Archive of SID

شبیه سازی بهترین نقطه از دریا برای آبگیری و دفع پساب آب شیرین کن شهر بوشهر (ایران) با استفاده از نرم افزار MIKE21

علی منفرد[۱]، صمد حمزه ئی[۲]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی عمران، سازه های هیدرولیکی، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندر کنگان
alimonfared.civil@yahoo.com
۲- دکتری رشته فیزیک دریا، مدرس دانشگاه پیام نور هرمزگان

چکیده

یکی از راه های تهیه آب شرب، ساخت سد می باشد که در قیاس با آب شیرین کن، هزینه زیاد و زمان زیادی صرف ساخت آن می شود پس با این پیش زمینه روش های ارزان و سریعتر در نظر گرفته شد و آن هم ساخت کارخانه ی آب شیرین کن از دریا بود.

کارخانه های آب شیرین کن از دریا ، آب شور دریا را به عنوان ورودی گرفته و پس از نمک زدایی، آب شرب را به عنوان محصول به سیستم شهری فرستاده و معمولا پساب خود را که آبی بسیار شورتر از آب دریاست به منبع ورودی باز می گردانند.

هدف این تحقیق بدست آوردن نقطه ای بهینه جهت قرارگیری لوله ورودی و لوله خروجی پساب آب شیرین کن در سواحل شهر بوشهر با استفاده از نرم افزار Mike 21 می باشد، تا ورودی سیستم کمترین تاثیر را از پساب خود دریافت نماید و همچنین کارخانه با بالاترین راندمان به کار خود ادامه دهد.

طی مطالعات انجام شده در منطقه دو جهت غالب باد غرب و جنوب شرق به دست آمد.

با اعمال داده های جمع آوری شده این منطقه به نرم افزار، الگوی جریان شکل گرفت و پس از آن چهار مکان پیشنهادی برای این تحقیق در نظر گرفته شد و برای هر مکان دو سناریو جهت بادهای غالب مورد بررسی قرار گرفت.

پس از بررسی نتایج به دست آمده مشخص گردید که مکان چهارم یعنی آبگیری از لبه ی داخلی خور و تخلیه پساب در لبه ی بیرونی خور بهینه ترین مکان می باشد. لذا مجرای ورودی کمترین تاثیر شوری را از مجرای خروجی گرفته و معیار های زیست محیطی نیز رعایت شده است.

کلمات کلیدی: بوشهر، باد، آب شیرین کن، Mike 21

مقدمه

یکی از مهمترین مسائل در مطالعه و طراحی آب‌شیرین‌کن‌ها (Water Desalinations) شناخت کامل از محیط آبی، شرایط هیدرودینامیک، امواج و تغییرات دمایی و شوری است که از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. آب‌شیرین‌کن‌ها در کناره ی محیط‌های آبی خصوصا دریاها ساخته می‌شوند و دارای اثرات مختلف محیطی و اجتماعی می‌باشند. لذا با بررسی وضعیت هیدرودینامیکی محیط و شرایط امواج می‌توان سازه آب‌شیرین‌کن را با در نظر گرفتن

www.SID.ir

Archive of SID

این اثرات بصورت تقریبا بهینه طراحی نمود، به گونه ای که ضمن عملکرد صحیح، کمترین تاثیر منفی را در طبیعت داشته باشد.

مسئله کمبود آب تنها به کشورها و مناطق کم آب محدود نمی شود، بلکه سایر مناطق مثل نواحی ساحلی پر جمعیت را نیز در بر می‌گیرد و در آینده ای نزدیک روشهای مرسوم و سنتی تامین آب، پاسخگوی نیازها نخواهد بود و استفاده از روش‌های جدا سازی برای تامین آب شرب و صنعتی، امری ضروری خواهد بود. در برخی موارد، تنها گزینه باقی مانده برای تامین آب مورد نیاز، نمک زدائی از آب دریا است که عمدتا به روش اسمز معکوس انجام می‌شود.

افزایش نیاز به تامین آب‌شیرین بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک کشورمان ایران، باعث افزایش واحدهای نمک زدایی از آب‌های دریایی شده است. فرآیند نمک زدایی شامل جدا کردن نمک و ذرات معلق از آبهای شور دریایی و تولید آب‌شیرین می‌باشد. در نتیجه این فرآیند، پسابی با شوری بسیار بالا ایجاد می‌شود که بایستی در محیط زیست دفع شود. معمولاً این گونه پساب‌ها در منابع آبی شور، مانند دریاها و یا دریاچه‌های لب شور تخلیه می‌شوند.

سناسیری در تحقیقات خود در مورد حذف مواد مضر فلزی از پساب پتروشیمی ها ، به وسیله فرایند اسموز معکوس و نانو فیلتر، به راندمان ۹۶ درصدی رسیده است.(سناسیری م-۲۰۱۳)

با معرفی روش‌های تبخیری مانند تبخیر چند مرحله ای [۱] و روش تقطیر چندگانه[۲] در دهه‌های ۵۰ و ۶۰ میلادی و پس از آن روش‌های غشایی مانند تکنیک اسمز معکوس [۳] در دهه ۸۰ میلادی، انبوهی از امکانات فنی جهت نمک زدایی از آب دریا ایجاد شده است. استفاده از روش‌های نمک زدایی، به عنوان یکی از مهمترین ابزارها برای تامین نیاز رو به افزایش آب‌شیرین در نظر گرفته شده است. طبق آمار منتشر شده، در سال ۲۰۱۲ حدود ۱۵۰ کشور از این تکنولوژی استفاده کرده‌اند. ظرفیت تولید این کارخانه ها در مجموع ۷۷/۴ میلیون متر مکعب در روز گزارش شده است و جمعیت تحت پوشش آنها برای تامین آب شرب، حدوداً ۳۰۰ میلیون نفر می‌باشد.

فن آوری نمک زدایی در دهه‌های اخیر با سرعت زیادی پیشرفت کرده است. نتایج بررسی‌های انجام شده توسط مورتون و همکاران نشان داد که در سال ۱۹۹۱ میلادی در بیش از ۶۵ درصد از کارخانه های شوری زدا در سطح جهان، از فرآیند تبخیر چند مرحله‌ای استفاده می‌شود. پساب شور ناشی از این فرآیند بسیار گرمتر از سایر فرآیندها می‌باشد. (مورتون و همکاران-۱۹۹۶)

تولهارام و ایلاهی در تحقیق خود یادآور می شوند که از دهه‌های گذشته، فرآیند تبخیر چند مرحله ای، رایج‌ترین و مقبول‌ترین روش شوری زدایی در منطقه خاورمیانه بوده است. دلیل اصلی این موضوع، غنی بودن این مناطق از سوخت‌های فسیلی و ارزان و در دسترس بودن انرژی می‌باشد.(تولهارام و ایلاهی-۲۰۰۷)

استفاده از روش‌های مختلف مدل سازی پدیده، به منظور بهبود طراحی مناسب‌ترین روش تخلیه نیز یکی از روش‌های به حداقل رساندن اثرات شوری پساب می‌باشد. نتایج مدل‌ها نشان می‌دهد که نامناسب‌ترین طراحی برای دفع پساب‌های شور، تخلیه پساب در برخی از کرانه‌های ساحلی دریا است که بیشترین تغییرات عمق را در اثر جزر و مد دارند و همچنین تخلیه پساب به صورت سطحی می‌باشد. طی شرایط مذکور، رقیق سازی پساب بسیار کند صورت خواهد پذیرفت (آلامدین و ال‌فادل[۴]-۲۰۰۷).

به طور مشابه، در محیط‌های دریایی نیمه بسته مانند خلیج فارس و دریای سرخ، بیشتر از دیگر منابع آبی پذیرنده در معرض افزایش شوری در اطراف محل تخلیه پساب شور قرار می‌گیرند.

[۱] Multi Stage Flash (MSF)

[2] Multi Effect Distillation (MED)

[3] Reverse osmosis

[4] Alameddine, I., El-Fadel, M

www.SID.ir

Archive of SID

طی سال های متمادی، با توجه به استانداردهای پیشنهادی جهت طراحی جت‌های مستغرق، دفع پساب شور کارخانه های شوری زدایی، با زاویه ۶۰ درجه نسبت به کف دریا انجام شده است (رابرتس و همکاران[5]-۱۹۹۷).

با این‌حال، بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که بیشترین میزان رقیق سازی پساب شور در ساحل‌هایی با شیب ملایم، در اثر تخلیه با زاویه‌ای بین ۳۰ تا ۴۵ درجه رخ خواهد داد.

با توجه به این‌که در این تحقیق هدف اصلی، شبیه سازی بهترین نقطه از دریا برای آبگیری و دفع پساب آب شیرین کن شهر بوشهر می باشد ، لذا فرضیه‌های زیر مد نظر قرار گرفته است:

- حداقل عمق آب در محل دفع پساب شور در دریا با در نظر گرفتن شرایط زیست محیطی دریایی، ۱/۵ متر می باشد.
- فاصله محل برداشت آب از دریا تا محل دفع پساب به اندازه ای است که مقدار شوری موضعی تحت تاثیر پساب دفعی در آن محل، از ۱۰ درصد شوری دریا بیشتر نباشد.
- بهترین شیوه دفع پساب شور در دریا، از نظر افزایش اختلاط اولیه آن با آب دریا، استفاده از جت های مستغرق چگال و در جهت سطح دریا می باشد.
- مرز پهنه متاثر از پساب شور تخلیه شده در دریا تا جایی است که شوری آن محدوده کاملاً برابر با شوری آن نقطه قبل از دفع پساب بوده است.

بنابراین در مطالعات به بررسی مکان یابی آب‌شیرین‌کن در محدوده سواحل بوشهر، جهت بررسی دقیق اثرات تخلیه آلاینده‌های دمایی و آنیون و کاتیون‌ها با مدل سازی ریاضی شرایط فعلی دریا پرداخته خواهد شد و سپس تاثیر تغییرات ناشی از آلاینده‌ها برای سناریوهای محتمل مورد بررسی قرار گرفته است. مدل مورد استفاده در این تحقیق، مدل نرم افزاری MIKE 21 می‌باشد.

مواد و روش ها

۲-۱- مدل سازی ریاضی

مدل مورد استفاده در این مطالعات محصول موسسه هیدرولیک دانمارک (DHI) می باشد که با سابقه طولانی در پروژه های مختلف دریایی در سرتاسر دنیا بکار گرفته شده است.

این مدل، یک نرم افزار جامع تخصصی مهندسی برای مدلسازی جریانهای سطحی در دو بعد می باشد و برای مدلسازی هیدرولیکی و پدیده های مرتبط در دریاچه، رودخانه، خلیج ، مناطق ساحلی و دریا که لایه بندی (Stratification) ندارند قابل استفاده است.

۲-۲- روش حل عددی معادلات در مدل MIKE 21

در این نرم افزار در حل معادلات هیدرودینامیکی ، انتقال حرارت و موج از روش تفاضل محدود استفاده شده است. روش حل معادلات هیدرودینامیکی روش ضمنی با جهت متغیر (ADI) با خطا از مرتبه دو بوده که با تقریب تفاضل مرکزی نسبت به زمان معادلات منفصل سازی می شوند و توسط ضریب تقویت و زاویه فاز، پایداری روش مورد تحلیل واقع میشود. معادله انتقال از روش صریح QUICKEST که خطایی از مرتبه سه دارد منفصل سازی شده پایداری آن توسط روش ون نیومن مورد تحلیل واقع می شود. در حل معادلات موج از روش اولر به صورت Once Through Marching معادلات در دو بعد حل می شوند سپس روابط پایداری مرتبط با آن که محدودیتهایی را در انتخاب منطقه مورد مدل و فواصل شبکه ایجاد می کنند ارائه می شود.

[5] Roberts

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۳- مدل سازی در MIKE 21

مدلMIKE 21 یک سیستم مدل سازی دو بعدی برای جریانات با سطح آزاد می باشد که قابلیت شبیه سازی هیدرولیکی پدیده های محیطی در دریاچه ها، مدخل رودخانه ها، نواحی ساحلی و دریا را دارا می باشد. مدل MIKE 21 می تواند در محدوده وسیعی از پدیده های هیدرولیکی نظیر ذیل عمل شبیه سازی را انجام دهد:

- جریانات و تغییرات جزر و مدی[۶]
- حرارت[۷]
- کیفیت آب

مدول هیدرودینامیکی(HD)، مدول پایه ای برای مدل جریان MIKE21 می باشد که مبانی هیدرودینامیکی را برای انجام محاسبات ارائه می دهد و می تواند تغییرات تراز آب را در دریاچه ها، مناطق ساحلی و مدخل رودخانه ها شبیه سازی کند که عوامل موثر در این تغییرات، عبارتند از:

- تنش برشی کف[۸]
- تنش برشی باد[۹]
- گرادیان های فشار هوا[۱۰]
- نیروی کوریولیس[۱۱]
- پراکنش مومنتم[۱۲]
- تنش های تابش موج[۱۳]

۲-۴- مدل جریان[۱۴]

۲-۴-۱- پارامترهای پایه[۱۵]

پارامترهای پایه برای شبیه سازی مدل جریانMIKE 21 ، عبارتند از:

بسی متری[۱۶]

تعیین دقیق عمق آب در سطح مدل هیدوردینامیکی از مهمترین پروسه های مدل سازی می باشد که با صرف وقت بیشتری در این قسمت، می توان به جواب دقیق تری رسید. مدلMIKE 21 حداکثر ۹ ناحیه مشبک را می تواند شامل شود که اولین آن، ناحیه اصلی یا استاندارد می باشد.

