مجله محیط شناسی، شماره۳۵، پاییز ۱۳۸۳، صفحه ۷۶-۶۹

# بررسی اثر برداشت آب بر کیفیت آب رودخانه پایین دست سد ماملو با استفاده از مدل QUAL2E

دکتر علی ترابیان *
مهندس سید حسین هاشمی **
مهندس رضا خلیلی ***
دکتر سعید فردوسی پور ****

## چکیده

سد ماملو در پایین دست رودخانه جاجرود، به منظور تأمین نیاز آبی دشت ورامین، تولید انرژی و کنترل سیلاب در حال احداث است. به منظور پیش بینی کیفیت آب و تعیین حداقل دبی در پایین دست، به گونه ای که استانداردها و معیارهای کیفیت آب رعایت شوند، مطالعات خودپالایی رودخانه با استفاده از مدل QUAL2E، به منظور ارزیابی پارامترهای اکسیژن محلول و $BOD_5$[1] و دما انجام شد. نتایج نشان می دهد که قبل و بعد از احداث سد، تغییرات کیفیت آب تا پیش از ورود پساب مجتمع پارچین محسوس نمی باشد، اما ورود پساب مجتمع پارچین حتی با فرض تصفیه تا حد استانداردهای تخلیه به آبهای سطحی موجب می شود که کیفیت آب رودخانه بشدت تغییر کند. علت این مسئله، دبی بالای پساب ورودی نسبت به دبی رودخانه در مقطع ورود پساب است و احداث سد و برداشت آب، اثر آن را تشدید می کند. این مسئله نشان می دهد که تنها رعایت استانداردهای تخلیه بدون توجه به بار آلودگی برای حفظ کیفیت منابع آب کافی نمی باشد و لازم است تا نسبت به تدوین استانداردهای کیفیت آبهای سطحی و مقررات تخلیه پساب، با توجه به ظرفیت خودپالایی منابع پذیرنده اقدام شود.

## کلید واژه

رودخانه ماملو، سد ماملو، تهران، کیفیت آب، مدل QUAL2E، پساب، مجتمع پارچین.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۵/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۳/۲۶

* استادیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران.
** دانشجوی دوره دکترای مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران.
*** کارشناس ارشد مدیریت محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی.
**** کارشناس ارشد سازمان حفاظت محیط زیست.

## سرآغاز

اهمیت و نقش کشاورزی دشت ورامین در پایین دست رودخانه جاجرود برای اقتصاد منطقه، سازمان آب منطقه ای تهران را برآن داشت تا مطالعات احداث سدی را در پایین دست سد لتیان بر روی رودخانه جاجرود در دستور کار خود قرار دهد.

هدف اولیه، ساخت سد ماملو، نگهداری و تنظیم سرریز سد لتیان و آورد میان حوزه ای رودخانه های جاجرود و ماملو، به منظور تأمین نیاز آبی دشت ورامین و اهداف ثانویه آن تولید انرژی و کنترل سیلاب است (مهندسین مشاور لار، ۱۳۷۸).

پس از مکان یابی اولیه محل سد ماملو در ۱۲/۵ کیلومتری پایین دست محل تلاقی رودخانه های جاجرود و دماوند، با مختصات جغرافیایی طول ″۳۰ ، ′۴۷ ، °۵۱ و عرض ″۷، ′۳۳ ، °۳۵ ، در محلی به نام دروازه در محدوده مناطق حفاظت شده جاجرود، در کنار پارکهای ملی خجیر و سرخه حصار انتخاب و به عنوان تنها گزینه ممکن، مطالعات توجیه فنی، اقتصادی و محیط زیستی آن انجام شد. احداث سازه سد در سال ۱۳۸۱ شروع شد و پیش بینی می شود که در سال ۱۳۸۵ خاتمه یابد. به عنوان بخشی از این مطالعات، پیش بینی کیفیت آب و تعیین حداقل دبی در پایین دست سد، به منظور رعایت استانداردهای کیفیت آب انجام شد(مهندسین مشاور لار، ۱۳۷۸).

محدوده مطالعاتی سد ماملو از یک حوزه آبریز اصلی (حوزه آبریز دروازه) که شامل زیرحوزه رودخانه های جاجرود و دماوند و چند رودخانه کوچک دیگر می باشد، تشکیل شده است. رودخانه جاجرود از شمال غرب و رودخانه دماوند از شمال شرق به طرف جنوب جریان یافته است و در محلی به نام یوردشاد بالا با یکدیگر تلاقی می کند و به شکل رودخانه ای واحد به طرف دشت ورامین جریان می یابد. سد ماملو حدود ۱۲/۵ کیلومتری پایین دست، در محل تلاقی دو رودخانه واقع است (مهندسین مشاور لار، ۱۳۷۸).

