Archive of SID

تجزیه و تحلیل تاثیرات منابع آلاینده بر کیفیت آب رودخانه کر با کاربرد شبیه WASP

هما رزمخواه*[۱]، و مهرداد اسماعیل نیاورانی[۲]

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۳ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱۵

چکیده

ورود انواع مختلف آلاینده های کشاورزی ، صنعتی و پسابهای شهری به رودها که یکی از منابع اصلی تامین آب آشامیدنی، صنعتی و کشاورزی می باشند، باعث شده است که در عصر کنونی به عنوان یکی از کانون های بحرانی از نقطه نظر آلودگیهای زیست محیطی مطرح باشند. رود کر در فارس تأمین کننده ی بخش مهمی از آب مورد استفاده ی کشاورزی ، صنعت و شرب این استان است. فعالیتعای کشاورزی ، صنعتی و گسترش اماکن مسکونی در حوزه ی آبخیز این رودخانه قابل توجه است. واحدهای صنعتی بزرگ نظیر مجتمع پتروشیمی ، مجتمع یک و یک ، کارخانه ی آزمایش ، کارخانه ی قند مرودشت و پالایشگاه شیراز در این حوضه قرار داشته و از نظر مصرف آب وابسته به آن می باشند. زهکشهای کشاورزی ، پسابهای صنایع و خانگی از جمله فاضلابهای شهر مرودشت وارد آن شده و آلودگی رود را همراه با افزایش مصارف آب تشدید کرده است. به علل مذکور، کر یکی از آلوده ترین رود های کشور می باشد. لذا، به منظور تعیین نقاط حساس از نظر آلودگی، و بررسی تاثیر ورود منابع آلاینده فوق، از شبیه ریاضیWASP7 استفاده شده ا ست.

واژه های کلیدی : کیفیت آب، رود کر، شبیه سازی، WASP7

۱- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرودشت.

۲- فارغ التحصیل کارشناسی مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرودشت.

* نویسنده ی مسوول مقاله: homarazmkhah@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کاهش چشمگیر بارندگی سالهای اخیر در ایران اهمیت حفاظت و بهرهوری مناسب از آبهای سطحی را بیشتر نمایان ساخته است. رودها به عنوان شریان اصلی در زنجیره ی پایدار آب همواره مورد توجه انسان بوده اند. در عصر کنونی، گسترش شهرها و احداث واحدهای صنعتی و کشاورزی سبب شده است که رودها به عنوان مجاری طبیعی در انتقال پسابها و فاضلابهای تولید شده عمل کنند. رودها ظرفیت پذیرش آلودگی را تا مقدار مشخصی دارا می باشند، که این مقدار بستگی به عواملی نظیر بده ی آب، عمق رود، بده و غلظت فاضلابهای تخلیه شده به رود و غیره را دارد. بنابراین، تعیین محلهایی از رود که در آن شرایط محیا برقرار نیست، و مشخص کردن منابع آلودگی از اهمیت بسزایی برخوردار است. رو