اطلاعات لازم برای ایجاد بسی متری عبارتند از:

۱- موقعیت جغرافیایی شبکه مرجع (سطح اصلی)

اگر در نیمکره جنوبی باشد، بایستی مقادیری منفی برای طول جغرافیایی در نظر گرفته شود.

مطابق شکل (۱) جهت شبکه در جهت ساعتگرد از شمال جغرافیایی تا شمال مدل می باشد.

۲- منطقه سیستم تصویر نقشه[۱۷]

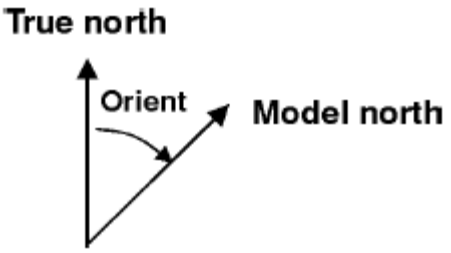
---

[6] - Tidal Exchange and Currents
[7] - Heat and Recirculation
[8] - Bottom Shear Stress
[9] - Wind Shear Stress
[10] - Barometric PressureGradients
[11] - Coriolis Force
[12] - Momentum Dispersion
[13] - Wave Radiation Stresses
[14] -MIKE 21 Flow Model
[15] - Basic Parameters
[16] - Bathymetry

www.SID.ir

Archive of SID

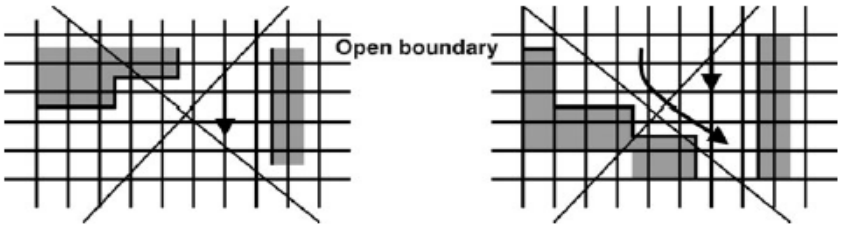
در تهیه بسی متری، بایستی مینیمم مقادیر حقیقی را برای نقاط مشخص زمین در نظر گرفت.
اگر در منطقه سیستم تصویر نقشه تعریف شده باشد، می توان نیروهای کوریولیس را منظور کرد.



شکل (۱) نحوه تعیین جهت مدل

اولین مرحله برای ایجاد نقشه رقوم کف دریا، انتخاب محدوده کاری می باشد که باید به نکات زیر توجه شود:

- سطح مدل بایستی به صورت چهار گوش قائم (مستطیل یا مربع) باشد، به عبارتی دیگر نقاط محاسباتی بایستی در گره های مستطیلی یا مربعی شکل و با فواصل ثابت قرار گرفته باشند.
- محدوده یا موقعیت مورد نظر بایستی در داخل سطح مدل قرار گرفته باشد (حداقل۱۰ نقطه شبکه از مرز)
- همانطور که باید تغییرات تراز آب یا بزرگی جریان در مرزهای باز مشخص باشد، مرزها را بایستی در سراسر نقاط یا بین نقاطی که اطلاعاتشان موجود است، قرار داد.
- اگر چهMIKE 21 می تواند کم آبی و سیلابی را در یک تراز مرز اداره کند، اما نباید تراز یا جریان مرزهای باز را زیادی نزدیک محدوده های کم عمق (که امکان خشکی کامل آنها هم وجود دارد) قرار داد.
- در صورت امکان، باید مدل را چرخاند تا جایی که جهت جریان اصلی داخل مدل تقریبا موازی یکی از محورهای مختصات شود.
- مبداء مختصات شبکه در سمت چپ و پایین شبکه قرار می گیرد.
- مطابق شکل (۲)، بایستی از انقباض و انبساط ناگهانی جریان در نزدیکی یک مرز باز پرهیز کرد مگر آنکه سرعت در این نقاط کوچک باشد.



شکل (۲) انقباض و انبساط ناگهانی جریان در نزدیکی یک باندری باز

دومین مرحله، انتخاب فاصله مناسب برای شبکه ها است که به غیر از اولین و آخرین نقطه، همگی به عدد کورانت بستگی دارند. برای فاصله گذاری شبکه ها باید موارد زیر را مد نظر قرار داد:

- شبکه بتواند تمام تغییرات در بسی متری را برای جریانی که شبیه سازی خواهد شد، در نظر بگیرد.

[17] - Projection Zone

www.SID.ir

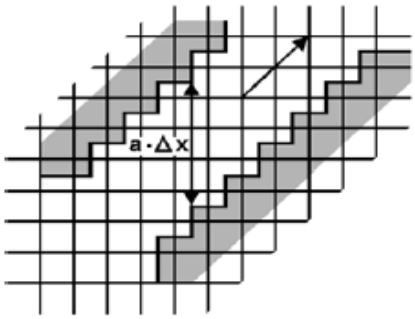
Archive of SID

- اگر یک برآمدگی یا فرورفتگی در بسی متری داشته باشیم، امکان ناپایداری MIKE 21 وجود نخواهد داشت، اما اگر جهت جریان موازی با خط شبکه و عدد کوارنت بزرگتر از یک باشد، یک سری برآمدگی و فرورفتگی در مسیر شبکه باعث ناپایداری خواهد شد.

مطابق شکل (۳) شکل، گام زمانی و مکانی را در کانال هایی که با زاویه ۴۵ درجه در شبکه قرار دارند را می توان از فرمول زیر بدست آورد (g نیروی ثقل و h عمق):

(۱)

$$\Delta t = \frac{a.\Delta x}{\sqrt{gh}}$$



شکل (۳) جریان در کانال هایی با زاویه ۴۵ درجه

۲-۴-۲- دوره شبیه سازی[18]

برای انتخاب گام زمانی شبیه سازی، باید مراحل زیر را به ترتیب انجام داد:

۱- تعیین فاصله شبکه (Δx)

۲- ماکزیمم حد مجاز عدد کورانت

تعیین ماکزیمم گام زمانی (Δt max) که از عدد کورانت بدست می آید.

(۲)

$$\Delta t_{\max} = \Delta x \frac{C_r}{C}$$

که C سرعت و C_r عدد کورانت می باشند.

در نهایت بایستی عدد کوارنت را بر پایه سرعت فعلی بازبینی نمود.

در دیالوگ اول اطلاعات مربوط به دوره شبیه سازی از جمله محدوده گام های زمانی، فاصله بین گام های زمانی (که در شبیه سازی "Hot Started" این فاصله غیر قابل تغییر است)، زمان شروع و پایان شبیه سازی تکمیل می شود.

۲-۴-۳-مرز

برای حل معادلات مدل MIKE 21 ، نیاز به تعیین جریان یا تراز سطح در تمام نقاط مرز باز می باشد.

سطح تراز و تراکم جریان در جهت های x, y ، مجهولات معادله می باشند که بایستی دو تا از آنها را در تمام نقاط شبکه مرز باز (در هر گام زمانی) مشخص ساخت. در اکثر مواقع سطح تراز و جهت جریان، یا جریان کل و جهت آن را می دانیم. بنابراین دو حالت خواهیم داشت:

[18] - Simulation Period

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۴-۴- مشخص کردن ترازهای آب و جهت جریان

با توجه به تغییرات زمان (ثابت، سینوسی و یا متغیر)، تراز آب در طول خط مرز ثابت و یا متغیر است. جهت جریان بصورت پیش فرض (عمود بر مرز) می باشد و یا می توان از فایل اطلاعات نوع اول آن را مشخص نمود، که این دیتا فایل بایستی جهت جریان را برای هر نقطه شبکه در طول مرز داشته باشد.

۲-۴-۵- مشخص کردن جهت جریان و جریان کل در سرتاسر مرز

جریان کل در زمان می تواند ثابت، سینوسی و یا متغیر باشد که در فایل اطلاعات نوع صفر تعریف می شود. توزیع جریان کل در هر نقطه از شبکه مرز توسط MIKE 21 (بر اساس عمق) محاسبه می شود.

در حالت های معمولی مرز باز برای دو نقطه ورودی و خروجی آب در نظر گرفته می شود و در مواقعی که مرز باز طویل باشد و چند جزیره داخل مرز باشد و یا برای کوچک کردن سایز مدل و محاسبات، بایستی مرز باز را تعریف نمود.

۲-۴-۶- Mass Budget

این پارامتر برای مدول های AD, WQ, EU, MT بکار می رود.

۲-۴-۷- پارامترهای هیدرودینامیکی

مدول هیدرودینامیکی MIKE 21 ، یک سیستم مدل سازی ریاضی برای محاسبه رفتار هیدرودینامیکی آب در اثر تغییرات گوناگون (مثلا باد، موج، ترازهای آب و ...) می باشد. پارامترهای هیدرودینامیکی که برای شبیه سازی مدل جریان MIKE 21 بکار می روند عبارتند از:

تراز سطح اولیه[19]

با انتخاب شبیه ساز "Cold Start" از صفحه نقشه رقوم کف دریا، بایستی اطلاعات تراز سطح آب اولیه را تهیه نمود و با توجه به شکل، تراز سطح آب اولیه برای هر محدوده به دو روش زیر مشخص می شود:

- مقداری ثابت برای محدوده مربوطه
- از یک فایل اطلاعات نوع دوم

بایستی مقادیر را مطابق شرایط مرزی مشخص نمود، یعنی تراز سطح اولیه باید برابر با مقداری باشد که در هنگام شروع شبیه سازی برای مرز در نظر گرفته می شود.

مرز

مدول هیدرودینامیکی MIKE 21 ، سطح تراز یا جریان (دبی در واحد عرض) را برای کلیه نقاط مرز باز نیاز دارد که این اطلاعات می بایست در این قسمت مشخص شوند.

نوع مرز (مرز تراز یا مرز جریان) از قسمت "Formulation"مشخص می شود.

به پنج روش می توان تغییرات تراز آب یا جریان را در هر مرز مشخص نمود:

مقداری ثابت در زمان و مکان برای کلیه نقاط شبکه مرزی در حین شبیه سازی تغییرات به شکل سینوسی باشد که بایستی تراز مبدا، حدود، فاز و دوره آن مشخص شود (N شماره گام زمانی و Δt گام زمانی)

(۳)

$$Value = Reference..level + \frac{1}{2}.Range.\sin(2\pi.\frac{N.\Delta t - phase}{Period})$$

سری های زمانی از فایل اطلاعات نوع صفر بدست می آید و اگر گام زمانی در فایل اطلاعات با گام زمانی در شبیه سازی مدل متفاوت باشد آنگاه درون یابی مکعبی[20] انجام می شود.

[19] - Initial Surface Elevation
[20] - Cubic Interpolation

www.SID.ir

Archive of SID

در فایل اطلاعات نوع اول، تغییرات در زمان را برای هر نقطه از شبکه مرز باز تعریف می شود. اگر گام زمانی در فایل اطلاعات با گام زمانی در شبیه سازی مدل متفاوت باشد، آنگاه درون یابی خطی انجام می شود. این قابلیت اجازه می دهد که تغییرات شرایط مرزی را در طول مرز باز معرفی شوند.

مقادیر مرز از نتایج یک شبیه سازی دیگر بدست می آید و این فایل اطلاعات از نوع اول می باشد و اطلاعات ترازهای آب و تراکم جریانات در جهت های x , y را در بر می گیرد.

۲-۴-۸- مقاومت[21]

اصطکاک کف را می توان به یکی از دو حالت زیر مشخص نمود:

- مقدار ثابتی که برای کل محدوده بکار می رود.
- از طریق فایل اطلاعات نوع دوم که هر نقطه از شبکه، مقدار اصطکاک مخصوص به خود را دارد.

۲-۴-۹- تنش های تشعشعی امواج

بدلیل عدم وجود موج قابل توجه در رودخانه، در مدل این قسمت کارایی نخواهد داشت ولی برای اثر دادن این بخش در مدل، باید ۳ جزء تنش (S_{xx}, S_{yy}, S_{xy}) را که در معادلات مومنتم تاثیر دارد که تنش های تشعشعی موج بوسیله MIKE 21 NSW یا MIKE 21 PMSدر فایل اطلاعات نوع دوم ذخیره می شوند.

X-momentum $\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}$ (۴)

Y-momentum (۵)

$$\frac{\partial S_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial x}$$

۲-۵- شرایط باد[22]

باد به چهار روش زیر در مدل بررسی می شود:

۱- بدون باد (باد هیچ نقشی نداشته باشد)
۲- مقداری ثابت در زمان و مکان داشته باشد
۳- مقداری ثابت در مکان اما متغیر در زمان داشته باشد (فایل اطلاعات نوع صفر)
۴- نسبت به مکان و زمان، مقداری متغیر داشته باشد (فایل اطلاعات نوع دوم)

جهت ها باید به صورت ساعتگرد از شمال جغرافیایی و بر اساس درجه اندازه گیری شوند.

تاثیرات باد را می توان از محاسبه معادله درجه دوم زیر بدست آورد:

$$C_w \frac{\rho_{air}}{\rho_{water}} W^2 \quad (۶)$$

که C_w ضریب اصطکاک باد، ρ چگالی و W سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح دریا می باشند.