مساحت حوزه آبریز ماملو در محدوده مطالعاتی، ۱۷۵۰ کیلومترمربع، ارتفاع سد ۸۷ متر، طول تاج سد ۷۷۲ متر و حجم مخزن آن در تراز نرمال، ۲۲۹ میلیون مترمکعب است. آورد سالانه رودخانه در محل تلاقی دو رودخانه دماوند و جاجرود ۲۸۹ میلیون مترمکعب، حداکثر جریان محتمل سیلاب در محل سد، ۳۰۰۰ مترمکعب در ثانیه و حجم سیلاب معادل آن، حدود ۱۶۲ میلیون مترمکعب برآورد شده است (مهندسین مشاور لار، ۱۳۷۸).

منابع اصلی آلاینده رودخانه های جاجرود و دماوند عبارتند از فاضلاب خانگی شهرهای دماوند، رودهن، فشم، لواسان، مجتمع پارچین (شامل حدود ۱۵۰۰ واحد مسکونی و چندمجموعه صنعتی)، شیرابه مرکز دفن زباله آبعلی و پساب ماهی سرای جاجرود است که پساب اغلب آنها بدون هیچ گونه تصفیه ای به رودخانه تخلیه می شود (مهندسین مشاور لار، ۱۳۷۸).

جمعیت واقع در محدوده اثرپذیر سدماملو در سال ۱۳۷۵، حدود ۱۷۳۲۰۰ نفر، متوسط بعد خانوار ۴/۵ نفر و نسبت جمعیت شهری به روستایی، حدود ۱ به ۱ است. به دلیل توسعه شهرهای بومهن، پردیس، رودهن و ایجاد شهر جدید پردیس و شهرک ولیعصر و توسعه دانشگاه آزاد اسلامی رودهن، جمعیت این ناحیه در ۱۰ سال گذشته حدود ۸۰ درصد و در ۲۰ سال گذشته، ۲۵۰ درصد افزایش یافته است (مهندسین مشاور لار، ۱۳۷۸).

## معرفی مدل QUAL2E

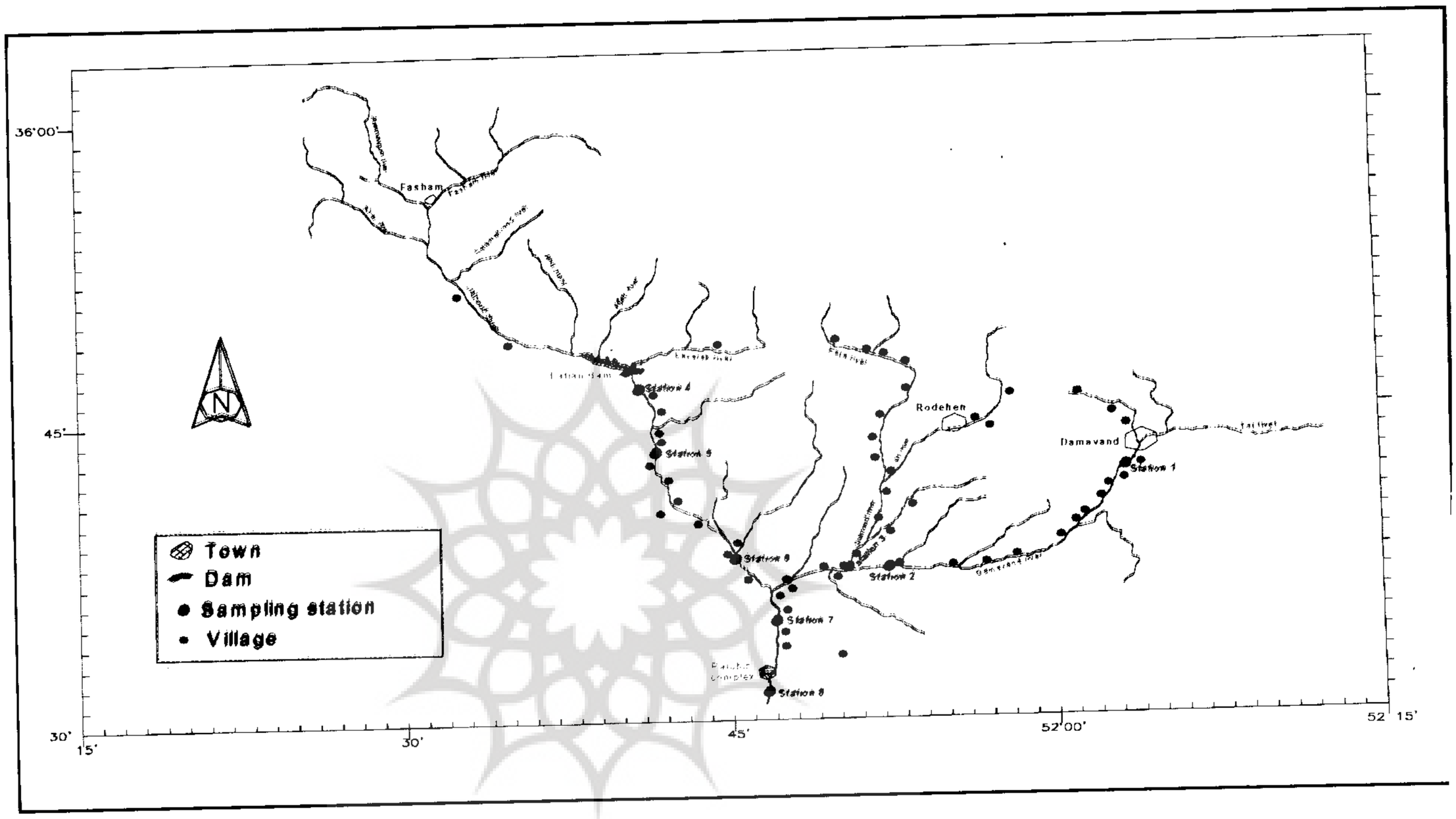
در حال حاضر مدل QUAL2E که توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا[۲] پشتیبانی می شود، مدل استاندارد برای شبیه سازی کیفیت آب رودخانه است(Shanahan et al., 2000) .