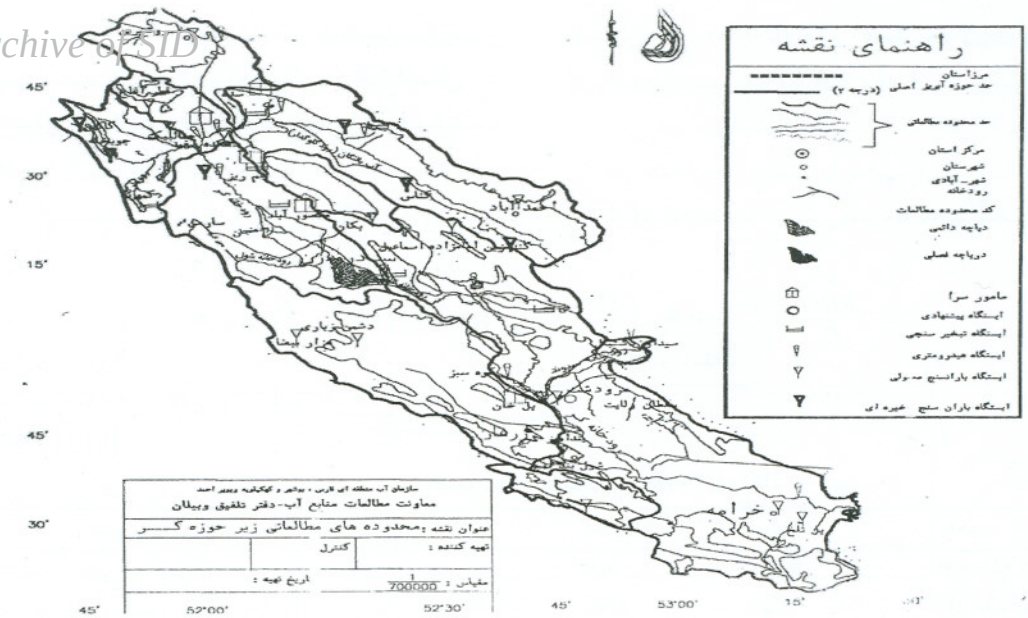
د کر با طول تقریبی ۲۸۰ کیلومتر و حوزه ی آبخیزی به مساحت ۹۷۰۰ کیلومتر مربع یکی از رودهای پرآب استان فارس است، که تأمین کننده بخش مهمی از آب مورد استفاده ی کشاورزی ، صنعت و شرب این استان به حساب می آید. فعالیت های کشاورزی ، صنعتی و گسترش اماکن مسکونی در حوزه ی آبخیز این رود قابل توجه است. واحدهای صنعتی بزرگی نظیر مجتمع پتروشیمی ، مجتمع یک و یک ، کارخانه ی آزمایش ، کارخانه ی قند مرودشت، و پالایشگاه شیراز در این حوزه قرار داشته، و از نظر مصرف آب وابسته به آن می باشند. زهکشهای کشاورزی ، پسابهای صنایع و خانگی، از جمله فاضلابهای شهر مرودشت، وارد آن شده و آلودگی رود را همراه با افزایش مصارف آب تشدید کرده است. به علل مذکور، رود کر یکی از آلوده ترین رودهای کشور بشمار می رود. استفاده از شبیه سازی می تواند در بررسی تأثیر هر یک از منابع آلاینده مؤثر بوده و اثر افزوده شدن منابع بارگزاری را پیش بینی نماید. از بین شبیه های رایج در زمینه ی مسایل کیفی آب می توان به شبیه هایی نظیر AGNPS , HSPF , CORMIX , SLAMM , WASP , QUAL2E ، و به خانواده ی MIKE اشاره نمود. کلیه ی این شبیه ها به حل معادله ی تراز جرم می پردازند، که از بین شبیه های مذکور، WASP و QUAL2E در زمینه ی شبیه سازی کیفیت آب رودها کارآیی خوبی از خود نشان داده اند. به این منظور، از شبیه ریاضی WASP7 برای شبیه سازی کیفیت آب رود کر استفاده کرده ایم[۱].

آشنایی با رود کر و حوزه ی آبخیز آن

حوزه ی آبخیز کر و سیوند، که حوزه ی آبخیز دریاچه های طشک، کر نامیده می شود، در شمال استان فارس، و در دامنه ی شرقی و بخش جنوبی کوههای زاگرس واقع شده، و منطقه ای را در محدوده ی جغرافیایی $45' - 51^{\circ}$ تا $30' - 54^{\circ}$ طول شرقی و $01' - 29^{\circ}$ تا $15' - 31^{\circ}$ عرض شمالی در بر می گیرد. مساحت این حوزه ۳۱۲۲۱ کیلومترمربع است که در جنوب شرقی آن دریاچه های طشک و بختگان به ترتیب با مساحتهای ۴۱۰ و ۸۵۰ کیلومترمربع واقع شده اند. سرشاخه ی اصلی رود کراز بلندیهای پلنگی ، سیاه و رنج نشأت گرفته و با پیوستن به دیگر شاخه ها از جمله سفید ، اوجان ، دزکرد ، شوروشیرین ، مارگان ، تنگ شول و تنگ بستانک در منطقه ی حسین آباد به سد درودزن می ریزد. این رود بعد از سد در منطقه ی رامجرد جریان یافته و پس از پیوستن رود مائین به طرف شهر مرودشت پیش می رود. در محل پل خان، در مجاورت شهر مرودشت با رود سیوند یکی می شود. بعد از الحاق به سوی بند امیر جریان یافته، و با گذشتن از آن و بندهای فیض آباد ، تیلکان ، حسن آباد ، جهان آباد و سیاه زار که همه ی آنها جهت آبگیری کشاورزی بنا نهاده شده اند، درنهایت بعد از کربال به دریاچه ی بختگان می رسد. شکل ۱ نمایی از موقعیت حوزه ی آبخیز رود کر، دریاچه های طشک و بختگان را در نقشه ی آشناسی ایران نشان می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- نمایی از موقعیت حوزه ی آبخیز رود کر و موقعیت جغرافیایی ایستگاههای آبسنجی آن

معرفی مدل WASP و معادلات حاکم بر آن

برنامه ی WASP7 شبیهی با ساختار پویایی برای محیطهای آبزی می باشد، که فرآیندهای متغیر زمانی را همانند جابجایی، پخشیدگی، بار جرمهای نقطه ای و پخشی، و شرایط مرزی در برنامه ی اصلی در نظر می گیرد.