[21] - Resistance
[22] - Wind Conditions

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۱- شرایط اولیه شبیه سازی ها

با توجه به اطلاعات هیدروگرافی موجود در منطقه، نقشه رقوم کف دریا برای دو محدوده منطقه ای و محلی استخراج گردید. استخراج نقشه رقوم کف دریا برای محدوده فوق توسط عکس های ماهواره ای و کالیبراسیون آن با داده های زمینی صورت پذیرفت. با توجه به اطلاعات محیطی در دسترس در تحقیق مدل جریان برای دو جهت عمده غالب باد و موج شمال غرب (W) و جنوب شرق (SE) آماده سازی گردید.

با توجه به اطلاعات باد، جریان و امواج ثبت شده توسط بویه های سازمان بنادر و دریانوردی گلباد و گلموج منطقه مورد مطالعه استخراج گردید. با بررسی و تحلیل گلباد و گلموج بدست آماده چهار جهت W وSE انتخاب گردید. ارتفاع موج۰/۶۲۵ متر و پریود آن ۵/۶ ثانیه در نظر گرفته شد. جهت مدل سازی ابتدا مدول NSW برای مدل منطقه ای تهیه و اجراء خواهد شد. نتایج خروجی مدول NSW بصورت تنش های تشعشعی به مدول هیدرودینامیک (HD) در مدل منطقه ای اعمال خواهد گردید. شایان ذکر است سرعت باد معادل ۶ متر بر ثانیه در نظر گرفته شد که در سه جهت فوق اعمال خواهد گردید.

پس از اجرای مدل منطقه ای هیدرودینامیک، مدل محلی هیدرودینامیک برای بندر بوشهر و محدوده آن تهیه خواهد گردید. شرایط مرزی این مدل محلی از مدل منطقه ای استخراج می شود. پس از اجرای مدل هیدرودینامیک محلی برای سه جهت ذکر شده نتایج حاصله استخراج و الگوی جریان مورد بررسی قرارگرفت.

پس از این مرحله مدل پخشیدگی و پراکنش (Advection Dispersion) برای انتشار و پخش شوری و دما برای هر سه جهت فوق پادار (Setup) خواهد گردید.

در مدل سازی دمایی و شوریی دو هدف مد نظر می باشد:

۱- عدم نفوذ آب گرم و شور خروجی از محل تخلیه به محل آبگیری و عدم امکان ایجاد پدیده Recirculation

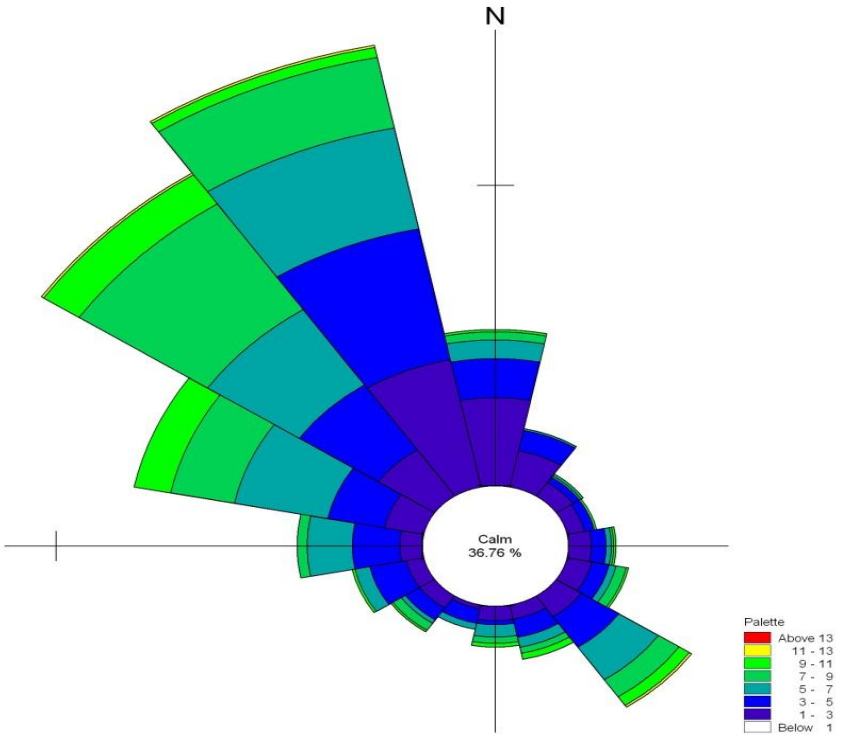
۲- تأمین ضوابط زیست محیطی تخلیه پساب ها به دریا

بر اساس ضوابط زیست محیطی موجود برای کنترل پساب های تخلیه شونده به محیط دریاها، درشعاع ۲۰۰ متری از مرکز هر گونه آلودگی حرارتی و شوری که به دریا ریخته می شود، اختلاف درجه حرارت با دمای محیط باید کمتر از۳ درجه سانتیگراد واختلاف شوری نیز باید کمتر از۱۰درصد باشد.

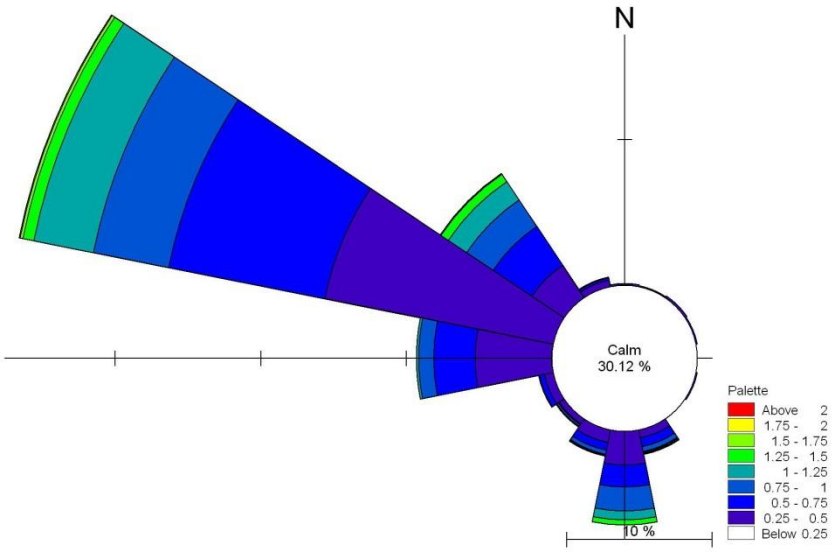
از اینرو در هر چهار سناریو، چهار جهت عمده غالب باد و موج شمال غرب (W) و جنوب شرق (SE) محل های مختلف برداشت و تخلیه آب بررسی گردید تا نقاط بهینه برای هر چهار سناریو فوق با در نظر گرفتن معیارهای زیست محیطی تعیین گردد.

www.SID.ir

Archive of SID



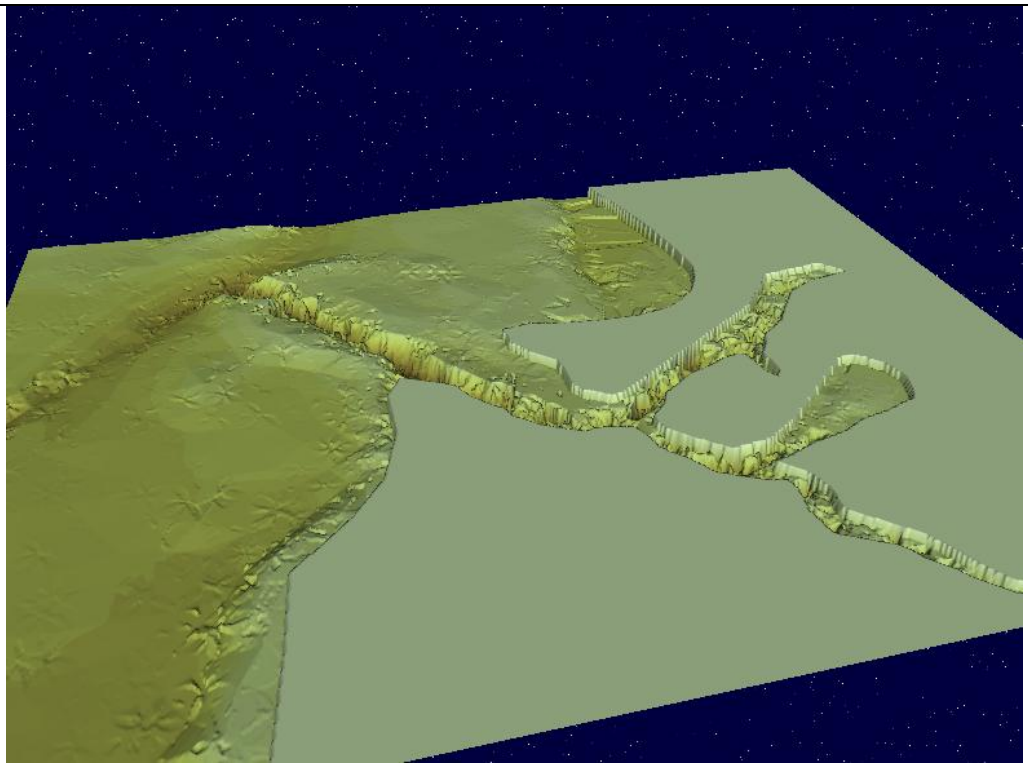
شکل(۴) - نقشه گلباد مربوط به منطقه مورد مطالعه



شکل(۵) - نقشه گلموج مربوط به منطقه مورد مطالعه

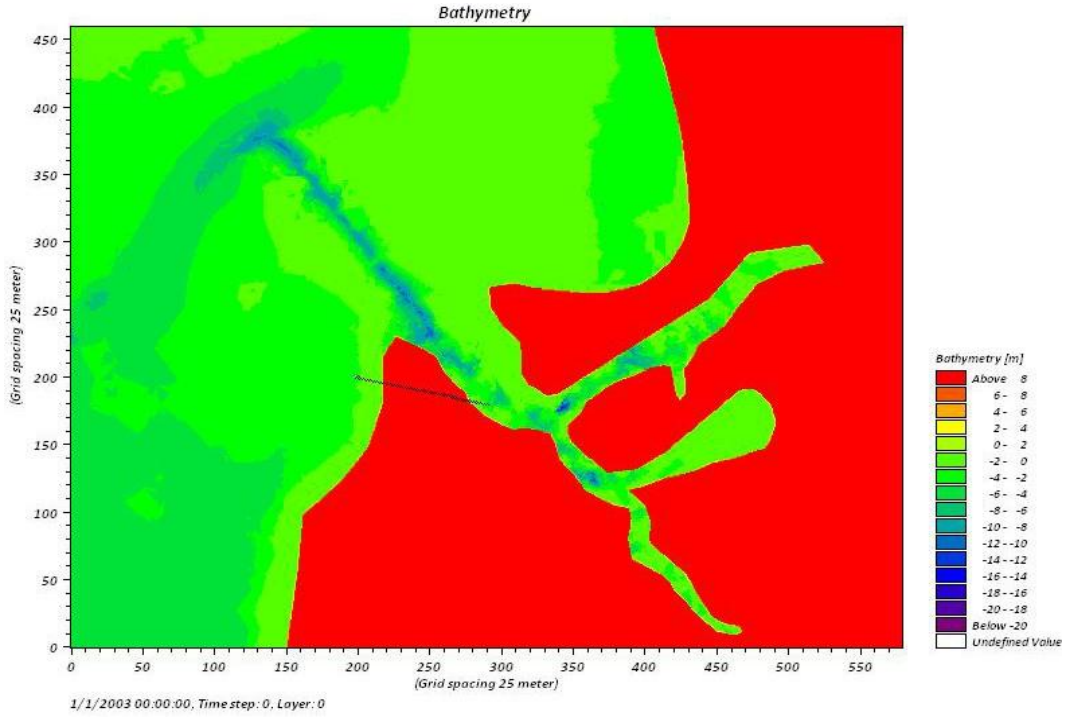
www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۶)- نقشه سه بعدی کف دریا در محدوده شبیه سازی

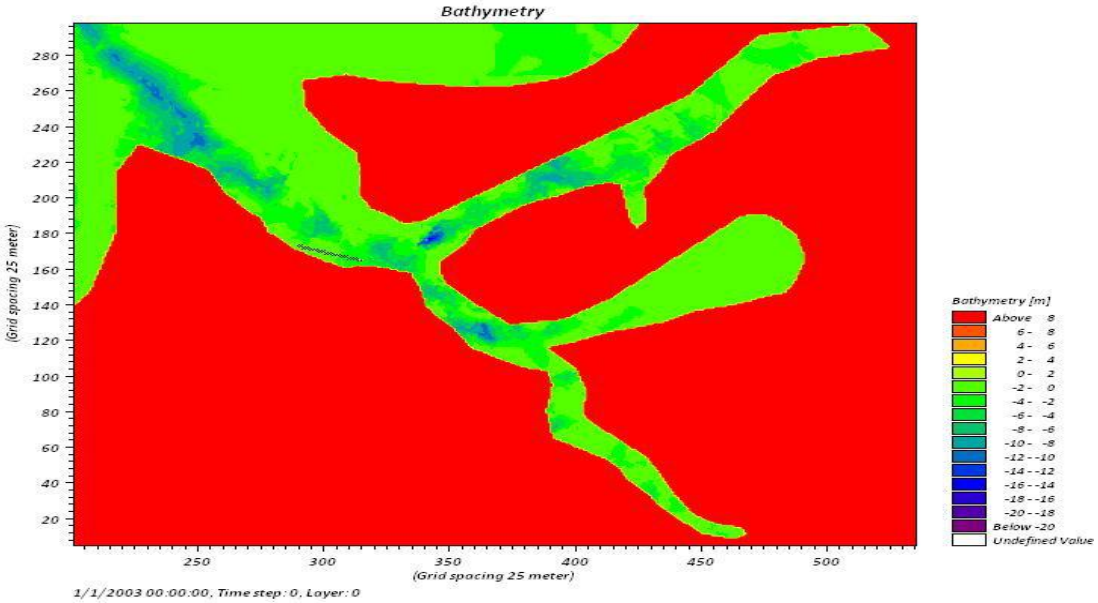
محل نقاط برداشت آب و تخلیه پساب به صورت گرافیکی در سناریو های انجام شده.



