاین حدود ماه خرداد شروع و سپس در ماه آذر از بین رفت. حداکثر لایه بندی دمایی و اکسیژنی به ترتیب در ماههای مرداد و خرداد به وقوع پیوست. اکثر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی مورد بررسی، تفاوت معنی داری از مقادیر میانگین در دو لایه سطحی و عمقی نشان دادند (T-test, p<۰/۰۵) و میانگین پارامترهای دما، اکسیژن محلول، آلکالینیتی، سختی، pH، مواد جامد محلول و معلق و مواد مغذی در محدوده‌ی حد مجاز استانداردهای مختلف بود. نتیجه اینکه، بر اساس نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی، دریاچه سد آزاد با بکارگیری روشهای صحیح مدیریتی، برای فعالیتهای آبزی پروری با الگوی استاندارد، مطلوب می‌باشد.

کلمات کلیدی: خصوصیات فیزیکوشیمیایی، آبزی پروری، سد آزاد، سنندج، کردستان

* نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

مقدمه

سد مخزنی آزاد در محدوده‌ی شهرستان سنندج و در مختصات طول جغرافیایی ´۳۳°۴۶ و عرض شمالی ´۲۰°۵۵ و در بالادست روستای بنی‌در و روی رودخانه کوماسی احداث گردیده است. حجم آب کل دریاچه برابر ۳۰۰ میلیون متر مکعب است و حجم مفید این سد برابر با ۲۴۱ میلیون متر مکعب می باشد. سد آزاد بر اساس تقسیم بندی جزوه سدهای با اندازه متوسط محسوب می گردد (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۱). این سد با اهداف اولیه‌ی مدیریت آب در طول سال، کنترل سیل و نیز آب مورد نیاز برای مصارف کشاورزی منطقه احداث و از سال ۱۳۹۲ مورد بهره برداری قرار گرفته است.

محققین با تعیین پارامترهای محیطی و زیستی مختلف، الگوی رفتاری سدها را مورد بررسی قرار می دهند. سعیدی و همکاران (۱۳۹۲) عنوان نمودند که در مخزن سد شهید رجایی در اکثر فصول سال غلظت اکسیژن محلول در لایه های سطحی بیش از ۵ میلی گرم بر لیتر است و مدل سازی تغییرات اکسیژن محلول و درجه حرارت آب از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ بیانگر لایه بندی حرارتی و اکسیژنی در مخزن سد در فصل گرما بوده است. در سد شهید رجایی میانگین (خطای معیار) دما، اکسیژن محلول، pH، غلظت فسفات، آمونیم و نیترات به ترتیب برابر۲۱/۳۵ (±۱/۳۰) درجه سانتی گراد، ۱۰/۴۸ (±۰/۳۷)، ۸/۵۴ (±۰/۰۴)، ۰/۰۵۰ (±۰/۰۰۴) ، ۰/۰۳۶ (±۰/۰۰۴) ، ۰/۷۵ (±۰/۰۳۳) میلی گرم بر لیتر طی سال ۱۳۹۲ بدست آمد و لایه بندی حرارتی بین سطح و عمق دریاچه در ماههای خرداد و تیرمشاهده و در نهایت در ماه آبان حذف گردید. در این سد در ماههای گرم سال (تیر، مرداد و شهریور) همراه با تشکیل لایه بندی حرارتی، لایه بندی اکسیژنی نیز شکل گرفت اما در فصول سرد (ماههای آبان و بهمن) همراه با اختلاط دمائی در مخزن، اکسیژن محلول و درصد اشباعیت آن نیز تقریبا همگن گردید (نصراله زاده ساروی و همکاران،۱۳۹۵) . میرزاجانی (۱۳۹۲) با بررسی هیدروشیمی و مقایسه کیفیت آب دریاچه "توده بین" با الگوی استاندارد، مطلوبیت آب دریاچه را برای آبزی پروری گرم آبی و سرد آبی نشان داد. در این تحقیق میانگین مقدار اکسیژن همواره بالاتر از ۸ میلی گرم در لیتر بود و میانگین پارامترهای فسفات و نیتروژن کل بترتیب ۰/۰۴± ۰/۰۹ و ۰/۸± ۲ ، سختی آب ۹ ± ۲۳۷ میلی گرم در لیتر، هدایت الکتریکی ۵۰ ± ۵۹۶ میکروزیمنس و سیلیس ۵/۳ ± ۷/۴ میلی گرم در لیتر بدست آمد و غالب فاکتورهای هیدرو شیمی دارای تفاوت معنی دار در دو لایه سطحی و عمقی بودند (میرزاجانی ،۱۳۹۲). افزایش سرعت روند فراغنی شدن در بسیاری از دریاچه های کشور و کاهش مطلوبیت شرب آن‌ها، سبب شد تا مدیران شیلات و سازمان آب استان زنجان، لیمنولوژی دریاچه سد تهم را در سال ۱۳۸۹ مورد توجه قرار دهند (میرزاجانی و همکاران،۱۳۹۱).

سد ارس با حجم ۱۳۵۰ میلیون مترمکعب آب در شمال غرب آذربایجان غربی یکی از منابع آبی مهم حوضه آبریز خزر از لحاظ شرب، کشاورزی وشیلات محسوب میشود (علیزاده اصالو و همکاران ،۱۳۹۴). بررسی انجام شده در این سد در سال ۱۳۹۲ نشان داد که میانگین فاکتورهای فسفات، نیتریت، نیترات، آمونیاک، در ایستگاههای مختلف و نیتریت، نیترات، آمونیاک، دما، pH، کل مواد جامد محلول وهدایت الکتریکی در زمانهای مختلف دارای اختلاف معنی داری بودند. مقایسه داده های به دست آمده از این بررسی با استانداردهای مختلف نشان داد که آب دریاچه در پشت سد ارس در رده آب های غنی طبقه بندی گردید که از مهم ترین دلایل آن: وجود دشت در حاشیه دریاچه مخزنی سد ارس و توسعه کشاورزی در منطقه، خشکسالی های پی در پی و روند افزایشی برداشت آب از دریاچه، گستردگی دریاچه و بالا بودن تراکم جمعیت انسانی در اطراف دریاچه، واقع شدن شهر نخجوان در کو ههای مشرف به دریاچه و تخلیه فاضلاب های مختلف شهری، صنعتی و کشاورزی به داخل آن، بیان شد (علیزاده اصالو و همکاران ،۱۳۹۴).

بررسی های خصوصیات (اعم از زیستی و غیرزیستی) دریاچه پشت سد آزاد سنندج نیز به منظور مدیریت و برنامه ریزی مناسب برای حفظ کیفیت آب و سلامت مردم منطقه ضروری است. لذا مطالعه حاضر با تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب سد آزاد سنندج و علل تغییرات زمانی و مکانی آنها و مقایسه با استاندارد مختلف آبزی پروری و حد مجاز آبزیان، ضمن فراهم آوردن

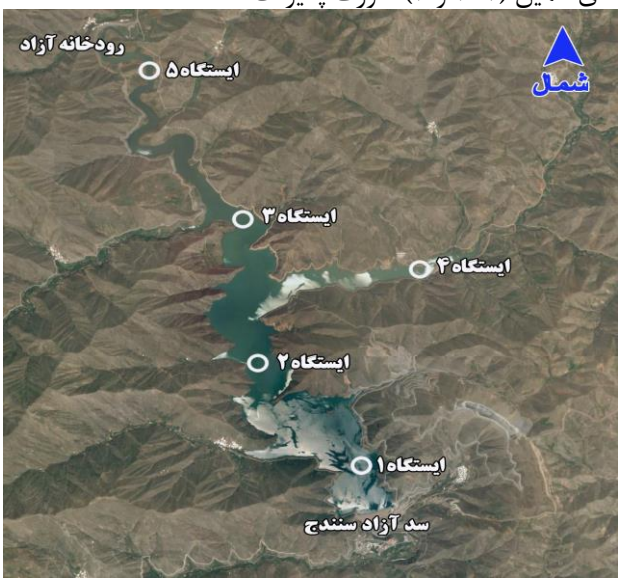
[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

اطلاعات اولیه برای پایش مستمر دریاچه، نخستین گام را در اجـرای پـرورش آبزیـان، اشـتغال، رونـق اقتصـادی، گردشگری و خودکفایی در منطقه بر خواهد داشت.

مواد و روش کار

منطقه مورد مطالعه

سد مخزنی آزاد سنندج در مسیر رودخانـه مهـم کوماسـی (آزاد) ایجـاد و در سـال ۱۳۹۲ مـورد بهـره بـرداری قـرار گرفـت. ایـن مطالعـه در سـال ۵-۱۳۹۴ در ۵ ایسـتگاه در ناحیه رودخانه ای (ایستگاه‌های ۴ و ۵)، انتقـالی (ایسـتگاه ۳) و دریاچه ای (ایستگاه‌های ۱ و۲) انجـام شـد. موقعیـت جغرافیـایی و نیـز مشخصـات هـر ایسـتگاه در شـکل ۱ و جدول ۱، آمده است. نمونه برداری بصورت ماهانه در لایه سطحی تمام ایستگاهها و نیز لایه های مختلف از ایستگاه های عمیق (۱، ۲ و ۳) صورت پذیرفت.