QUAL2E مدلی یک بعدی است که قادر است تا پانزده جز: کیفیت آب را با هر ترکیب دلخواه در حالت استوار[۳] و دینامیک[۴] شبیه سازی کند. اجزای قابل شبیه سازی عبارتند از: اکسیژن محلول اکسیژن موردنیاز بیوشیمیایی، دما، جلبک، بر حسب کلروفیل a، چرخه نیتروژن، شامل نیتروژن آلی، نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن نیتریتی نیتروژن نیتراتی، چرخه فسفر، شامل فسفر آلی و فسفر محلول، کلیفرم ها، یک جزء ناپایدار اختیاری و سه جزء پایدار اختیاری. مدل، قابلیت است رودخانه های شاخه دار را در حالت اختلاط کامل، مدل کند همچنین امکان شبیه سازی منابع نقطه ای، برداشت ها، شاخه های فرعی، جریان های افزایشی و کاهش غیرنقطه ای متعدد وجود دارد برای انجام آنالیزهای عدم قطعیت[۵]، مدل سه گزینه تحلیل حساسیت[۶]، تحلیل خطای رتبه اول[۷] و تحلیل مونت کارلو[۸] را نظر می گیرد (Brown & Barnwell, 1987). فرض اساسی در م این است که مکانیزم های اصلی انتقال، پخش[۹] و جابه جایی تنها جهت طول هستند (مدل یک بعدی).

اولین نسخه مدل با عنوان QUAL-I ، توسط ماچ[۱۰] و همکا در سال ۱۹۷۱ منتشر شد (Brown & Barnwell, 1987). پس آن سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده امریکا به طور مرت مدل را بازبینی کرده است. آخرین ویرایش مدل در سال ۱۹۹۵ منت شده است (ترابیان و هاشمی، ۱۳۷۸).

## روش کار

محدوده مطالعه شامل رودخانه جاجرود از پایین دست سد لتیان (ایستگاه ۴) و رودخانه دماوند از پایین شهر دماوند (ایستگاه ۱) به عنوان سرآب ها تا پایین دست مجتمع پارچین قبل از ورود رودخانه به دشت ورامین (ایستگاه ۸)، به عنوان پایاب است. ابتدا بر اساس بررسی‌های انجام شده ۸ ایستگاه نمونه برداری برای سنجش کیفیت آب رودخانه انتخاب شد. برای انتخاب ایستگاه ها، محل هایی که احتمال تغییر کیفیت آب در آنها بیش از سایر نقاط بود روی نقشه تعیین و پس از آن با پیمایش رودخانه، محل ایستگاه ها انتخاب شد. شکل شماره (۱) محل ایستگاه های انتخابی را نشان می دهد.




**شکل شماره (۱): حوزه آبریز رودخانه ماملو و محل ایستگاه های نمونه برداری**

نمونه برداری از پاییز ۱۳۷۶ آغاز شد و تا پاییز ۱۳۷۷ ادامه یافت. ر مجموع هشت دوره نمونه برداری در ماه های پرآبی و کم آبی جام و در هر بار، نمونه برداری نمونه های مرکب ۲ ساعته در یک وره ۸ ساعته برداشت شد. منابع آلاینده نیز بر اساس گزارش های وجود و پیمایش حوزه آبریز تعیین و ماهانه برای تعیین کیفیت پساب رودی به رودخانه از آنها نمونه برداری شد. نمونه ها بلافاصله پس از داشت به آزمایشگاه منتقل و بر اساس دستورالعمل های کتاب شهای استاندار آزمایش های آب و فاضلاب، آنالیز شد (Standard Methods ..., 199

برای تعیین ظرفیت خودپالایی رودخانه و حداقل دبی رودخانه در ین دست سد، به گونه ای که کیفیت آن برای مصارف در نظر فته شده مناسب باشد، از مدل QUAL2E استفاده شد. خصه هایی که با استفاده از مدل شبیه سازی شدند عبارتند از: دما، غلظت اکسیژن محلول و $BOD_5$.