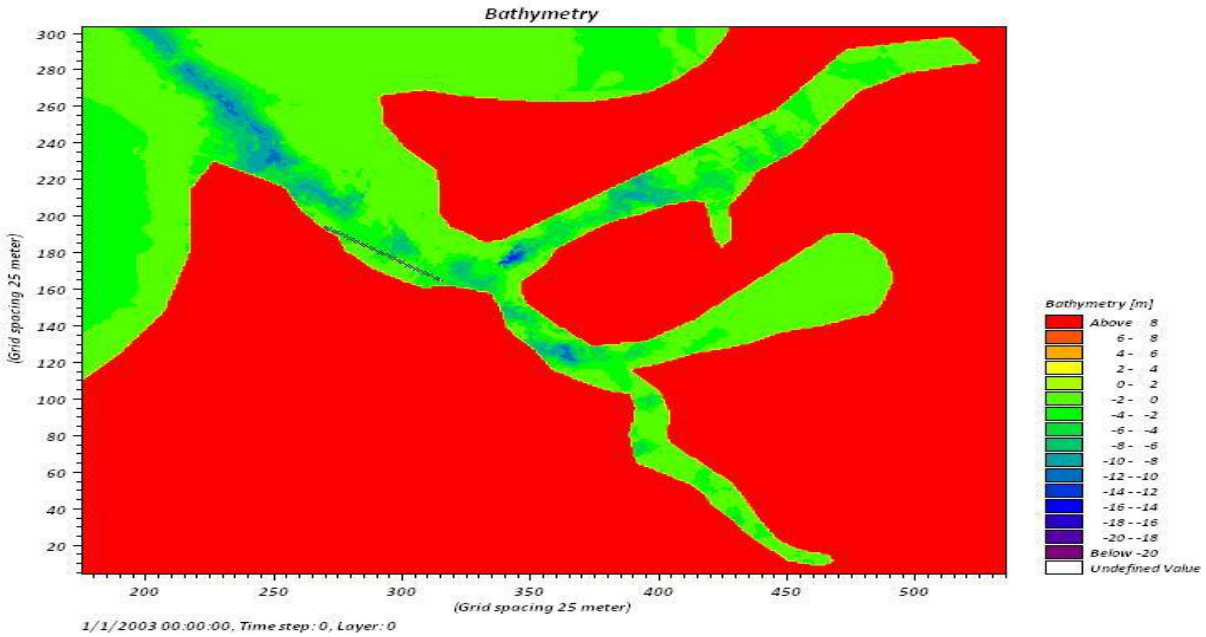
شکل(۷) محل نقاط برداشت آب و تخلیه پساب در سناریوهای محل شماره ۱

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۸)محل نقاط برداشت آب و تخلیه پساب در سناریوهای محل شماره ۲

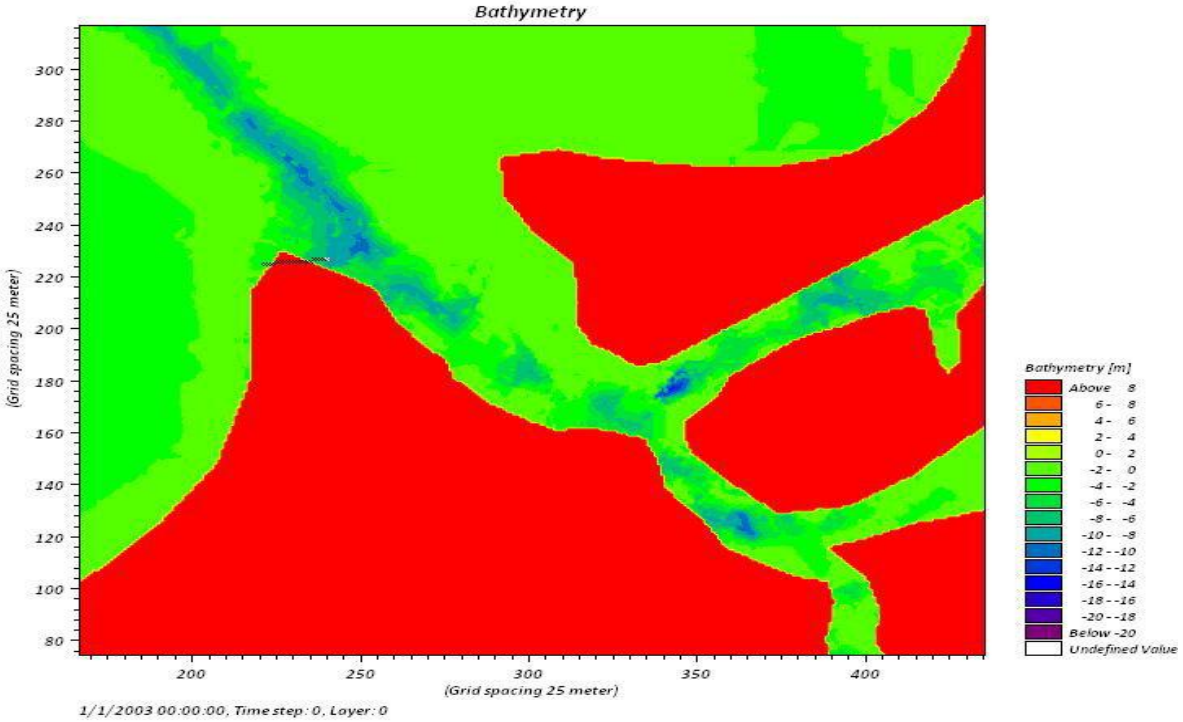


شکل(۹) محل نقاط برداشت آب و تخلیه پساب در سناریوهای محل شماره ۳

در ادامه بررسی چهار سناریو آخر یعنی در محلی که آبگیری در دهانه ی ورودی خور و تخلیه ی پساب در لبه بیرونی خور می باشد آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۱۰) محل نقاط برداشت آب و تخلیه پساب در سناریوهای محل شماره ۴

جدول (۱) - خلاصه سناریو های شبیه سازی شده

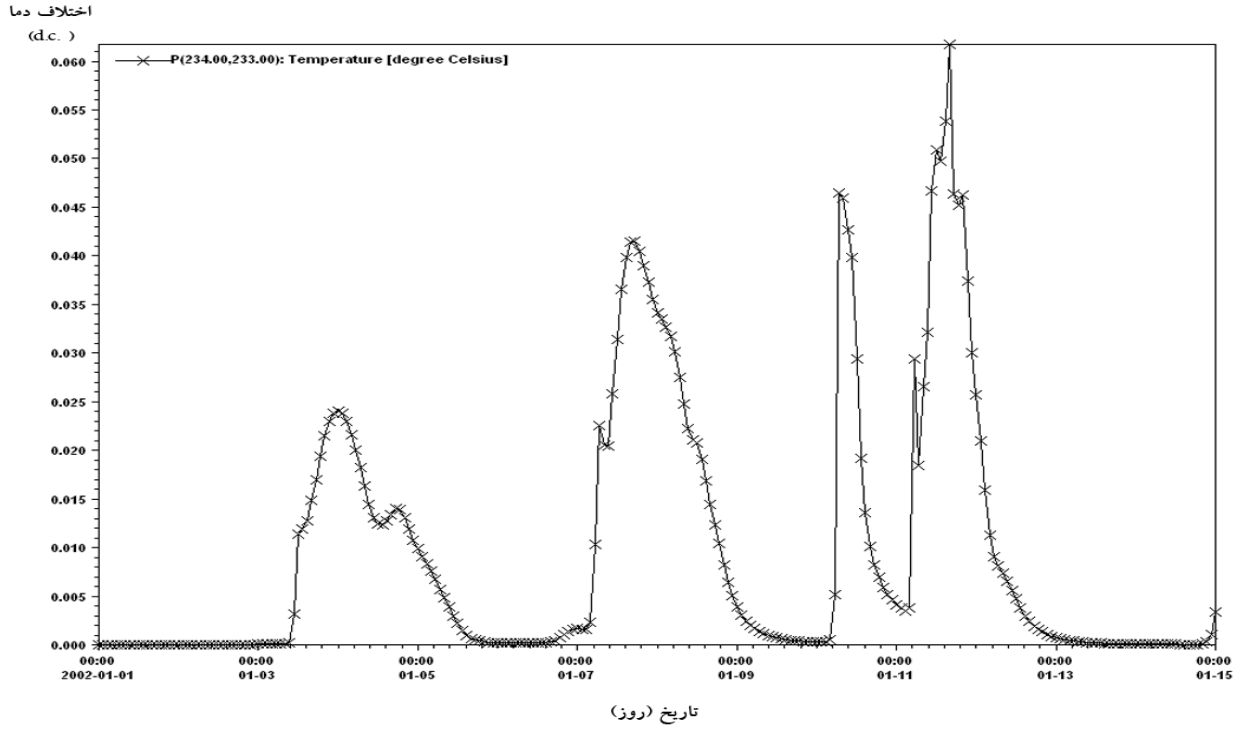
شماره محل برداشت	موقعیت محل برداشت آب دریا	موقعیت تخلیه پساب آب شیرین کن به دریا	جهت غالب باد و موج	سناریو
۱	(240 , 227)	(221 , 225)	غرب	۳
۱	(240 , 227)	(221 , 225)	جنوب شرق	۴

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۱-۱- سناریو ۱ در محل جانمایی شماره ۴

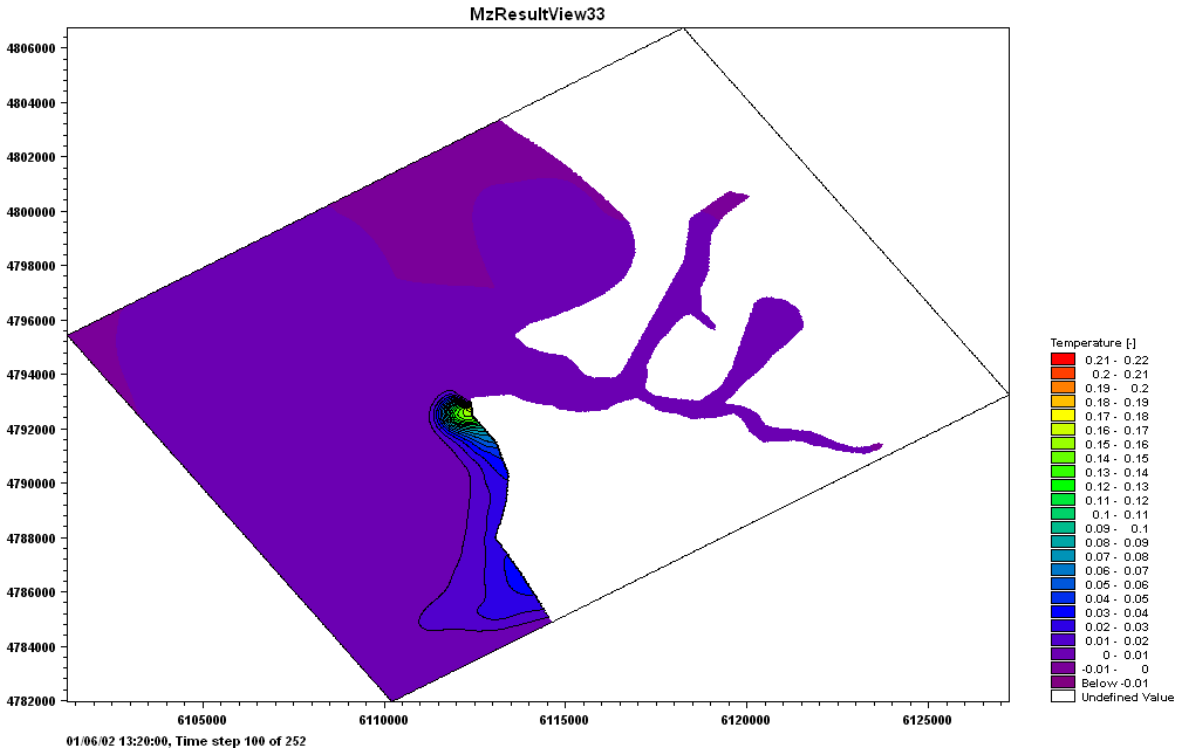
این سناریو مربوط به شرایط غالب باد و موج غرب (W) در محل جانمایی شده می باشد. بر این اساس نتایج مربوط به شبیه سازی دما در محل برداشت آب و دفع پساب در شکل های ۱۱ تا ۱۴ ارائه شده است.