:

برنامه ی WASP7 آلاینده های متعارف همانند DO، BOD[۳]، مواد مغذی و یوتریفیکاسیون و آلاینده های سمی مانند مواد شیمیایی آلی ، فلزات و رسوبات را مورد توجه قرار می دهد. معادله ای که بوسیله ی WASP7 حل می گردد، بر اساس اصل بقای جرم می باشد. معادله ی توازن جرم برای یک حجم سیال بسیار کوچک عبارتست از :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x}(U_x C) - \frac{\partial}{\partial y}(U_y C) - \frac{\partial}{\partial z}(U_z C) + \frac{\partial}{\partial x}(E_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(E_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(E_z \frac{\partial C}{\partial z}) + S_L + S_B + S_K$$

:به طوریکه متغیر C بیانگر غلظت اجزای کیفی (گرم بر لیتر)، t – زمان (روز)، Uz,Uy,Ux سرعتهای طولی ، جانبی و عمودی(متر بر روز)، Ez,Ey,Ex= ضرایب پخشیدگی درجهت طولی،جانبی وعمودی(متر بر روز)، SL سرعت بارهای آلودگی نقطه ای و پخشی (گرم برمترمکعب بر روز)، SB = سرعت بارهای آلودگی مرزی (گرم بر مترمکعب بر روز) و SK =مجموع انتقال جرم به داخل یاخارج از سامانه (گرم برمترمکعب بر روز) می باشد. با بسط حجم نارسی های کوچک به صورت اتصالات بزرگ و ساختن قطعات و مشخص کردن محل انتقال ، بازها و عوامل انتقال، شبیه WASP7 به حل معادله ی جرم به روش تفاوتهای محدود می پردازد. به منظور سادگی و روشنی، و بدست آوردن معاله ی توازن جرمی برای یک مسیر در حالت یک بعدی می توان نوشت.

$$\frac{\partial}{\partial t}(AC) = \frac{\partial}{\partial x}(-U_x AC + E_x A \frac{\partial C}{\partial x}) + A(S_L + S_B) + AS_K$$

به طوری که A سطح مقطع عرضی را نشان می دهد. این معادله سه گروه اصلی از فرآیندهای کیفی آب را نشان می دهد که عبارتند از انتقال ، بار آلودگی ورودی

۳- DO و BOD آلاینده نبوده بلکه معیار آلایندگی بشمار میروند.

www.SID.ir

یا خروجی و تبدیل مواد. این برنامه قادر به شبیه سازی ردیابهای شیمیایی مثل نمکها و کلریدها، انتقال رسوبات، اکسیژن محلول و مواد مغذی(نیتروژن و فسفر) می باشد.

به عنوان مثال معادله ی توازن اکسیژن محلول عبارتست از:

Archive of SID

$$\frac{\partial C_S}{\partial t} = K_a(C_S - C_t) - K_D \Theta_D^{T-20}\left(\frac{C_S}{K_{BOD} + C_S}\right)C_S - \frac{64}{14}K_{12}\Theta_{12}^{T-20}\left(\frac{C_S}{K_{NIT} + C_S}\right)$$

$$C_S - \frac{SOD}{D}\Theta_S^{T-20} + G_{PI}\left(\frac{32}{12} + \frac{4814}{1412}(1 - P_{NH3})\right)C_t - \frac{32}{12}K_{IRs}\Theta_S^{T-20}C_t$$

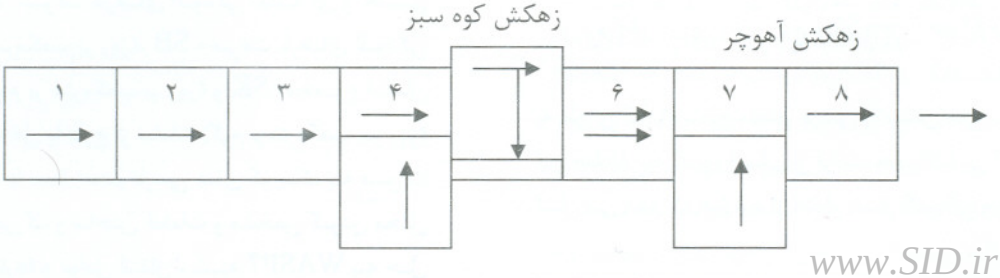
عوامل مربوط به روابط فوق در جدول شماره(۱) تعریف شده اند[۲] و [۳].