شکل ۱: نقشه ماهواره ای دریاچه سد آزاد سنندج و موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری (کردستان، سال ۹۵-۱۳۹۴)

Figure 1: Satellite map of Sanandaj Azad dam and Geographical location of sampling stations (Kurdistan, 2015-2016)

جدول۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه هـای نمونـه بـرداری در دریاچه پشت سد آزاد سنندج (کردستان، سال ۹۵-۱۳۹۴)

Table 1: Geographical location of sampling stations at Sanandaj Azad dam (Kurdistan, 2015-2016)

ایستگاه	فواصل ایستگاهها (Km)	حداکثر عمق (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱ (S1)	S1-S2 ۲/۸	۱۰۰	۵۰،۳۲،۴۶	۳۶،۲۰،۳۵
۲ (S2)	S2-S3 ۲/۹	۷۰	۴۴،۳۱،۴۶	۳۸،۲۱،۳۵
۳ (S3)	S3-S4 ۳/۸	۴۰	۳۸،۳۱،۴۶	۰۷،۲۳،۳۵
٤ (S4)	S3-S5 ۵/۰	۱۰	۲۹،۳۳،۴۶	۳۷،۲۲،۳۵
۵ (S5)		۹	۳۰،۴۶،۲۱	۵۰،۲۴،۳۵

روش های اندازه گیری

نمونه بـرداری آب بوسـیله بطـری نسـکین انجـام گرفـت. فاکتورهای pH و EC[1] بـا دسـتگاه پرتابـل (WTW 320)، دما بوسیله ترمومتربرگردان، اکسیژن (روش وینکلر)، عمق شفافیت[2] (SDD) بوسیله شی سی دیسـک انـدازه گیـری شد. نمونه‌های آب در ظروف پلاستیکی یک لیتـری تحـت شرایط استاندارد به آزمایشگاه منتقل شـدند. مـواد مغـذی نیتروژن (نیترات با روش ستون کاهشـی، آمـونیم بـا روش کمپلکس آبی رنگ فنات) و فسفر (فسفرکل با روش هضـم بوسیله پرسولفات، فسفات بـا روش مولیبـدات) و BOD5 (روش وینکلر)، COD (رفلاکـس بسـته)، و سـختی کـل (تیتراسیون) با توجه به روشهای استاندارد (Sapozhnikov *et al.*, 1988, APHA, 2005) انجام شدند.

مقایسه داده های این تحقیق با مقـادیر اسـتاندارد و حـد مجـاز کشـورهای مختلـف در زمینـه آبـزی پـروری طبـق جداول ۲ و ۳ انجام شد.

[1] EC= Electro-conductivity
[2] SDD= Secchi disk depth

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

جدول ۲: مقادیر استاندارد فاکتورهای فیزیکی شیمیایی آب در پرورش آبزیان

Table 2: Standards values on physico-chemical parameters of water in aquaculture

	واحد	مقادیر /محدوده
درجه حرارت آب ماهیان گرم آبی	سانتیگراد	۳۰-۱۸
درجه حرارت آب ماهیان سرد آبی	سانتیگراد	۲۰-۴
pH ماهیان گرم آبی	واحد	۹ – ۶/۵
pHماهیان سردآبی	واحد	۸/۵ -۶/۵
اکسیژن محلول (DO) ماهیان گرم آبی	mg/l	بیش از ۴
اکسیژن محلول (DO) ماهیان سردآبی	mg/l	بیش از ۵
شفافیت (SDD) ماهیان گرم آبی	cm	۵۰-۳۰
شفافیت (SDD) ماهیان سردآبی	cm	۱۵۰-۳۰
هدایت الکتریکی (EC)	µS/cm	۲۰۰۰
کل جامد محلول (TDS) ماهیان گرم آبی	mg/l	۲۰۰۰
کل جامد محلول (TDS) ماهیان سردآبی	mg/l	۲۴۰۰
کل مواد معلق (TSS)	mg/l	کمتر از ۸۰
سختی کل (TH)	mg/l as CaCO3	۴۰۰-۱۰
دی اکسیدکربن (CO_2) ماهیان گرم آبی	mg/l	۱۰-۰
دی اکسیدکربن (CO_2) ماهیان سردآبی	mg/l	کمتر از ۰/۰۵
آمونیاک غیر یونیزه (NH_3) ماهیان گرم آبی	mg/l	کمتر از ۰/۰۳
آمونیاک غیر یونیزه (NH_3) ماهیان سردآبی	mg/l	کمتر از ۰/۰۱
ازت نیتریتی (NO_2/N)	mg/l	آب سخت:۰/۱۶۷ آب سبک:۰/۰۳۱
ازت نیتراتی (NO_3/N)	mg/l	۴/۵۲
فسفر معدنی (PO_4^{3-}/P)	mg/l	کمتر از۰/۰۶۵
فسفر کل (TP)	mg/l	۲-۰/۰۱
اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD_5)	mg/l	۵-۰
اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (COD)	mg/l	کمتر از ۲۰

جدول ۳: خلاصه استاندارد/ محدوده پارامترهای کیفیت آب شیرین در پرورش ماهی (FAO/WHO, 2006)

Table 3: Standards / threshold of water quality parameters in fresh water aquaculture (FAO/WHO, 2006)

پارامتر	واحد	استرالیا	کنیا	مالزی	نیوزیلند	نروژه	فیلیپین	انگلیس	آمریکا	مناسب برای تولید
pH		۹/۰-۵/۰	۹/۰-۵/۰	۹/۰-۶/۵	۹/۰-۵/۰	۹/۰-۶/۵	۸/۵-۶/۵	۵/۵<	-	۹/۰-۶/۵
DO	**mg/l**	۵/۰<	-	۷/۰-۳/۰	۵/۰<	۵/۰<	۶/۰<	-	-	۶/۰-۵/۰<
NH_4/N	**mg/l**	۱/۰<	-	-	۱/۰<	۱/۰<	-	-	-	-
NH_3	**µg/l**	۳۶<	-	-	۳۶<	-	-	-	-	-
TAN	**mg/l**	-	-	۰/۳	-	-	-	-	-	۰/۰۱<
NO_2	**mg/l**	۰/۱<	-	۰/۴۰	۰/۱<	۰/۰۶	-	-	-	-
NO_3	**mg/l**	۵۰<	-	۷	۵۰<	-	۱۰	-	-	۵۰<
P	**mg/l**	۰/۲-۰/۱	-	۰/۲-۰/۱	۰/۲-۰/۱	۰/۰۲۵<	۰/۲-۰/۰۵	-	۰/۲-۰/۱	-
PO_4	**mg/l**	۰/۱<	-	-	۰/۱<	-	-	-	-	-

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

پارامتر	واحد	استرالیا	کنیا	مالزی	نیوزیلند	نروژه	فیلیپین	انگلیس	آمریکا	مناسب برای تولید
TDS	mg/l	-	۳۰	۱۰۰۰-۵۰۰	-		-	-	-	
TSS	mg/l	<۴۰	۱۲۰۰	۱۵۰-۲۵	<۴۰	<۱۰۰	<۳۰۰	-	-	
TA	mg/l	≥۲۰	-	-	≥۲۰	-	-	-	-	-

در مطالعه حاضر، متغیرها در دو گروه متغیر های مستقل (ایستگاه ها، ماهها) و متغیرهای وابسته (کلیه پارامترهای غیرزیستی) در نظر گرفته شدند. داده ها بر اساس یکی از فرایند های لگاریتم طبیعی و یا رتبه بندی انتقال داده و سپس با رسم نمودار Q-Q و آزمون شاپیرو-ویلک نرمال بودن آن تایید گردید (Siapatis *et al.*, 2008). برای تجزیه و تحلیل آماری از آزمون های پارامتریک بر روی داده های نرمال شده استفاده گردید. بر روی داده های انتقال یافته و نرمال آزمون های پارامتریک (ANOVA)، آزمون تی (T-Test) و رگراسیون گام به گام (Stepwise regression) انجام شد. در ضمن آزمون های آماری در سطح ۵ و۱ درصد صورت گرفت.

نتایج

میانگین (±خطای معیار) پارامترهای مختلف در پنج ایستگاه طی ماه های مختلف در آب سد آزاد سنندج در جدول ۴ نشان داده شد. نتایج نشان داد که حداکثر دما در ماه تیر ثبت گردید و پارامترهای DO، BOD_5، TA، EC و TDS در ماه بهمن حداکثر بوده است. حداکثر تراز آب و pH در ماه اردیبهشت و پارامترهای مواد مغذی فسفر و نیتروژن در ماه مرداد ثبت شد. همچنین CO_2 و NO_3 در ماه آبان دارای حداکثر مقادیر بودند.

