

## بررسی کیفیت آب مخزن سد مهاباد با استفاده از شاخص نوتنی و گراف والن وایدنر

نوید پرچی<sup>۱</sup>، بایرامعلی محمدنژاد<sup>۲</sup>، جواد بهمنش<sup>۳\*</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۲/۰۵

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه ارومیه

۲- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه صنعتی قم

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

\*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: j.behmanesh@urmia.ac.ir

### چکیده

سد مخزنی مهاباد نقش مهمی در تأمین آب کشاورزی و آشامیدنی شهرستان مهاباد دارد. بنابراین کیفیت آب مخزن این سد به لحاظ شرایط استراتژیک آن از اهمیت بسزایی برخوردار بوده و به همین علت به‌عنوان هدف این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا از شاخص نوتنی و گراف والن وایدنر استفاده شد. در گام اول داده‌های کیفی سه ایستگاه SW4، SW7 و SW8، که به ترتیب مبین وضعیت کیفی شاخه‌های کوتر، بیطاس و مخزن اصلی سد می‌باشند، در یک دوره زمانی از دی ماه سال ۱۳۸۹ تا آذر ماه سال ۱۳۹۰ جمع‌آوری گردید. در گام بعدی وضعیت تغذیه‌گرایی هر یک از ایستگاه‌ها، توسط شاخص‌های ارائه شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که غلظت فسفر کل، نیترژن کل، کلروفیل a و درصد اشباع اکسیژن محلول در لایه زیرین مخزن در محدوده تغذیه‌گرایی شدید قرار دارد. از بین این شاخص‌های ذکر شده فسفر در طول دوره مطالعه دارای غلظتی بیش از ۰/۰۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد که طبق استاندارد جهانی شرب یک عامل مهم در ایجاد تغذیه‌گرایی در مخزن است. شاخص‌های ارائه شده نشان داد که یک شرایط تغذیه‌گرایی شدید و خطرناک بر مخزن سد مهاباد حاکم می‌باشد. غلظت شاخص‌های کیفی فراتر از استانداردهای جهانی بوده که این امر وضعیت نامطلوبی را ایجاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: تغذیه‌گرایی، سد مهاباد، شاخص کیفی آب، فسفر کل

## Investigation of Water Quality in Mahabad Dam Reservoir Using Novotny Index and Vollenweider Graph

N Parchami<sup>1</sup>, B Mohammadnezhad<sup>2</sup>, J Behmanesh<sup>\*3</sup>

Received: 21 September 2014 Accepted: 25 April 2015

1- M.Sc Graduate of Water Structure, Faculty of Agric., Univ. of Urmia, Urmia, Iran

2- Assist. Prof. Dept. of Civil Engin., Faculty of Engin., Qom Univ. of Tech., Qom, Iran

3- Assoc. Prof., Dept. of Water Engin., Faculty of Agric., Univ. of Urmia, Urmia, Iran

\* Corresponding Author, Email: j.behmanesh@urmia.ac.ir

### Abstract

Mahabad reservoir dam plays an important role in supplying agricultural and drinking water for Mahabad city. Therefore, the water quality of this reservoir because of its strategic situation is important, and has been investigated as the goal of this research. In this regard, Novotny index and Vollenweider graph were used. At the first step, water qualitative data in three stations of SW4, SW7 and SW8, that are indicators of water quality conditions in Koter, Beytas branches and main reservoir, were collected in the period time of January 2010 to December 2011 respectively. At the next step, the Eutrophication condition was studied, using the selected indices, in each station. The results showed that the Total Phosphor, Total Nitrogen, Chlorophyll a and saturation percentage of Hypo-limnetic Oxygen concentration were in the high Eutrophic level in sub layer of the reservoir. Among the mentioned parameters, the concentration of Phosphor was more than  $0.02 \text{ mgL}^{-1}$  and according to the universal standards it was an important agent in creation of the Eutrophication. The presented indices showed that an intensive and dangerous eutrophication was governed in Mahabad dam reservoir. The concentrations of qualitative indices were beyond the universal standards so that this situation was creating an undesirable condition.

**Keywords:** Eutrophication, Mahabad dam, Total phosphor, Water quality index

### مقدمه

کیفیت منابع آب شیرین برای مصارف مختلف خصوصاً شرب می‌باید در اولویت برنامه‌های مدیریتی قرار گیرد. کیفیت آب در مخازن سدها نیز همانند دریاچه‌ها تحت تاثیر فرایند مغذی شدن قرار دارد. تغذیه‌گرایی فرآیندی است که در اعماق آب دریاچه‌ها به دلیل جمع شدن بیش از حد مواد غذایی در میان رسوبات و پیکره آب

امروزه با وجود پیشرفت‌های روزافزون صنعتی و با روی آوردن به کشاورزی مدرن ممکن است که بعضی از مسائل جوامع بشری مرتفع نشود ولی عدم توجه به اصول بهره‌برداری از مخازن، پسماندها، فاضلاب‌ها و رها سازی آنها به داخل منابع آب‌های شیرین می‌تواند نتایج جبران ناپذیری داشته باشد. از این رو بررسی

سازی رفتار کیفی آب در مخزن در دست احداث ایزیکلی جهت تأمین آب آشامیدنی آنکارا پرداختند. این مدل جهت تعیین افت بالقوه کیفیت آب در اثر بارهای آلودگی مختلف استفاده و نتایج شبیه‌سازی با استانداردهای کیفیت آب آشامیدنی مورد مقایسه قرار گرفت تا جهت تعیین راهبردهای مدیریتی کنترل کیفیت آب مخزن و حوضه آبریز اقدام گردد. وو و همکاران (۲۰۰۴) برای شبیه‌سازی حرارت و پارامترهای کیفی در مخزن سد شیمن در تایوان، مدل دو بعدی CE-QUAL-W2 را برای شبیه‌سازی غلظت کلروفیل نوع a تحت سناریوهای مختلف اختصاص بار آلاینده بکار بردند. کیم و کیم (۲۰۰۶) به شبیه‌سازی حرارت و جریان‌های گل آلود در شرایط آب و هوایی موسمی در سد مخزنی سویانگ در کره پرداختند. واسنجی مدل با استفاده از داده‌های موجود بین جولای تا سپتامبر ۱۹۹۶ انجام شد. چوی و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی تأثیر افزایش حجم مخزن بر هیدرودینامیک و پارامترهای کیفی پرداختند. پس از واسنجی و صحت سنجی مدل اثر افزایش حجم مخزن را بر لایه‌بندی توسط مدل مورد پیش‌بینی قرار دادند. نتایج نشان داد که پس از بازسازی سد لایه بندی حرارتی شدیدتر شده و دوره آن نیز افزایش می‌یابد. ویسی و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی روند بروز تغذیه‌گرایی در مخزن سد اکباتان همدان پرداختند، ایشان در این مطالعه با اندازه‌گیری ماهانه تغییرات غلظت نترات، فسفات و کلروفیل a در طی ماه‌های سال ۱۳۸۹ به بررسی وضعیت تغذیه‌گرایی در دریاچه مذکور با استفاده از شاخص‌های غنی سازی کارلسون، چاپرا و والن واید پرداختند که نتایج نشان می‌دهد مغذی‌ترین وضعیت در فصول گرم اتفاق می‌افتد. بختیار نژاد و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی آلودگی عناصر سنگین کروم و کادیوم در رودخانه کارون در محدوده شهر اهواز پرداختند، ایشان با استفاده از شاخص‌های کیفی کرومکل و نووتی نشان دادند که رودخانه مذکور از نظر عنصر کروم در کلاس ۴ و از نظر غلظت کادیوم در کلاس IB قرار دارد. کارآموز و همکاران (۱۳۸۷) به ارزیابی اثر بهترین راهکارهای مدیریتی در کاهش بار مواد مغذی ورودی

مخزن یا دریاچه و فعالیت میکرو ارگانیسم‌ها و به تبع آن رشد بی رویه گیاهان آبی رخ داده و باعث ضایع شدن کیفیت آب دریاچه می‌گردد. طی دهه‌های اخیر راهکارهای متعددی در مراحل شناسایی، پیشگیری و اقدامات اصلاحی در جهت افزایش کیفیت منابع آب توسط محققین مختلف ارائه شده است. روند تغییر کیفیت آب در زمان‌های پیشین یک فرآیند کند بوده ولی در دهه‌های اخیر به دلیل شسته شدن کودهای شیمیایی، مواد پاک‌کننده و رهاسازی فاضلاب‌های صنعتی، روستایی، شهری و کشاورزی (کودها و سموم کشاورزی) به رودخانه‌ها، سبب افزایش پوشش گیاهی به علت افزایش عناصری نظیر ازت، کربن، سیلیسیم و فسفر شده که سلول‌ها جهت رشد به میزان نسبتاً بالایی از آن‌ها نیاز دارند. روستائی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی لایه‌بندی حرارتی در مخزن سد لتیان پرداختند. نتایج نشان داد که مخزن سد لتیان دارای یک دوره لایه‌بندی هفت ماهه می‌باشد، که در اواسط فروردین شروع شده و حدوداً در اوایل آبان ماه از بین رفته و واژگونی یا اختلاط در مخزن رخ می‌دهد. این لایه بندی باعث می‌گردد تا به تدریج مواد آلی و رسوبات ته‌نشین شده در کف زیاد شده و در هنگام اختلاط مخزن موجب گسترش پدیده تغذیه‌گرایی در مخزن شود. علی‌کیا و همکاران (۱۳۸۳) به بررسی لایه‌بندی حرارتی و TDS مخزن سد کرخه طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۹ پرداختند. تحقیق ایشان نشان داد که با کاهش ۵۰٪ بار TDS در ورودی، غلظت TDS در خروجی به میزان ۴۰٪ کاهش می‌یابد. روزبھانی و ساعدی (۱۳۸۷)، به بررسی لایه‌بندی حرارتی و تغذیه‌گرایی در مخزن سد مخزنی در دست احداث پیغام چای کلیبر پرداختند. دانش و همکاران (۱۳۸۸) لایه‌بندی کیفی آب سد طرق در استان خراسان رضوی را به لحاظ حرارتی و شوری در طی یک دوره دوساله شبیه‌سازی و مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. بیلز و دیورجینو (۱۹۹۸) کاربرد موفق‌تری را از مدل CE-QUAL-W2 بر روی دریاچه رادیس گزارش کرده‌اند. داده‌های پایش حکایت از مغذی بودن دریاچه داشت. گوندوز و همکاران (۱۹۹۸) با استفاده از مدل دو بعدی CE-QUAL-W2 به شبیه‌

مجموعه این مشخصه‌ها سبب ایجاد آب و هوا و اقلیمی سرد و خشک در منطقه شده است. موقعیت جغرافیایی این سد در طول شرقی ۴۵ درجه و ۴۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه و عرض شمالی، ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه و ۳۰ ثانیه جغرافیایی می‌باشد. مشخصات کلی سد در جدول ۱ آورده شده است. اهداف اصلی این سد مصارف کشاورزی پایاب حدود ۱۴۳/۸ میلیون مترمکعب بوده و اخیراً با توجه به تغییر الگوی کشت و افزایش میزان محصولات پر مصرف انتظار می‌رود این رقم افزایش یابد. مصرف شرب شهر مهاباد بالغ بر ۱۴/۴ میلیون مترمکعب بوده و صنعت نیروگاه برقایی نیز به عنوان اهداف تکمیلی و از جریان آب آزاد شده برای مصارف پائین‌دست مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. از اهداف ثانویه می‌توان به کنترل سیلاب و حفظ محیط زیست پایاب و پرورش ماهی در مخزن سد اشاره نمود.

به مخزن سد با استفاده از مدل SWAP و شاخص والن وایدِر در سد ستارخان پرداختند. امروزه جایگاه سدها به لحاظ تامین آب شرب مورد نیاز بر کسی پوشیده نیست، لذا توجه کافی به کیفیت آب استحصالی از سدها را می‌باید در اولویت برنامه‌های مدیریتی گنجانند. به لحاظ اهمیت سد مهاباد در تامین آب شرب این شهرستان، هدف از تحقیق حاضر مطالعه تغییرات پارامترهای کیفی آب در مخزن سد و تعیین وضعیت تغذیه‌گرایی آن براساس شاخص‌های کیفی می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

سد مخزنی مهاباد واقع در استان آذربایجان غربی در حوضه رودخانه مهاباد و در یک کیلومتری غرب شهر مهاباد قرار دارد. حوضه رودخانه مهاباد ناحیه‌ای است نسبتاً هموار و کم ارتفاع، واقع در عرض جغرافیایی نسبتاً بالا و دور از دریاهاى آزاد که

جدول ۱- مشخصات عمومی سد مهاباد.

نوع سد	سنگریزه‌ای با هسته رسی
بیشینه ارتفاع	۴۷/۵ متر
رقوم تاج	۱۳۶۱/۵ بالاتر از سطح دریا
رقوم پی سد	۱۳۱۴ متر
رقوم نرمال سطح آب	۱۳۵۸/۵ متر بالاتر از سطح دریا
بیشینه رقوم سطح آب	۱۳۵۹ متر بالاتر از سطح دریا
مساحت دریاچه	۱۱ کیلومترمربع
حجم مفید	۱۶۹/۴ میلیون مترمکعب

### گراف والن وایدِر<sup>۱</sup>

گراف والن وایدِر روش تجربی برای ارزیابی کیفیت آب به شمار می‌رود، در این گراف با استفاده از محاسبه میزان غلظت پارامترهای ورودی، محاسبه زمان ماند، عمق متوسط مخزن و بار فسفر ورودی به مخزن، از نظر تغذیه‌گرایی سه ناحیه شاداب، متوسط و مغذی وجود دارد.

شکل ۱ موقعیت جغرافیایی سد مهاباد را نشان می‌دهد. این سد بر روی رودخانه مهاباد که از تلاقی دو شاخه به نام‌های کوتر و بیطاس تشکیل می‌شود، احداث گردیده است. همچنین در این شکل موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری داده‌های کیفی مخزن و رودخانه مشخص شده است.

<sup>۱</sup>Vollenweider

شده و دیگر اطلاعات مورد نیاز در طول یک دوره یک-ساله از دی ماه ۱۳۸۹ تا آذر ماه ۱۳۹۰ جمع آوری گردید.

### نتایج و بحث

#### فسفر کل

در شکل‌های ۳ تا ۵ تغییرات فسفر کل در ایستگاه‌های نمونه‌برداری نشان داده شده است. در این شکل‌ها، خط قائم معادل عدد  $0.2$  میلی‌گرم در لیتر به‌عنوان مرز بین تغذیه‌گرایی متوسط و تغذیه‌گرایی شدید می‌باشد (بی-نام 2000). مطابق شکل کلیه مقادیر اندازه‌گیری شده فسفر کل در مخزن در محدوده تغذیه‌گرایی شدید قرار می‌گیرد. نکته مهم در پروفیل‌های ارتفاعی، افزایش مقدار فسفر کل در کف مخزن بخصوص در مرداد ماه و شهریور ماه می‌باشد. از آنجایی که مخزن سد مهاباد در طول فصول گرم لایه‌بندی حرارتی تابستانه دارد، به طوری که نقطه اوج این لایه‌بندی در مرداد ماه و شهریور ماه رخ می‌دهد، لذا این مسئله نشان دهنده رها-سازی فسفر از کف مخزن در اوج دوره لایه‌بندی حرارتی مخزن می‌باشد.

#### نیترژن کل

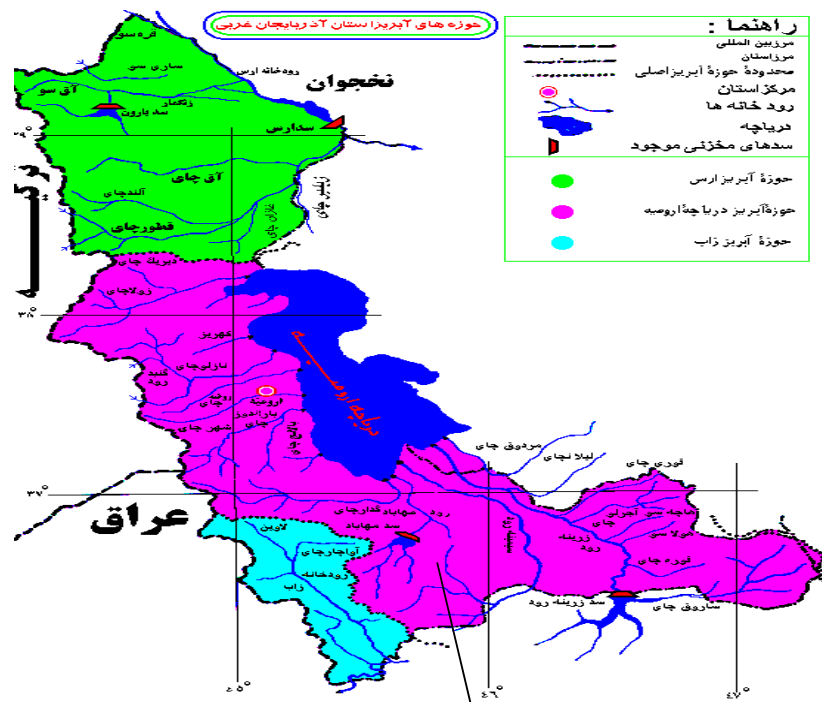
در شکل‌های ۶ تا ۸ تغییرات نیترژن کل در ایستگاه‌های مذکور نشان داده شده است. مرز بین تغذیه‌گرایی متوسط و شدید در این پارامتر  $1/9$  میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. براساس این معیار در تمام ماه‌های نمونه برداری غلظت نیترژن کل از  $1/9$  میلی‌گرم بر لیتر بیشتر بوده و مخزن مغذی محسوب می‌گردد.

محور افقی آن نسبت عمق متوسط مخزن بر حسب متر به زمان ماند آب در داخل مخزن بر حسب سال را نشان می‌دهد. محور عمودی (LP) پارامتری است که از تقسیم میزان فسفرمخزن در طول سال بر مساحت دریاچه به دست می‌آید که طبق گراف تجربی والن وایدِر یکی از شاخصه‌های اصلی در تحلیل کیفیت آب به حساب می‌آید. طبق تحقیقات صورت گرفته توسط والن وایدِر و براساس پارامترهای ذکر شده برای حالت‌های مختلف تغذیه‌گرایی در مخازن آب مرز بندی طبق شکل ۲ ارائه گردیده است.

همان‌گونه که از شکل پیداست با افزایش میزان غلظت فسفر در مخزن و یا با افزایش زمان ماند آب، مخزن به سمت تغذیه‌گرایی پیش می‌رود.

در مطالعه حاضر از شاخص نوتنی نیز به‌عنوان یکی از شاخص‌های مطرح در زمینه بررسی کیفیت آب استفاده شد. در این شاخص از پارامترهای کیفی آب شامل: فسفر کل، کلروفیل a، درصد اشباع اکسیژن محلول زیرلایه و عمق شفافیت آب یا عمق سکی ۲ (عمق سکی بیشینه عمقی است که اگر یک صفحه فلزی دایره ای به قطر ۲۰ سانتی‌متر و به زنگ‌های سیاه و سفید به‌طور افقی در آن قرار گیرد، از سطح آب قابل تشخیص باشد) استفاده گردیده و نهایتاً طبق جدول ۲ می‌توان وضعیت مخازن آبی را از لحاظ کیفی و تغذیه‌گرایی تعیین نمود.

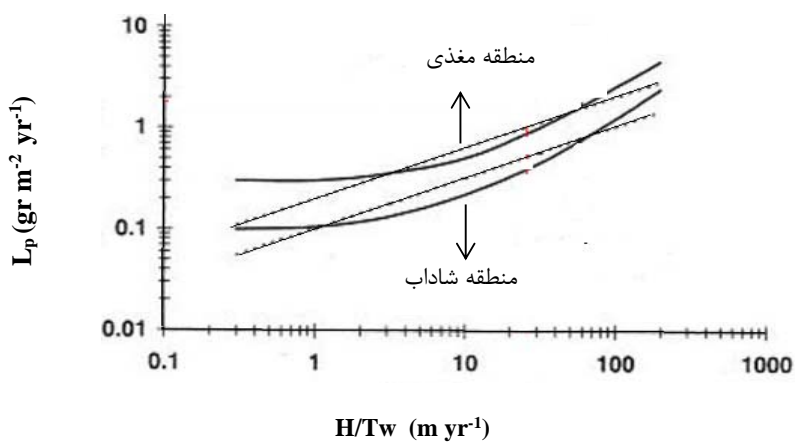
پارامترهای کیفی مورد نیاز جهت بررسی تغذیه‌گرایی مخزن توسط شاخص‌های نوتنی و گراف والن وایدِر شامل فسفر کل، نیترژن کل، کلروفیل a، درصد اکسیژن اشباع در زیرلایه، عمق سکی، عمق متوسط آب در مخزن و زمان ماند می‌باشد. با نمونه برداری از سه ایستگاه، sw4 به منظور ارزیابی وضعیت آب ورودی از شاخه کوتر به مخزن سد و تاثیر آن بر روی تغذیه-گرایی مخزن، sw7 برای بررسی تأثیر شاخه بیطاس و sw8 (مخزن اصلی سد) غلظت پارامترهای کیفی ذکر



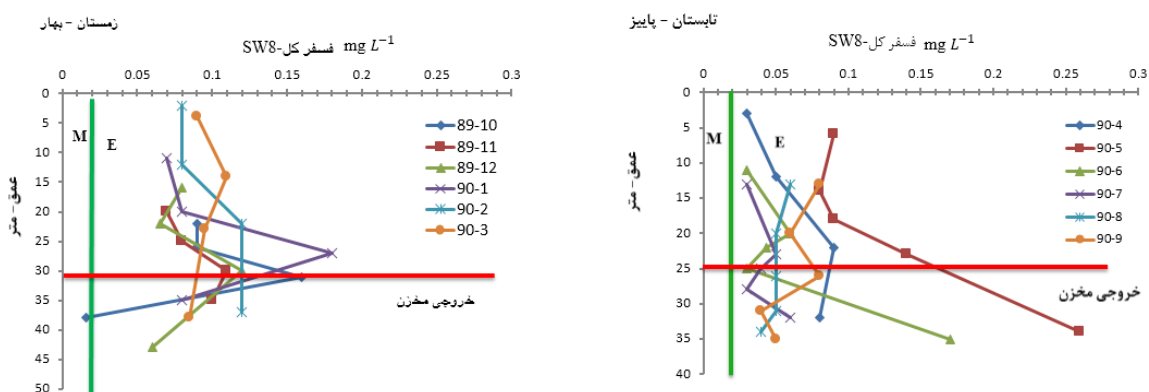
شکل ۱- موقعیت مخزن سد مهاباد و ایستگاه‌های اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب.

## جدول ۲ - معیار نوتنی جهت بررسی وضعیت تغذیه‌گرایی مخزن سد (بی‌نام ۱۹۹۹).

کیفیت آب	فسفر کل ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	کلروفیل a ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	درصد اشباع اکسیژن محلول زیرلایه	عمق سکی (m)
شاداب <sup>۱</sup>	< ۱۰	< ۴	< ۸۰	۴
متوسط <sup>۲</sup>	۱۰-۲۰	۴-۱۰	۸۰-۱۰۰	۲-۴
مغذی <sup>۳</sup>	> ۲۰	> ۱۰	> ۱۰۰	< ۲

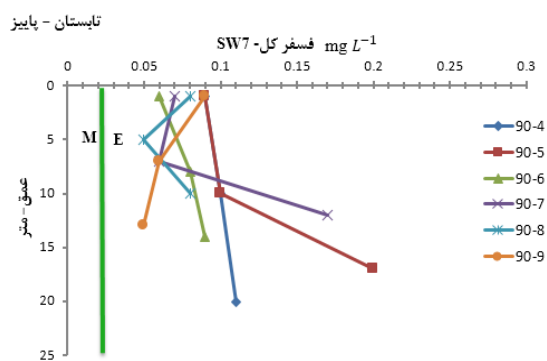
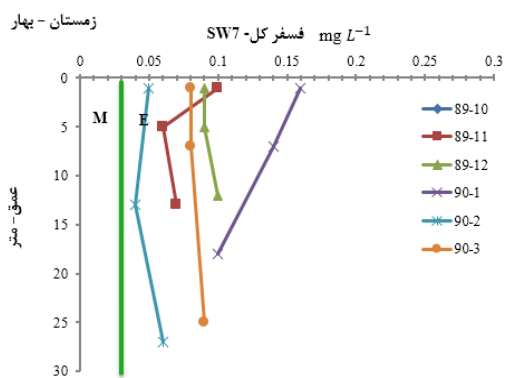


شکل ۲- نمودار والن وایدنر در بررسی تغذیه‌گرایی.

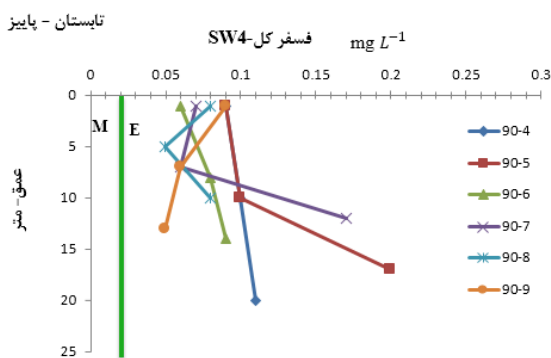
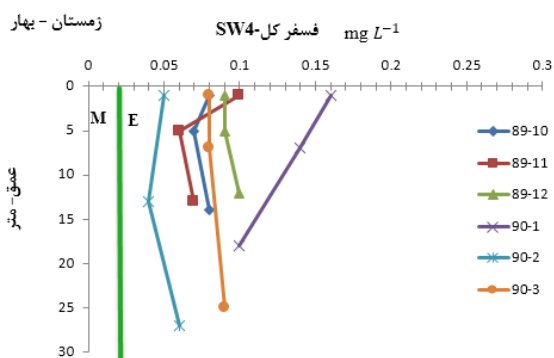


شکل شماره ۳- تغییرات فسفر کل در ایستگاه SW8.

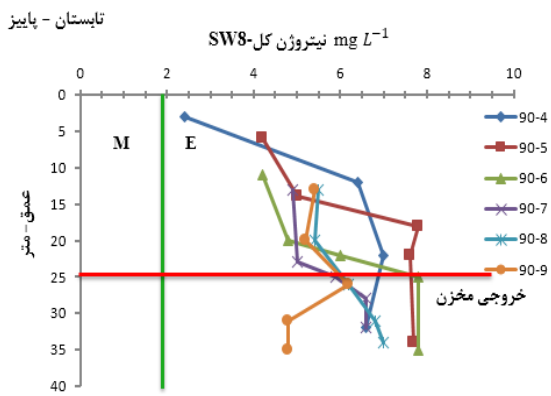
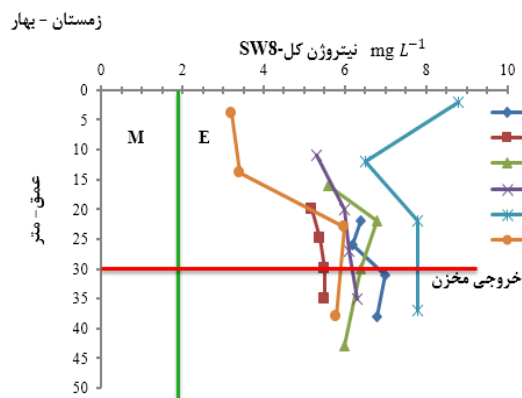
<sup>1</sup>Oligotrophic<sup>2</sup>Mesotrophic<sup>3</sup>Eutrophic



شکل شماره ۴- تغییرات فسفر کل در ایستگاه SW7.