جدول ۱- تعاریف مرتبط به واکنشهای CBOD و DO

عنوان	علایم	مقادیر	واحد
نسبت اکسیژن به کربن	aoc	۳/۱۲	mgO2/mgc
نسبت نیتروژن فیتوپلانکتون به کربن	aNC	۰/۲۵.	mgN/mgC
آهنگ تولید اکسیژن در دمای ۲۰ درجه،	Kd,Ed	۰/۲۱-۰/۱۶	day^{-1}
ضریب نیمه اشباع برای محدودیت اکسیژن	KBOD	۱/۰۴۷	mgO2/L
آهنگ نیترات سازی در دمای ۲۰درجه ،ضریب دما	K12,E12	۱/۰۸و۰/۱۳-۰/۰۹	day^{-1}
ضریب نیمه اشباع برای محدودیت نیترات	KNo3	۰/۱	mgN/L
آهنگ رشد فیتوپلانکتون	Gp1	۰/۱-۰/۵	day^{-1}
آهنگ تنفس فیتوپلانکتون دردمای ۲۰درجه،	KIR,EIR	۰/۱۲۵	day^{-1}
اکسیژن مورد نیاز رسوبات ،ضریب دما	SOD	۴-۱/۰۸	g/m^2-day
آهنگ هوادهی در دمای ۲۰درجه ،ضریب دما	K2,Ea	۱/۰۲۸	day^{-1}
اکسیژن محلول اشباع	Cs	-	mgO2/L
جزء محلول CBOD	fD5	۰/۵	none
سرعت بارگذاری مواد آلی	Vs3	-	m/day

شبیه سازی کیفی رود کر بوسیله ی شبیه WASP7

پس از بررسی انجام شده در مورد داده های موجود و ایستگاههای اندازه گیری، تعداد ۸ ایستگاه در طول رود در حد فاصل بالادست مجتمع پتروشیمی شیراز تا بند امیر، که مسافتی در حدود ۲۵ کیلومتر را در بر می گیرد به دلیل ورود منابع آلاینده در این محدوده از رود، به منظور شبیه سازی بوسیله ی برنامه های انتخاب گشت، شبیه سازی در حالت یک بعدی، جریان غیرماندگار و ورود منابع آلاینده به جریان آب رود صورت پذیرفت؛ عوامل BOD, DO نیترات و آمونیاک شبیه سازی شدند. به منظور طراحی شبکه شبیه قطعه بندی مسیر رود و سامانه ی جریانها در نظر گرفته شده همانند شکل شماره ی ۲ می باشد.



www.SID.ir

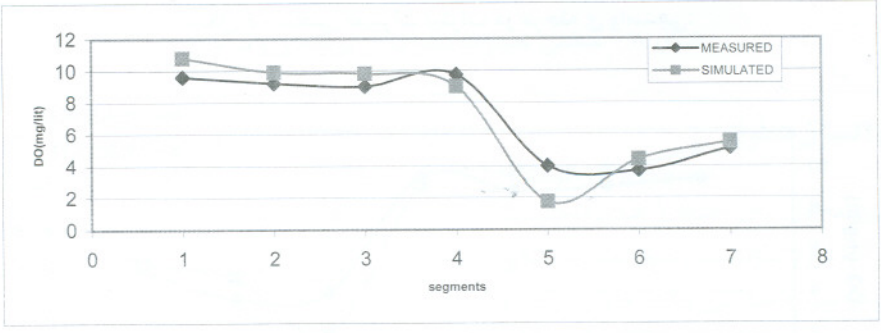
شکل ۲ - شبکه ی طراحی شده به منظور شبیه سازی در مسیر رودخانه کر

Archive of SID

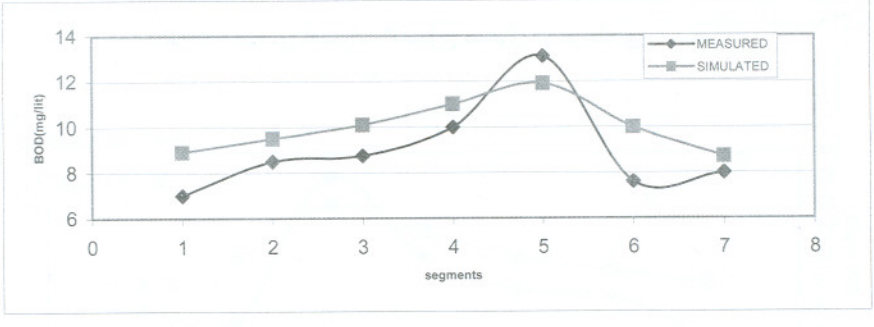
واسنجی و صحت یابی شبیه

به منظور اجرای شبیه، داده های موجود به دو دسته تقسیم گردیدند که دسته ی اول در واسنجی(کالیبراسیون) شبیه و از دسته ی دوم اعداد به منظور آزمایش و صحت یابی شبیه استفاده گردید.