جدول ۴: میانگین (±خطای معیار) پارامترهای محیطی، مواد مغذی و تغییرات تراز آب در پنج ایستگاه طی ماه های مختلف در آب سد آزاد سنندج (کردستان ۹۵-۱۳۹۴)

Table 4: Mean values (±SE) of environmental parameters, nutrients and water level changes of five sampling stations during different months at Sanandaj Azad dam (Kurdistan, 2015-2016)

	تیر ۹۴	مرداد ۹۴	شهریور ۹۴	مهر ۹۴	آبان ۹۴	آذر ۹۴
تراز آب (m)	۱۴۷۲/۰	۱۴۷۳/۵	۱۴۷۴/۰	۱۴۷۲/۰	۱۴۷۱/۰	۱۴۷۲/۲
دمای آب (°C)	۲۶/۷۰±۰/۷۰	۲۵/۴۰±۰/۲۴	۲۳/۴۶±۰/۱۲	۱۹/۶۲±۰/۳۵	۱۳/۹۰±۰/۱۰	۷/۶۶±۰/۱۹
DO (mg/l)	۸/۱۱±۰/۱۴	۹/۷۰±۰/۱۴	۸/۶۴±۰/۵۹	۹/۵۸±۰/۳۱	۱۱/۷۵±۰/۵۲	۱۲/۱۷±۰/۸۹
BOD_5 (mg/l)	۱/۱۴±۰/۲۵	۱/۲۸±۰/۳۴	۰/۹۴±۰/۲۷	۱/۱۹±۰/۱۴	۲/۸۹±۰/۳۷	۱/۷۰±۰/۵۳
COD (mg/l)	۲۱/۲۰±۴/۵۳	۱۲/۰۰±۲/۶۳	۵/۲۰±۱/۰۲	۶/۸۰±۱/۳۶	۵/۸۰±۰/۵۸	۷/۴۰±۲/۴۲
pH	۷/۹۹±۰/۰۷	۷/۹۹±۰/۱۴	۷/۸۵±۰/۰۴	۷/۸۲±۰/۰۲	۷/۳۵±۰/۱۵	۷/۸۱±۰/۲۸
CO_2 (mg/l)	۰/۹۸±۰/۲۳	۱/۰۹±۰/۴۹	۱/۲۳±۰/۱۱	۱/۴۸±۰/۱۱	۴/۷۲±۱/۳۹	۴/۴۶±۰/۱۷
TA (mg/l)	۵۰/۸۰±۲/۱۵	۴۴/۶۰±۳/۲۰	۴۶/۸۰±۳/۳۸	۵۵/۸۰±۳/۴۳	۴۹/۴۰±۱/۸۳	۵۰/۸۰±۰/۸۰
EC (µs/cm)	۲۵۹±۱۲	۲۷۶±۱۸	۲۶۲±۵	۲۶۸±۳	۲۷۴±۲	۳۰۰±۳
TDS(mg/l)	۱۳۰±۶	۱۳۸±۹	۱۳۱±۲	۱۳۴±۱	۱۳۸±۱	۱۵۱±۱
TSS(mg/l)	۰/۰۲۵±۰/۰۰۱	۰/۰۲۰±۰/۰۰۱	۰/۰۲۱±۰/۰۰۱	۰/۰۲۳±۰/۰۰۱	۰/۰۲۲±۰/۰۰۱	۰/۰۲۰±۰/۰۰۱
شفافیت (m)	۱/۶۵±۰/۱۹	۲/۳۸±۰/۳۴	۲/۸۸±۰/۵۰	۳/۰۲±۰/۴۹	۳/۰۰±۰/۳۶	۲/۴۹±۰/۲۹
PO_4^{3-}(mg/l P)	۰/۰۲۶±۰/۰۰۳	۰/۰۲۹±۰/۰۱۱	۰/۰۱۰±۰/۰۰۱	۰/۰۰۷±۰/۰۰۱	۰/۰۱۳±۰/۰۰۲	۰/۰۱۰±۰/۰۰۱
TP (mg/l P)	۰/۰۵۷±۰/۰۰۲	۰/۱۵۱±۰/۰۰۶	۰/۰۴۳±۰/۰۰۴	۰/۰۲۹±۰/۰۰۱	۰/۰۲۶±۰/۰۰۱	۰/۰۲۸±۰/۰۰۲
NH_4^+(mg/l N)	۰/۰۳۱±۰/۰۰۵	۰/۰۶۸±۰/۰۳۳	۰/۰۲۰±۰/۰۰۶	۰/۰۳۰±۰/۰۰۲	۰/۰۱۰±۰/۰۰۳	۰/۰۲۱±۰/۰۰۷
NH_3 (µg/l)	۲/۲۶±۰/۵۵	۴/۳۲±۲/۷۲	۰/۸۷±۰/۳۵	۰/۸۵±۰/۰۷	۰/۰۸±۰/۰۲	۱/۰۰±۰/۸۹

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

	تیر ۹۴	مرداد ۹۴	شهریور ۹۴	مهر ۹۴	آبان ۹۴	آذر ۹۴
NO_2^- (mg/l N)	۰/۰۰۲±۰/۰۰۱	۰/۰۰۲±۰/۰۰۱	۰/۰۱۰±۰/۰۰۱	۰/۰۰۲±۰/۰۰۱	۰/۰۰۳±۰/۰۰۱	۰/۰۰۳±۰/۰۰۱
NO_3^-(mg/l N)	۰/۱۶±۰/۰۱	۰/۰۹±۰/۰۲	۰/۱۹±۰/۰۱	۰/۲۰±۰/۰۱	۰/۲۶±۰/۰۴	۰/۲۵±۰/۰۲
	دی ۹۴	بهمن ۹۴	اسفند ۹۴	فروردین ۹۵	اردیبهشت ۹۵	خرداد ۹۵
تراز آب (m)	۱۴۷۱/۷	۱۴۷۲/۷	۱۴۷۳/۳	۱۴۷۳/۵	۱۴۷۴/۶	۱۴۷۴/۴
دمای آب ($^{\circ}C$)	۶/۴۴±۰/۰۲	۶/۴۲±۰/۲۷	۱۰/۲۰±۰/۹۸	۱۳/۰۶±۰/۷۲	۱۸/۱۲±۰/۶۳	۲۱/۶۶±۰/۳۲
DO (mg/l)	۱۲/۰۴±۱/۲۷	۱۴/۴۹±۰/۵۹	۱۳/۹۱±۰/۵۶	۱۲/۸۱±۰/۷۵	۱۳/۰۶±۱/۷۰	۱۱/۱۸±۰/۵۰
BOD_5 (mg/l)	۲/۹۳±۰/۶۹	۵/۳۷±۰/۶۰	۱/۵۶±۰/۱۵	۱/۴۶±۰/۱۵	۳/۴۸±۰/۵۰	۲/۱۳±۰/۲۱
COD (mg/l)	۵/۲۰±۰/۸۶	۷/۲۰±۳/۲۶	۴/۰۰±۰/۸۹	۱۰/۰۰±۴/۰۶	۵/۶۰±۰/۹۳	۲۱/۰۰±۸/۰۳
pH	۷/۸۱±۰/۱۳	۷/۹۲±۰/۰۵	۷/۷۹±۰/۰۷	۷/۶۰±۰/۱۱	۸/۴۴±۰/۰۸	۸/۳۱±۰/۰۳
CO_2 (mg/l)	۲/۲۶±۰/۶۶	۲/۷۸±۰/۴۲	۱/۵۶±۰/۱۷	۲/۵۴±۰/۵۳	۰/۳۷±۰/۰۷	۰/۳۰±۰/۰۱
TA (mg/l)	۵۳/۶۰±۲/۳۴	۷۴/۰۰±۴/۴۷	۴۴/۴۰±۰/۶۰	۴۴/۸۰±۱/۹۱	۵۲/۰۰±۱/۹۰	۳۵/۲۰±۱/۱۱
EC (µs/cm)	۳۱۰±۳	۳۶۱±۱۳	۳۳۵±۸	۳۳۱±۱۵	۲۵۲±۱۱	۲۵۰±۴
TDS(mg/l)	۱۵۵±۲	۱۸۱±۷	۱۶۸±۴	۱۶۶±۷	۱۲۶±۶	۱۲۶±۲
TSS(mg/l)	۰/۰۲۰±۰/۰۰۱	۰/۰۲۳±۰/۰۰۲	۰/۰۲۹±۰/۰۰۳	۰/۰۳۴±۰/۰۰۳	۰/۰۲۹±۰/۰۰۲	۰/۰۲۲±۰/۰۰۱
شفافیت (m)	۲/۴۹±۰/۲۹	۱/۹۷±۰/۳۷	۱/۰۱±۰/۱۶	۰/۷۳±۰/۰۵	۰/۹۶±۰/۰۶	۱/۴۸±۰/۲۱
PO_4^{3-}(mg/l P)	۰/۰۱۴±۰/۰۰۱	۰/۰۲۰±۰/۰۰۳	۰/۰۱۴±۰/۰۰۷	۰/۰۲۰±۰/۰۰۶	۰/۰۱۳±۰/۰۰۲	۰/۰۱۳±۰/۰۰۲
TP (mg/l P)	۰/۰۴۲±۰/۰۰۳	۰/۰۴۸±۰/۰۰۲	۰/۰۳۸±۰/۰۰۷	۰/۰۴۰±۰/۰۰۴	۰/۰۴۳±۰/۰۰۲	۰/۰۳۸±۰/۰۰۴
NH_4^+(mg/l N)	۰/۰۳۴±۰/۰۰۸	۰/۰۵۰±۰/۰۰۵	۰/۰۴۹±۰/۰۰۲	۰/۰۳۹±۰/۰۱۷	۰/۰۳۳±۰/۰۱۰	۰/۰۳۲±۰/۰۱۵
NH_3 (µg/l)	۰/۵۱±۰/۱۹	۰/۶۹±۰/۱۲	۰/۶۷±۰/۰۷	۰/۵۵±۰/۳۴	۳/۷۲±۱/۵۰	۳/۳۱±۱/۷۰
NO_2^- (mg/l N)	۰/۰۰۲±۰/۰۰۱	۰/۰۰۶±۰/۰۰۱	۰/۰۰۲±۰/۰۰۱	۰/۰۰۸±۰/۰۰۱	۰/۰۰۳±۰/۰۰۱	۰/۰۱۵±۰/۰۰۲
NO_3^-(mg/l N)	۰/۱۸±۰/۰۴	۰/۳۱±۰/۰۶	۰/۱۸±۰/۰۲	۰/۲۱±۰/۰۳	۰/۲۰±۰/۰۲	۰/۳۲±۰/۰۳