طول شاخه اصلی ۴۳ کیلومتر و طول شاخه فرعی ۲۱ کیلومتر است. شاخه اصلی رودخانه به ۸ و شاخه فرعی آن به ۶ قطعه تقسیم شد. قطعات به گونه ای انتخاب شدند که مشخصات هیدرولیکی، به طور تقریبی در طول هر قطعه ثابت باشد. مقطع رودخانه ذوزنقه ای فرض شد و بر اساس داده های مربوط به مقاطع عرضی رودخانه، شیب طرفین و عرض کف رودخانه در هر ایستگاه به دست آمد. گام طولی برای شبیه سازی ۰/۵ کیلومتر انتخاب شد. جدول شماره (۱) مشخصات قطعات را نشان می دهد.

به دلیل عدم وجود مقادیر محلی برای ضرایب سینتیکی و ثوابت، از مقادیر پیش فرض مدل استفاده شد. جدول شماره (۲) مقادیر پیش فرض ثوابت و ضرایب سینتیکی را نشان می دهد.

**جدول شماره (۱): مشخصات قطعات انتخابی**

| شماره قطعه | کیلومتر شروع | کیلومتر پایان | ضریب مانینگ | شیب جانبی ۱ (m/m) | شیب جانبی ۲ (m/m) | عرض کف رودخانه (m) | شیب بستررودخانه (m/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۴۳ | ۳۳ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۴ | ۰/۰۱۱۶ |
| ۲ | ۳۳ | ۲۴ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۵ | ۰/۰۱۱۶ |
| ۳ | ۲۴ | ۲۲ | ۰/۰۶ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۲ | ۰/۰۰۲۶ |
| ۴ | ۲۲ | ۲۰ | ۰/۰۶ | ۰/۰۲۵ | ۰/۰۲۵ | ۰/۲ | ۰/۰۰۲۶ |
| ۵ | ۲۰ | ۱۷ | ۰/۰۶ | ۰/۰۸ | ۰/۰۸ | ۰/۷ | ۰/۱۵۵ |
| ۶ | ۲۱ | ۱۷ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۳ | ۰/۰۳۶۷ |
| ۷ | ۱۷ | ۱۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۴ | ۰/۳ | ۰/۰۳۶۷ |
| ۸ | ۱۵ | ۸ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۴ | ۰/۰۰۹۲۳ |
| ۹ | ۸ | ۳ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۴ | ۰/۰۰۹۲۳ |
| ۱۰ | ۳ | ۲ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۴ | ۰/۰۰۹۲۳ |
| ۱۱ | ۲ | ۰ | ۰/۰۶ | ۰/۰۳۷۵ | ۰/۰۳۷۵ | ۰/۲۵ | ۰/۰۰۲۱ |
| ۱۲ | ۱۷ | ۱۳ | ۰/۰۶ | ۰/۰۳۷۵ | ۰/۰۳۷۵ | ۰/۲۵ | ۰/۰۰۲۱ |
| ۱۳ | ۱۳ | ۷ | ۰/۰۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۴ | ۰/۰۰۸ |
| ۱۴ | ۷ | ۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۵ | ۰/۴ | ۰/۰۰۸ |

**جدول شماره (۲): مقادیر پیش فرض مدل QUAL2E برای ثوابت و ضرایب سینتیکی**

| شرح | مقدار |
|---|---|
| ضریب تصحیح دمایی زوال BOD | ۰/۰۴۷ |
| ضریب تصحیح دمایی بازدمش[11] DO | ۱/۰۲۴ |
| ثابت زوال BOD | ۰/۶ |
| ضریب تبدیل $BOD_5$ به $BOD_u$ | ۰/۲۳ |

با توجه به عمق رودخانه و سرعت آب برای محاسبه مقدار بازدمش از گزینه معادله بازدمش اوکانر ودابینز در مدل استفاده شد (ترابیان و هاشمی، ۱۳۸۱).

بر روی شاخه اصلی، یک و بر روی شاخه فرعی، ۷ منبع نقطه‌ای عمده وجود دارد (جدول شماره ۳). محل احداث سد حدود ۱۲/۵ کیلومتر پایین تر از محل تلاقی شاخه اصلی با شاخه فرعی، یا به عبارت دیگر کیلومتر ۳۷/۵ شاخه اصلی قرار دارد.