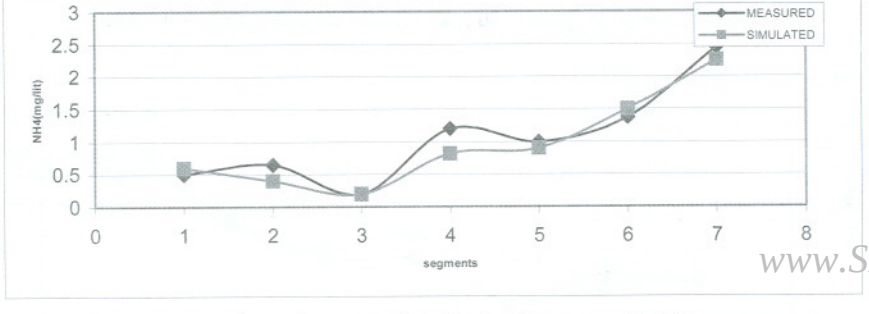
واسنجی شبیه با توجه به داده های موجود و عوامل شبیه سازی شده در انتهای هر دوره انجام پذیرفت. در شکلهای شماره ۳ تا ۱۰ به ترتیب منحنیهای واسنجی و صحت یابی شبیه مشاهده می گردند.



شکل ۳- منحنی تغییرات اکسیژن محلول در مرحله ی واسنجی



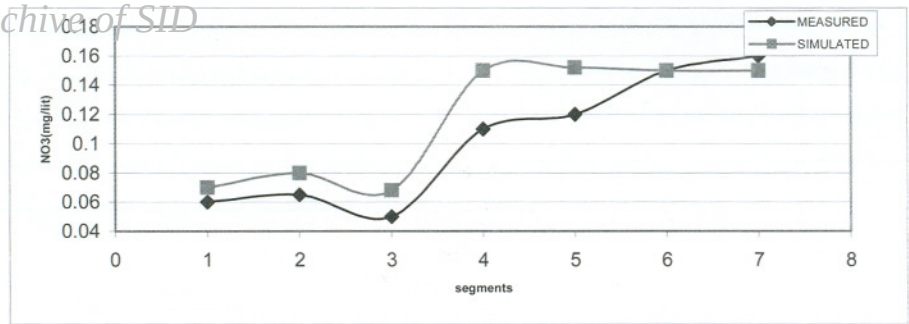
شکل ۴- منحنی تغییرات اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی در مرحله ی واسنجی.



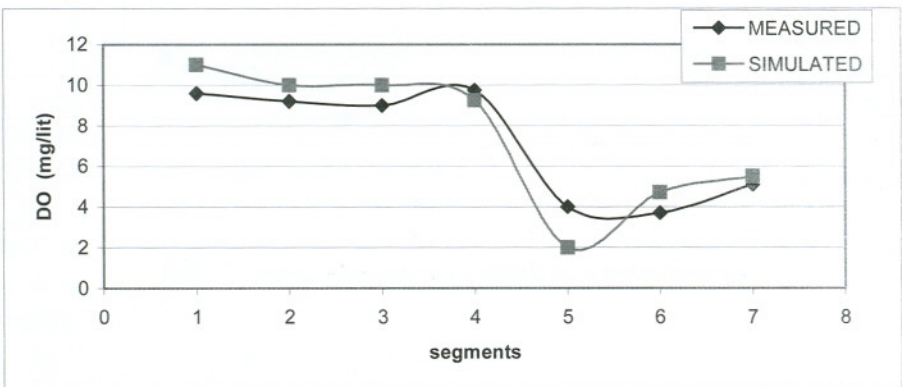
www.SID.ir

شکل ۵ - منحنی تغییرات آمونیاک در مرحله ی واسنجی.

