علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره نهم، شماره چهارم، زمستان ۸۶

مدل سازی تاثیرتغییر pH در انتقال فلزات سنگین(نیکل و کادمیوم) ناشی از فعالیت های پتروشیمی بندر امام خمینی در خلیج فارس (خور موسی)

امیرحسین جاوید

استادیار دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد علوم وتحقیقات

حسن صمدیار(مسئول مکاتبات)

کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم وتحقیقات

تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۱۰ **تاریخ پذیرش: ۸۵/۶/۵**

چکیده

خورهـای موسـی در شـمال غربـی خلـیج فـارس واقـع شـده و از سـمت جنـوب بـه خلـیج فـارس مـرتبط گـشته اسـت. برخـورداری ایـن منطقـه از موقعیـت خـاص جغرافیـایی، منجـر بـه ایجـاد مجموعـه ای از تاسیـسات و صـنایع پتروشـیمی ماننـد مجتمـع هـای پتروشـیمی رازی و امـام خمینـی و نیـز بنـادر حـساس و اسـتراتژیکی ماننـد ماهـشهر و اسـکله هـای صـادرات نفـت شرکت نفت ایران و ... گردیـده اسـت. همچنـین وجـود جـزر و مـد بـالا در ایـن منطقـه دامنـه گـسترش آلاینـده هـا را بـسیار افـزایش داده و باعث شده است که کل منطقه خور موسی تحت تاثیر آلاینده های تخلیه شده به خور قرار گیرد .

با توجه به آن که پساب ها و فاضلاب های مجتمع های پتروشیمی مستقر در خورهای موسی بـه داخـل خـور موسی وارد می شود، لذا پایش و نیز بررسی عوامل موثر بر پراکنش و نیز نحوه پراکنش و نیز نحوه پراکنش فلزات نیکل و کادمیوم برای مدیریت نحوه دفع و نیز زمان دفع پساب امری ضروری به نظر می رسد. در این راستا، در این پژوهش با استفاده از نرم افزار MIKE 21، به منظور بررسی نحوه پراکنش فلزات نیکل و کادمیوم و اثر تغییرات pH در خور موسی و عواملی که بر پراکنش آن موثرند، پراکنش این فلزات در آب خور موسی در حالات مختلف بررسی شده است . نتایج این مدل نشان داد که با ثابت در نظر گرفتن pH افزایش غلظت فلزات نیکل و کادمیوم روند افزایشی داشته و این روند تا زمانی که غلظت این فلزات به حداکثر خود برسد، ادامه می یابد و مدت زمانی که این روند به طول می انجامد بسیار کوتاه تر از زمانی است که pH متغیر است و این تحقیق اهمیت پدیده جزر و مد در تغییرات pH و تاثیر آن را در فرآیند انتقال فلزات سنگین نشان می دهد .

واژه های کلیدی: پتروشیمی بندر امام خمینی، فلزات سنگین ، مدل سازی ، خلیج فارس ، خور موسی

Archive of SID

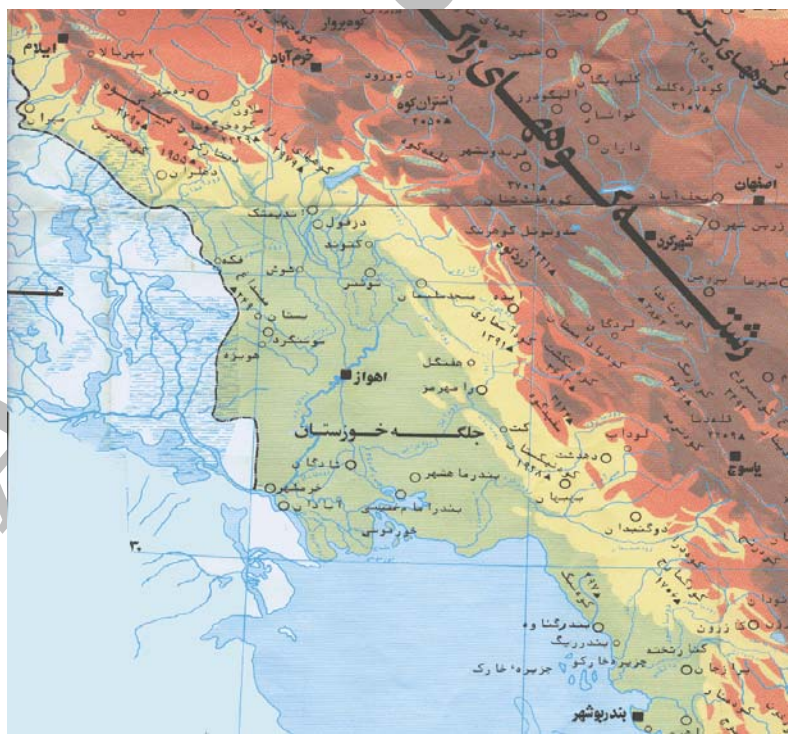
www.SID.ir

مقدمه

خورموسی یکی از مناطق مهم در منطـقه خلیج فــارس می باشد که شامل بخشی از شمالی ترین محدوده ساحلی خلیج فارس با انشعابات متعدد می شود که بین مدارات با عرض جغرافیایی ۲۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه و طول جغرافیایی بین ۵۲ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۹ دقیقه واقع گردیده است. دهانه این خور به پهنای حدود ۴۰ کیلومتر و طول ۱۲۰ کیلومتر تا بندر ماهشهر بوده و به سبب وجود جزر و مد با آب های دریا مرتبط می گردد (۲). شکل های ۱و۲ نشان دهنده موقعیت جغرافیایی خور موسی نسبت به خلیج فارس و استان خوزستان است. آلودگی های آب به وجود آمده در خور موسی ناشی از تخلیه حجم بسیار زیاد فاضلاب می باشد. در حال حاضر سه کارخانه پتروشیمی بندر امام، رازی و فارابی پساب هایشان را به داخل دریا و خور تخلیه می کنند(۴).

مطابق تعریف فلزات سنگین عناصری هستند که وزن مخصوص آن ها بیشتر از ۴/۵ گـرم بر سانتی متـر مکعب می باشد. فلزات سنگینی مانند مس، نیکل و کبالت میل ترکیبی شدید با گروه های آهن سولفیدریل (SH) دارند و آنزیم ها را متلاشی کرده و قدرت آنزیمی آن ها را از بین می برند(۱). این فلزات قابلیت تجمع در بافت حیوانی و گیاهی را دارند.