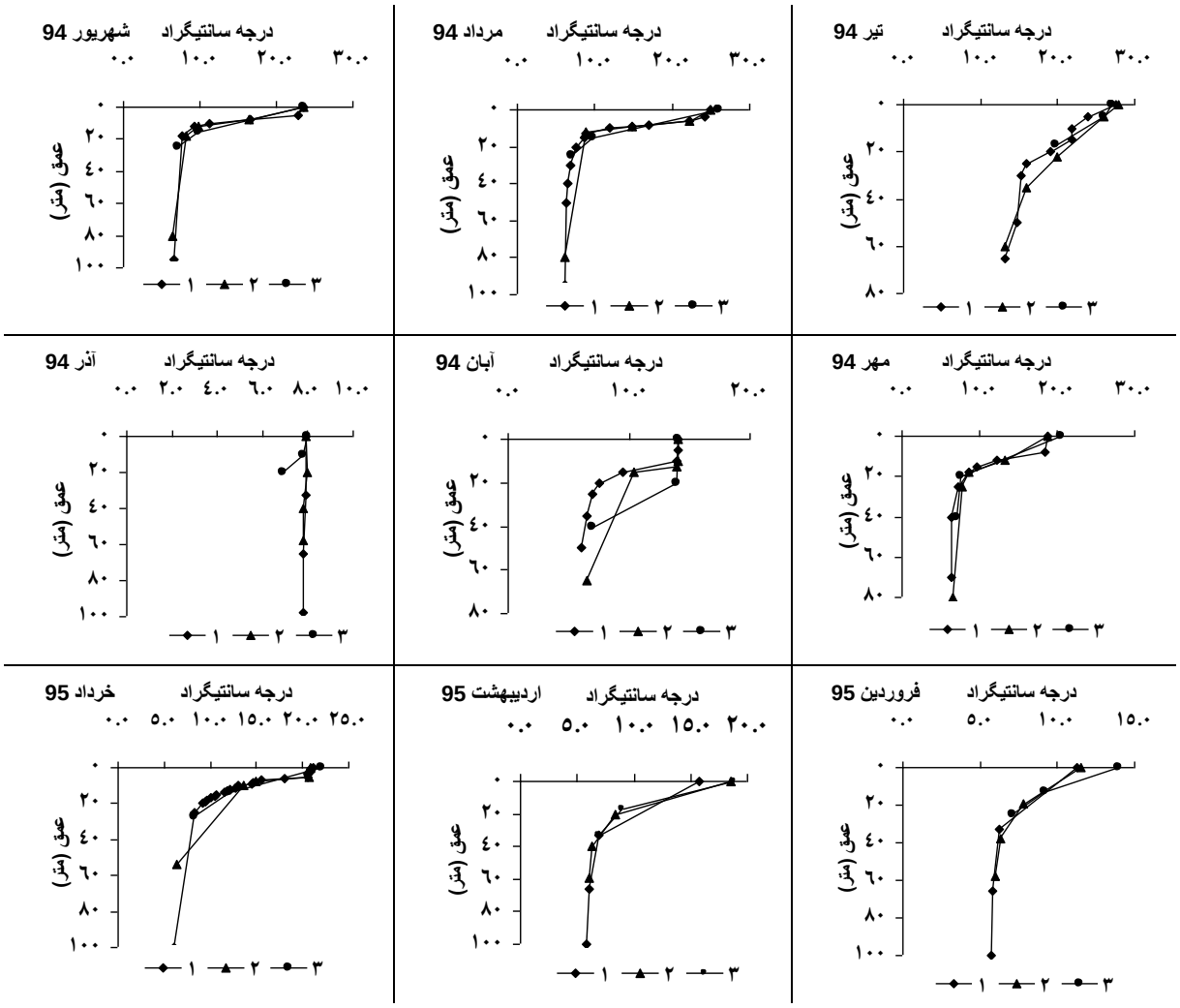
تغییرات شکست دمایی (لایه ترموکلاین) در ماههای مورد بررسی در شکل ۲ نشان داده شد. نتایج این شکل نشان می دهد که شکست دمایی (ترموکلاین) از ماه خرداد شروع و در ماه آذر پایان یافت. همچنین بیشترین شکست دمایی در ماه مرداد مشاهده گردید و با کاهش تدریجی به کمترین مقدار خود در ماه آذر رسید (جدول ۵).

جدول ۵: تغییرات شکست دمایی در ماههای مختلف دریاچه سد آزاد سنندج (سالهای ۹۵-۱۳۹۴)

Table 5: Thermal stratification changes during different months at Sanandaj Azad dam (2015-2016)

	لایه (متر)	دامنه دمایی	اختلاف دمایی به ازای هر متر (درجه سانتیگراد)
تیر ۹۴	۱۵-۲۵	۱۵/۹۰-۱۹/۰۰	۰/۶۰
مرداد ۹۴	۶-۱۲/۵	۱۲/۰۰-۲۲/۳۰	۲/۰۷
شهریور ۹۴	۵-۱۰	۹/۲۰-۲۲/۹۰	۱/۱۷
مهر ۹۴	۸-۲۵	۷/۳۰-۱۸/۵۰	۰/۶۶
آبان ۹۴	۱۰-۲۰	۷/۹۰-۱۳/۵۰	۰/۶۴
آذر ۹۴	۰-۲۰	۶/۹۰-۸/۰۰	۰/۰۵
فروردین ۹۵	۰-۳۳	۶/۲۰-۱۱/۳۰	۰/۱۶
اردیبهشت ۹۵	۰-۳۳	۶/۹۰-۱۵/۸۰	۰/۲۷
خرداد ۹۵	۵-۱۰	۱۳/۰۰-۲۰/۵۰	۱/۵۰

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]



شکل۲: تغییرات شکست دمایی (لایه ترموکلاین) در ماههای مختلف در سه ایستگاه ۱، ۲ و ۳ دریاچه سد آزاد سنندج (سالهای ۹۵-۱۳۹۴)

Figure 2: Thermal stratification (Thermocline) changes at stations number 1, 2 and 3 during different months at Sanandaj Azad dam (2015-2016)

بحث

سدها با کاربری های مختلف تک بعدی و چند بعدی مورد استفاده قرار می گیرند (Lecornu, 1998) لذا آنها را براساس کاربردشان به سدهای هیدرولیک، کنترل سیل و سیلاب، آبیاری و کشاورزی، مصارف محلی و صنعتی، پرورش ماهی، کشتیرانی، تفریحی تقسیم بندی می کنند. در حال حاضر بخش عمده ای از کاربری سدها و دریاچه ها در جهت اهداف شیلاتی معطوف شده است (Hall, 1971, Anon, 1997). سد آزاد نیز بعنوان یکی از سدهای مهم کشور جهت تولید برق، کشاورزی و اخیراً برای پرورش ماهی احداث شده است. بنابراین تهیه اطلاعات پایشی در دریاچه این سد از جنبه های مختلف (حفاظت و مدیریت، شیلاتی) دارای اهمیت است.