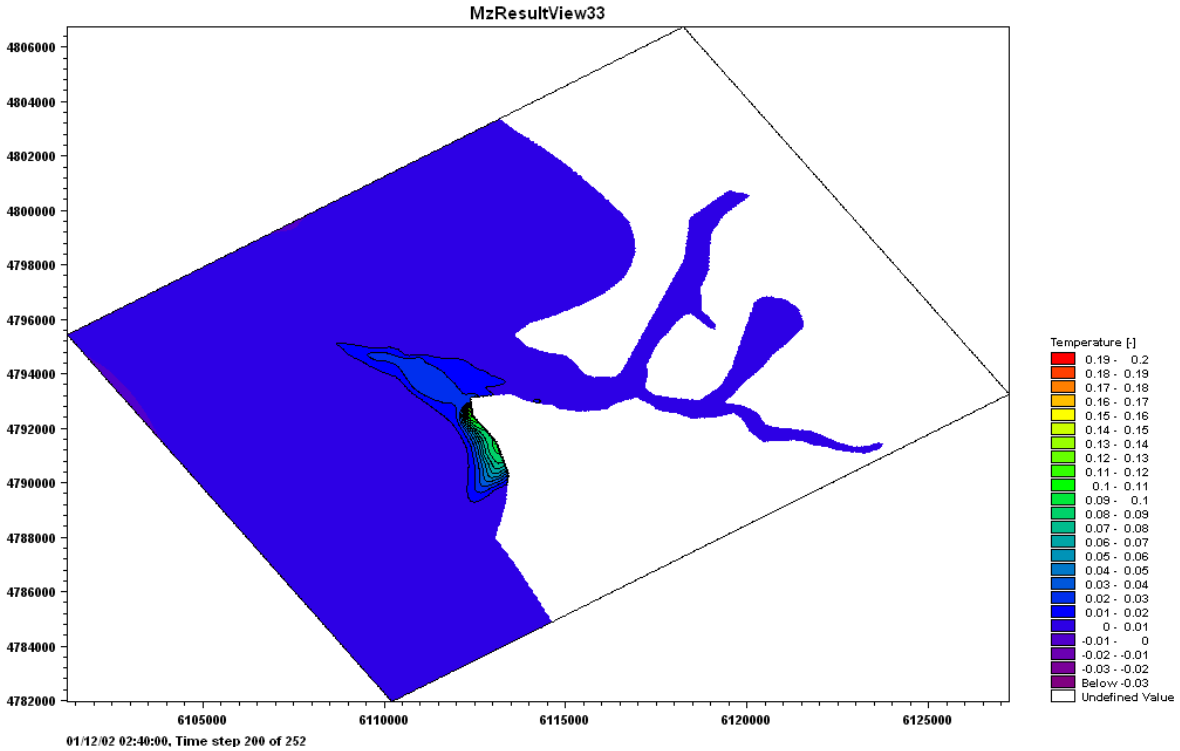
شکل(۱۱)- نتایج شبیه سازی دما در شعاع ۲۰۰ متری محل برداشت آب برای یک دوره شبیه سازی ۱۵ روزه از زمان تخلیه پساب در سناریو ۱(فاصله محل برداشت و تخلیه ۴۷۷ متر و شرایط غالب باد و موج غرب)

www.SID.ir

Archive of SID



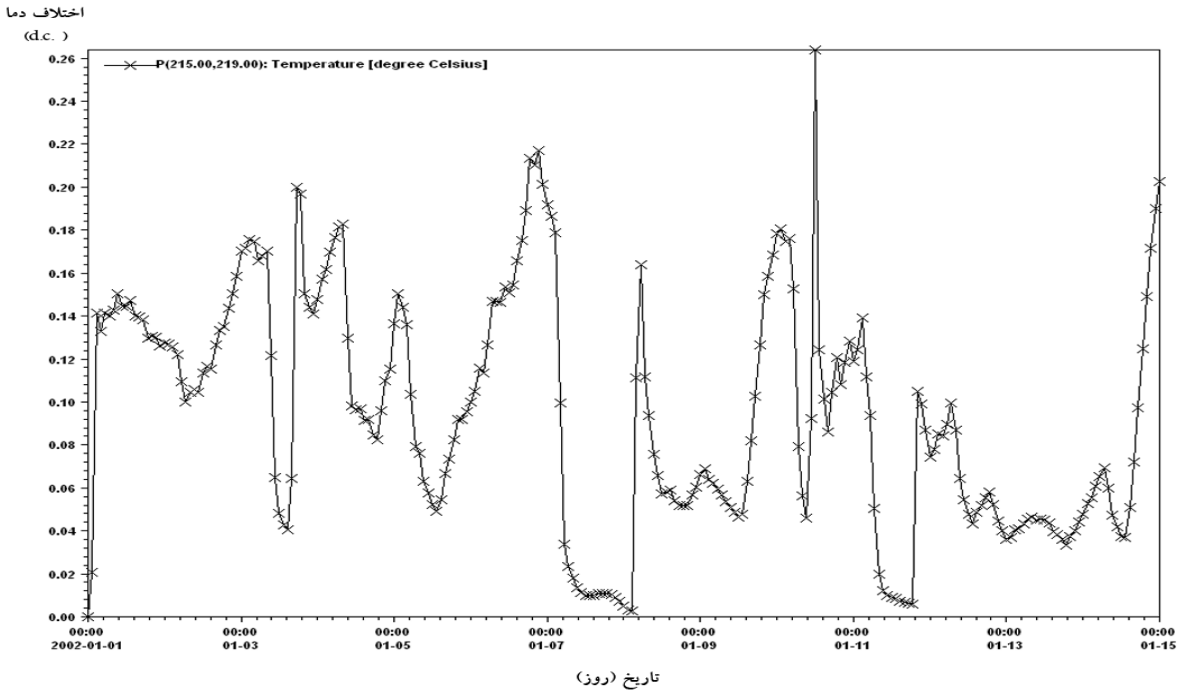
شکل(۱۲)- نتایج شبیه سازی دما در محل تخلیه ، شش روز پس از اجرای مدل



شکل (۱۳)- نتایج شبیه سازی دما در محل تخلیه ، دوازده روز پس از اجرای مدل

www.SID.ir

Archive of SID

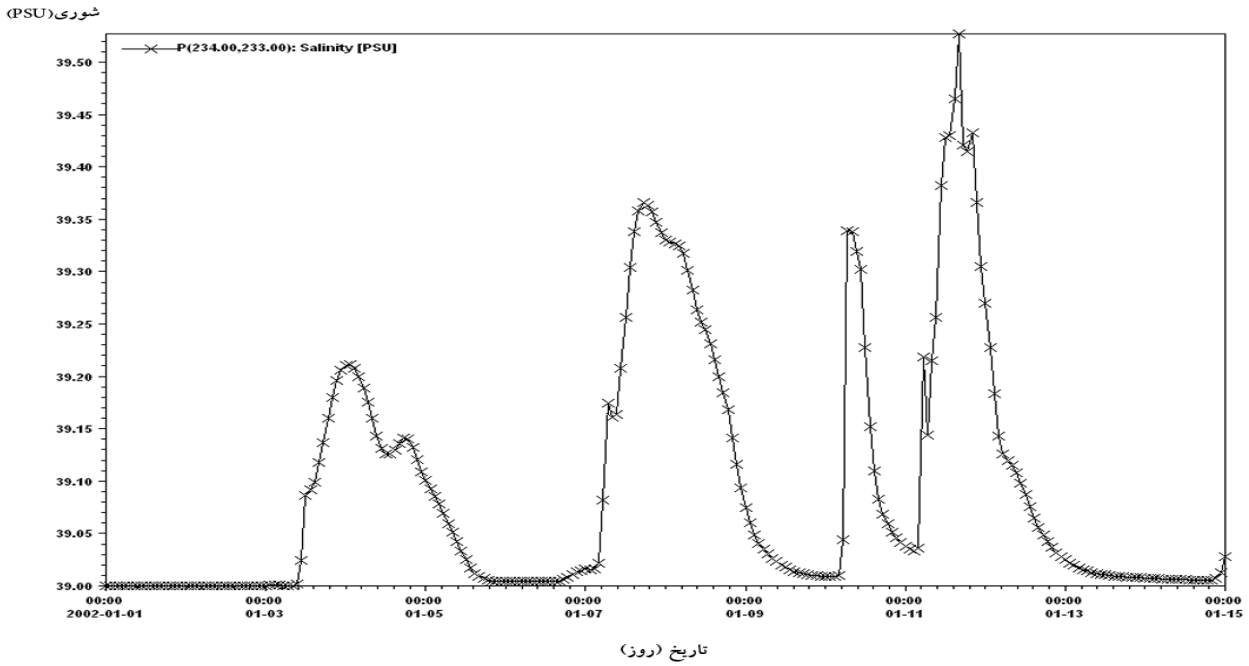


شکل (۱۴)- نتایج شبیه سازی دما در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه آب برای یک دوره شبیه سازی ۱۵ روزه از زمان تخلیه پساب در سناریو ۱(فاصله محل برداشت و تخلیه ۴۷۷ متر و شرایط غالب باد و موج غرب)

www.SID.ir

Archive of SID

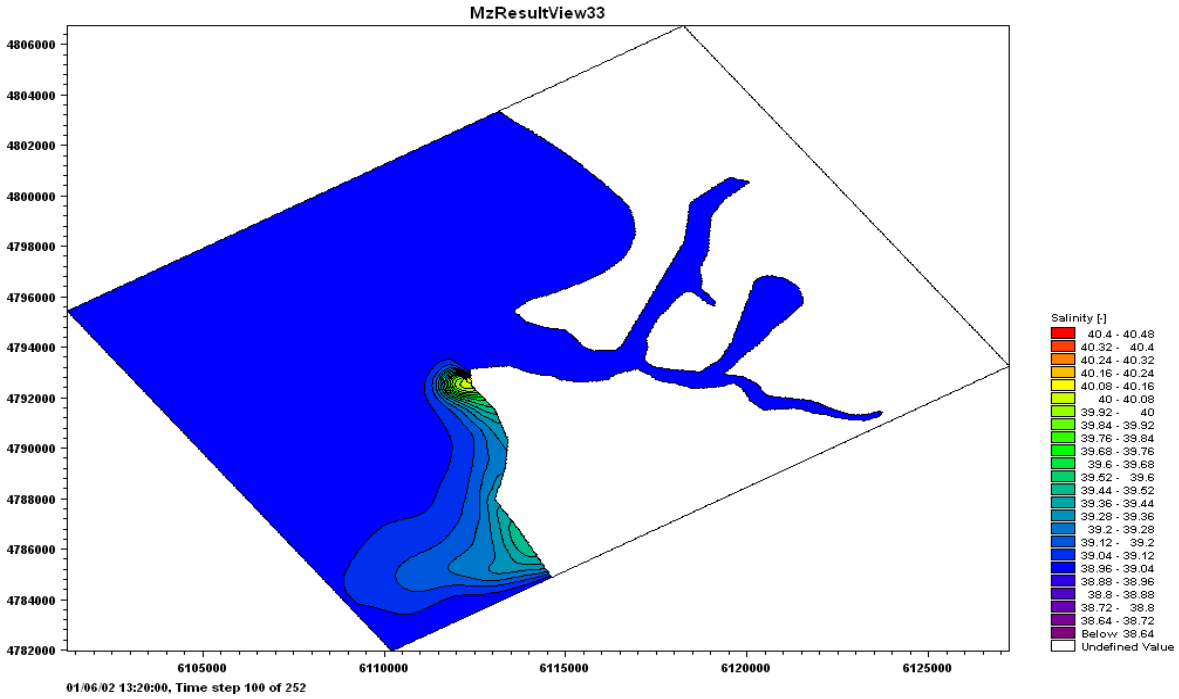
همچنین نتایج مربوط به شبیه سازی شوری در محل برداشت آب و دفع پساب در شکل های ۱۵ تا ۱۸ ارائه شده است.