**جدول شماره (۳): منابع اصلی آلودگی رودخانه**

| منبع آلاینده | دبی ($m^3/d$) | دما (C) | DO (mg/l) | $BOD_u$ (mg/l) |
|---|---|---|---|---|
| ماهی سرا | ۸۴۴۵۶ | ۱۸/۳ | ۷/۷ | ۶ |
| روستای ترقیان | ۵ | ۱۸ | ۲ | ۲۷۶ |
| روستای شنجریا | ۱۲/۸ | ۱۸ | ۲ | ۲۹۳ |
| روستای تخت چنار | ۷ | ۱۸ | ۲ | ۲۸۴ |
| روستای خجیر | ۳۱/۸ | ۱۸ | ۲ | ۳۰۴ |
| روستای تخت پارمین | ۹/۲ | ۱۸ | ۲ | ۲۸۸ |
| مجتمع پارچین | ۱۹۸۷۲۰ | ۱۸ | ۴ | ۲۳ |

مقدار و مشخصات جریان های افزایشی و کاهشی در طول رودخانه بر اساس کالیبراسیون تعیین شدند. با توجه به کیفیت آب رودخانه، ضرایب بازدمش سد به ترتیب ۱/۶ و ۱/۴ برای عامل کیفیت آب و ضریب بازدمش سرریز سد انتخاب شدند.

## بحث روی یافته ها

به منظور تعیین حداقل دبی رودخانه در پایین دست سد، به گونه ای که کیفیت آب برای کاربردهای برنامه ریزی شده مناسب باشد، از مدل کیفی QUA2E استفاده شد. به این منظور در ماه های مختلف به ازای مقادیر مختلف برداشت آب در محل سد، کیفیت آب در بالادست و پایین دست شبیه سازی شد. مقدار برداشت آب از حداقل صفر به معنای عدم برداشت آب تا حداکثر، معادل دبی رودخانه در ماه مورد بررسی با گام های یک متر مکعب در ثانیه تغییر داده شد.

نتایج نشان می دهد که در بالادست سدماملو به دلیل توان مناسب خودپالایی رودخانه در این بازه، منابع آلودگی مختلف تأثیر محسوسی بر کیفیت آب رودخانه ندارند(توجه شودکه تنها مشخصه‌های اکسیژن محلول، $BOD_5$ و دما مورد بررسی قرار گرفته است وسایر پارامترها مانند کلی فرم ها و مواد مغذی در این مطالعه بررسی نشده است). در پایین دست سد نیز پیش از ورود پساب مجتمع پارچین به رودخانه، کیفیت آب از نظر مشخصه های مورد بررسی تغییر محسوسی ندارند. پس از ورود پساب مجتمع پارچین، به دلیل دبی بالای پساب ورودی نسبت به دبی رودخانه و با فرض رعایت استانداردهای تخلیه به آبهای سطحی توسط تصفیه خانه فاضلاب مجتمع پارچین، کیفیت آب رودخانه بشدت تحت تأثیر قرار می گیرد (جدول شماره ۴).

**جدول شماره (۴): کیفیت آب رودخانه قبل و بعد از ورود پساب مجتمع پارچین به رودخانه در بازه زمانی بهمن ۱۳۷۶ تا شهریور ۱۳۷۷**

| مشخصه / ماه | دبی ($m^3/s$) | | دما (C) | | Do (mg/l) | | $BOD_5$ (mg/l) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | قبل از پارچین | بعد از پارچین | قبل از پارچین | بعد از پارچین | قبل از پارچین | بعد از پارچین | قبل از پارچین | بعد از پارچین |
| بهمن | ۳/۷ | ۵/۹۹ | ۷ | ۱۱/۱ | ۱۱/۲ | ۸/۵ | ۲/۸ | ۱۰/۳ |
| اسفند | ۳/۳۹ | ۵/۵۱ | ۱۰/۵ | ۱۳/۵ | ۱۰/۳ | ۷/۸ | ۵ | ۱۲ |
| اردیبهشت | ۸/۶۹ | ۱۱/۰۴ | ۱۴/۶ | ۱۵/۳ | ۹/۴ | ۸/۳ | ۶/۳ | ۹/۶ |
| خرداد | ۶/۴ | ۸/۵۶ | ۲۰/۵ | ۱۹/۸ | ۸/۴ | ۷/۲ | ۱/۸ | ۷/۲ |
| تیر | ۵/۷ | ۷/۸۹ | ۲۰/۵ | ۱۹/۸ | ۸/۲ | ۷ | ۵/۴ | ۱۰/۳ |
| مرداد | ۵/۶ | ۷/۸۶ | ۱۷/۶ | ۱۷/۷ | ۸/۸ | ۷/۴ | ۲/۵ | ۸/۲ |
| شهریور | ۶/۳۱ | ۸/۴۵ | ۱۷/۷ | ۱۷/۸ | ۸/۸ | ۷/۶ | ۱/۹ | ۷/۳ |