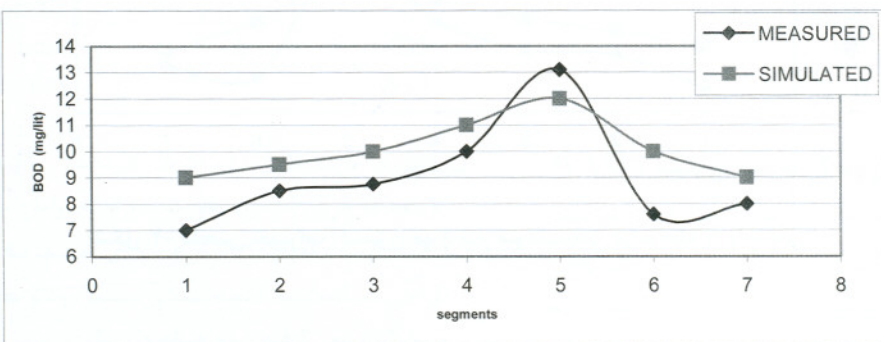
Archive of SID



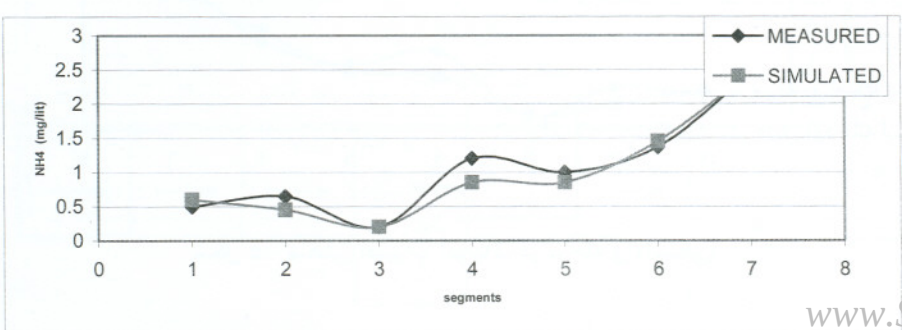
شکل ۶- منحنی تغییرات نیترات در مرحله ی واسنجی.



شکل ۷- منحنی تغییرات اکسیژن محلول در مرحله ی واسنجی.

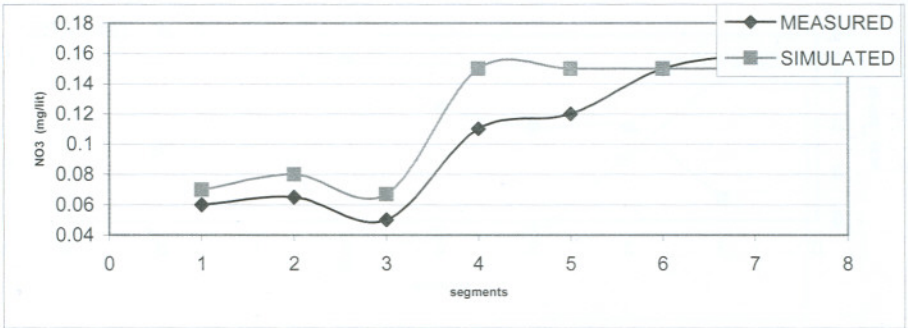


شکل ۸ - منحنی تغییرات اکسیژن مورد نیاز زیستی در مرحله واسنجی.



www.SID.ir

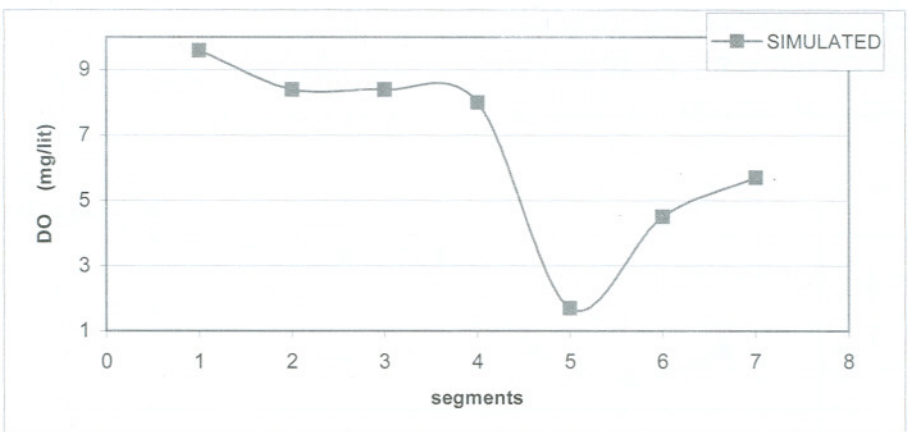
شکل ۹ - منحنی تغییرات آمونیاک در مرحله ی واسنجی.



شکل ۱۰ - منحنی تغییرات نیترات در مرحله ی واسنجی.

بررسی عوامل اکسیژن محلول (dissolved oxygen)

اکسیژن محلول برای حفظ و بقای موجودات آبزی و گوارایی آب مورد نیاز است. وجود مقادیر کافی اکسیژن محلول در نمونه ها می تواند حاکی از عدم آلودگی میکروبی رودخانه می باشد. شکل ۱۱ تغییرات اکسیژن محلول را در قطعات مختلف در حالت جریان غیرماندگار به همراه ورود آلاینده ها به رودخانه نشان می دهد. روند تغییرات اکسیژن محلول به صورتی است که مقدار آن در قطعه ی پنجم (در محدوده پایین دست پتروشیمی تا بعد از پل خان، به طول حدود ۷ کیلومتر) افت کرده، به کمتر از ۲ میلی گرم در لیتر می رسد. وضعیت در بقیه، قطعات است.