دمای آب با تاثیر بر نوع و میزان فعالیت گونه‌های بیولوژیکی، انحلال گازها، سرعت واکنش‌های شیمیایی و سرعت رسوب‌گذاری، از عوامل موثر و مهم بر تغییرات کیفی آب مخزن یک سد می باشد (توحیدی، ۱۳۷۷). به این ترتیب وجود اختلاف دما در بین لایه‌های مختلف آب

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

با اثر بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت آب را در لایه‌های مختلف متفاوت می‌سازد (رضازاده و همکاران، ۱۳۹۳). Guzman (2005) عنوان کرد که در مناطق مختلف میزان تغییر درجه حرارت در لایه بندی حرارتی متفاوت می باشد. بطوری که در مناطق غیراستوایی تغییر یک درجه یا بیشتر دمای آب به ازای هر متر عمق سبب ایجاد ترموکلاین می شود (Wetzel, 2001). در مخزن سد آزاد لایه بندی ضعیفی در طبقه فوقانی آب (اپی لیمیون)، در تیر ماه دیده شد که در مرداد ماه شدت گرفت و حتی عمق لایه ترموکلاین در مرداد به ۱۲ متررسید. عمق لایه بندی حرارتی با شدت کم‌تری تا اواخر مهرماه در لایه پایین تر ادامه یافت. با سرد شدن تدریجی هوا، سطح آب سردتر شده و اختلاف دمایی آن با عمق کاهش می‌یابد و سبب کاهش شدت لایه‌بندی حرارتی می‌شود. در این دوره که معمولاً ماههای آبان، آذر و اوایل دی را شامل می‌شود، لایه‌بندی بسیار ضعیف بود. در ماه‌های بهمن و اسفند، اختلاط کامل لایه‌ها در مخزن رخ داد که منجر به حذف لایه‌بندی حرارتی در زمستان شد. لایه‌بندی حرارتی در فصل زمستان زمانی تشکیل می‌شود که آب لایه سطحی به علت سرد بودن هوا به صفر درجه برسد و بر اثر یخ‌زدگی سبک‌تر از لایه های عمقی شود (دانش و همکاران ،۱۳۸۸). اما چنان‌که نتایج تحقیق حاضر نشان داد حداقل درجه حرارت هوا در ماه بهمن ۳/۳۲ درجه سانتیگراد بود. بنابراین، وجود شرایط دمایی بالای صفر درجه از لایه بندی زمستانه جلوگیری نمود. با شروع دوره گرما از اوایل فروردین مخزن مجدداً به تدریج وارد لایه بندی ضعیف شده که در اواسط خرداد ماه لایه‌بندی بخوبی مشهود بود. نتایج تحقیق حاضر با یافته های رضازاده و همکاران (۱۳۹۳) در سد مخزنی کرخه مطابقت دارد. Cox و همکاران (۱۹۹۸) و Vandermeulen (۱۹۹۲) مطرح کردند که اختلاط مصنوعی و یا هوادهی در سدها، لایه بندی حرارتی را به هم زده و سبب کاهش اختلاف درجه حرارت در لایه ترموکلاین می شود. در سد آزاد شکست دمایی در ماه خرداد با کاهش دمایی ۱/۵ درجه سانتیگراد به ازای هر متر صورت پذیرفت اما در تیر ماه بر خلاف انتظار، کاهش دمایی کم‌تر بود. این امر احتمالا بر اثر اختلاط مصنوعی آب بدلیل افزایش خروجی سد و کاهش سطح تراز آب در تیر ماه نسبت به خرداد ماه روی داد (جدول ۴). اما در ماههای بعد با افزایش سطح تراز آب این روند بطور منظم صورت پذیرفت. در پرورش ماهی دما و تغییرات آن نقش کلیدی در نوع گونه های منتخب دارد (Boyd & Tucker, 1998). تغییرات دمای آب در تمام ماهها و لایه های مختلف سد از ۴/۹۰ تا ۲۸/۰۰ درجه سانتیگراد بوده است که در دامنه درجه حرارت ماهیان سردآبی و گرم آبی (جدول ۲) می باشد. با توجه به میانگین دمای آب (کمتر از ۱۸ درجه سانتیگراد) در لایه ها و ماههای مختلف، آب این دریاچه احتمالا" از ماه مهر تا اوایل ماه اردیبهشت (۱۵/۰۰-۴/۹۰) برای پرورش ماهیان سردابی مناسب می-باشد.

اکسیژن محلول (DO) در سدهای مخزنی به شرایط فیزیکی، شیمیایی و فعالیت های بیولوژیکی وابسته است. اندازه گیری DO شاخص مناسبی برای کیفیت آب و تغییرات لیمنولوژیکی آن می باشد (Bartram & Balance, 1996). در تحقیق حاضر میانگین مقادیر اکسیژن در لایه سطحی اگرچه طی ماههای مختلف تفاوت نشان داد ولی همواره بالاتر از ۸ میلی گرم در لیتر بوده است. اما مقادیر اکسیژن در لایه عمقی برحسب زمان و تشکیل لایه ترموکلاین متفاوت بوده است. نحوه تغییرات اکسیژن محلول در اعماق مشابه دما بوده و زمانی که فرایند اختلاط در مخزن رخ داده است (ماه‌های بهمن و اسفند) همچنین، در ماه‌هایی که لایه‌بندی حرارتی به وقوع پیوسته است، یعنی از اواسط خرداد تا اواخر مهر تفاوت DO در لایه‌های تشکیل شده قابل توجه بوده و به ۹/۷۲ میلی‌گرم بر لیتر نیز می‌رسد. بطوریکه در این زمان کاهش اکسیژن کف تا حد کمتراز دو میلی گرم بر لیتر نیز ثبت شده است. نتایج نشان داد که در ماه خرداد علی رغم بیشترین شکست اکسیژنی، میزان اکسیژن در کف صفر نشد و حتی در عمق ۱۰۰ متر برابر ۶/۰۴ میلی گرم بر لیتر بود. اما در ماههای مرداد تا آذر اگرچه شکست اکسیژنی کمتر بوده است اما اکسیژن در لایه زیرین به کمترین مقدار تقلیل یافت. این امر احتمالا به دلیل لایه بندی شدید حرارتی و کاهش شدید اختلات عمودی آب و در نتیجه عدم جابجایی اکسیژنی از سطح به لایه عمقی

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

صورت پذیرفت. همان طور که پروفیل های عمودی اکسیژن محلول در ایستگاههای عمیق (۱، ۲ و ۳) نشان داد، در ماههای گرم سال همراه با لایه بندی حرارتی آب میزان اکسیژن محلول حتی به کمتر از یک رسید و شرایط کم اکسیژنی در کف حاکم شد که از مشخصات دریاچه یوتروف محسوب می‌شود (Wang *et al.*, 1999). در مجموع تغییرات اکسیژن محلول در این سد از سطح تا عمق ۶۰ متر بیش از ۵ میلی گرم بر لیتر در ماههای مختلف بوده است که در دامنه درجه حرارت ماهیان سردآبی و گرم آبی (جدول ۲) می باشد. همچنین این مقدار در محدوده حدمجاز کشورهای استرالیا، نیوزلند، نروژ برای تولید ماهیان بوده است (جدول ۳).

اتحادیه‌ی اروپا مقدار مناسب اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD_5) را برای حفاظت از آزادماهیان ۳≤ میلی گرم بر لیتر و برای کپورماهیان ۶≤ میلی گرم بر لیتر توصیه کرده است (Enderlein *et al.*, 1996). براین اساس، میانگین سالانه BOD_5 دریاچه‌ی سد آزاد (۲/۱۸ میلی گرم بر لیتر) درمحدوده‌ی آب‌های سالم جای دارد و همچنین براساس استاندارد جدول ۲ مناسب برای پرورش ماهیان سردآبی و گرم آبی می باشد. اتحادیه‌ی اروپا بر اساس غلظت COD آب ها را به ترتیب کاهش کیفیت به پنج رده‌ی خیلی خوب (کم‌تر از ۳)، خوب (۱۰-۳)، متوسط (۲۰ -۱۰)، بد (۳۰-۲۰) و بسیار بد (بیش‌تر از ۳۰) تقسیم کرده است (Enderlein *et al.*, 1996). سد آزاد در ماه های تیر و خرداد به ترتیب با مقادیر ۲۱/۲۰ و ۲۱/۰۰ ا در رده بد طبقه بندی شد. اما از کل داده های بدست آمده در ، فقط ۷/۱ درصد از COD بیش از ۲۰ میلی گرم برلیتر بود و براساس، میانگین سالانه COD (۹/۲۸ میلی گرم بر لیتر) دریاچه‌ی سد آزاد درمحدوده‌ی آب‌های خوب جای گرفت که براساس استاندارد جدول ۲ مناسب برای پرورش ماهیان می باشد.

pH بطور غیر مستقیم با اثر بر سختی، آلکالینیتی و دی اکسیدکربن بر کیفیت آب اثر می گذارد و همچنین بر سلامت ماهی موثر می باشد (Boyd & Tucker, 1998). از آنجاییکه pH خون ماهی ۷/۴۰ می باشد (Boyd, 1979) دامنه مناسب pH برای آبزیان آب شیرین برابر ۹-۶/۵ می باشد (جداول ۲ و ۳). pH کمتر از ۶/۵ سبب کاهش رشد برخی گونه ها خواهد شد (Lloyd, 1992). میانگین pH در ماهها، ایستگاهها و لایه های مختلف سد آزاد درمحدوده ۷ تا ۹ بوده است که با محدوده ی توصیه شده بوسیله کشورهای مختلف و همچنین تولیدات ماهی (جداول ۲ و ۳) مطابقت دارد. pH در محیط های طبیعی با دمای آب و میزان دی اکسیدکربن مرتبط می باشد (Boyd & Tucker, 1998). درتحقیق حاضرنتایج رگراسیون گام به گام pH در لایه های مختلف نشان داد که در این سد مخزنی اثردی اکسیدکربن با ضریب رگراسیون بالاتر برتغییرات pH موثرتر بوده است.

دی اکسید کربن بندرت عامل سمی برای ماهیان می باشد اما با افزایش زیاد غلظت دی اکسیدکربن در پرورش متراکم با اسیدی کردن خون ماهیان و کاهش جذب اکسیژن خون بعنوان یک عامل محدود کننده محسوب می شود (Sanni & Forsberg 1996). در شرایطی که میزان اکسیژن محلول به کمتر از ۲ میلی گرم بر لیتر برسد افزایش غلظت دی اکسیدکربن سبب مرگ ماهیان خواهد شد. در سد آزاد در اعماق نزدیک بستر محدوده غلظت اکسیژن محلول ۲/۲-۰/۶۴ میلی گرم بر لیتر در ماههای فصل تابستان و پاییز (ماههای شکست دمایی) بوده است و در همین اعماق محدوده میزان دی اکسیدکربن برابر ۱۰/۴-۵/۳۵ میلی گرم بر لیتر ثبت گردید که شرایط مناسبی برای برخی ماهیان در این اعماق نمی باشد. اما در لایه فوقانی این شرایط مشاهده نگردید و غلظت اکسیژن بیش از ۴ میلی گرم بر لیتر بوده و میانگین غلظت دی اکسید کربن به کمتر ۲/۵۰ میلی گرم برلیتر تقلیل یافته است. با مقایسه میانگین دی اکسیدکربن با مقادیر مجاز استاندارد جهت آبزی پروری (جدول ۲) می توان اظهار نمود که این غلظت برای ماهیان گرم آبی مناسب بوده است.

در محیط های طبیعی تنظیم تغییرات pH بوسیله آلکالینتی (TA) تعیین می گردد. میزان توصیه شده آلکالینتی در محیط طبیعی در محدوده ۵۰۰-۵ میلی گرم برلیتر تعیین گردید (Lawson, 1995). این محدوده برای آب شیرین در کشورهای استرالیا و نیوزلند بیش از ۲۰ میلی گرم بر لیتر در نظر گرفته شد و کمتر از این میزان از پایداری شیمی آب می کاهد (Wurts, 2002) (جدول ۳).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

همچنین Wurts (2002) بیان نمود که محدوده مناسب آلکالینتی برای ماهیان برابر ۹۲-۳۱ میلی گرم بر لیتر می باشد که با مقایسه نتایج این تحقیق (۱۰۰- ۳۲ میلی گرم بر لیتر) در می یابیم که غلظت این ترکیبات در محدوده توصیه شده بوده است. در تحقیق حاضر در طول دوره نمونه برداری افزایش ناگهانی pH مشاهده نشده و همچنین در محدوده استاندارد آبزی پروری بوده است. با توجه به این ثبات نسبی می توان گفت که آب در مخزن سد آزاد در محدوده آلکالینیتی پایین قرار دارد اما جزء آبهای سخت (TH=121-180 mg/$CaCO_3$ L) محسوب می‌شود که این عامل از تغییرات زیاد pH جلوگیری کرده است.

مواد جامد در آب به دو فرم معلق (TSS) و محلول (TDS) حضور دارند (APHA, 2005). مواد معلق از طریق گل و لای، تجزیه گیاهان و جانوران و همچنین از طریق پساب ها و فاضلاب های صنعتی و شهری ازدیاد می یابد. کاهش نفوذ نور به درون آب (کاهش فرایند فتوسنتز)، کاهش میزان اکسیژن، گرمای خورشید و افزایش دمای آب، کاهش دید و کاهش دریافت غذا توسط ماهیان، ترسیب بر برانش ماهیان و جلوگیری از تکثیر لارو تخم ماهیان از اثرات منفی افزایش مواد جامد معلق بر آبزیان می‌باشند (PHILMINAQ, 2008). در سد آزاد میزان TSS به کمتر از ۰/۵۰ میلی گرم بر لیتررسید که در محدوده مجاز استاندارد های استرالیا، نیوزلند، مالزی و سایر کشورها (جدول ۳) و نیز آبزی پروری (جدول ۲) بود.

اپتیمیم فشار اسمزی گونه های مختلف ماهی متفاوت می باشد (Stone & Thomforde, 2004). هدایت الکتریکی (EC) بدلیل تاثیر بر میزان فشار اسمزی دیواره سلولی برای موجودات آب شیرین مهم می باشد، میزان EC در سد آزاد در محدوده استاندارد آبزی پروری (جدول ۲) بود و بنابراین در بقای ماهیان سد مخزنی خللی وارد نخواهد شد. افزایش یونهای محلول سبب تخریب سلول های موجودات، کدورت آب، کاهش فرایند فتوسنتز و افزایش دمای آب خواهد شد (Mitchell & Stapp, 1992). در نتایج تحقیق حاضر بر اساس آزمون تی میزان TDS در لایه کف (۱۲±۱۶۷) نسبت به لایه سطحی (۱۸±۱۴۴) بطور معنی داری بیشتر بوده است ($p<0.05$) چون املاح معدنی در رسوبات بر تغییرات TDS کف اثر گذاشته است. در مخزن سد آزاد میانگین میزان TDS کمتر از ۲۱۰ میلی گرم بر لیتر بود که با مقایسه با استاندارد کنیا بیشتر بوده اما نسبت به استاندارد مالزی (جدول ۳) و آبزی پروری (جدول ۲) کمتر بود. محدوده تغییرات TDS در سد مخزنی آزاد (۲۰۵-۱۱۱ میلی گرم بر لیتر) نشانگرمحدوده زیستگاهی وسیع و محل مناسبی برای تولید گونه های استنوهالین[3] (common carp) وگونه های یوری هالین[4](trout) آبزی می باشد (Derry *et al.*, 2003).

شفافیت آب (SDD) به مقدار مواد معلق و محلول، جامدات معلق معدنی، پلانکتون‌ها، مواد غنی شده از مواد آلی و رنگی تشکیل شده بستگی دارد (Sanden & Hakasson, 1996; Aarup, 2002). Salie و همکاران (2008) گزارش کردند که برای پرورش ماهیان سرد آبی حداقل شفافیت آب جهت رویت غذا بیش از ۰/۵ متر و حداکثر عمق شفافیت ۵/۱۰ متر در نظر گرفته شده است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغییرات شفافیت آب در سد آزاد از ۰/۵۰ تا ۴/۰۰ متر متغیر بوده است که در دامنه شفافیت فوق می باشد اما بر دامنه شفافیت در جدول ۲ منطبق نبوده است.

از نظر اکولوژیکی فسفر یک عامل مهم در چرخه‌ی بیوژئوشیمیایی است و هر چقدر میزان فسفر در یک توده آبی بیشتر باشد، تمایل بیشتری برای افزایش بار تروفیکی و یوتریفیکاسیون وجود دارد (Furnas, 1992). منشاء آنتروپوژنیک ترکیبات فسفردار از کودها، سموم کشاورزی فسفره، پساب ها، فاضلابهای صنعتی و شهری، رواناب کشاورزی و خروجی پرورش آبزیان می باشد. غلظت فسفر در ناحیه کف که تجزیه مواد آلی بیشتر از لایه سطحی صورت می گیرد بطور معنی داری بیش از لایه سطحی می باشد (Maleri, 2011). چنانکه در تحقیق حاضر نیز میانگین فسفر معدنی کف بطور معنی داری بیش از لایه

[3]Stenohaline= an organism, usually fish, that cannot tolerate a wide fluctuation in the salinity (TDS) of water

[4] Euryhaline= organisms are able to adapt to a wide range of salinities (TDS)

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

سطحی بود (p<۰/۰۵). وجود یا عدم وجود اکسیژن عامل مهمی برای اکوسیستم آب و میزان فسفر آزاد در آن است (Nasrollahzadeh *et al.*, 2015). بنابراین در این تحقیق که از ماه تیر تا ماه آبان همراه با تشکیل لایه ترموکلاین، اکسیژن محلول در اعماق به کمتر از ۲ میلی گرم رسید، فسفرکل و فسفر معدنی نیز افزایش یافته است و از ماه آذر با از بین رفتن شکست دمایی و افزایش غلظت اکسیژن محلول غلظت فسفر کل و فسفر معدنی در کف کاهش یافت که با یافته های فوق مطابقت داشته است.

توزیع فصلی فسفر در سدها و دریاچه ها متغیر است و به ترکیبات شیمیایی نواحی اطراف، نوع استفاده از زمین، طبیعت مواد دیگر در دریاچه، گردش و مخلوط شدن سالیانه آب بستگی دارد. در سدها و دریاچه‌هایی که رودخانه به آن وارد می‌شود غلظت فسفر بوسیله رودخانه ورودی، به ویژه پس از باراندگی زیاد در منطقه، تنظیم می شود. در سد آزاد حداکثر غلظت فسفرکل و فسفر معدنی در ایستگاه رودخانه ای (ایستگاه ۵= رودخانه کوماسی) ثبت شد. زیرا ورود مواد مغذی از طریق رودخانه ها بهمراه ذرات معلق سبب افزایش آنها می شود (Temporetti & Pedrozo, 2000; Maleri, 2011). بنابراین در این سد کنترل ورودی فسفر (منابع داخلی و خارجی) نقش بسیار با اهمیتی در توازن اکولوژیکی مواد مغذی و کنترل شکوفایی جلبکی دارد. میانگین فسفر کل و فسفر معدنی در ماهها، ایستگاهها و لایه های مختلف به ترتیب در محدوده ۰/۲۵۷-۰/۰۲۱ و ۰/۱۲۱-۰/۰۰۱ میلی گرم بر لیتر بوده است که با محدوده ی توصیه شده در جدول ۳ در اکثر داده ها مطابقت دارد. شایان ذکر است که این مقادیر با محدوده ی کشورهای مختلف از قبیل استرالیا، مالزی، نیوزلند، فیلیپین و آمریکا (به غیر از نروژ) انطباق داشته است (جدول ۳).

در محیط های آبی دو فرم آمونیم (NH_4^+=یونیزه شده) و آمونیاک (NH_3=غیریونیزه شده) اندازه گیری می شود. یون آمونیوم بدلیل داشتن بار مثبت قادر به ایجاد پیوند با بعضی از مواد مانند رس است که در نهایت در رسوبات تجمع پیدا می‌کند. آمونیوم برای موجودات آبزی سمیتی ندارد و به راحتی توسط تولیدکنندگان اولیه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Beveridge, 2004; Pillay & Kutty, 2005). در نتایج تحقیق حاضر میانگین غلظت فرم آمونیم بین سطح و کف اختلاف معنی داری را نشان داد (p< ۰/۰۵). Maleri (2011) عنوان نمود که افزایش غلظت آمونیم در کف به فرایند تبادل مواد آلی نیتروژندار بین آب و رسوب و همچنین تجزیه آنها در شرایط اکسیژن کم وابسته می باشد. همانگونه نتایج نشان داد در شرایط کم اکسیژنی کف (از ماه تیر تا ماه آبان) غلظت آمونیم افزایش نشان داد و از ماه آذر که غلظت اکسیژن محلول تا ماه خرداد افزایش داشته است غلظت آمونیم روند کاهشی را نشان دادکه با یافته های فوق مشابهت داشته است.

فرم غیر یونیزه آمونیم (NH_3) یرای ماهیان سمی می باشد. درpH=۷، ۹۹/۶ درصد از آمونیاک کل به فرم غیر سمی NH_4^+ بوده ولی درpH=۱۱، تقریباً ۹۹ درصد از آمونیاک کل به فرم سمی NH_3 در آب دیده می‌شود. لذا با افزایش pH آب، مقدار NH_3 (فرم سمی) به شدت در آب افزوده می‌شود (Bartram & Balance, 1996). در نتایج بدست آمده در سد آزاد میانگین درصد فرم آمونیم (یونیزه شده) ۹۸ (۹۹/۸-۸۴/۸) و فرم آمونیاک (غیریونیزه شده) ۲ (۱۵/۲-۰/۲۰) بوده است که با توجه به دامنه pH (۸/۸-۶/۹) در سد آزاد، با تحقیق فوق مطابقت داشت. بطور کلی، در محیط های آبی غلظت آمونیاک کمتر از ۲۰ میکروگرم بر لیتر برای آبزیان بی ضرر پیشنهاد شده است. اثرات آمونیاک غیر یونیزه روی ماهی به میزان زیادی با نوع ماهی و شرایط محیطی تغییر می یابد. حد مجاز این فاکتور بطورکلی کمتر از ۲۵ میکروگرم بر لیتر پیشنهاد شده است (Alabaster & Llogd 1982). DWAF (1996) گزارش کرد که غلظت بیش از ۳۰۰ میکروگرم بر لیتر اثرات نامطلوبی بر ماهیان سردآبی میگذرد و همچنین غلظت بیش از ۱۰۰۰ میگروگرم بر لیتر سبب مرگ ماهیان گرم آبی (common carp) خواهد شد. نتایج تحقیقات حاضر در سد آزاد نشان داد که میانگین غلظت آمونیاک کمتر ۱۰ میکروگرم بر لیتر بود که کمتر از حد مجاز استاندارد های فوق، استاندارد پرورش (جدول ۲) و آب شیرین کشورهای مختلف (جدول ۳) بود و لذا در وضعیت کنونی مشکلی را برای آبزیان ایجاد نخواهد کرد. نیتریت یک ترکیب ناپایدار و حدواسط در چرخه نیتروژنی (DWAF, 1996) و یک گاز سمی در آب بوده که برروی

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

آبشش‌های ماهی اثر سمی داشته و در نهایت منجر به آسیب‌های بافتی می‌گردد. غلظت نیتریت در لایه سطحی بدلیل بالا بودن اکسیژن محلول کمتر می باشد و در کف سدها جایی که اکسیژن محلول کم باشد غلظت آن افزایش نشان میدهد (Bartram & Balance, 1996). چنانکه نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد در شرایط کم اکسیژنی کف (از ماه تیر تا آبان) غلظت نیتریت افزایش و از ماه آذر تا خرداد با افزایش غلظت اکسیژن محلول، غلظت آن روند کاهشی نشان داد. نتایج تحقیقات حاضر در سد آزاد نشان داد که میانگین غلظت نیتریت کمتر از ۰/۰۱۰ میلی‌گرم برلیتر بود که بسیار کمتر از حداکثر مجاز برای پرورش در آبهای سخت (آب سد آزاد در گروه آبهای سخت می باشد) و آب شیرین کشورهای مختلف (جدول ۳) بود و در نتیجه در وضعیت کنونی نیتریت سمیتی را برای ماهیان ایجاد نخواهد کرد.

نیترات فرم معدنی قابل استفاده برای تولیدکنندگان اولیه ولی بر عکس نیتریت سمی نمی‌باشد (مگر در غلظت‌های خیلی بالا که ممکن است برای ماهی مشکل‌ساز شود). عموماً در آبهای شیرین غیرآلوده غلظت ازت نیتراتی (NO_3/N) را کمتر از ۱/۱۳ میلی گرم بر لیتر در نظر می گیرند (DWAF, 1996). در سد آزاد، غلظت ازت نیتراتی در ماهها، ایستگاهها و لایه های مختلف، کمتر از ۱ میلی گرم بر لیتر ثبت گردید که با مقایسه با حد مجاز فوق جزء آبهای غیرآلوده دسته‌بندی می‌شود. همچنین این غلظت کمتر از حد مجاز استاندارد پرورش (جدول ۲) و آب شیرین کشورهای مختلف (جدول ۳) نیز بوده است.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان "مطالعه لیمنولوژی و ارزیابی ذخائر سد آزاد سنندج بمنظور فعالیت های شیلاتی" بوده که طی سالهای ۹۵-۱۳۹۴ در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر انجام گردید. بدینوسیله از موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور که زمینه علمی و آزمایشگاهی و نیز سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان (اداره کل شیلات) که پشتیبانی مالی این تحقیق را فراهم آورده اند کمال سپاسگزاری به عمل می آید. همچنین از کلیه همکاران و دست اندرکاران محترم در بخش اکولوژی و نیز نمونه برداران پژوهشکده، مدیران و کارشناسان شیلات کردستان و همچنین پرسنل سد آزاد سنندج سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

توحیدی، ح.، ۱۳۷۷. تحقیق در رابطه با عوامل موثر در تغییرات کیفی آب مخزن سد طرق و ارایه روش‌های بهینه کردن آب دریاچه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۷۸ صفحه.

دانش، ش.، خیامی، م.، خداشناس، س. ر. و داوری، ک. ۱۳۸۸. شبیه‌سازی شرایط کیفی مخازن سدها (مطالعه موردی- مخزن سد طرق)"، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۹-۱۷ :(۱)۲۳.

رضازاده، ن.، نظریها، م. و امین سارنگ، ا.، ۱۳۹۳. مدیریت کیفیت آب خروجی از مخزن سد کرخه با انتخاب تراز تخلیه مناسب. پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۵، شماره ۹، بهار و تابستان ۱۳۹۳، صفحات ۱۳۶-۱۲۵.

سعیدی، پ.، مهردادی، ن.، اردستانی، م. و باغوند، ا.، ۱۳۹۲. شبیه سازی لایه بندی حرارتی و غلظت اکسیژن محلول با استفاده از مدل Ce–Qual-W2 (مطالعه موردی: مخزن سد شهید رجائی) مجله محیط شناسی، ۳۹(۴)، صفحات ۱۸۰-۱۷۱.

شرکت مدیریت منابع آب ایران. ۱۳۹۱. تغذیه گرایی مخازن سدها و راهکارهای مقابله. بخش محیط زیست و کیفیت منابع آب ، وزارت نیرو، تهران.۵۹ صفحه.

علیزاده اصالو، ژ.، پورآذری، ع.م.، نکویی فرد، ع.، صیدگر، م.، یحیی زاده، م.ی.، شیری، ص. و علیزاده کلشانی، م.، ۱۳۹۴. بررسی مقطعی روند تغییرات کیفی آب دریاچه پشت سد ارس. فصلنامه اکوبیولوژی تالاب، سال۶، شماره ۲۳ ، صفحات ۱۴-۵.

نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق آ.، یعقوب زاده، ز. و قیاسی، م.، ۱۳۹۵. بررسی مقایسه ای شاخص

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

هـای کیفیـت آب سـد شـهید رجـایی (اسـتان مازنـدران-سـاری). مجلـه آب و فاضـلاب، ناشـر مهندسین مشاور طـرح و تحقیقـات آب و فاضـلاب. ۱۲ صفحه.

میرزاجانی، ع.ر.، ۱۳۹۲. مطالعه دریاچه سد خاکی تـوده بین استان زنجان به منظـور امکـان آبـزی پـروری. پژوهشکده آبـزی پـروری آبهـای داخلـی، موسسـه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۷۳ صفحه.

میرزاجـانی، ع.ر.، عباسـی، ک.، سـبک آرا ، ج، مکارمی، م.، عابدینی، ع. و صیاد بـورانی، م.، ۱۳۹۱. لیمنولوژی دریاچـه الیگـو- مزوتـروف تهـم دراستان زنجان. مجله زیست شناسـی ایـران، جلـد ۲۵، شماره ۱، صفحات ۸۹-۷۴.

Aarup, T., 2002. Transparency of the North Sea and Baltic Sea – a Secchi depth data mining study. Oceanologia, 44: 323-337.

Alabaster, J.S. and Lloyd, R., 1982. Water Quality Criteria for Freshwater Fish.2nd Edition.Food and Agriculture Organization of the United Nations. Butterworth's, London (UK), 361P.

Anon. 1997. Report of the First Session of the Advisory Committee on Fishery Research. FAO Fisheries Report 571, Rome, 34P.

APHA., 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association.Centennial edition, Washington, USA.1113P.

Bartram, J., and Balance, R., 1996. Water Quality Monitoring- A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programs, Published on behalf of UNDP & WHO Chapman & Hall, London. 383P.

Beveridge, M.C.M., 2004. Cage Aquaculture. Blackwell Publishing. Third Edition. pp.111-158.

Boyd, C.E., and Tucker, C.S., 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management, Kluwer Academic Publishers, USA. pp: 507-512.

Boyd, C.E., 1979. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Published by Auburn University Agricultural Experiment Station, Auburn, AL, USA. 359P.

Cox, J.D., Padley., M.B. and Hannon, J., 1998. Use of computational fluid dynamics to model reservoir mixing and destratification. Water Science and Technology. 37(2): 227-234.

Derry, A.M., Prepas, E.E., and Hebert, P.D.N., 2003. A comparison of zooplankton communities in saline lakewater with variable anion composition. Hydrobiologia, 505: 199-215.

DWAF. 1996. South African Water Quality Guidelines (second edition). Volume 5: Agricultural Use: Livestock Watering. 209P.

Enderlein, U.S., Enderlein, R.E., and Williams, W.P., 1996. Water Quality Requirements. In: Chapman D. (Ed.) 1996. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Ed., Published on behalf of UNESCO, WHO and UNEP by E&FN Spon London, UK. ISBN 0419229108. 64P.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

FAO/WHO., 2006. Committee on Food Additives. Technical Report Series no. 776. Geneva. 64P.

Furnas, M.J., 1992. The behavior of nutrients in tropical aquatic ecosystems. p. 29-68. In: Connell, D.W. and D.W. Hawker (eds.). Pollution in Tropical Aquatic Systems. CRC Press. Inc., London, U.K.

Guzman, C.D., 2005. Limnological investigations in Lake San Pablo, a high mountain lake in Ecuador. Ph.D thesis, Technischen Universität, Berlin [Online]. [Accessed 3 February 2007]. Available from World Wide Web: http://edocs.tu-berlin.de/diss/2004/casallas_jorge.pdf.

Hall, G.H., 1971. Reservoir fisheries and limnology, American Fisheries Societies, Special Poblication, No.8. Washington D.C. USA. 511P.

Lawson, T.B., 1995. Fundamentals of Aquacultural Engineering. New York: Chapman and Hall.

Lecornu, J., 1998. Benefits and Concerns About Dams. Paper presented at Water and Sustainable Development International Conference, Paris, France, 19-21 March.

Lloyd, R., 1992. Pollution and Freshwater Fish. Oxford ; Cambridge, MA, USA : Fishing News Books ; Cambridge, MA : Distributor, Blackwell Scientific Publications. 176P.

Maleri, M., 2011. Effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on Western Cape irrigation dams. Doctoral dissertation, Stellenbosch University: Stellenbosch.296P.

Mitchell, M.K. and Stapp, W.B., 1992. Field Manual for Water Quality Monitoring, an environmental education program for schools. GREEN:Ann Arbor, MI. 145P.

Nasrollahzadeh Saravi, H., Pourariya, A. and Nowrozi, B., 2015. Phosphorus forms of the surface sediment in the Iranian coast of the Southern Caspian Sea. Caspian Journal of Environmental Sciences, 13(2):141-151.

PHILMINAQ (Philippines Aquaculture)., 2008. Water quality criteria and standards for freshwater and Marine Aquaculture. Bureau of Fisheries and Aquatic Resources- Mitigating Impact of Aquaculture in the Philippines (BFAR)-Project, Diliman, Quezon City (www. Philminaq.eu), 34P.

Pillay, T.V.R. and Kutty, M.N., 2005. Aquaculture principles and practices. Second Edition.Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 624P.

Salie, K., Resoort, D., Du Plessis, D. and Maleri, M., 2008. Training manual for small-scale rainbow trout farmers in net cages on irrigation dams: Water quality, Production and Fish Health. Water Research Commission, Pretoria, South Africa, WRC Report No.TT 369/08.

Sanden, P. and Hakansson, B., 1996. Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea. Limnolog and Oceanogrphy, 41: 346-351.

Sanni, S. and Forsberg, O.I., 1996. Modeling pH and carbon dioxide in single-pass seawater aquaculture systems, Aquaculture Engineering, 15: 91−110.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

Sapozhnikov, V.N., Agativa, A.E., Arjanova, N.V., Nalitova, E.A., Mardosova, N.V., Zobarowij V.L. and Bandarikov, E.A., 1988. Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients. VNIRO publisher: Moscow, Russia.105P.

Siapatis A., Giannoulaki, M., Valavanis, V.D., Palialexis, A., Schismenou, E., Machias, A. and Somarakis, S., 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. Hydrobiologia, 612: 281–295.

Stone, N.M. and Thomforde, H.K., 2004. Understanding Your Fish Pond Water Analysis Report. Cooperative Extension Program, University of Arkansas at Pine Bluff Aquaculture/ Fisheries. 14P.

Temporetti, P.F. and Pedrozo, F.L., 2000. Phosphorous release rates from freshwater sediments affected by fish farming. Aquaculture Research, 31, 447-455.

Vandermeulen, H., 1992. Design and testing of a propeller aerator for reservoirs. Water Research. 26(6) :857-861.

Wang, S.H., Huggins, D.G. and deNoyelles, F., 1999. An analysis of the Trophic State of Clinton Lake. Journal of Lake and Reservoir Management, 15: 239-250.

Wetzel, R.G., 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems, Third edition. Academic Press, San Diego. 429P.

Wurts, W.A., 2002. Alkalinity and Hardness in Production Ponds. World Aquaculture, 33(1): 16-17.

Yi, Y., Lin, C.K. and Diana, J.S., 2003. Techniques to mitigate clay turbidity problems in fertilized earthen fish ponds. Aquacultural Engineering, 27: 39-51.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

Study on physico-chemical characteristics of Azad dam reservoir (Sanandaj) in order to fisheries activities

Narollahzadeh Saravi H.[1]*; Parafkandeh F.[2]; Fazli H.[1]; Mirzaei R.[3]; Hosseinpour H.[3]; Afraei M.A.[1]; Nasrollahtabar A.[1]; Makhlough A.[1]; Vahedi N.[3]

* hnsaravi@gmail.com

1- Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Mazandaran, Iran
2- Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
3- Fisheries Affair, Jihad-Agriculture of Kurdistan Organization

[Downloaded from isfj.ir on 2025-08-13]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1395.25.5.15.3]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110321]

Abstract

Dam reservoirs have important rules in aquaculture and fish farming in many countries. In this regard, water samples of Azad Dam reservoir (Sanandaj) were collected at five stations from July 2015 to June 2016. Then, the results of 18 physico-chemical parameters were compared with the aquaculture standards and thresholds. Results showed that thermocline and oxycline was started from June and they vanished in December. Maximum level of thermal and oxygen stratified were registered during August and June, respectively. Mean of the most physico-chemical parameters were significantly different between surface and bottom layers (T-Test, $p<0.05$). Mean of temperature, dissolved oxygen, total alkalinity, total hardness, pH, total suspended solid, total dissolved solid and nutrients were in range of standard threshold of different countries. As a result, based on physico-chemical parameters and with proper management decision, the dam reservoir could be considering suitable for standard pattern of aquaculture activities.

Keywords: Physico-chemical characteristics, Aquaculture, Azad dam reservoir, Sanandaj, Kurdistan

*Corresponding author