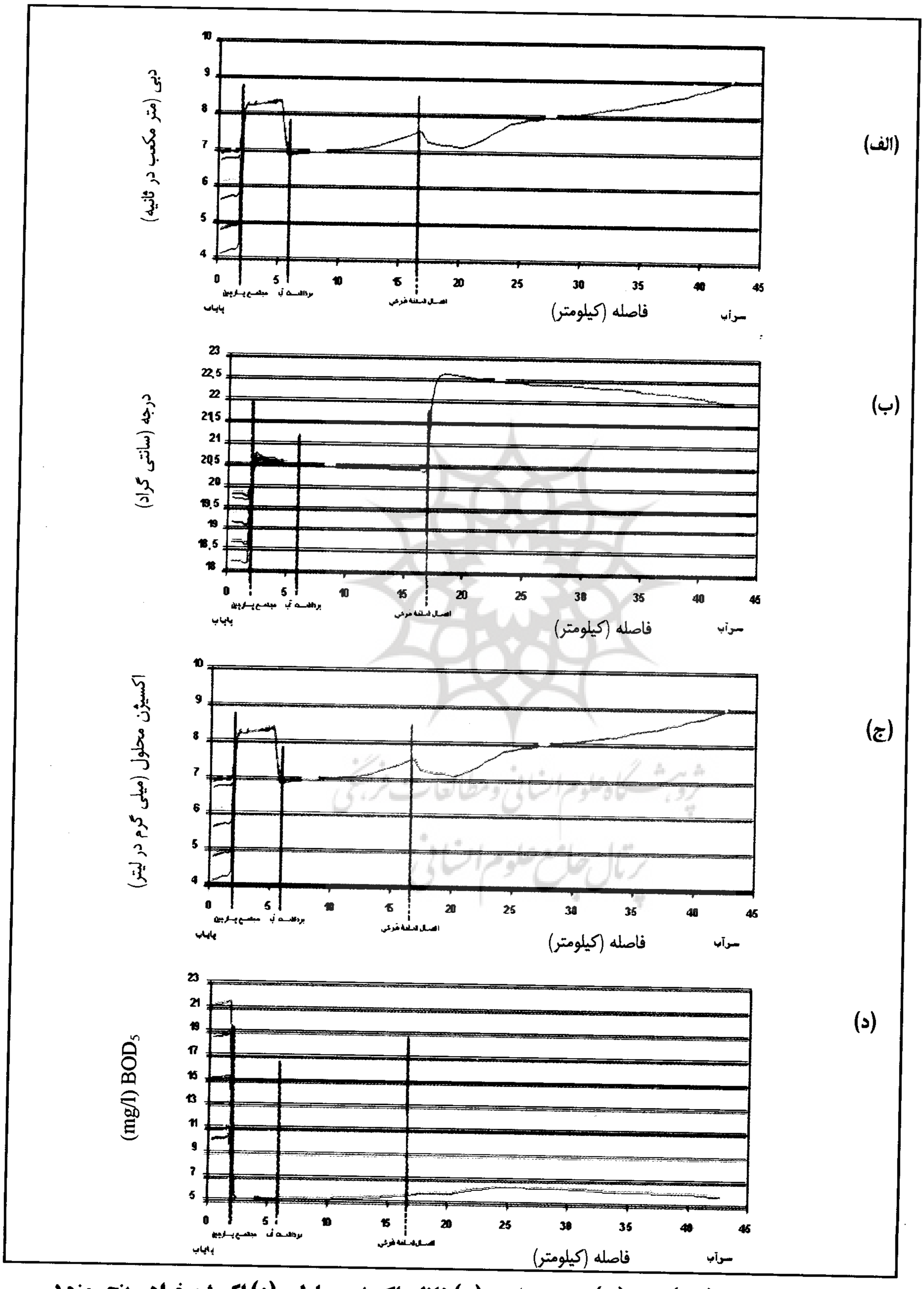
پس از احداث سد و انتقال آب به منظور کاربردهای تعیین شده، دبی رودخانه در پایین دست سد در محدوده مجتمع پارچین کاهش می یابد. این کاهش با مقدار آب بهره برداری شده رابطه مستقیم دارد و موجب می شود که تأثیر پساب خروجی مجتمع پارچین بر افت کیفیت آب رودخانه تشدید شود(جدول شماره ۵). برای مثال در تیر ماه به ازای مقادیر برداشت آب، ۱ و ۳ مترمکعب در ثانیه $BOD_5$ آب رودخانه پس از ورود پساب مجتمع پارچین از ۱۰/۳ میلی گرم در لیتر پیش از احداث سد به ترتیب به ۱۱و ۱۳/۳ میلی گرم در لیتر می رسد.