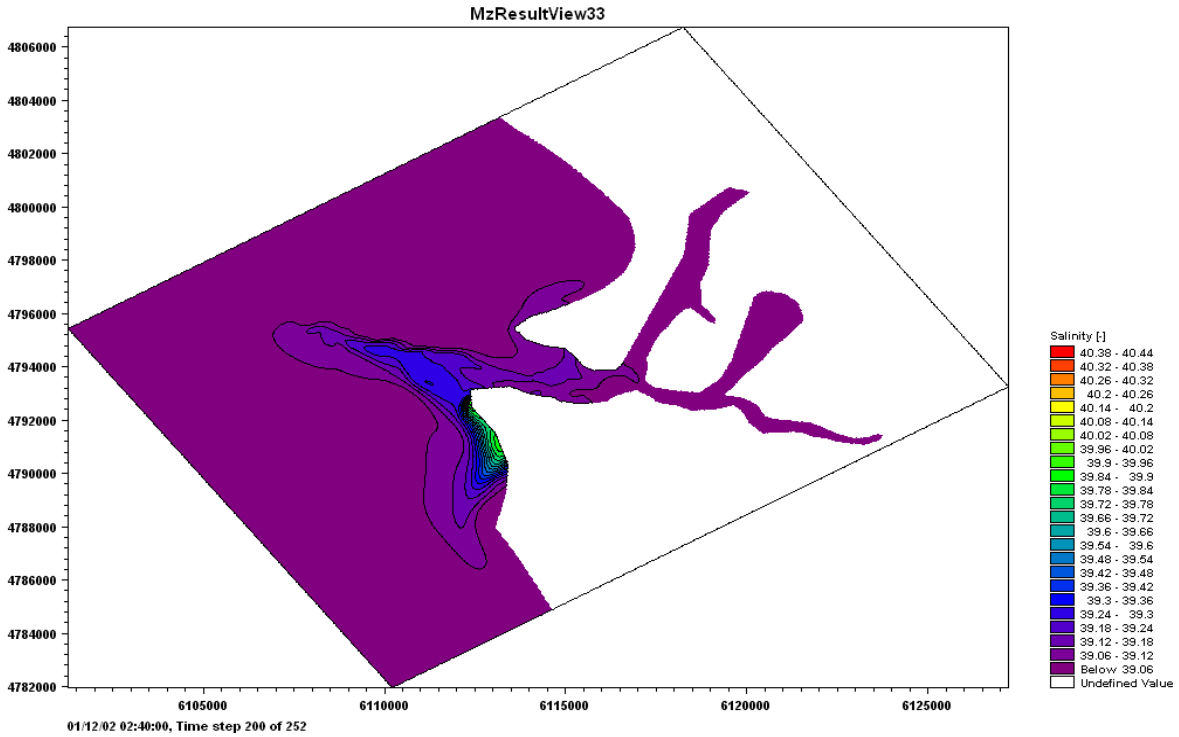
شکل (۱۵) - نتایج شبیه سازی شوری در شعاع ۲۰۰ متری محل برداشت آب برای یک دوره شبیه سازی ۱۵ روزه از زمان تخلیه پساب در سناریو ۱(فاصله محل برداشت و تخلیه ۴۷۷ متر و شرایط غالب باد و موج غرب)

www.SID.ir

Archive of SID



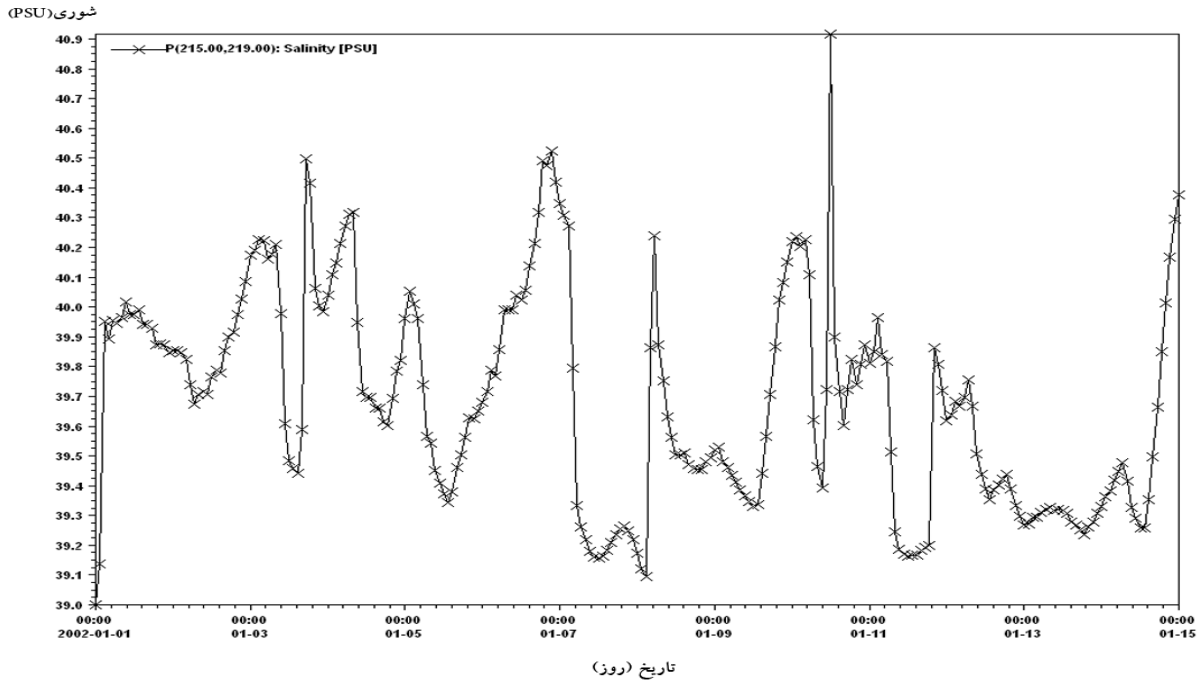
شکل (۱۶) - نتایج شبیه سازی شوری در محل تخلیه ، شش روز پس از اجرای مدل



شکل (۱۷)- نتایج شبیه سازی شوری در محل تخلیه ، دوازده روز پس از اجرای مدل

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱۸)- نتایج شبیه سازی شوری در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه آب برای یک دوره شبیه سازی ۱۵ روزه از زمان تخلیه پساب در سناریو ۱(فاصله محل برداشت و تخلیه ۴۷۷ متر و شرایط غالب باد و موج غرب)

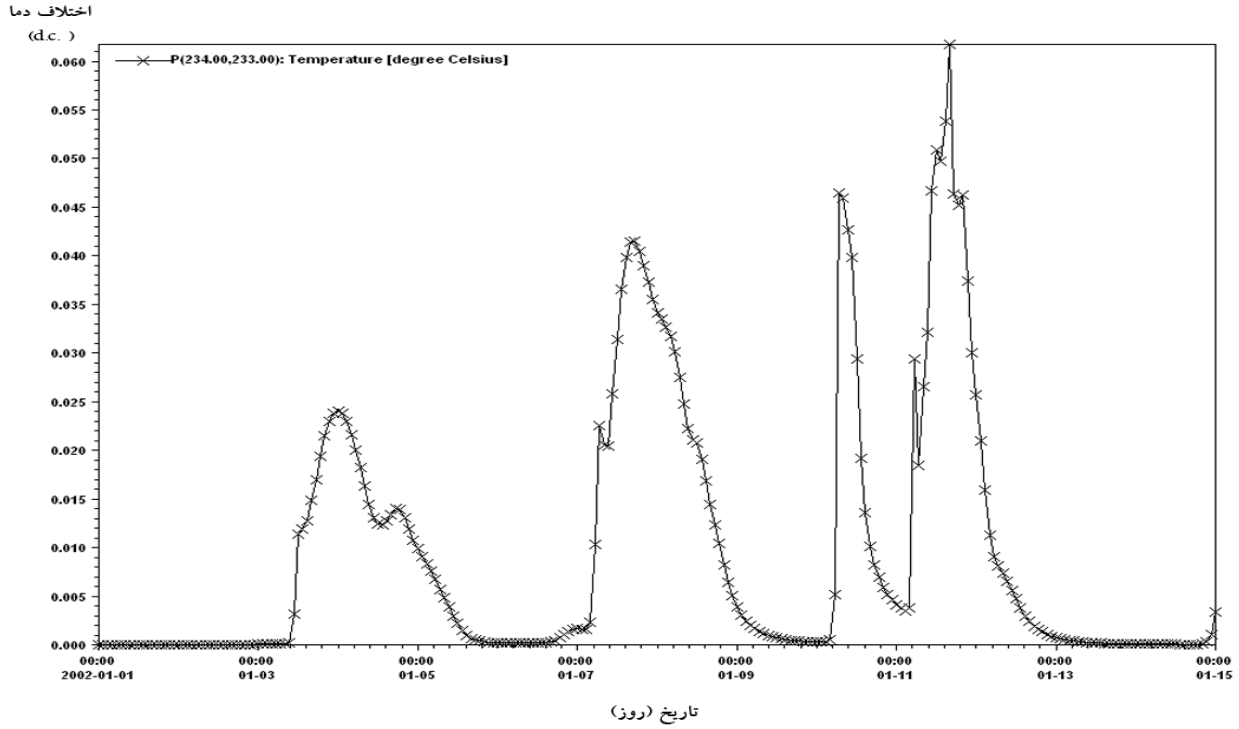
در سناریو ۱ در محل جانمایی شماره ۴، با توجه به شرایط جریان و محل قرارگیری، شرایط زیست محیطی ارضاء می گردد و تاثیری هم بر روی نقطه برداشت وجود نخواهد داشت. در ضمن اقتصاد طرح نیز رعایت می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۱-۲- سناریو ۲ در محل جانمایی ۴

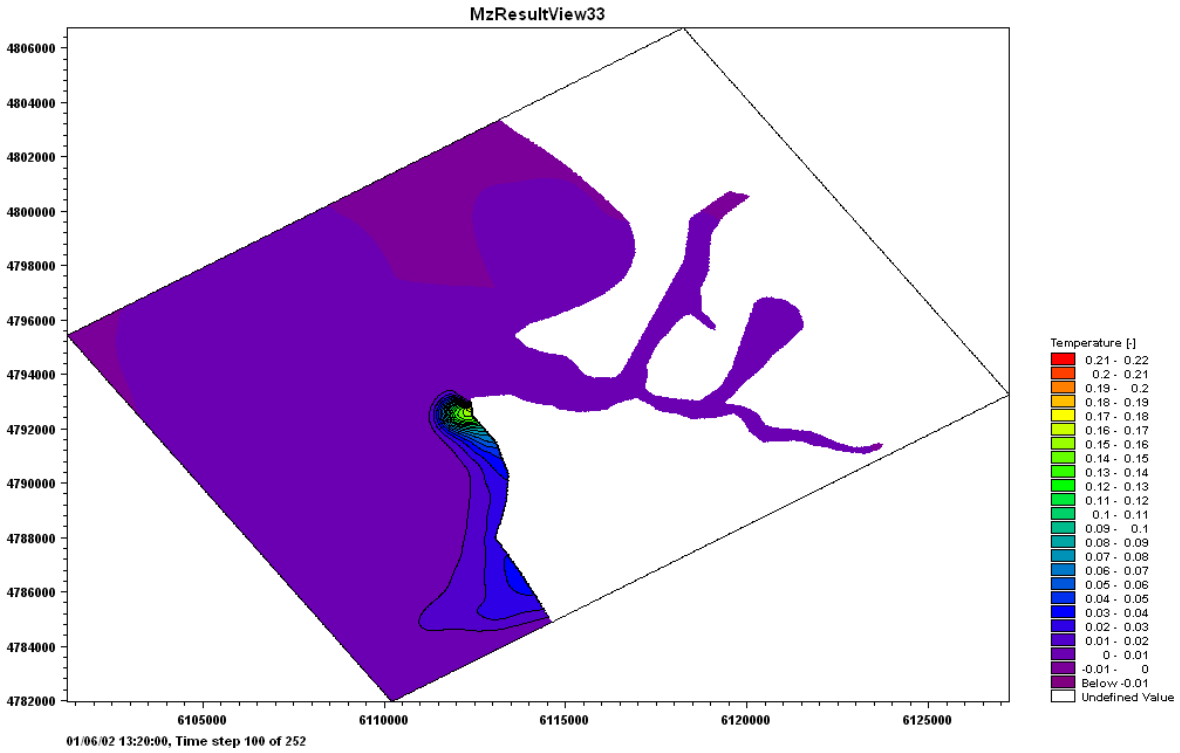
این سناریو مربوط به شرایط غالب باد و موج جنوب شرق (SE) در محل جانمایی شده می باشد. بر این اساس نتایج مربوط به شبیه سازی دما در محل برداشت آب و دفع پساب در شکل های ۱۹ تا ۲۲ ارائه شده است.



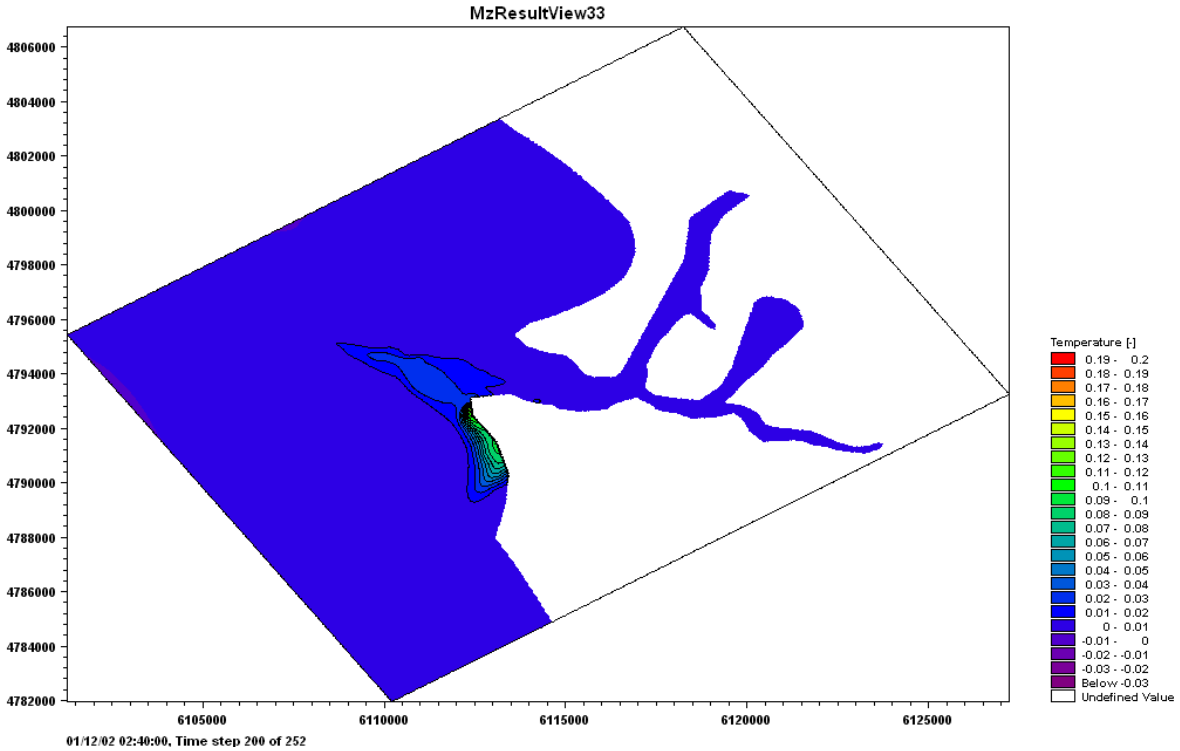
شکل (۱۹)- نتایج شبیه سازی دما در شعاع ۲۰۰ متری محل برداشت آب برای یک دوره شبیه سازی ۱۵ روزه از زمان تخلیه پساب در سناریو ۲(فاصله محل برداشت و تخلیه ۴۷۷ متر و شرایط غالب باد و موج جنوب شرق)

www.SID.ir

Archive of SID



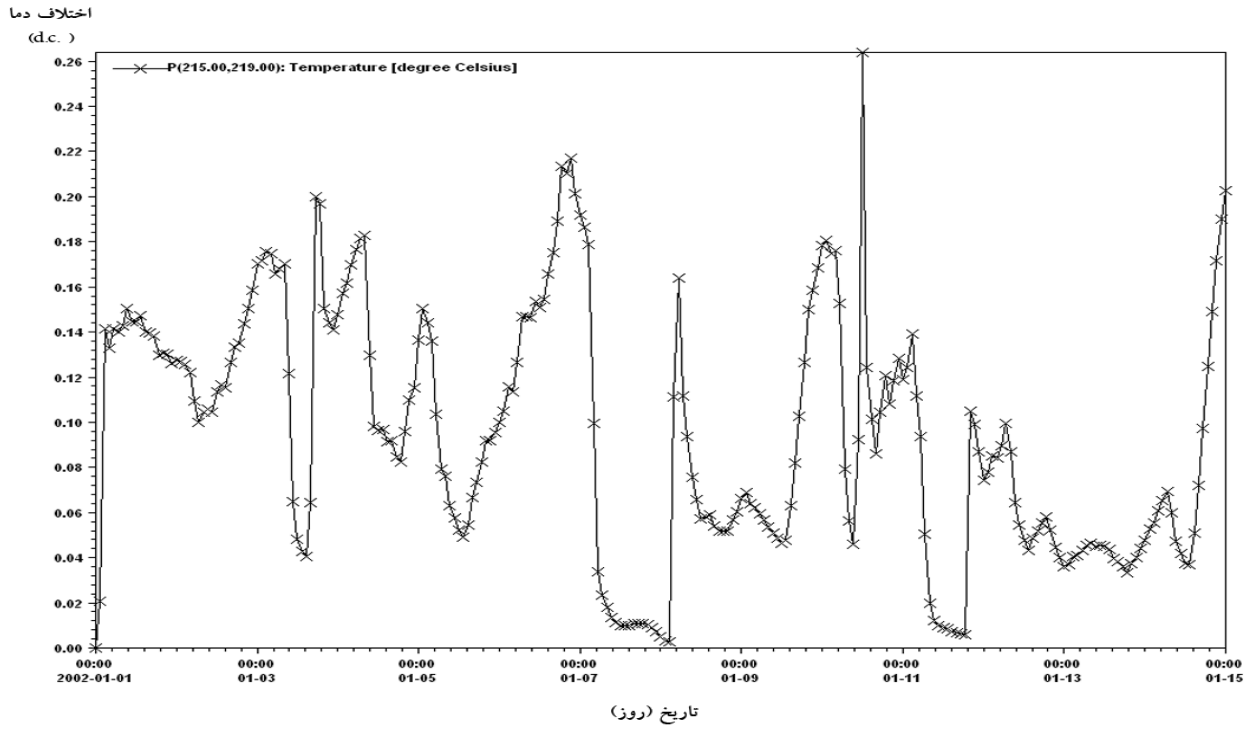
شکل (۲۰)- نتایج شبیه سازی دما در محل تخلیه ، شش روز پس از اجرای مدل



شکل (۲۱)- نتایج شبیه سازی دما در محل تخلیه ، دوازده روز پس از اجرای مدل

www.SID.ir

Archive of SID

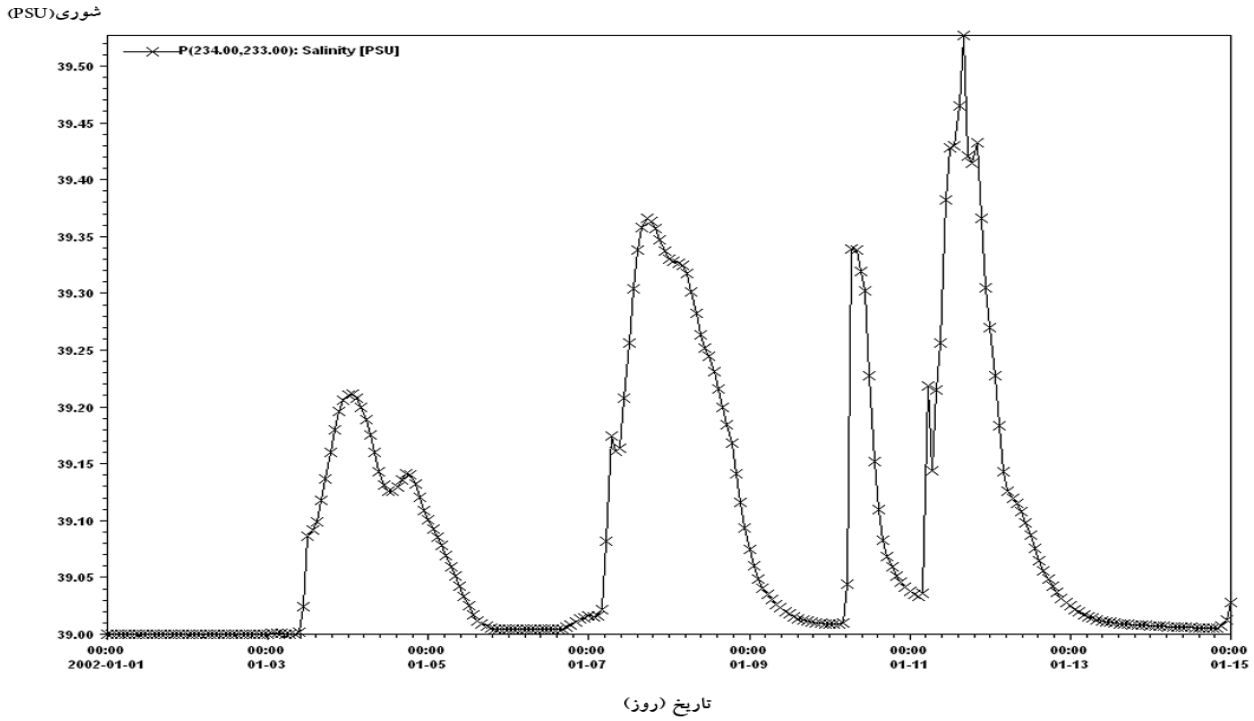


شکل (۲۲)- نتایج شبیه سازی دما در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه آب برای یک دوره شبیه سازی ۱۵ روزه از زمان تخلیه پساب در سناریو ۲(فاصله محل برداشت و تخلیه ۴۷۷ متر و شرایط غالب باد و موج جنوب شرق

www.SID.ir

Archive of SID

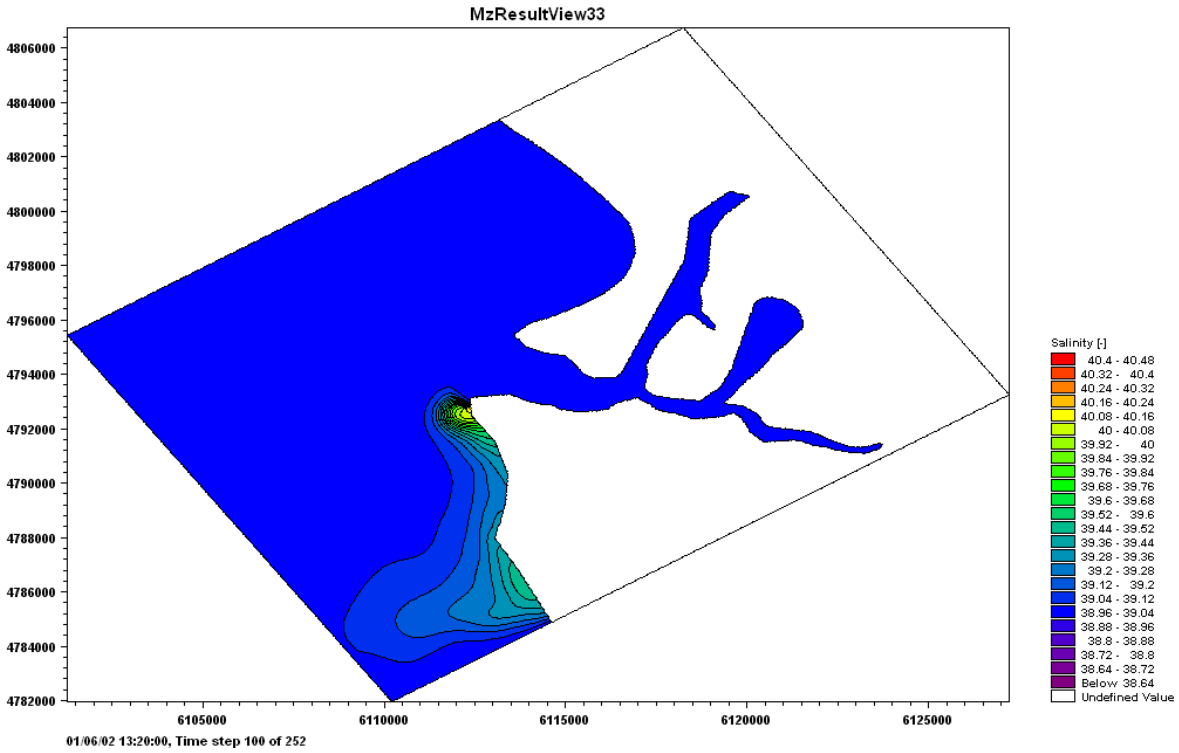
همچنین نتایج مربوط به شبیه سازی شوری در محل برداشت آب و دفع پساب در شکل های ۲۳ تا ۲۶ ارائه شده است.



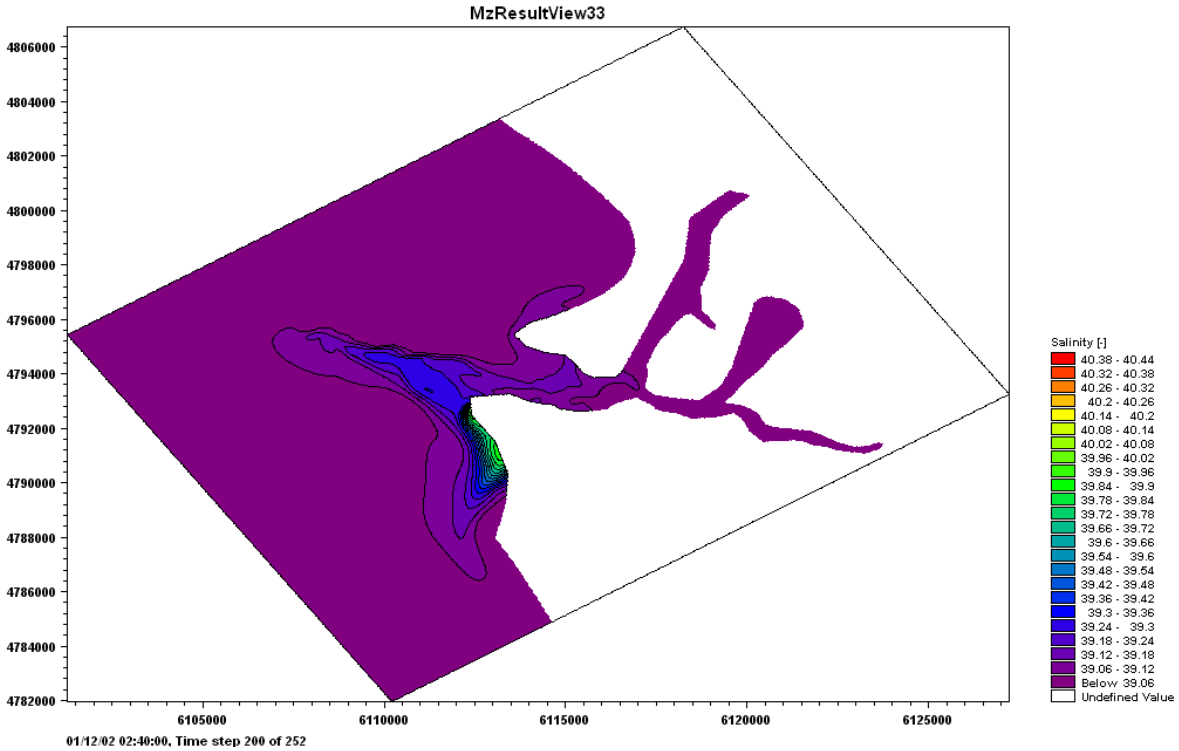
شکل (۲۳)- نتایج شبیه سازی شوری در شعاع ۲۰۰ متری محل برداشت آب برای یک دوره شبیه سازی ۱۵ روزه از زمان تخلیه پساب در سناریو ۲(فاصله محل برداشت و تخلیه ۴۷۷ متر و شرایط غالب باد و موج جنوب شرق

www.SID.ir

Archive of SID



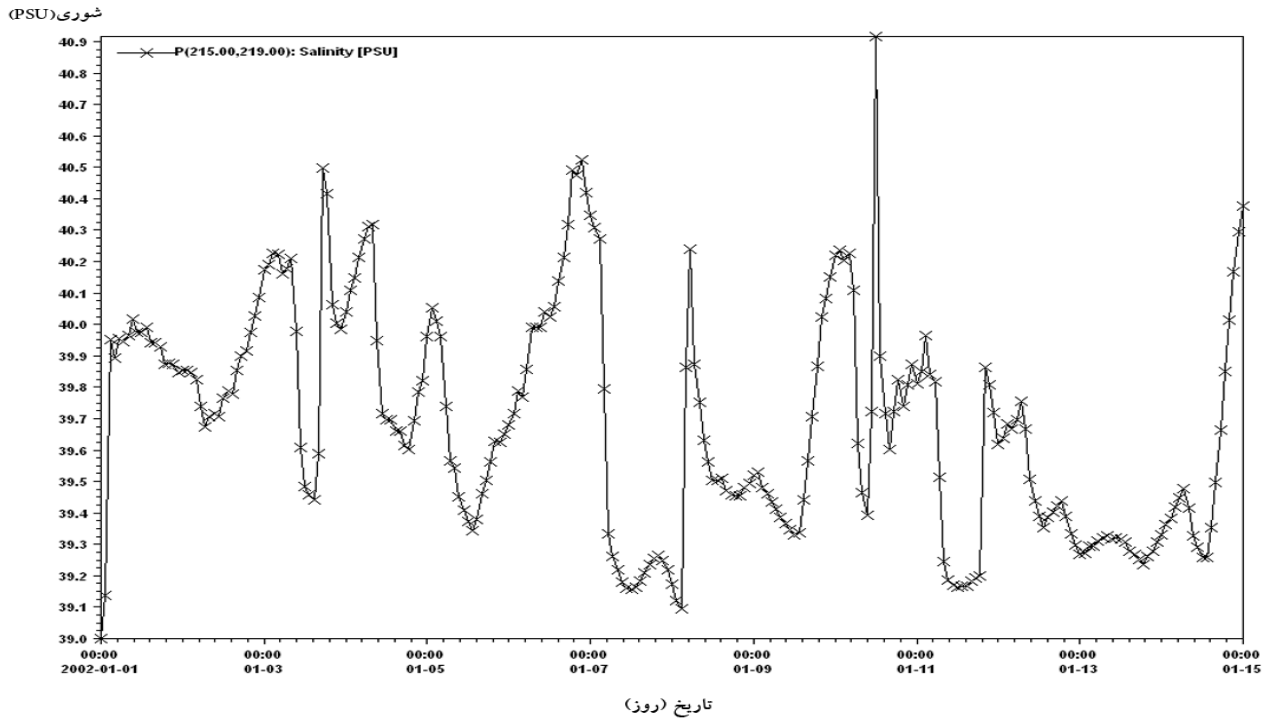
شکل (۲۴) نتایج شبیه سازی شوری در محل تخلیه ، شش روز پس از اجرای مدل



شکل (۲۵) نتایج شبیه سازی شوری در محل تخلیه ، دوازده روز پس از اجرای مدل

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۲۶)- نتایج شبیه سازی شوری در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه آب برای یک دوره شبیه سازی ۱۵ روزه از زمان تخلیه پساب در سناریو ۲(فاصله محل برداشت و تخلیه ۴۷۷ متر و شرایط غالب باد و موج جنوب شرق)

در سناریو ۲ در محل جانمایی شماره ۴، با توجه به شرایط جریان و محل قرارگیری، شرایط زیست محیطی ارضاء می گردد و تاثیری هم برروی نقطه برداشت وجود نخواهد داشت. در ضمن اقتصاد طرح نیز رعایت می شود.

نتیجه گیری

خلیج فارس نمونه ای از اکوسیستمهای آبی است که بی شک بی توجهی به مسائل زیست محیطی و اختلال در آن سبب خواهد شد که از روند طبیعی خود خارج شود. تخلیه پساب حاصله از آب خنک کننده های صنایع مختلف از جمله نیروگاهها به علت گرمای بیش از حد و شوری بالا نسبت به محیط آبی در ساحل آن از جمله آلودگی هایی است که سبب اختلالات مهمی در تعادل اکوسیستم موجود می گردد. بدیهی است بدلیل این آلودگی حرارتی، تعداد کثیری از آبزیان در شرایط جدید قادر به تطابق خود با محیط نبوده و اوضاع جدید سبب مهاجرت دائم آنها از محل می‌شود. ورود گونه های جدید تطبیق پذیر با محیط نیز سبب می‌شود چهرهٔ اکوسیستم به طور کلی دگرگون شود. از دیگر اثرات آن می‌توان اختلال در تولید مثل ، تغذیه و سایر عادات بیولوژیکی آبزیان را نام برد.

در این تحقیق آلودگی شوری و حرارتی ناشی از تخلیه آب شور و گرم یک آب شیرین کن در سواحل بوشهر مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده ازنرم افزارMIKE 21 نحوه پخش شوری و حرارت در ساحل و خور بوشهر بررسی گردید. در نهایت محدوده‌ای که تحت تاثیر آلودگی های شوری و حرارتی قرار می‌گیرد با قوانین و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست مقایسه شد و گزینه برتر انتخاب گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

طبق ضوابط و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ارائه شده در سال ۱۳۷۷ در مورد درجه حرارت تخلیه به آبهای سطحی در تبصره چهار چنین آمده است که درجه حرارت باید به میزانی باشد که بیش از $^{\circ}C$ ۳ در شعاع ۲۰۰ متری محل ورود آن ، درجه حرارت منبع پذیرنده را افزایش یا کاهش ندهد. همچنین در شعاع مذکور مقدار شوری بیش از ۱۰٪ نسبت به شوری محیط افزایش نیابد.

بهترین سناریو در حقیقت می بایست ضمن رعایت استانداردهای زیست محیطی کمترین هزینه اقتصادی را جهت برداشت آب و تخلیه آب شور را در محیط داشته باشد. با نگاهی به سناریو های ۱ و ۲ که محل برداشت آب در داخل خور و تخلیه آن در دریا و به فاصله بسیار زیادی از محل تخلیه می باشد مشخص می گردد که شرایط زیست محیطی به بهترین نحو ممکن رعایت شده است و تاثیر آب شور و گرم برگشتی به محل آبگیری بسیار ناچیز می باشد. چنانچه در سناریویی معیار های زیست محیطی رعایت گردد اما اثر برگشت آلاینده های شوری و گرما بر محل برداشت آب بسیار باشد نیز از گزینه های قابل قبول نخواهد بود زیرا در این شرایط سبب خواهد گردید که راندمان آب شیرین کن در زمان بسیار کوتاهی افت نماید و ادامه فعالیت آب شیرین کن میسر نباشد.

جهت رعایت مسائل زیست محیطی و عدم تاثیر برگشت پساب به محل آبگیری توصیه شده است که محل تخلیه در آب عمیق و تقریبا در نزدیک بستر تخلیه گردد تا ضمن کاهش تاثیرات برگشت آب به دلیل اختلاط بالای آب در محیط فوق بتوان در یک بازه مکانی محدود شرایط زیست محیطی رعایت گردد. اما در مناطقی که شیب بستر کم می باشد انتقال لوله های تخلیه آب به مناطق بسیار دور جهت رسیدن به عمق های مورد نیاز از نظر فنی و اجرایی بسیار مشکل و از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه نمی باشد. در این تحقیق نیز به دلیل شیب کم بستر تقریبا در فواصل نزدیک به ساحل و در اعماق ۱ الی ۳ متری تخلیه گردید. در این تحقیق به دلیل حجم کم برداشت آب و همچنین حجم تخلیه پساب کمتر به محیط دریا توانستیم با اجرای دو سناریو، نسبتا بهترین محل تخلیه آب شور انتخاب کنیم.

اما اگر حجم پساب خروجی با غلظت بالای آلاینده ها بسیار بزرگتر از ظرفیت محیط باشد می بایست تمهیدات دیگری اندیشید. ظرفیت محیط تخلیه، تابع شرایط جریان و قدرت اختلاط آب می باشد.

در چنین شرایطی می بایست محل تخلیه را در اعماق ۱۰ متر پایین تر از سطح آب دریا انتخاب نمود و یا پساب خروجی قبل از تخلیه به دریا رقیق گردد. برای انجام این امر با طراحی یک سری کانال های مارپیچ روباز در ساحل سعی می گردد تا دمای پساب تا حد امکان قبل از تخلیه به محیط دریا کاهش یابد و در نهایت در یک حوضچه با آب دریا رقیق گردد و پس از آن توسط ایستگاه پمپاژ به محل تخلیه پساب پمپ گردد.

با نگاهی به نتایج اسخراج شده از مدل سازی، جدول(۲) ، مشخص می گردد پساب خروجی آب گرم به دلیل حجم کم و اختلاف دمای ۵ درجه و ظرفیت گرمایی بالای دریا، به سرعت تخلیه شده، و در محیط آب دریا میرا می گردد.

جدول (۲)- خلاصه نتایج شبیه سازی

www.SID.ir

Archive of SID

سناریو	فاصله محل تخلیه و برداشت	جهت غالب باد و موج	رضاء شرایط زیست محیطی برای دمای آب در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه پساب	رضاء شرایط زیست محیطی برای شوری آب در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه پساب	رضاء شرایط زیست محیطی برای دمای آب در شعاع ۲۰۰ متری محل برداشت آب	رضاء شرایط زیست محیطی برای شوری آب در شعاع ۲۰۰ متری محل برداشت آب	رضاء شرایط اقتصادی طرح
۱	۴۷۷	غرب	√	√	√	√	√
۲	۴۷۷	جنوب شرق	√	√	√	√	√

منابع:

- علی منفرد. ۱۳۹۲. شبیه سازی بهترین نقطه از دریا برای آبگیری و دفع پساب آب شیرین کن شهر بوشهر با استفاده از نرم افزار MIKE21 . پایان نامه
- محسن سناسیری، ۱۳۹۱، حذف ترکیبات مضر فلزی ملیبدن به وسیله فرایند نانوفیلتراسون از پساب پتروشیمی ، پایان نامه

1. Morton, A.J., Callister, I.K. and Wade, N.M. Environmental impacts of seawater distillation and osmosis processes. Desalination, Vol. 108 (1996), pp. 1–10.
2. Tulharam, G., Ilahee, M., 2007. Environmental concerns of desalinating seawater using reverse osmosis. Journal of Environmental Monitoring 9, pp. 805-813.
3. Alameddine, I., El-Fadel, M., 2007, Brine discharge from desalination plants: a modeling approachto an optimized outfall design. Desalination 214, pp. 241–260.
4. Roberts, P. J. W., Ferrier, A., and Daviero, G. _1997_. Mixing in inclined dense jets. J. Hydraul. Eng., 123(8), pp. 693–699.
5. Altayaran, A., Madany, I., 1992. Impact of a desalination plant on the physical and chemical properties of seawater. Bahrain. Water Research 26 (4), pp. 435-441.
6. Safrai I., Zask A. (2007), "Reverse osmosis desalination plants — marine environmentalist regulator point of view", Desalination 220 (2008), pp. 72–84.
7. Malfeito, J., Dıaz-Caneja, J., Farinas, M., Ferna´ndez- Torrequemada, Y., Gonzalez-Correa, J., Carratala Gimenez, A., Sanchez-Lizaso, J., 2005. Brine discharge from the Javea desalination plant. Desalination 185, pp. 87-94.
8. Raventos, N., Macpherson, E., Garcıa-Rubies, A., 2006. Effect of brine discharge from a desalination plant on macrobenthic communities in the NW Mediterranean. Marine Environmental Research 62, pp. 1-14.

www.SID.ir

Archive of SID

9. Safrai I., Zask A. (2007), "Reverse osmosis desalination plants — marine environmentalist regulator point of view", Desalination 220 (2008), pp. 72–84.
10. Sadhwani, J., Veza, J., Santana, C., 2005. Case studies onenvironmental impact of seawater desalination. Desalination 185, pp. 1-8.
11. T. Höpner, A procedure for Environmental Impact Assessment (EIA) for seawater desalination plants. Desalination, Vol. 124 (1999), pp 1–12.
12. Alameddine, I., El-Fadel, M., 2007, Brine discharge from desalination plants: a modeling approachto an optimized outfall design. Desalination 214, pp. 241–260.
13. T. Höpner and J. Windelberg, Elements of environmental impact studies on coastal desalination plants. Desalination, 108 (1997) 11–18.
14. S. Latteman and T. Höpner, Seawater desalination: Impacts of brine and chemical discharge on the marine environment. Balaban Desalination Publications, Italy, 2003.
15. A.J. Morton, I.K. Callister and N.M. Wade, Environmental impacts of seawater distillation and osmosis processes. Desalination, Vol. 108 (1996), pp. 1–10.

www.SID.ir