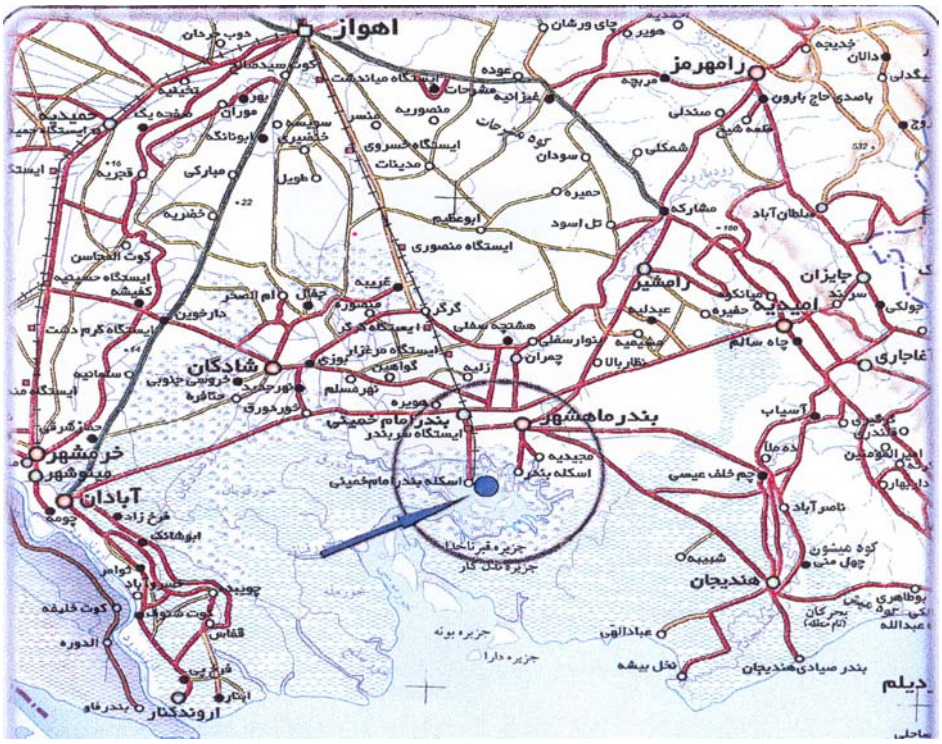
نیکل از جملـــه فلـــزات پرکاربـــرد در صنعت می باشد و یکی از ترکیبات کاتالیستی مورد استفاده در صنایع پتروشیمی است.کادمیوم نیز از فلزات سنگین بوده و یکی از ترکیبات کاتالیستی مورد استفاده در صنایع پتروشیمی است (۳).



شکل ۱- موقعیت بندر امام خمینی و خور موسی نسبت به خلیج فارس(۴)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- موقعیت بندر امام خمینی و خور موسی (۴)

معادلات هیدرودینامیکی

معادلات هیدرودینامیکی مورد استفاده شامل معادله

پیوستگی و معادلات اندازه حرکت می باشند .

معادله پیوستگی:

$$\frac{\partial H}{\partial t}+\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial q}{\partial y}=0 \qquad (۱)$$

معادله اندازه حرکت در جهت x

$$\frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{p^2}{h}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{pq}{h}\right]+gh\frac{\partial H}{\partial x}+\frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2h^2}$$

$$-\frac{1}{\rho w}\left[\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xx})+\frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{xy})\right]-\Omega.p-fvv_x+\frac{h}{\rho w}\frac{\partial}{\partial x}(p_a)=0 \qquad (۲)$$

که در آن ها :

h(x,y,t) : عمق آب (m)

p,q(x,y,t): شار عبوری در جهت y,x ($m^3/s.m$)

g : شتاب ثقل (m/s^2)

τ_{xx} , τ_{xy} , τ_{yy} : مولفه های تنش برشی موثر (N/m^2)

P_a: فشار اتمسفری ($Kg/m/s^2$)

x,y : مختصات مکانی (m)

v, vx, vy(x, y,t) :سرعت باد و مولفه های آن در جهت y,x است.

H(x,y,t): تراز سطح آب (m)

c(x,y): ضریب شزی $(m^{1/2}/s)$

f(v) : ضریب اصطکاک باد

Ω(x,y) : پارامتر کویولیس(s^{-1})

ρw : دانسیته آب (kg/m^3)

t : زمان (s)

Archive of SID

www.SID.ir

معادله انتشار و پراکنش فلزات سنگین در آب

برای پدیده انتشار و پراکنش فلزات سنگین در آب دریا در MIKE 21 معادلات در دو بعد حل شده اند . این معادلات همگی برمبنای معادلات بقای جرم نوشته شده اند و دربرگیرنده مقادیر غلظت مواد تخلیه شده ، میزان غلظت پایه مواد در محیط انتشار و نیز میزان رسوب گذاری در بستر هستند(۸).

$$\frac{\partial}{\partial x}(hc) + \frac{\partial}{\partial x}(uhc) + \frac{\partial}{\partial y}(vhc) = \frac{\partial}{\partial x}\left(h.Dx.\frac{\partial c}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(h.Dy.\frac{\partial c}{\partial y}\right) - F.h.c + S \quad (۳)$$

در حالی که :

همواره بین غلظت فلزات در آب و رسوب رابطه دو طرفه ای وجود دارد :

$$S = Q(c_s - c)$$

$$dC_w / dt\,(adsorption \quad and \quad desorption) = -k_1.C_w + k_2 C_s.C_p \quad (۴)$$

که در آن ها :

D_x, D_y	: ضرایب پخش در جهت y,x (m^2/s)	c	: غلظت مواد (gr/m^3)
v , u	: مولفه های سرعت در جهت y,x (m/s)	F	: ضریب میرایی (s^{-1})
c_s	: مواد معلق موجود در آب (gr/m^3)	As	: مساحت ناحیه رسوبی (m2)
C_w	: غلظت فلز سنگین درآب (gr/m^3)	K_1	: ثابت جذب (d^{-1})
H	: عمق آب(m)	K_2	: ثابت (d^{-1})
V	: حجم آب (m^3)	C_p	: غلظت فلز سنگین درمواد معلق (gr/m^3)
Q	: تخلیه چشمه / چاه درواحد سطح $(m^3/s/m^2)$		
c_s	: غلظت مواد در محل تخلیه در چشمه و چاه (gr/m^3)		