**جدول شماره (۵): کیفیت آب رودخانه در بالادست و پایین دست مجتمع پارچین به ازای مقادیر مختلف برداشت آب**

| ماه | ۱ متر مکعب در ثانیه برداشت آب | | | | | | | | ۳ متر مکعب در ثانیه برداشت آب | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | قبل از ورود پساب مجتمع | | | | پس از ورود پساب مجتمع | | | | قبل از ورود پساب مجتمع | | | | پس از ورود پساب مجتمع | | | |
| | دبی ($m^3/s$) | DO (mg/l) | $BOD_5$ (mg/l) | Temp. (C) | دبی ($m^3/s$) | DO (mg/l) | $BOD_5$ (mg/l) | Temp. (C) | دبی ($m^3/s$) | DO (mg/l) | $BOD_5$ (mg/l) | Temp. (C) | دبی ($m^3/s$) | DO (mg/l) | $BOD_5$ (mg/l) | Temp. (C) |
| بهمن | ۲/۶۹ | ۱۱/۳ | ۲/۸ | ۷ | ۴/۹۹ | ۸ | ۱۱/۹ | ۱۲ | ۰/۶۹ | ۱۱/۳ | ۲/۷ | ۷/۱ | ۲/۹۹ | ۵/۷ | ۱۸/۲ | ۱۵/۴ |
| اسفند | ۲/۳۹ | ۱۰/۳ | ۵ | ۱۰/۵ | ۴/۵۱ | ۷/۳ | ۱۳/۶ | ۱۴/۱ | ۰/۳۹ | ۱۰/۴ | ۴/۸ | ۱۰/۵ | ۲/۵۱ | ۴/۹ | ۲۰/۳ | ۱۶/۹ |
| اردیبهشت | ۷/۶۹ | ۹/۴ | ۶/۳ | ۱۴/۶ | ۱۰/۰۴ | ۸/۲ | ۹/۹ | ۱۵/۴ | ۵/۶۹ | ۹/۴ | ۶/۳ | ۱۴/۷ | ۸/۰۴ | ۷/۹ | ۱۰/۸ | ۱۵/۷ |
| خرداد | ۵/۴ | ۸/۴ | ۱/۸ | ۲۰/۵ | ۷/۵۶ | ۷/۱ | ۷/۹ | ۱۹/۸ | ۳/۴ | ۸/۴ | ۱/۸ | ۲۰/۵ | ۵/۵۶ | ۶/۶ | ۱۰/۱ | ۱۹/۵ |
| تیر | ۴/۷ | ۸/۲ | ۵/۵ | ۲۰/۵ | ۶/۸۹ | ۶/۸ | ۱۱ | ۱۹/۷ | ۲/۷ | ۸/۲ | ۵/۵ | ۲۰/۶ | ۴/۸۹ | ۶/۳ | ۱۳/۳ | ۱۹/۴ |
| مرداد | ۴/۶ | ۸/۸ | ۱/۹ | ۱۷/۶ | ۶/۸۶ | ۶/۱ | ۹/۵ | ۱۷/۸ | ۲/۶ | ۸/۸ | ۲/۵ | ۱۷/۷ | ۴/۸۶ | ۶/۶ | ۱۱/۹ | ۱۷/۸ |
| شهریور | ۵/۳۱ | ۸/۸ | ۱/۹ | ۱۷/۷ | ۷/۴۵ | ۷/۴ | ۸ | ۱۷/۸ | ۳/۳۱ | ۸/۸ | ۱/۹ | ۱۷/۷ | ۵/۴۵ | ۶/۹ | ۱۰/۳ | ۱۷/۸ |

## یجه گیری

نتایج به دست آمده نشان می دهد که علی رغم وجود منابع ختلف آلودگی، احداث سد ماملو بر کیفیت آب رودخانه از نظر خصه های اکسیژن محلول و $BOD_5$ در بالادست محل احداث . تأثیر محسوسی ندارد. در پایین دست محل احداث سد تا قبل از ل ورود پساب مجتمع پارچین نیز تغییر کیفیت آب نسبت به قبل از احداث سد نامحسوس است. پس از ورود پساب مجتمع پارچین کیفیت آب رودخانه بشدت تغییر می کند(شکل شماره ۲). شدت این تغییرات متناسب با دبی رودخانه در محل ورود پساب مجتمع است. بررسی اثر پساب خروجی مجتمع بر کیفیت آب رودخانه، با این فرض انجام شده است که کیفیت پساب خروجی آن در حد استانداردهای تخلیه به آبهای سطحی باشد.