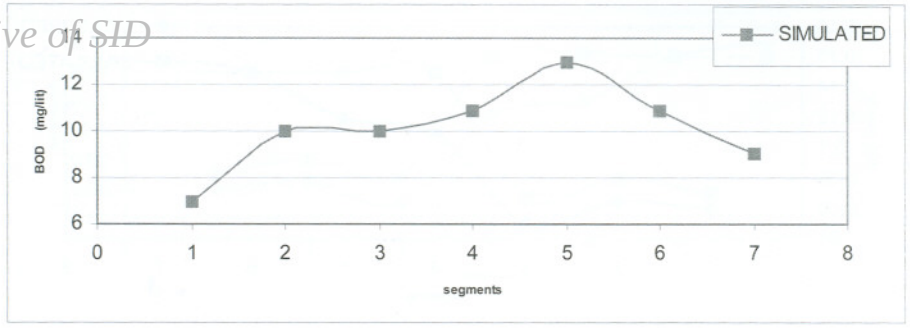
شکل ۱۱ - منحنی تغییرات اکسیژن محلول شبیه سازی شده.

بررسی عامل اکسیژن مورد نیاز زیستی (BOD)

این عامل به عنوان شاخصی برای تعیین میزان آلودگی آب بوده و معمولاً برای فاضلاب بکار می رود. مطابق با معیار موجود برای حفظ و بقای آبزیان در رود، BOD نباید از ۵ میلی گرم در لیتر بیشتر شود. با توجه به نمودارهای حاصل در حالت غیرماندگار، و ورود آلاینده ها به رود (شکل ۱۲) برای عامل BOD ،روند تغییرات نشانگر وضعیت نامناسب در اکثر نقاط بوده، و این تغییرات در جهت افزایش در طول رودخانه است.

www.SID.ir

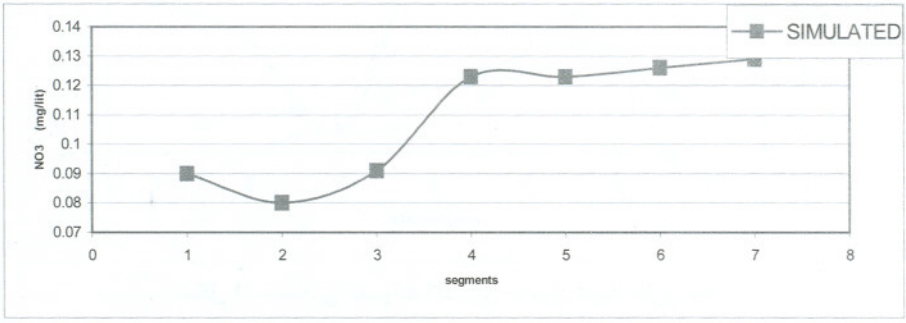
Archive of SID



شکل ۱۲ - منحنی تغییرات اکسیژن مورد نیاز زیستی شبیه سازی شده.

بررسی عامل نیترات

نیترات به عنوان یکی از مهمترین عوامل در تعیین آلودگی آب به آلاینده ها به خصوص کودهای شیمیایی و فاضلاب به شمار می رود. علاوه بر این، نیترات از منابعی همچون مواد زاید حیوانات و تجزیه ی زیستی جانداران وارد منابع آب می شود. ورود نیترات می تواند ناشی از تخلیه ی مستقیم فاضلاب در رودها، و یا به طریق زه آب سطحی و زیرزمینی باشد. در وفور منابع غذایی ناشی از تجزیه ی باکتریایی، مواد مغذی معدنی(خصوصاً نیتراتها) افزایش می یافته و موجب رشد سریع جلبکها می گردند. رشد جلبکها موجب بوجود آمدن شرایط بی هوازی در آب شده، و شرایط تجزیه بی هوازی به وسیله ی باکتریها باعث ایجاد محیطی نامناسب در رود می گردد. وجود نیترات در آب شرب برای اطفال خطرآفرین است. میزان نیترات قابل قبول در آب بایستی کمتر از ۴۲ میلی گرم در لیتر باشد. با بررسی شکل ۱۳ مشاهده می شود که میزان نیترات در تمام قطعات کمتر از مقدار مجاز(۴۲ میلی گرم در لیتر) بوده، که به دلیل نشت از استخرهای تبخیری مجتمع پتروشیمی شیراز می باشد. بالا بودن میزان نیترات در قطعات چهارم تا انتها نیز بدلیل تخلیه ی زه کش کوه سبز ، فاضلاب شهر مرودشت و زهکش آهوچر است.