معادلات موج

دراین مدل معادلات موج از معادله بقای انرژی طیف موج استخراج شده اند. معادلات مورد استفاده به صورت زیر می‌باشند:

(۷)

$$(۸)\quad \frac{\partial(C_{gx}m_o)}{\partial X} + \frac{\partial(C_{gy}m_O)}{\partial X} + \frac{\partial(C_\theta m_O)}{\partial X} = S_o$$

$$\frac{\partial(C_{gx}m_1)}{\partial X} + \frac{\partial(C_{gx}m_1)}{\partial y} + \frac{\partial(C_\theta m_1)}{\partial \theta} = S_1$$

که در آن m_0 (x , y , θ) گشتاور مرتبه صفرطیف موج (m^2، s) m_1 (x , y , θ) گشتاور مرتبه اول طیف موج (m^2، s) c_{gx} و c_{gy} سرعت گروه موج در دو جهت y ,x (m/s) c_θ سرعت انتشار موج که نشان دهنده تغییرآن درجهت θ (m /s)، y، x محورها در سیستم مختصات کارتزین (m)، θ جهت انتشار موج(deg.) و S_1 ,S_0 وگزینه های چشمه (m^2 و m^2/s) می باشند.

درسمت چپ معادله (۷) ، اثر خزش و انعکاس در نظر گرفته می‌شود. ترم های چشمهS_0 وS_1 نشان دهنده اثرات تولید باد محلی و اتلاف انرژی به دلیل زبری کف و شکست موج می‌باشند(۸).

مشخصات روش حل عددی معادلات

در حل عددی معادلات هیدرودینامیکی از معادلات پیوستگی و اندازه حرکت از روش ضمنی با جهت متغیر(ADI) استفاده شده است. ماتریس معادلات که برای هر جهت و نقاط

Archive of SID

www.SID.ir

هر خط از شبکه به دست می آید با الگوریتم دوبار روبیدن (Double Sweep) حـــل می شود. این مدل خطای عددی صفر در حل معادلات مومنتوم (momentum) و جرم دارد و بدون استفاده از روش تکرار و توسط تقریب مرکزی برای ترم ها و ضرایب حاکم به چنین دقتی دست یافته است. خطای منفصل سازی سری تیلور برای ترم های جابه جایی معادله اندازه حرکت از درجه دو و سه می باشد و نتایج مدل دقیق و قابل اعتماد بوده و سریعاً قابل دسترسی است.

روش حل عددی مورد استفاده در مدل پراکنش و انتشار فلزات سنگین روشی با خطای از مرتبه سه و به صورت صریح به نام QUICKEST می‌باشد. معادله خطای قطع، در روش QUICKEST خطای مرتبهٔ سه می‌باشد.

معادلات موج اساسی با استفاده از روش اولر بر مکان منفصل سازی می‌شود. گشتاور مرتبه صفر و اول بر روی شبکه‌ای مستطیلی برای چند جهت منفصل شده محاسبه می‌شود. ترم های چشمه ناشی از تولید باد محلی به طور صریح و ترم های چشمه ناشی از زبری کف و شکست موج به طور ضمنی مشخص می‌شود. معادله جبری غیرخطی حاصل از منفصل‌سازی در مکان با استفاده از روش once through marching در جهت x (جهت غالب انتشار موج) با این محدودیت که زاویه بین جهت انتشار موج و محور x از ۹۰ درجه کمتر باشد حل می‌شود.