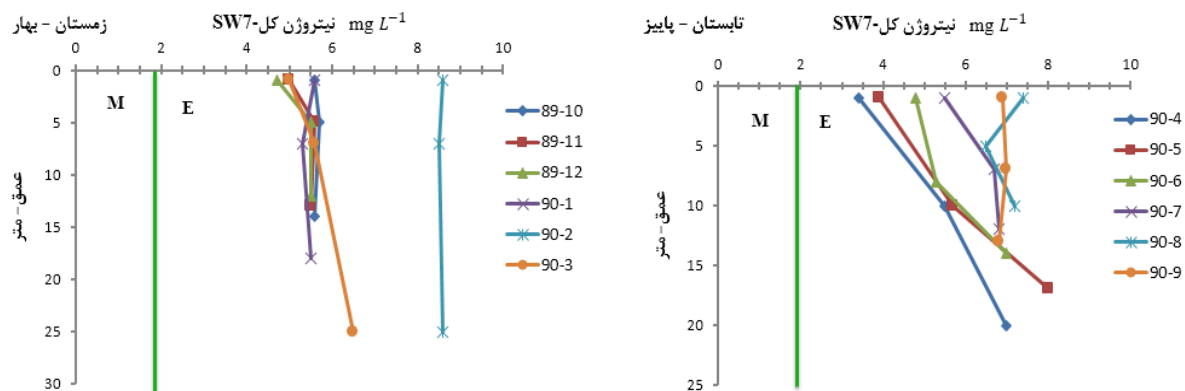


شکل شماره ۵- تغییرات فسفر کل در ایستگاه SW4.

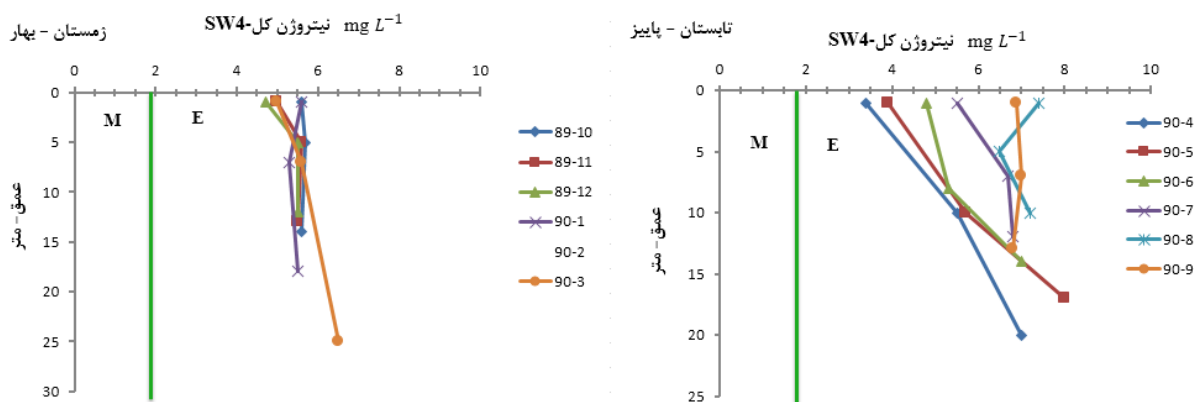


شکل شماره ۶- تغییرات نیتروژن کل در ایستگاه SW8.





شکل شماره ۷- تغییرات نیتروژن کل در ایستگاه SW7.

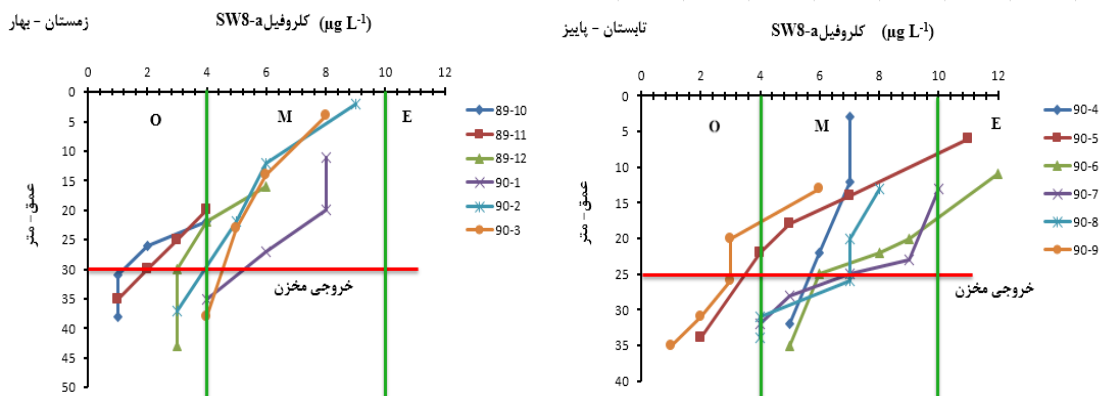


شکل شماره ۸- تغییرات نیتروژن کل در ایستگاه SW4.

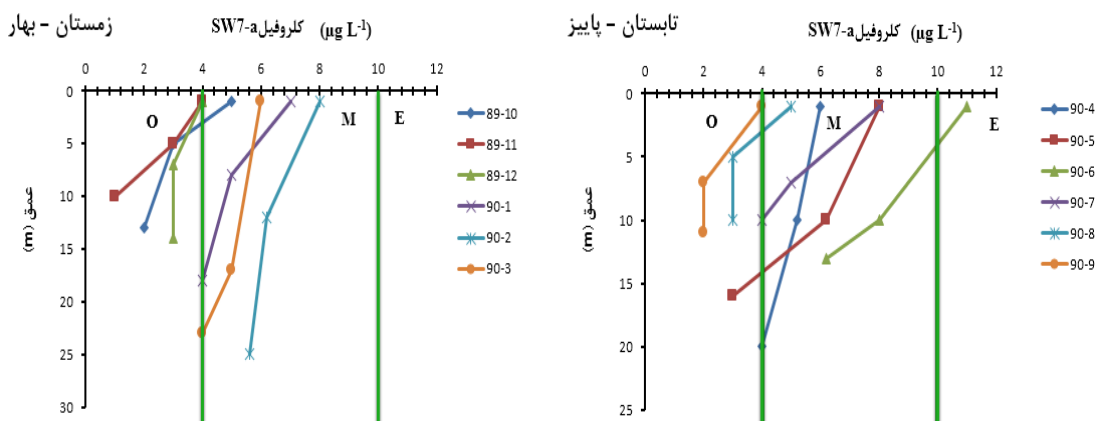
مقادیر اندازه‌گیری شده مطابق شکل‌های مربوطه، وضعیت تغذیه‌گرایی مخزن عمدتاً در سطح تغذیه‌گرایی متوسط قرار دارد. به طوری که مخزن در طول فصل زمستان در شرایط شاداب قرار داشته و در فصول پاییز و بهار بعلاوه تیر ماه در شرایط تغذیه‌گرایی متوسط است. مطابق شکل در ماه‌های مرداد و شهریور غلظت کلروفیل a در سطح آب در ایستگاه‌های SW8 و SW4 در محدوده تغذیه‌گرایی شدید بوده و در ایستگاه شاخه بیطاس SW7 که سهم ۱۰ درصدی از آورد ورودی به مخزن را دارد، تنها در ماه شهریور در سطح آب غلظت در محدوده تغذیه‌گرایی شدید قرار گرفته بود.

#### کلروفیل a

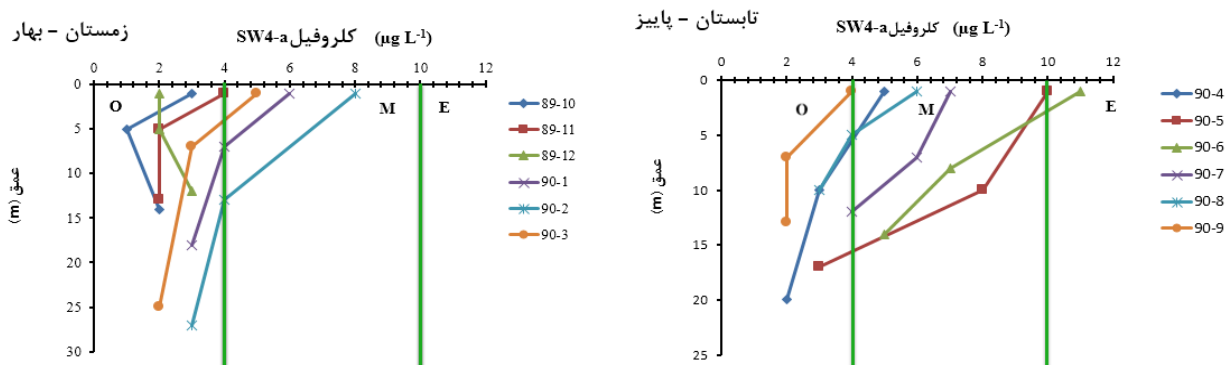
با اندازه‌گیری کلروفیل a نه تنها می‌توان بیوماس (زیست توده) جلبکی را تخمین زد بلکه یک شاخص واقعی قابل مشاهده برای حالت‌های تغذیه‌گرایی اکوسیستم‌های آبی به شمار می‌رود. به عبارت دیگر این پارامتر به‌عنوان مهمترین شاخص تحلیل وضعیت تغذیه‌گرایی مخزن به‌شمار می‌رود. در شکل‌های ۹ تا ۱۱ تغییرات کلروفیل a در ایستگاه‌های نمونه- برداری نشان داده شده است. در این شکل‌ها خطوط قائم معادل ۴ و ۱۰ میکروگرم در لیتر براساس معیار نوتنی معادل مرز سطوح شاداب، تغذیه‌گرایی متوسط و تغذیه‌گرایی شدید نشان داده شده است. براساس



شکل شماره ۹- تغییرات کلروفیل a در ایستگاه SW8.



شکل ۱۰- تغییرات کلروفیل a در ایستگاه SW7.



شکل ۱۱- تغییرات کلروفیل a در ایستگاه SW4.

و ۸۰٪ رسم شده که طبق معیار نووتنی مرز بین سطوح سه گانه تغذیه‌گرایی را نشان می‌دهد. مطابق این شکل- هادرد صد اشباع اکسیژن زیرلایه عمدتاً بیشتر از ۱۰٪ بوده و این نشان می‌دهد که مخزن در محدوده تغذیه-

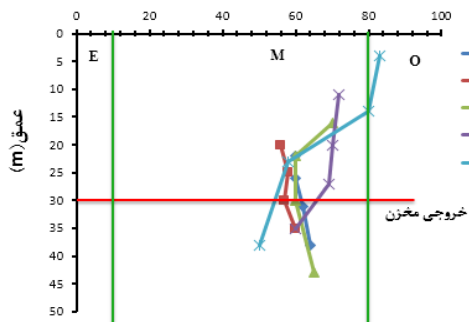
**درصد اشباع اکسیژن محلول**

شکل‌ها ۱۲ تا ۱۴ تغییرات درصد اشباع اکسیژن محلول زیرلایه را در سه ایستگاه نمونه‌برداری از مخزن را نشان می‌دهد. خطوط قائم در در مقادیر ۱۰٪

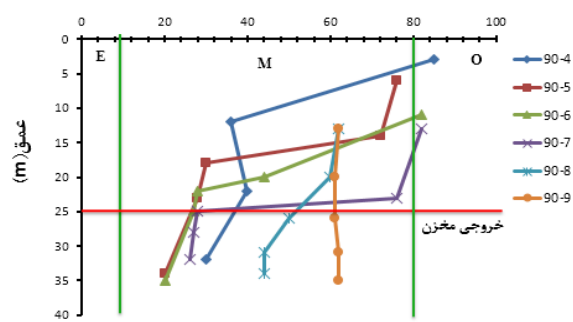
شهریور ماه در ایستگاه SW4 گزارش شده است که در آن درصد اشباع به ۱۰٪ می‌رسد.

گرایی متوسط قرار دارد. کمینه این مقدار در ماه‌های مرداد تا مهر اتفاق افتاده که در آن درصد اشباع به ۱۵٪ در مهر ماه در ایستگاه SW8 می‌رسد. یک مورد نیز در

زمستان - بهار درصد اشباع اکسیژن محلول-SW8

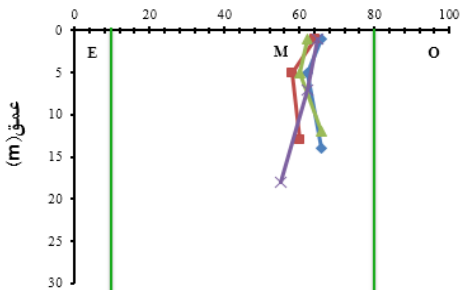


تابستان - پاییز درصد اشباع اکسیژن محلول-SW8

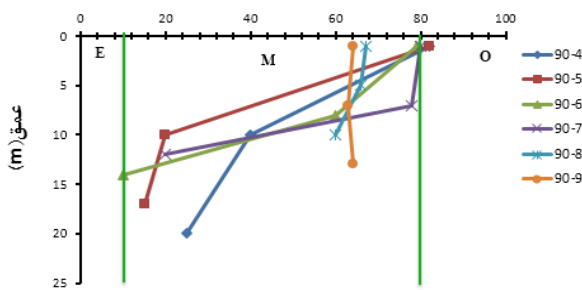


شکل ۱۲- تغییرات درصد اشباع اکسیژن محلول در ایستگاه SW8.

زمستان - بهار درصد اشباع اکسیژن محلول-SW7

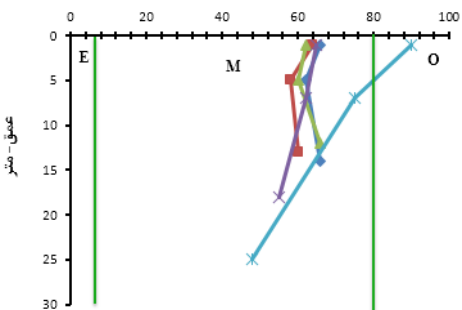


تابستان - پاییز درصد اشباع اکسیژن محلول-SW7

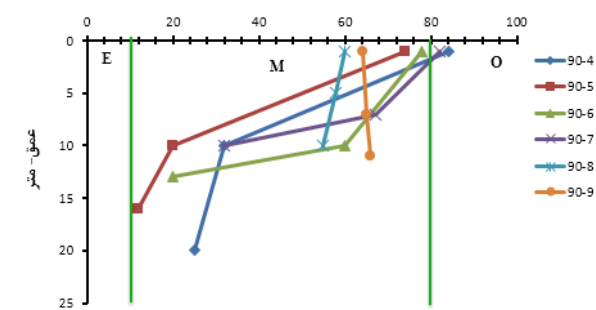


شکل ۱۳- تغییرات درصد اشباع اکسیژن محلول در ایستگاه SW7.

زمستان - بهار درصد اشباع اکسیژن محلول-SW4



تابستان - پاییز درصد اشباع اکسیژن محلول-SW4



شکل ۱۴- تغییرات درصد اشباع اکسیژن محلول در ایستگاه SW4.

محلول زیرلایه در طول دوره نمونه برداری شده (دی ماه ۱۳۸۹ تا آذر ماه ۱۳۹۰) در ماه‌های مختلف آورده شده است.

برآورد وضعیت کلی تغذیه‌گرایی مخزن براساس شاخص نوتنی

در جدول ۲ بار کل نیتروژن و فسفر کل به همراه غلظت میانگین، عمق سکی و درصد اشباع اکسیژن

جدول ۳- متوسط مقادیر موجود شاخص‌های تغذیه‌گرایی مخزن سد مهاباد.

شاخص تغذیه‌گرایی	واحد	دی	اسفند	اردیبهشت	تیر	شهریور	آبان	سالانه
حجم ذخیره مخزن	MCM	۴۸/۵	۷۸/۹	۱۹۰	۱۴۱/۴	۷۹/۴	۶۳/۲	۹۸/۱
بار فسفر کل	ton	۴/۸	۷	۱۸/۲	۸/۱	۴/۸	۳/۶	۸/۶
بار نیتروژن کل	ton	۳۱۹	۴۸۷	۱۴۳۱	۸۰۳	۵۲۸	۴۰۶	۶۰۶
غلظت فسفر کل	mgL <sup>-1</sup>	۰/۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹۶	۰/۰۵۷	۰/۰۶۱	۰/۰۵۷	۰/۰۸۴
غلظت نیتروژن کل	mgL <sup>-1</sup>	۶/۵۷	۶/۱۷	۷/۵۳	۵/۶۸	۶/۶۶	۶/۴۲	۶/۱۹
کلروفیل a	μgL <sup>-1</sup>	۳	۵	۷/۵	۷	۱۰/۵	۷/۵	۶/۸
اکسیژن محلول	%	۶۲	۶۲	-	۳۵	۲۲	۴۴	۵۴/۶
عمق سکی	m	-	۱	۳	۵/۵	۳/۱	۱/۴	۲/۵

مخزن سد در شرایط متوسط تغذیه‌گرایی قرار دارد. همچنین با توجه به درصد اشباع اکسیژن محلول زیرلایه مخزن در تمام طول سال غیر از خرداد ماه در شرایط مزوتوفیک (تغذیه‌گرایی متوسط) قرار دارد. تغییرات عمق سکی نیز نشان می‌دهد که کیفیت آب مخزن بین حالت شاداب تا تغذیه‌گرایی متوسط قرار دارد.

با توجه به مقادیر مندرج در جدول ۲، وضعیت تغذیه‌گرایی مخزن سد مهاباد در جدول ۳ به تفکیک ماه‌های سال در سطح سه‌گانه تغذیه‌گرایی شامل: شاداب، تغذیه‌گرایی متوسط و تغذیه‌گرایی شدید آورده شده است. براساس نتایج جدول ۴ و مقادیر فسفر کل و نیتروژن کل، شرایط تغذیه‌گرایی شدید در طول سال بر مخزن سد مهاباد حاکم بود. از لحاظ معیار کلروفیل a

جدول ۴- وضعیت تغذیه‌گرایی مخزن سد مهاباد با استفاده از شاخص نوتنی.

شاخص تغذیه‌گرایی	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	میانگین
TP	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
TN	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Chl a	O	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
اکسیژن محلول زیرلایه	M	M	M	M	M	M	O	-	M	M	M	M	M
عمق سکی	-	-	E	E	M	O	E	M	M	M	M	M	M

[E] = یوتروفیک، [M] = مزوتروفیک، [O] = الیگوتروفیک

زمان ماند، عمق متوسط و بار ورودی فسفر به مخزن، در جدول ۵ و نمودار والن واید در شکل ۱۵ ملاحظه می‌شود. مقادیر به دست آمده مطابق نمودار والن واید نشان می‌دهد که مخزن سد مهاباد در شرایط خطرناک از نظر تغذیه‌گرایی می‌باشد.

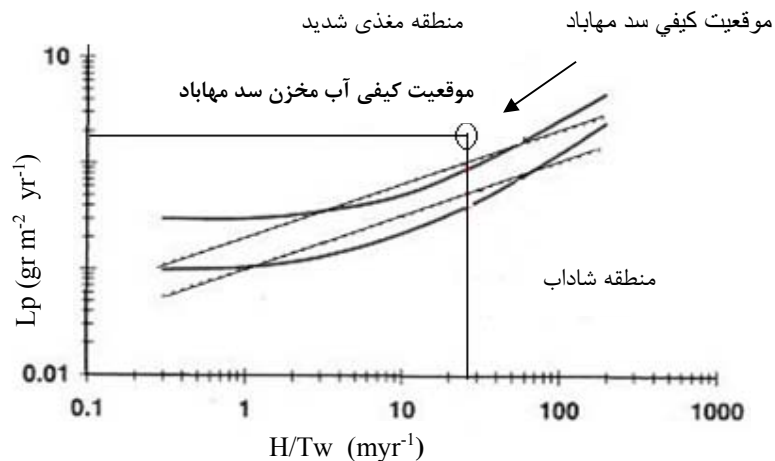
در جدول ۴ شاخص‌های تغذیه‌گرایی شامل نیتروژن کل (Total Nitrogen) TN، فسفر کل (Total Phosphorus) TP و کلروفیل a (Chlorophyll a) Chl a می‌باشد.

وضعیت کیفی مخزن سد مهاباد طبق گراف والن واید

براساس روش تجربی گراف والن واید مقادیر محاسبه شده برای پارامترهای ورودی نظیر محاسبه

جدول ۵- محاسبات مربوط به گراف والن وایدنر در بررسی تغذیه‌گرایی مخزن سد مهاباد.

پارامتر	مقدار
حجم دریاچه در رقوم نرمال (Mcm) ۱۳۵۸/۵	۱۹۷/۸
زمان ماند TW (yr)	۰/۷
مساحت مخزن در رقوم نرمال (Km <sup>2</sup> ) ۱۳۵۸/۵	۱۰/۴
عمق متوسط در طول دوره مطالعه H (m)	۱۸/۹۵
H/TW	۲۷
بار فسفر ورودی (Kgyr <sup>-1</sup> )	۲۰۰۶۰/۸
LP (gr m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> )	۱/۹۳



شکل ۱۵- نمودار والن وایدنر در بررسی تغذیه‌گرایی مخزن سد مهاباد.

### نتیجه‌گیری کلی

در ماه‌های بهار نیز در حداکثر مقدار خود قرار دارد، لذا دلیل عمده افزایش غلظت مخزن و کاهش عمق شفافیت آب مخزن، ورود جریان حاوی رسوبات به مخزن در فصل بهار هم‌زمان با افزایش رواناب‌های سطحی ورودی به مخزن می‌باشد. در فصل تابستان به دلیل ته نشینی رسوبات و پدیده لایه‌بندی حرارتی، غلظت جلبک‌ها افزایش و اکسیژن زیرلایه کاهش می‌یابد. دلیل کاهش فسفر مخزن در تیر ماه، فرآیند ته‌نشینی رسوبات پس از قطع جریان ورودی می‌باشد. افزایش ناگهانی میانگین فسفر کل ستون آب در مرداد ماه بیشتر به دلیل رهاسازی فسفر مخزن از کف می‌باشد و کاهش فسفر در شهریور ماه می‌تواند به خاطر مصرف این مواد توسط جلبک‌ها باشد. به طور کلی می‌توان گفت افزایش مواد مغذی مخزن در فصل بهار به دلیل افزایش بار ورودی، مقدمه‌ای برای بروز تغذیه‌گرایی در تابستان

در این تحقیق آب مخزن سد مهاباد در طول دوره زمانی دی ماه ۱۳۸۹ تا آذر ماه ۱۳۹۰ با استفاده از شاخص‌های کیفی آب مورد بررسی قرار گرفت. از نظر معیار نوتنی مخزن سد مهاباد تنها در ماه شهریور سال ۹۰ مغذی خطرناک بوده و در بقیه ماه‌ها مزوتروفیک (تغذیه‌گرایی متوسط) می‌باشد. معیارهای تجربی گراف والن وایدنر نیز وضعیت آب مخزن را مغذی خطرناک نشان می‌دهند. تغییرات میانگین ماهانه شاخص‌های تغذیه‌گرایی نشان می‌دهد که کلروفیل a و درصد اشباع اکسیژن محلول زیرلایه در ماه‌های مرداد، شهریور و مهر سال ۹۰ وضعیت بدتری نسبت به دیگر ماه‌های سال دارند. از نظر معیار فسفر کل و عمق سکی، ماه‌های فصل بهار نسبت به ماه‌های تابستان شرایط بدتری دارد. از آنجایی که بار فسفر ورودی به مخزن

### تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از مطالعات انجام شده بر روی کیفیت آب سد مهاباد می‌باشد. از همکاری مدیران و کارشناسان ارشد سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

می‌باشد. در تابستان همزمان با افزایش جمعیت جلبک‌ها کاهش اکسیژن محلول زیرلایه و رها سازی فسفر از رسوبات مخزن را شاهد هستیم.

### منابع مورد استفاده

بختیار نژاد م، خلیل مقدم ب، غلامی ع و زارع ن ح، ۱۳۹۱. بررسی آلودگی عناصر سنگین کروم و کادمیم رودخانه مارون در محدوده شهر اهواز. صفحه‌های ۵۲-۵۹. اولین همایش بحران‌های زیست محیطی و راهکارهای بهبود آن. ایران، جزیره کیش، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات خوزستان.

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)، جلد ۲۳، شماره ۱، صفحه‌های ۱۷ تا ۲۹.

روزبهبانی ع و ساعدی ع، ۱۳۸۷. شبیه‌سازی کیفی مخزن سد از منظر لایه‌بندی حرارتی و تغذیه‌گرایی در شرایط خشکسالی (مطالعه موردی: سد مخزنی پیغام چای کلیبر). صفحه‌های ۱۰۹-۱۱۷. چهارمین کنگره ملی مهندسی عمران. اردیبهشت ۱۳۸۷، دانشگاه تهران.

روستائی ج، فاضلی م، هاشمی س، عطاری ج و یمینی وا، ۱۳۸۹. بررسی روش‌های جلوگیری از لایه‌بندی حرارتی در دریاچه سد لتیان (مطالعات مرحله امکان‌سنجی). پروژه پژوهشی، شرکت سهامی آب منطقه‌ای تهران.

علی کیا ه، افشار ع و شهیدی ا، ۱۳۸۳. مدل‌سازی سیستم رودخانه و مخزن سد کرخه. صفحه‌های ۲۶-۳۴. اولین کنفرانس سالانه مدیریت منابع آب ایران. آبان ۱۳۸۳، تهران.

کارآموز م، کراچیان ر، ۱۳۹۰. برنامه ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب. انتشارات امیرکبیر پلی تکنیک تهران.

کارآموز م، طاهریون م، امای ف و روحانی زاده ب، ۱۳۸۷. ارزیابی اثر بهترین راهکارهای مدیریتی در کاهش بار مواد مغذی ورودی به مخزن سد. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب. صفحه‌های ۵۸-۶۶. انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، مهر ۱۳۸۷. تبریز.

کرمانی م و ناصری س، ۱۳۸۱. اثرات احداث سد بر کیفیت آب، مجله آب و محیط زیست، شماره ۵۱، صفحه‌های ۶ تا ۱۱.

ویسی ک، سمرقندی م ر، پوریانی ب م، دانایی ع و ایوبی ا، ۱۳۹۰. ارزیابی روند بروز تغذیه‌گرایی در دریاچه سد مخزنی اکباتان شهرستان همدان. اولین کنفرانس بین‌المللی و سومین کنفرانس ملی سد و نیروگاه‌های برقابی، دانشگاه علم و صنعت ایران.

Anonymous 1999. Volunteer Lake Monitoring; A Methods Manual. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), USA.

Wu RS, Liu WC and Hsieh WH, 2004. Eutrophication modeling in Shihmen reservoir, Taiwan. Journal of environmental science and health. Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering 39(6): 1455-1477.

Bales JD and Diorgino MJ, 1998. Dynamic modeling of water supply reservoir physical and chemical process. Pp.61-67. In Proceeding of the First Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, April 19-23, 1998, Las Vegas, Nv .

Choi JH, Jeong SA and Park SS, 2007. Longitudinal-vertical hydrodynamic and turbidity simulations for prediction of dam reconstruction effects in Asian Monsoon Area. Journal of the American Water Resource Association (JAWRA) 43(6): 1444 - 1454.

David A.Chin, Water – Quality Engineering in Natural System 2006, Nutrient Criteria Technical Guidance Manual Lakes and Reservoir. A John Wiley and Sons, U.S. EPA.

- Gunduz O, Soyupak S and Yurteri C, 1998. Development of water quality management strategies for the proposed Isikli Reservoir. *Journal of Water Science and Technology* 37(2): 369 – 376.
- Kim Y and Kim B, 2006. Application of a 2-dimensional water quality model (CEQUAL- W2) to the turbidity interflow in a deep reservoir (Lake Soyang, Korea). *Lake and Reservoir Management* 22(3): 213 - 222.