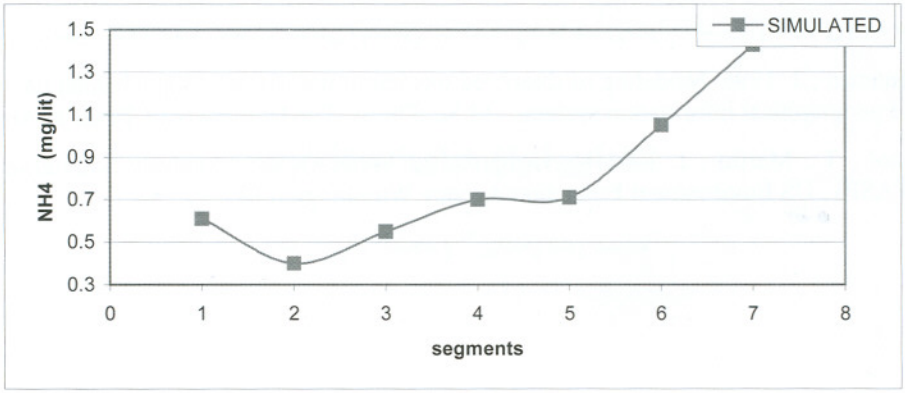


شکل ۱۳- منحنی تغییرات نیترات شبیه سازی شده.

بررسی عامل آمونیاک

آمونیاک برای موجودات آبی به ویژه آبزیان بزرگتر مثل ماهی، در غلظتهای به مقدار کم تا ۰/۵ میلی گرم در لیتر سمی است. شوره سازی(نیتریفیکاسیون)، تبدیل آمونیاک به نیترات در آب دریافت کننده می تواند به عنوان یک عامل عمده ی اکسیژن خواهی بکاربرده شود. چنانچه عمل اکسیژن خواهی نیتروژن به وسیله ی تصفیه خانه ها به مقدار کم کاهش یابد،شوره سازی می تواند شدیداً منابع اکسیژن آبهای سطحی را تقلیل دهد. مقدار مجاز این عامل تا حداکثر ۰/۱ میلی گرم در لیتر توصیه شده است. با بررسی نمودار حاصل از شبیه، شکل۱۴ مشاهده می گردد که مقدار آمونیاک بالاتر از حد مجاز بوده، در طول رود از یک روند افزایشی برخوردار است. این وضعیت از قطعه ی پنجم به بعد بحرانی تر می گردد.

www.SID.ir



www.SID.ir

شکل ۱۴- منحنی تغییرات آمونیاک شبیه سازی شده.

بحث و بررسی نتایج

اجرای شبیه در مورد رود کر نشانگر وضعیت آلودگی آن در محدوده ی پایین دست پتروشیمی تا حوالی بند امیر را بازگو می نماید. علت این امر تراکم مراکز صنعتی، از جمله مجتمع پتروشیمی، مجتمع گوشت، کارخانه ی چرمینه، اراضی کشاورزی حاشیه رودخانه ،زهکشهای کشاورزی شبکه آبیاری و زهکشی زیر دست سد درود زن نظیر کوه سبز و آهوچر است که در این محدوده در رودخانه تخلیه می شوند. همچنین، تخلیه ی فاضلاب شهرها و روستاهای مجاور، از جمله شهر مرودشت، را نیز می توان بازگو نمود. در بازه ی مذکور، بحرانی ترین منطقه حوالی ایستگاه پل خان یا همان قطعه ی پنجم بدست آمد. همچنین، بر اثر مشخص نبودن بستر و حریم قانونی این رود، کشت در حریم آن باعث افزایش املاح و یونهای فسفات و نیترات در رود گشته است. از بین عوامل مورد مطالعه تنها نیترات در وضعیت مطلوب قرار دارد. ولی بقیه ی عوامل بیشتر از حد مجاز می باشند که نشانگر وضعیت آلوده بودن رود را نشان می دهند. شبیه WASP7 در این مطالعات از دقت خوبی برخوردار بوده، و توانست حالت جریان غیرماندگار را به رغم داده های اندک موجود به خوبی شبیه سازی کند. پیشنهاد می شود که مطالعه نمونه برداری در بازه های زمانی طولانی صورت پذیرد، ایستگا ه های نمونه برداری کیفی با ایستگاههای آب سنجی انطباق یابد، و با توجه به آلودگی بالای رودخانه سیستمهای نمونه برداری و سنجش کیفیت ثبات آب در رودخانه نصب گردد و افزون بر آن، تصفیه خانه های فاضلاب شهرها و کارخانه های مجاور رودخانه تکمیل و گسترش یابد.

منابع

۱- نیاورانی، مهراد. ۱۳۸۵. پایان نامه کارشناسی مهندسی آب، استاد راهنما هما رزمخواه، دانشگاه آزاداسلامی واحد مرودشت.

2- Benaman , J .1996. Modeling of dissolved oxygen in the Huston Ship Channel using WASP5 and geographical information systems . M.Sc. Thesis, The University of Texas at Austin.

3- Wool , T . Martin , J. 2001 Users manual of Water Quality Analysis Simulation Program (WASP) . US Environment Protection Agency.Whashington,DC.

www.SID.ir