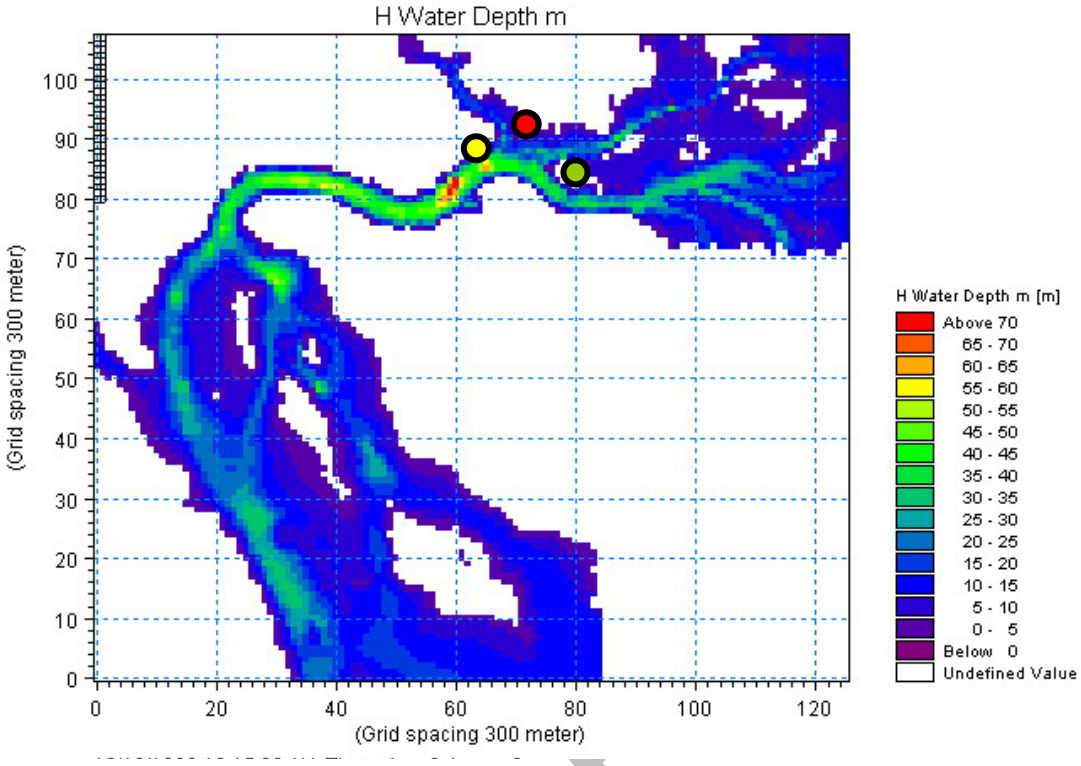
روش کار

انتخاب محدوده مدل ، فواصل شبکه

محدوده مدل به ابعاد ۳۵km × ۵۵ km با فواصل شبکه ای ۳۰۰m × ۳۰۰m (شکل۳) در نظر گرفته شده که در هنگام اجرای مدل اطلاعات مرزی، از داده های ایستگاه موجود در دهانه خور به عنوان شرایط لایه مرزی استفاده شد که شامل داده های جزر و مد، جهت حرکت جریان های آب و ارتفاع سطح آب در مرز باز بود. محدوده مدل در نزدیکی محل پتروشیمی بندر امام طوری انتخاب گردید که باد و موج به درستی مدل شده و پدیده پخش و انتشار فلزات سنگین به طور کامل در آن قابل بررسی باشد. در محدوده مورد مطالعه یک ایستگاه جزر و مدی در مجاورت بندر امام خمینی قرار داشت که کالیبراسیون مدول هیدرودینامیکی با استفاده از اطلاعات این ایستگاه صورت گرفته است. محل این ایستگاه در شکل شماره ۳ مشخص شده است .

Archive of SID

www.SID.ir



محل تخلیه فاضلاب ایستگاه قسمت غربی در خور موسی ایستگاه اندازه گیری جزر و مد

شکل ۳ - محدوده خور موسی و توپوگرافی آن را با مش بندی ۳۰۰m * ۳۰۰ m و ایستگاه های در نظر گرفته شده

داده های ورودی فلزات کادمیوم و نیکل

برای داده های فلزات کادمیوم و نیکل نیز از دو نوبت نمونه برداری صورت گرفته در خـور موســی در سال های ۱۳۷۳ و ۱۳۷۹ مورد استفاده قرار گرفت که نتایج نمونه برداری سال ۱۳۷۳ به عنوان داده ورودی و نتایج نمونه برداری سال ۱۳۷۹ به عنوان داده جهت کالیبراسیون مورد استفاده قرار گرفت. غلظت فلزات کادمیوم و نیکل در خلیج فارس نیز به عنوان غلظت لایه مرزی در نظر گرفته شد. جداول۱ و ۲ و ۳ نشان دهنده غلظت نیکل و کادمیوم در خورموسی، خلیج فارس و نیز فاضلاب ورودی است.

جدول شماره ۱- غلظت اولیه در نظر گرفته شده به عنوان داده های ورودی مدل(۴)

پارامتر / فلز	فلز محلول در آب (mg/l)	فلز معلق در آب (mg/l)	میزان تجمع پذیری در موجودات زنده (mg/l)	غلظت فلز در رسوب (mg/l)
نیکل	۰/۹۷۹	۱/۸	۳۰۰	۶۹/۳۳۰
کادمیوم	۰/۱۳۹	۰/۴	۵۰۰	۸/۶۰

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره ۲ - غلظت در نظر گرفته شده در لایه مرزی مدل(۶)

پارامتر / فلز	فلز محلول در آب (mg/l)	فلز معلق در آب (mg/l)	مواد معلق موجود در آب(mg/l)
نیکل	۰/۹۶	۱/۷۴	۱۵۰
کادمیوم	۰/۱۲۸	۰/۳۹	

جدول شماره۳- میزان نیکل و کادمیوم تخلیه شده در خور توسط فاضلاب به عنوان منبع ورود(۷)

پارامتر / فلز	فلز محلول در فاضلاب(mg/l)	فلز معلق در فاضلاب(mg/l)	مواد معلق موجود در فاضلاب(ppm)
نیکل	۱۸۰	۲۵۰	۳۵۰
کادمیوم	۱۵/۲	۲۰	

اجرای مدل پراکنش و انتقال فلزات سنگین در شرایط مختلف

مدول(Module) انتقال و پراکنش فلزات نیکل و کادمیوم با توجه به دو سناریوی زیر اجرا شد:

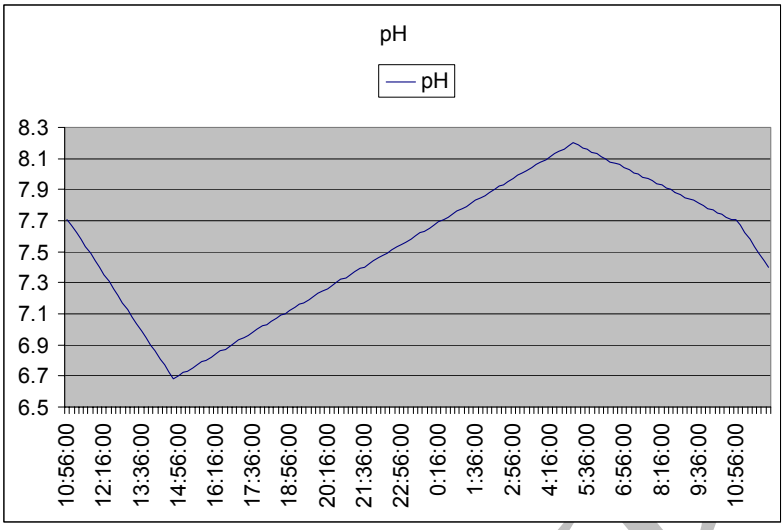
۱- پخش فلزات در آب دریا با در نظر گرفتن باد و جزر و مد با pH ثابت

۲- پخش فلزات در آب دریا با در نظر گرفتن باد و جزر و مد با pH متغیر

pH. خورها عموماً قلیایی می باشد و در طول روز مقدار آن از ۶/۷ تا ۸/۲ تغییر می کند. در سناریو اول مقدار pH برابر ۷ و در سناریوی دوم مقدار pH با استفاده از اندازه گیری های صورت گرفته شده به صورت یک داده زمانی وارد مدل شد. (نمودارشماره ۱). لازم به ذکر است که جهت اجرای سناریوهای یاد شده، باد و جزر و مد نیزبه تنهایی در نظر گرفته شد و نتایج حاصله از آن در سناریوهای مورد نظر استفاده گردید. میزان شوری برای این دو حالت مساوی فرض شد و برابر ۴۳ TSU در نظر گرفته شد(۶).

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۱– تغییرات pH نسبت به زمان (۶)

با توجه به آن که عوامل زیادی در میزان غلظت فلزات سنگین در آب موثر هستند ، لذا باید این پارامترها را در مدل سازی لحاظ نمود. پارامترهایی چون میزان فلز معلق در آب (میزان فلز موجود در مواد معلق موجود در آب)، فلز محلول در آب، فلز موجود در رسوب و نیز میزان تجمع فلز در بدن آبزیان به عنوان پارامترهای اولیه در مدل سازی در مدول (Module) ME می باید وارد نرم افزار شونـد. در بسیاری از مواقع نرم افـزار MIKE 21 به صورت پیشنهادی با توجه به پارامترهایی که وارد نرم افزار شده اند و نیز تجربیات پیشین استفاده از این مدول به ارایه اعداد پیش فرض می پردازد. اعداد مربوط به پارامترهای ذکر شده که در جدول ۱ ارایه شده است .

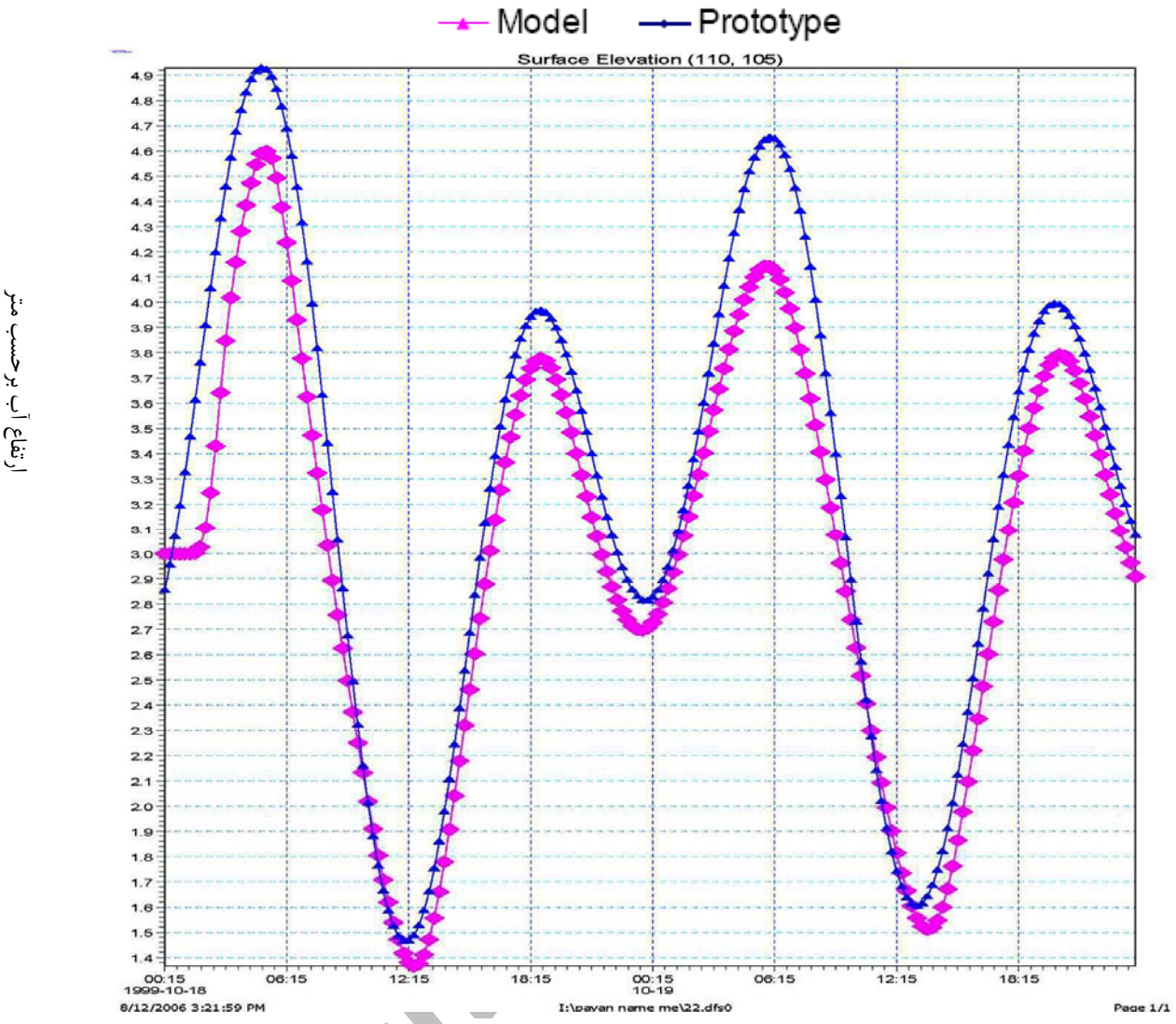
کالیبراسیون و تصحیح مدل هیدرودینامیکی

برای کالیبراسیون و تصحیح مدل هیدرودینامیکی، از اطلاعات ایستگاه بندر امام خمینی استفاده شده است. پس از اجرای مدل هیدرو دینامیکی برای یک روز، تغییرات سطح آب محاسبه شده توسط مدل با اطلاعات ایستگاه بندر امام خمینی مقایسه شد.

ضریب زبری بستر در ابتدا برابر۳۲ (پیش فرض نرم افزار) در نظر گرفته شد، اما به دلیل وجود اختلاف بیش از ۱۵ درصد بین تغییرات سطح آب محاسبه شده مدل و اندازه گیری ایستگاهی، با تغییر ضریب زبری بستر، مدل مجددا اجرا شدکه در نهایت با این تغییر، متوسط نتایج خروجی مدل نسبت به اطلاعات ایستگاهی خطایی برابر با ۴ درصد داشته و بدین طریق کالیبراسیون مدل صورت گرفت (نمودارشماره۲). جهت تصحیح مدل با استفاده از اطلاعات جزر و مدی، مدل برای دو روز دیگر اجرا شد که باز هم میزان خطای محاسبه‌ای کمتر از ۱۳ درصـد بود و مدل به تصحیح نیازی پیدا نکرد. شکل هـــای ۴و ۵ جهت های جریان مدل شده در زمان جزر و مد را نشان می دهند.

Archive of SID

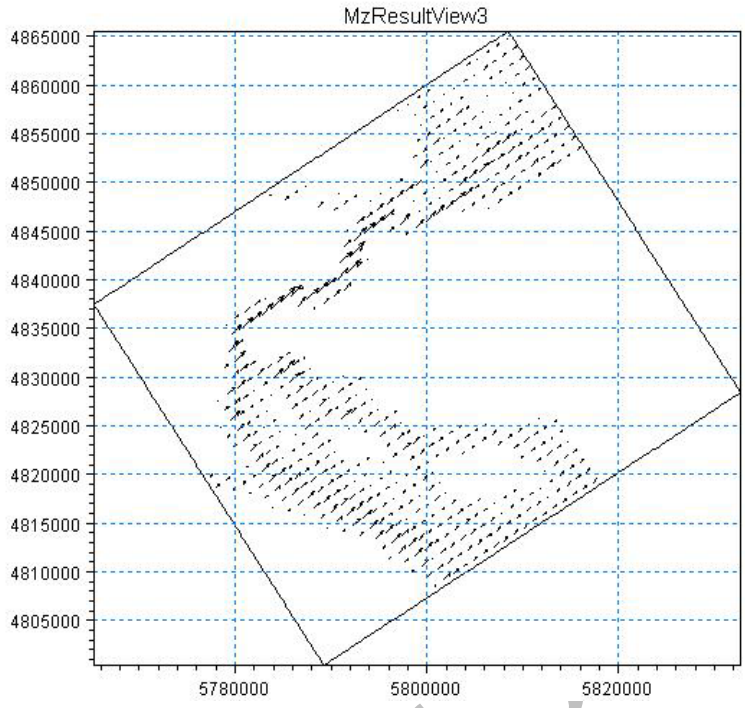
www.SID.ir



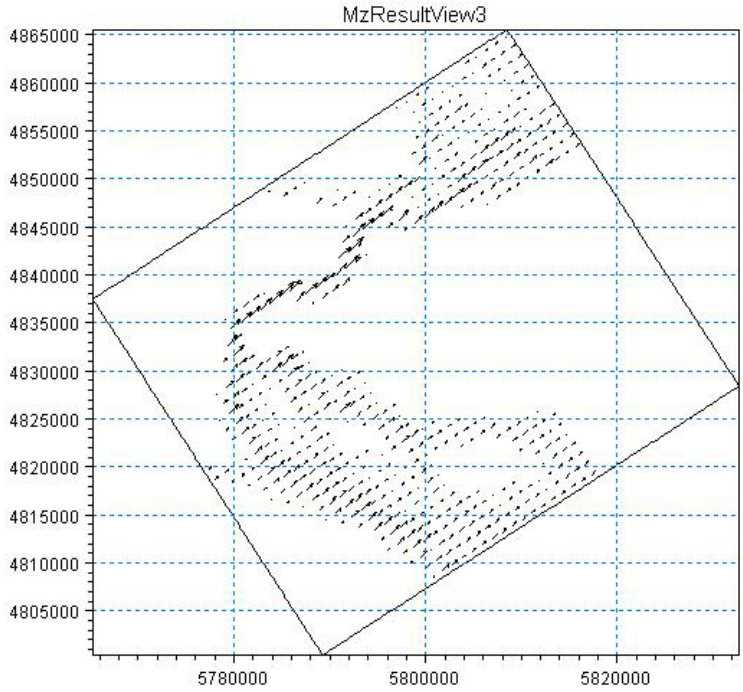
نمودار شماره ۲ – مقایسه ارتفاع آب در ایستگاه اندازه گیری جزر و مد بندر امام خمینی توسط مدل در مدت ۲۴ ساعت اجرای مدل با داده های اندازه گیری شده

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴ - جهت های جریان مدل شده در زمان جزر



شکل ۵- جهت های جریان مدل شده در زمان مد

کالیبراسیون و تصحیح مدل فلزات سنگین

با اعمال غلظت اولیه و سپس بررسی نتایج برای کالیبراسیون از پارامتر ضریب انتشار که در دو حالت وابسته به جریان و غیر وابسته به جریان در سیستم وجود دارد، استفاده شد . در زمان اجرای اولیه مدول، حالت غیر وابسته به جریان انتخاب شد که ضریب بخشی مساوی ۰/۱ در دو جهت x,y اعمال گردید. پس از اجرای مدول این پارامتر به عنوان پارامتر

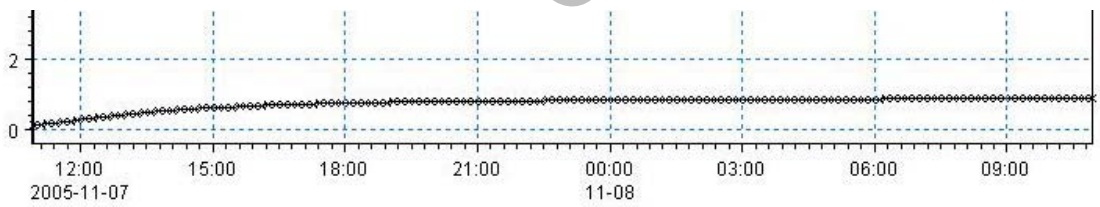
www.SID.ir

تصحیح مورد استفاده قرار گرفت. برای کالیبراسیون مدول (Module)، نتایج حاصل از اجرای مدل با مقادیر ایستگاه اندازه گیری مقایسه و سپس مقدار ضریب انتشار آن قدر تغییر کرد تا نتایج با مقادیر نمونه برداری شده همخوانی داشته باشد . پس از کالیبراسیون مقدار ضریب انتشار برابر ۰/۱۴ محاسبه شد.

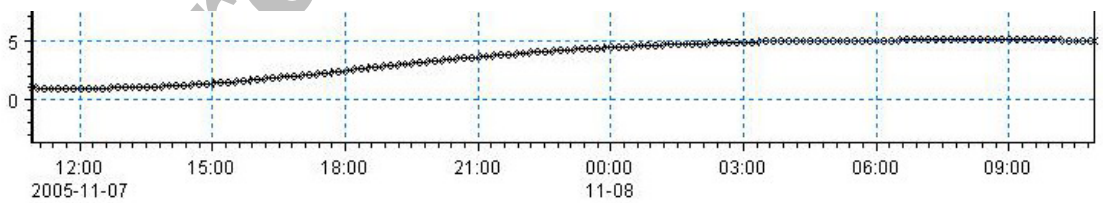
نتیجه گیری

جهت بررسی تاثیر تغییرات pH دو نقطه یکی در مجاورت نقطه تخلیه و دیگری در قسمت غربی خور موسی در نظر گرفته شد که در سال های ۱۳۷۳ و ۱۳۷۹ در آن نقاط نمونه برداری انجام شد. و کالیبراسیون با توجه به این نقاط انجام شده است. تصویر شماره ۳ نشان دهنده موقعیت هرکدام از این نقاط است. نتایج به دست آمده به شرح زیر قابل ارایه است :

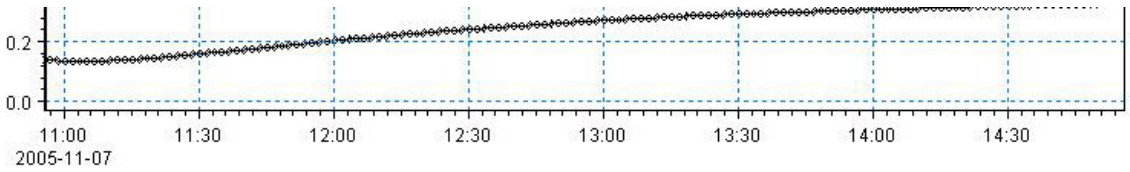
۱. در مکان تخلیه، در شرایط واقعی، زمانی که pH متغیر فرض شده است، مدت زمان بیشتری به طول می انجامد تا نرخ افزایش میزان غلظت فلزات نیکل و کادمیوم در آب کاهش یافته و سپس غلظت فلـزات در آب ثابت باقـــی می ماند. این امر در مورد نیکل به دلیل ماهیت شیمیایی آن نمایان تر است . در این وضعیت غلظت فلزات نیکل و کادمیوم به آهستگی افزایش یافته و در پایان مدت مدل سازی غلظت فلزات در آب کمتر از زمانی است که pH ثابت فرض شده است. دلیل این امر آن است که با وقوع جزر و مد و تغییر در pH پراکنش فلزات کادمیوم و نیکل گسترده تر و با سهولت بیشتری صورت می پذیـــرد. (نمودارهای شماره ۴ و ۸)



نمودار ۳- تغییرات غلظت کادمیوم در آب با pH متغیر در محل تخلیه فاضلاب نسبت به زمان



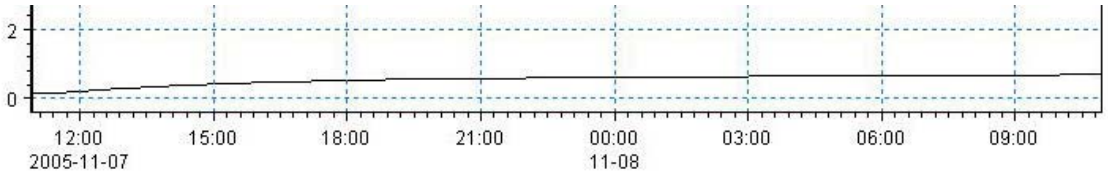
نمودار ۴- تغییرات غلظت کادمیوم در آب با pH متغیر در ایستگاه غربی نسبت به زمان



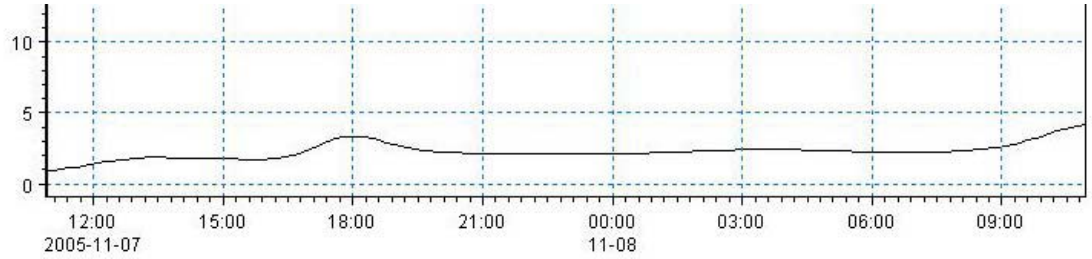
نمودار ۵- تغییرات غلظت کادمیوم در آب با pH ثابت در محل تخلیه فاضلاب نسبت به زمان

Archive of SID

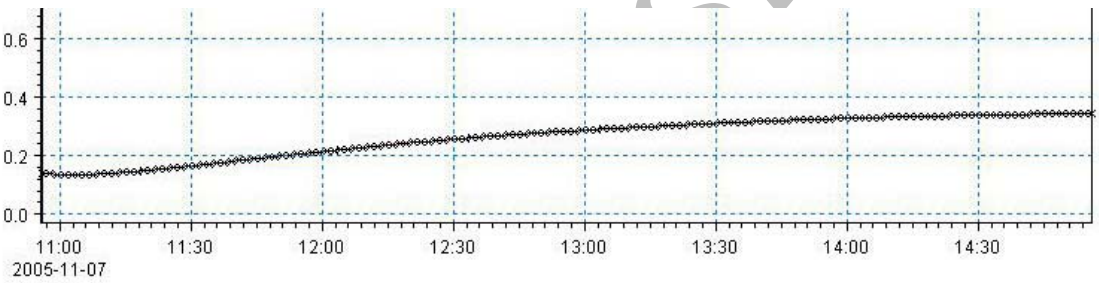
www.SID.ir



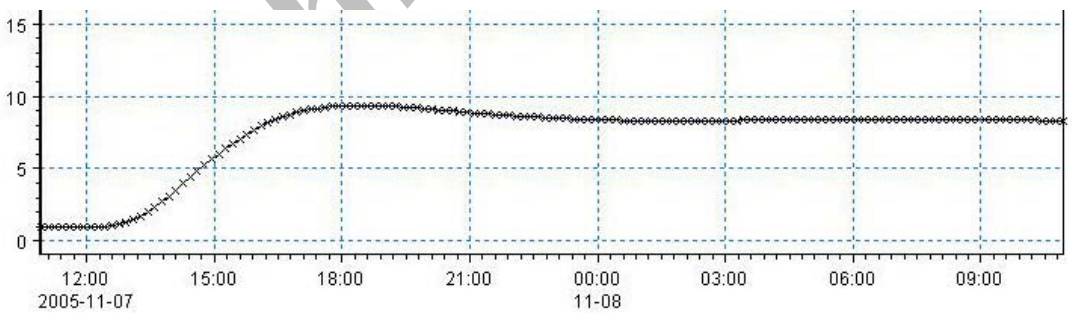
نمودار ۶- تغییرات غلظت کادمیوم در آب با pH ثابت در ایستگاه غربی نسبت به زمان



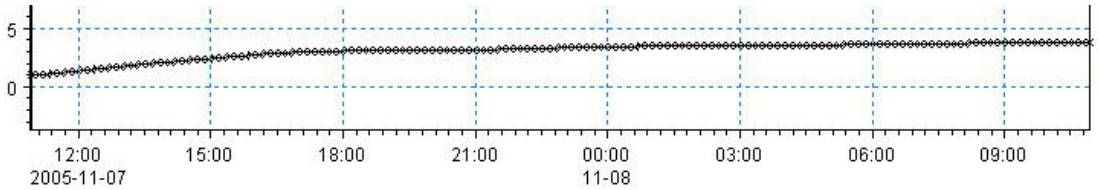
نمودار ۷- تغییرات غلظت نیکل در آب با pH متغیر در محل تخلیه فاضلاب نسبت به زمان



نمودار ۸- تغییرات غلظت نیکل در آب با pH متغیر در ایستگاه غربی نسبت به زمان



نمودار ۹- تغییرات غلظت نیکل در آب با pH ثابت در محل تخلیه فاضلاب نسبت به زمان



نمودار ۱۰- تغییرات غلظت نیکل در آب با pH متغیر در ایستگاه غربی نسبت به زمان

www.SID.ir

۲. در ایستگاه غربی با توجه به آن کـه بیـشتر از محـل تخلیه فاضلاب در معرض جزر و مد قرار مـی گیـرد، لذا غلظت فلـزات نیکـل و کـادمیوم در آب ، چـه در زمانی که pH ثابت است و چه زمانی که pH متغیـر است، کمتر از محل تخلیه می باشد .

۳. در ایستگاه غربی، در زمـانی کـه میـزان pH ثابـت فرض شده است، مدت زمانی که به طول می انجامـد تا غلظت فلز در آب به میـزان بیـشینه خـود برسـد، کوتاه تر از زمانی است که pH متغیـر فـرض شـده است ، این امر به آن معنا است که رسیدن به غلظت بیشینه در اثر تغییر pH و نیز اثـر پراکنـشی جـزر و مد، در اثر عواملی چون سـهولت تـشکیل کمـپلکس های پایدار و نیز تناوب امکان جـذب شـدن در مـواد معلق موجود در آب در ایستگاه غربی زمان بیـشتری را نیاز دارد .

۴. در محل تخلیـه فاضـلاب زمـان رسـیدن بـه غلظـت بیشینه طولانی تر از زمانی است که pH ثابت است . همان طور که گفته شد تغییرات pH باعث تـسریع انجام واکـنش هـای مـرتبط بـا کـادمیوم و نیکـل و کاهش غلظت نیکل و کادمیوم در آب شده و این امر سبب می شود که غلظت کادمیوم و نیکل در آب بـه آرامی افزایش یابد. (نمودارهای ۳ و ۵)

۵. در زمانی که pH ثابت فرض شده اسـت ، در محـل تخلیه غلظت کادمیوم و نیکل به سرعت بالا مـی رود و در مدت کوتاهی به غلظت بیشینه خود می رسـد . از این زمان به بعد فرآیندهایی چون جـذب در مـواد معلق موجود در آب ، ترسیب و نیز تشکیل کمپلکس های پایدار با مواد شـیمیایی دیگـر آغـاز مـی گـردد (نمودارهـای شـماره ۵ و ۹). در ایـستگاه غربـی نیـز وضعیت به این صورت است و سـریعتر از زمـانی کـه pH متغیر فرض شده و تحت تاثیر جـزر و مـد قـرار دارد (نمودارهای شماره ۶ و ۱۰).

منابع

۱. خاتمی، فرشته، بهمن ۱۳۷۲، « بررسی آلودگی رودخانه کارون به فلزات (اهواز) » ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده علوم دریایی واحد تهران شمال

۲. سواری، احمد و همکاران، زمستان ۱۳۷۲، «بررسی مقدماتی هیدرو بیولوژیک خورهای استان خوزستان»، سازمان محیط زیست استان خوزستان

۳. کاتن ، اف آلبرت و ویلکتسون، ۱۳۶۳، « مبانی شیمی معدنی»، ترجمه منصور عابدی ، انتشارات نشر دانشگاهی

۴. مظاهری نژاد، محمد فرهاد، ۱۳۸۰، « شناخت کانونی و همبستگی فلزات سنگین با در رسوبات خوریات موسی و عوامل مؤثر بر جذب و دفع آن ها»، رسالۀ دکتری تخصصی ، دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد علوم و تحقیقات

۵. پتروشیمی بندرامام خمینی، واحد انتشارات، ۱۳۸۳، بررسی وضعیت زیست محیطی بندر امام خمینی .

۶. سازمـان حفـاظت محیـط زیست،۱۳۷۴، « بررسی آماری و اندازه گیری فلزات سنگین در آب و رسوبات منطقۀ خورهای استان خوزستان (ماهشهر – خور موسی) کارخانجات پتروشیمی بندر امام خمینی »

۷. سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۸۰، «بررسی آماری و اندازه گیری فلزات سنگین در آب و رسوبات منطقۀ خوریات استان خوزستان (ماهشهر – خور موسی) کارخانجات پتروشیمی بندر امام خمینی»

8. MIKE 21 Environmental Hydrodinamics ME Module, scientific documentation, 2003

9. MIKE21 Environmental Hydrodinamics Advection–Dispersion Module ,scientific documentation,2003

Archive of SID

www.SID.ir