**شکل (۲) تغییرات (الف) دبی، (ب) درجه حرارت، (ج) غلظت اکسیژن محلول و (د) اکسیژن خواهی پنج روزه در طول شاخه اصلی رودخانه در تیرماه به ازای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۵،۵ متر مکعب در ثانیه برداشت آب.**

مقایسه کیفیت آب رودخانه در ایستگاه های مختلف با معیارهای عمومی کیفیت آب سازمان حفاظت محیط زیست ایران(جدول شماره ۶) (سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۰) و استانداردهای کیفیت آبهای سطحی ژاپن برای رودخانه ها (جدول شماره ۷)(Environmental Quality Standards..., 1993) نشان می دهد که کیفیت آب رودخانه از نظر مشخصه ها $BOD_5$ تقریباً در تمامی طول سال در بالادست و پایین دست در حد مطلوبی قرار ندارد. این مسئله قبل و بعد از احداث سد وجود دارد احداث سد تنها آن را در پایین دست تشدید می کند (شکل شماره ۲).

**جدول شماره (۶): معیارهای عمومی کیفیت آب در ایران، سازمان حفاظت محیط زیست ایران**

| کلی فرم مدفوعی MPN/ 100 ml | pH | TDS mg/l | $BOD_5$ mg/ l | DO mg/ l |
|---|---|---|---|---|
| ۴۰۰ | ۶/۵-۹ | ۷۵۰ | ۵ | ۵ |

**جدول شماره (۷): استانداردهای کیفیت آب رودخانه برای کاربردهای مختلف، سازمان حفاظت محیط زیست ژاپن**

| سطح کلاس / پارامتر | DO mg/l | $BOD_u$ mg/l | SS mg/l | PH | کلی فرم کل MPN/100ml |
|---|---|---|---|---|---|
| کلاس AA[1] ژاپن | ۷/۵ | ۱ | ۲۵ | ۶/۵ -۸/۵ | ۵۰ |
| کلاس A[2] ژاپن | ۷/۵ | ۲ | ۲۵ | ۶/۵ -۸/۵ | ۱۰۰۰ |
| کلاس B[3] ژاپن | ۵ | ۳ | ۲۵ | ۶/۵ -۸/۵ | ۵۰۰۰ |
| کلاس C[4] ژاپن | ۵ | ۵ | ۵۰ | ۶/۵ -۸/۵ | - |
| کلاس D[5] ژاپن | ۲ | ۸ | ۱۰۰ | ۶/۵ -۸/۵ | - |
| کلاس E[6] ژاپن | ۲ | ۱۰ | مواد شناور دیده نشود | ۶/۵ -۸/۵ | - |

۱- منابع تأمین آب کلاس ۱، حفظ محیط زیست طبیعی و کاربردهای فهرست شده در A- E
۲- منابع تأمین آب کلاس ۲، شیلات کلاس ۱، استحمام و کاربردهای فهرست شده در B- E
۳- منابع تأمین آب کلاس ۳، شیلات کلاس ۲، کاربردهای فهرست شده در C- E
۴- شیلات کلاس ۳، آب صنعتی کلاس ۱، کاربردهای فهرست شده در D- E
۵- آب صنعتی کلاس ۲، آب کشاورزی و کاربردهای فهرست شده در E
۶- آب صنعتی کلاس ۳ و حفظ محیط زیست

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

**دردانی**

از معاونت پژوهشی دانشگاه تهران که با کمک مالی خود امکان یه نسخه فارسی مدل کیفی QUAL2E ، راهنمای استفاده و ابچه فنی مدل را فراهم کرد و همچنین شرکت مهندسین مشاور که اطلاعات پایه و داده های مورد نیاز برای اجرای مدل را در نیار گذارده است، صمیمانه تشکر می شود.

**داشت ها**

1- Five Days Biochemical Oxygen Demand
2- United States Environmental Protection Agency, USEPA
3- Steady States
4- Dynamic
5- Uncertainty Analysis
6- Sensitivity Analysis
7- First Order Error Analysis
8- Monte Carlo Analysis
9- Dispersion
10- Masch

## منابع مورد استفاده

ترابیان، علی. و هاشمی، سیدحسین. ۱۳۷۸. کتابچه راهنمای مدل QUAL2E . دانشکده محیط زیست. دانشگاه تهران.

ترابیان، علی. و هاشمی، سیدحسین. ۱۳۸۱. مدلسازی کیفی آبهای سطحی، سینتیک، ثوابت و نرخ ها. انتشارات دانشگاه تهران.

سازمان حفاظت محیط زیست ایران. ۱۳۸۰. راهنمای مطالعات کیفی منابع آب.

مهندسین مشاور لار. ۱۳۷۸. مطالعات آلودگی های محیط زیستی. پروژه ارزیابی آثار زیست محیطی سدمخزنی ماملو.

Brown, L.C. and Barnwell T.O. 1987. The Enhanced Stream Water Quality Models QIAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Manual.EPA/600/3-87/007. U.S. EPA. Athens, GA, USA.

Environmental Quality Standards for Water Pollution, Standards Related to the Conservation of the Living Environment. 1993. Environment Agency, Government of Japan.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1995. APHA, AWWA, WEF.

Shanahan, P. et al., 2000. River water quality modeling: II. Problems of the art. IAWQ.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی