Archive of SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir
www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

نهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
ICOPMAS 2010
10- 8 آذر ماه (تهران)

بررسی تاثیر درنظر گرفتن محدوده میدان نزدیک در مطالعات هیدرودینامیک پخش حرارت در دریا

هادی صادقیان ، کارشناس هیدرولیک، مهندسین مشاور هندسه پارس، hadi.sadeghian1982@gmail.com
مهدی شفیعی فر ، دانشیار ، دانشگاه تربیت مدرس ، shafiee@modares.ac.ir
عقیل حاج مومنی ، کارشناس ارشد سواحل و بنادر ، مهندسین مشاور هندسه پارس ، Hajmomeni@gmail.com

کلید واژه‌ها: میدان نزدیک، میدان دور، پخش حرارت، مطالعات هیدرودینامیک، آشفتگی، جریانات محیطی

1- چکیده

امروزه آبگیری از دریا بخشی از سیستم خنک‌کننده تاسیسات پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها بوده و به‌عنوان یکی از مناسب‌ترین روش‌ها، مخصوصا برای پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌هایی که در نزدیکی دریا احداث می‌شوند تلقی می‌گردند. در مطالعات هیدرولیکی و هیدرودینامیکی سیستم‌های آبگیری، دو مسئله اصلی مورد توجه قرار می‌گیرد: الف) رعایت ضوابط زیست‌محیطی ب) عدم تاثیرگذاری پساب خروجی بر موقعیت آبگیری و جلوگیری از ایجاد Recirculation. نوع تخلیه، موقعیت محل تخلیه و نیز موقعیت آن نسبت به محل آبگیری، مواردی هستند که در طراحی سیستم‌های آبگیری مورد مطالعه قرار می‌گیرند [1 و 2]. پخش پساب‌های حرارتی در نزدیکی محل تخلیه عمدتاً تابع شرایط و مشخصات هیدرولیکی تخلیه‌کننده‌ها مانند سرعت و مومنتوم جریان خروجی بوده و کمتر از اثرات عوامل محیطی تأثیرپذیر است. در این محدوده که میدان نزدیک (Near field) نامیده می‌شود استهلاک حرارت اضافه از طریق آشفتگی صورت می‌پذیرد. در محدوده خارج از میدان نزدیک که میدان دور (Far field) نام دارد، استهلاک و پخش حرارت از طریق پدیده‌های دیگری مانند تبادل حرارت با محیط و جریانات محیطی صورت می‌گیرد [1]. در مقاله حاضر سعی شده است تا تاثیر در نظرگرفتن مدل میدان نزدیک در مطالعات پخش حرارت پالایشگاه میعانات گازی بندرعباس بررسی گشته و اهمیت لحاظ نمودن آن در مطالعات مشابه آتی مورد تاکید قرار گیرد. نتایج مدل‌سازی‌ها نشان می‌دهد که عدم اعمال محدوده میدان نزدیک در مطالعات پخش حرارت منجر به نتایج غیرعملی و بسیار محافظه‌کارانه گشته و منجر به تخلیه پساب حرارتی در فاصله دورتری از ساحل می گردد [1 و 3]. در این مقاله علاوه بر مقایسه نتایج مطالعات پخش حرارت با و بدون درنظرگرفتن میدان نزدیک، نحوه انتقال نتایج مدل میدان نزدیک به‌عنوان ورودی به مدل میدان دور نیز ارائه شده است. از آن‌جایی که پروژه‌های متعددی در کشور در این زمینه و زمینه‌های مشابه مانند سیستم‌های آب‌شیرین‌کن وجود دارد، تجربیات حاصل از این پروژه می‌تواند برای جامعه حرفه‌ای مهندسی و دست‌اندرکاران پروژه‌های دریایی مفید باشد.

2- مقدمه

پخش پساب‌های حرارتی که در دریا تخلیه می‌شوند، از منظر اثر آن در کیفیت آب اطراف محل تخلیه از دو نقطه نظر قابل بررسی است. در مقیاس بزرگ باید دقت کافی در انتخاب محل ورودی آبگیر و خروجی محل تخلیه در نظر گرفته شود تا کیفیت آب ورودی به سیستم، بدلیل اثرات آب تخلیه شده در دریا که همان افزایش درجه حرارت در اطراف محل تخلیه است، دچار کاهش نشود. در این راستا باید در نظر داشت که بدلیل خروج آب با درجه حرارت بیشتر، عملاً شاهد افزایش درجه حرارت در اطراف آن خواهیم بود. با توجه به جریانهای دریایی موجود در منطقه، همواره احتمال برگشت پساب خروجی به داخل سیستم آبگیری وجود خواهد داشت. برای جلوگیری از این مسئله، باید نحوه پخش پساب خروجی از محل تخلیه مورد بررسی قرار گرفته و میزان افزایش درجه حرارت آب در محل آبگیری از دریا مشخص گردد.

در مقیاس کوچکتر و در مجاورت محل تخلیه پساب خروجی، بدلیل خروج آب با درجه حرارت بیشتر عملاً شرایط محیط زیست اطراف محل تخلیه آب گرم تحت تاثیر قرار می‌گیرد. لذا با توجه به محدودیتها و معیارهای زیست محیطی که یکی از ضروری‌ترین فاکتورها در طراحی سیستم‌های تخلیه پساب به داخل دریا می‌باشد، نوع سیستم تخلیه و محل آن باید به‌گونه‌ای انتخاب گردد که این حرارت اضافی در ناحیه

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

محدودی از محل تخلیه مستهلک گردد. بر این اساس، افزایش دمای آب دریا در فاصله‌ای مشخص از محل تخلیه، نباید از مقدار معینی که در آیین نامه‌ها و یا قوانین زیست محیطی تعیین شده است، تجاوز نماید. با توجه به موارد ذکر شده، قطر لوله‌ها یا ابعاد کانالهای تخلیه پساب که بطور مستقیم بر سرعت جریان خروجی تاثیرگذار است و نیز عمق محل تخلیه پساب که بر مکانیزم پخش حرارت در محیط تخلیه اثر خواهد گذاشت پارامترهای مهمی در انتخاب سیستم بهینه تخلیه پساب می‌باشند [1 و 4].

3- روش انجام مدل‌سازی پخش پساب‌های حرارتی در دریا

در محل تخلیه آب گرم به محیط دریا مکانیزمی جهت پخش حرارت شکل گرفته و در پی آن اضافه دمای اعمالی به محیط با طی فاصله‌ای از محل تخلیه، در تمام عمق پخش می‌گردد. پس از اختلاط کامل دما، با تغییر مکانیزم پخش حرارت، معادلات حاکم بر جریان شکل گرفته تغییر یافته و الگوی پخش حرارت متفاوت می‌گردد. خصوصاً هنگامی که از جت آشفته به عنوان سازه خروجی پساب حرارتی استفاده می‌شود و حجم زیادی از آب محیط دریافت کننده با جت خروجی مخلوط می‌گردد، تأثیر مشخصات و پارامترهای محل خروج پساب بر رفتار پلوم در نزدیکی آن بیشتر خواهد بود. رفتار سیال در ناحیه نزدیک منطقه خروج پساب، بدلیل وجود گرادیانهای زیاد سرعت و نیز غلظت در عمق، رفتاری سه بعدی بوده و نیاز است تا برای مطالعه آن ابزار متناسب با رفتار جریان در این ناحیه بکار گرفته شود. در محدوده میدان دور، به دلیل عدم وجود آشفتگی، استهلاک دما از طریق پدیده‌های دیگری چون تبادل حرارت با محیط و جریانهای محیطی صورت می‌پذیرد. از آنجایی که تئوری حاکم بر این دو محدوده متفاوت بوده و تحلیل رفتار این دو محیط فرضیات مختلفی را می‌طلبد، نرم‌افزارهای متفاوتی نیز جهت مدل‌سازی پخش حرارت در این محیطها طراحی شده است [5، 6 و 7]. ابتدا محدوده نزدیک با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه مدل‌سازی شده و از نتایج آن در انتهای محدوده میدان نزدیک به عنوان شرایط ورودی نرم‌افزارهای مدل‌کننده محدوده میدان دور استفاده می‌گردد. بدین ترتیب هدف اصلی از مطالعه میدان نزدیک در بررسی پدیده پخش حرارت در دریا، تعیین مقدار افت حرارت در این محدوده و تعیین مشخصات دما و سرعت در مرز انتهایی میدان نزدیک برای استفاده در مدل میدان دور می‌باشد.

3-1- مدل‌سازی میدان نزدیک و مدل ریاضی بکار رفته

با توجه به نوع تخلیه و شکل سازه خروجی پساب، سرعت و دمای سیال خروجی نسبت به شرایط محیطی موجود، امکان شکل‌گیری جریان‌هایی با مکانیزم‌های مختلف در محدوده نزدیک محل تخلیه وجود دارد. این محدوده متأثر از ممنتوم جت خروجی بوده و نحوه توزیع دما داخل آن تابعی از مشخصات جت خروجی (ابعاد، دبی، سرعت و دما) می‌باشد. در نتیجه خروج پساب حرارتی بصورت جت آشفته در محدوده میدان نزدیک حجم زیادی از آب محیط با جت خروجی مخلوط شده و اندرکنش آن‌ها منجر به کاهش سریع دما می‌گردد. استفاده از این پدیده طبیعی یکی از مرسوم‌ترین راهکارهای کاهش درجه حرارت و به حداقل رساندن اختلاف دما با محیط می‌باشد. در صورتی که تخلیه در عمق کمتری صورت پذیرد و یا اینکه تخلیه از نوع سطحی باشد، بدلیل برخورد جت خروجی با حجم کمتری از آب نسبت به حالت تخلیه در عمق، نرخ کاهش درجه حرارت کاهش یافته و کانتورهای حرارتی هم‌دما محدوده وسیعتری را می‌پوشانند. از طرف دیگر در صورتی که سرعت جریان خروجی زیاد باشد، محدوده آشفتگی جریان گسترش بیشتری داشته و نرخ استهلاک دما نیز افزایش می‌یابد. در محدوده میدان نزدیک گرادیان سرعتها و نیز گرادیان چگالی در پلان و در عمق بسیار شدید بوده و رفتار حاکم بصورت سه بعدی می‌باشد. این امر سبب می‌گردد تا تحلیل این محدوده با استفاده از نرم افزارهای با فرضیات دو بعدی امکانپذیر نباشد، چرا که یکی از اصلی‌ترین فرضیات مدلهای دو بعدی عدم وجود گرادیان در عمق است.

نرم‌افزارهای متعددی جهت تحلیل میدان نزدیک موجود می‌باشد که از آن جمله می‌توان به CORMIX، CORJET و VP و نیز مدلهای سه‌بعدی عددی مانند ANSYS، FLUENT و MIKE 3 اشاره نمود. در این میان مدلهای عددی بطور کامل معادلات ریاضی پخش حرارت و معادلات هیدرودینامیکی را در فضای سه‌بعدی و متغیر زمانی حل می‌کنند که معمولاً همراه با صرف هزینه و زمان زیادی می‌باشند. علیرغم تواناییهای بالای مدلهای عددی سه‌بعدی نسبت به دیگر مدلها، گستردگی پارامترهای کالیبراسیون بکار رفته در این مدل‌ها و لزوم وجود اطلاعات اندازه‌گیری سرعت جریان و دما در نقاط مختلف ارتفاعی و مختصاتی به‌منظور کالیبراسیون این مدل‌ها، استفاده از آنها را در مواردی که اطلاعات اندازه‌گیری کافی در دسترس نمی‌باشد، محدود ساخته و حتی بعضاً نتایج آنها را با خطاهای قابل توجهی همراه می‌سازد.
در میان این مدل‌ها مدل CORMIX از مقبولیت و دقت بالاتری برخوردار بوده و در بین محققان مختلف توسعه فراوانی یافته است. دلیل این امر استفاده از نتایج واقعی اندازه‌گیری شده در نیروگاههای مختلف و حالتهای متنوع خروج جت آب و ترکیب این نتایج با روابط تحلیلی در مدل CORMIX است که منجر به افزایش دقت نتایج خروجی این نرم‌افزار شده تا جایی که در شرایط ساده توپوگرافی و شرایط محیطی یکنواخت نتایج دقیقاً بر واقعیت منطبق بوده و نیازی به انجام عملیات اندازه‌گیری و بکارگیری پارامترهای کالیبراسیون نمی‌باشد. این امر مزیت مهمی

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

برای نرم‌افزارهای تحلیلی بشمار آمده و در صورت ساده بودن شرایط محیطی (شرایط بستر و توپوگرافی، شرایط باد و جریان و ...) این مدل بهتر مدلهای عددی که مستلزم استفاده از پارامترهای کالیبراسیون جهت حصول نتایج دقیق می‌باشند ارجح است.
شاید تنها مشکل نرم‌افزار CORMIX را بتوان در تحلیل توپوگرافیهای پیچیده دانست که تقریبی را در محاسبات وارد ساخته و با پیچیده شدن شرایط جریان و باد و مجموع شرایط محیطی دقت نتایج کاهش می‌یابد. با توجه به نوع مساله و نحوه خروج جت آب گرم، سه مدل مختلف برای تحلیل مسئله پخش حرارت در این نرم‌افزار موجود می‌باشد که مطابق زیر توضیحاتی در مورد آنها داده می‌شود [7]:

- CORMIX1: در این مدل جت خروجی بصورت منفرد مورد تحلیل قرار گرفته و محل قرارگیری جت خروجی در عمق واقع می‌باشد.
- CORMIX2: در این مدل چند عدد جت بصورت موازی کنار هم قرار دارند و عملاً در فاصله‌ای از محل خروج با ترکیب جتهای خروجی منفرد محدوده گسترش دمایی افزایش می‌یابد. همانند مدل اول در این حالت نیز محل خروج جت‌ها در عمق می‌باشد.
- CORMIX3: در این حالت محل خروج آب گرم در نزدیکی سطح دریا بوده و یا به عبارتی از طریق کانال، تخلیه پساب به‌صورت سطحی صورت می‌پذیرد.

ورودی این مدلها، شرایط محیطی، مشخصات تخلیه کننده‌ها، دبی، سرعت جت و همچنین دمای اضافه پساب حرارتی در محل تخلیه نسبت به دمای محیط (T_0) می‌باشد که پس از اجرای مدل مشخصات جت خروجی از جمله پهنای جت و شکل ظاهری آن و دمای اضافه در محور انتشار جت نسبت به دمای محیط در فواصل مختلف از محل خروج قابل حصول می‌باشد [7]. لازم به توضیح است که در این مدل دمای اضافه در محور انتشار جت (T)، از طریق پارامتر Dilution (S) و از رابطه (1) بدست می‌آید:

$$S = \frac{T_0}{T} \qquad (1)$$

واضح است که با فاصله گرفتن از محل تخلیه و با کاهش دمای اضافی اعمالی به محیط مقدار پارامتر S افزایش یافته و در انتهای میدان نزدیک به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

3-2- روش انتقال نتایج مدل میدان نزدیک به مرز شروع محدوده میدان دور

بعلت تحلیل جداگانه مدل‌های میدان نزدیک و میدان دور، ملزم به استفاده از مکانیزمی جهت انتقال نتایج مدل میدان نزدیک به عنوان ورودی به مدل میدان دور می‌باشیم. همانطور که اشاره گردید خروجی نرم‌افزار مدل‌کننده میدان نزدیک (CORMIX) مشتمل بر دما در محور انتقال جت و ضخامت جت منتشره در فواصل مختلف از محل خروج آب گرم می‌باشد. انتخاب مرز دقیق تفکیک کننده میدان نزدیک و دور و به عبارت دیگر مرزی که می‌بایست نتایج مدل میدان نزدیک به منظور استفاده در مدل میدان دور استخراج گردد با این توضیح انجام می‌گیرد که هرگاه محدوده پخش آلودگی حرارتی کل عمق را پوشش داده و به بیان دیگر ضخامت جت آب گرم خروجی معادل عمق آب گردد می‌توان از گرادیان دما در عمق صرفنظر نمود و با این استدلال تحلیل پخش حرارت به کمک نرم‌افزار مدل دور صورت گیرد. واضح است که طول این محدوده (محدوده انتخابی برای میدان نزدیک) نباید در حد و اندازه‌ای باشد که عوامل محیطی باد، موج و جریان بر مکانیزم پخش حرارت اثرگذار باشند. دمای اضافه نسبت به دمای محیط در انتهای محدوده میدان نزدیک (T_n) از رابطه (2) قابل حصول می‌باشد [1]:

$$T_n = \frac{T_0}{S_n} \qquad (2)$$

که در این رابطه S_n مقدار پارامتر Dilution در انتهای محدوده میدان نزدیک و از خروجی‌های نرم‌افزار CORMIX می‌باشد. برای مدل‌سازی میدان دور علاوه بر مقدار T_n، لازم است مقدار دبی و سرعت پلوم حرارتی در محل شروع میدان دور یا به عبارتی در انتهای محدوده میدان نزدیک (Q_n و V_n) نیز مشخص باشند، اما به دلیل اینکه این پارامترها از خروجی‌های نرم افزار CORMIX نمی‌باشد، برای محاسبه این پارامترها به ترتیب از رابطه بقاء انرژی و بقاء ممنتوم مطابق معادلات (3) و (4) استفاده می‌گردد [1]:

$$Q_0 T_0 = Q_n T_n \Rightarrow Q_n = Q_0 \frac{T_0}{T_n} \Rightarrow Q_n = Q_0 S_n \qquad (3)$$

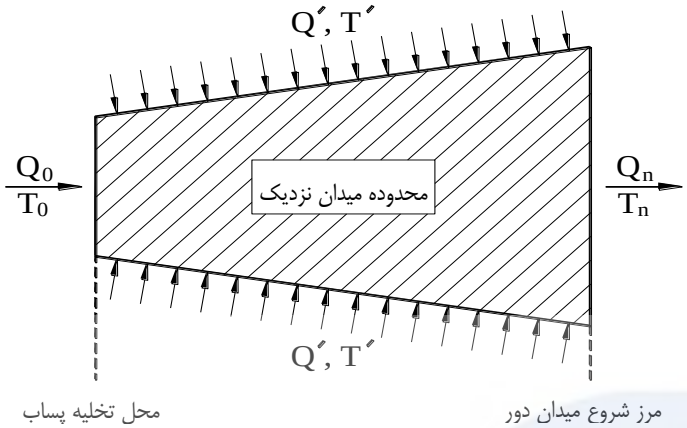
$$Q_0 V_0 = Q_n V_n \Rightarrow V_n = V_0 \frac{Q_0}{Q_n} \Rightarrow V_n = \frac{V_0}{S_n} \qquad (4)$$

که در روابط (3) و (4)، Q_0 و V_0 مقادیر دبی و سرعت تخلیه پساب حرارتی در محل تخلیه می‌باشند.
مطابق روابط فوق با داشتن مقدار S_n، مقادیر Q_n و V_n قابل حصول بوده و در واقع مدل میدان دور با اعمال منبع حرارتی با دمای (T_n+T) و دبی Q_n و سرعت V_n به عنوان Source اجرا می‌گردد، که T دمای اولیه محیط قبل از ورود پساب حرارتی می‌باشد. از آنجا که پارامتر S_n

www.SID.ir

Archive of SID

همواره بزرگتر از یک می‌باشد اعمال دبی Q_n باعث ورود حجم اضافه‌ای از آب به داخل سیستم می‌گردد. دلیل این امر مکانیزمی است که در محدوده میدان نزدیک بوقوع پیوسته و طی آن حجمی از آب از محیط اطراف محدودکننده جت مطابق (شکل 1) به درون محدوده میدان نزدیک وارد می‌گردد.



شکل 1) پلان جت پساب حرارتی خروجی در محدوده میدان نزدیک

همانطور که از (شکل 1) مشخص می‌باشد با مدل‌سازی منبع حرارتی با دبی Q_n و دمای T_n در مدل میدان دور و با توجه به عدم شبیه‌سازی مکانیزم مدل میدان نزدیک در مدل میدان دور و متعاقباً عدم خروج دبی Q' از سیستم، عملاً دبی اضافه Q' وارد مدل میدان دور می‌گردد. به‌منظور رفع این معضل و در نظر گرفتن پدیده‌ای که در محدوده مدل میدان نزدیک روی می‌دهد، ناگزیر از مدل‌سازی چاههای مجازی (Sink) در مدل میدان دور می‌باشیم به گونه‌ای که از طریق آنها دبی Q' که مقدار آن از رابطه (5) بدست می‌آید از مدل میدان دور خارج می‌گردد. شایان ذکر است که در مدل میدان دور دبی Q' با علامت منفی وارد می‌گردد [1]:

$$Q' = Q_n - Q_0 \Rightarrow Q' = (S_n - 1)Q_0 \qquad (5)$$

در مجموع می‌توان اینگونه عنوان نمود که ارضا اصل بقاء ممنتوم و انرژی در محدوده میدان نزدیک منجر به افزایش دبی اعمالی بر محیط میدان دور می‌گردد که جهت برآورده ساختن اصل پیوستگی در مدل میدان دور چاههای مجازی با دبی Q' در نظر گرفته می‌شود. محل قرارگیری چاه‌های مجازی در مدل میدان دور، پشت محل قرارگیری Source در مدل میدان دور می‌باشد به‌گونه‌ای که بتواند به نحوی فرآیند به وقوع پیوسته در میدان نزدیک را مدل‌سازی نماید.

4- شرح مطالعات انجام شده

در این بخش مطالعات هیدرودینامیک پخش حرارت آبگیری و تخلیه پساب حرارتی آبگیر پالایشگاه میعانات گازی شرکت نفت ستاره خلیج فارس مورد بررسی قرار گرفته است. محل پروژه در نزدیکی بندرعباس بین بندر شهید رجایی و بندر شهید باهنر واقع گردیده است (شکل2). برای تامین آب خنک با دمای حداکثر 35 درجه سانتیگراد و دبی 200.000 متر مکعب بر ساعت، آبگیری از عمق *11/5 m CD- صورت می‌پذیرد. حداکثر دمای پساب حرارتی خروجی نیز 45 درجه سانتیگراد می‌باشد. شایان ذکر است در فاز اول توسعه، دبی پساب حرارتی خروجی 73.000 متر مکعب بر ساعت می‌باشد [1 و 3]. به‌منظور بررسی تاثیر درنظر گرفتن محدوده میدان نزدیک در مطالعات هیدرودینامیک پخش حرارت در دریا و اثر آن بر محل تخلیه پساب حرارتی، مطالعات در قالب دو گزینه انجام می‌پذیرد:

الف) صرف‌نظر از محدوده میدان نزدیک در مطالعات هیدرودینامیک پخش حرارت در دریا

ب) درنظر گرفتن محدوده میدان نزدیک و استفاده از نرم‌افزار CORMIX در مطالعات هیدرودینامیک پخش حرارت در دریا

در هر دو گزینه فوق‌الذکر، برای انجام مطالعات هیدرودینامیک پخش حرارت در دریا اثرات تخلیه پساب حرارتی پالایشگاه موجود بندر عباس با دبی 40.000 متر مکعب بر ساعت و تخلیه پساب گرم نیروگاه حرارتی موجود هرمزگان با دبی 200.000 متر مکعب بر ساعت نیز منظور گردیده است. محل تخلیه پساب حرارتی نیز بر اساس دو معیار ذیل تعیین شده است:

- رعایت معیار زیست‌محیطی مبنی بر افزایش دمای آب دریا حداکثر تا 3 درجه سانتیگراد در شعاع 200 متری از محل تخلیه پساب
- عدم تاثیرگذاری پساب حرارتی خروجی بر آبگیری در محل برج آبگیر و جلوگیری از ایجاد پدیده Recirculation

* CD: Chart Datum

www.SID.ir

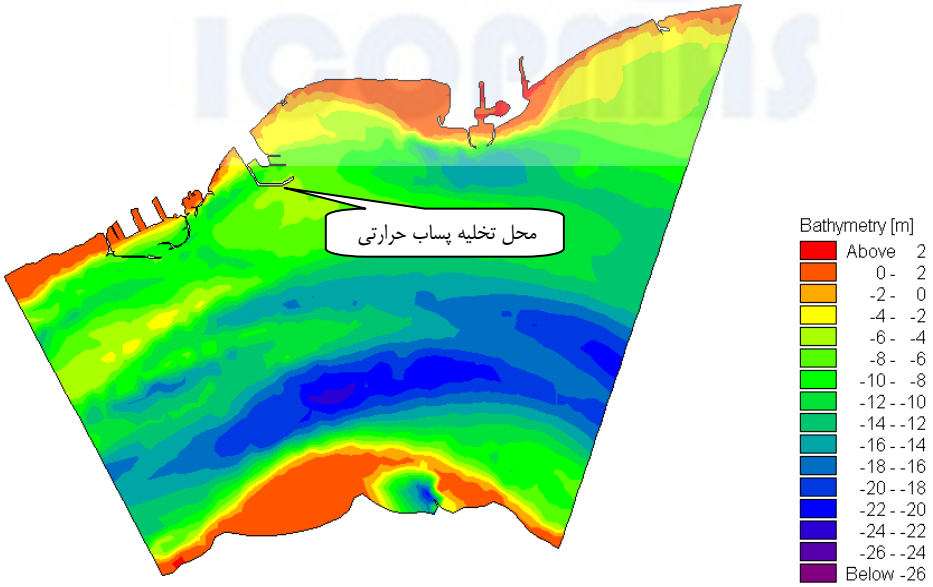
Archive of SID

Archive of SID

شکل 2) محدوده مطالعاتی پروژه و محل احداث پالایشگاه میعانات گازی شرکت نفت ستاره خلیج فارس در نزدیکی بندرعباس

4-1- مطالعات هیدرودینامیک پخش حرارت در دریا با صرف‌نظر از محدوده میدان نزدیک

در این گزینه برای مدل‌سازی پخش حرارت در محدوده بین بندر شهید رجایی و بندر شهید باهنر (شکل 3) از مدل سه‌بعدی MIKE 3 استفاده شده است. در این گزینه با فرض امکان انتقال لوله پساب از روی بازوی موج شکن (طرح آتی) و حذف هزینه‌های لوله‌گذاری در کف دریا، موقعیت تخلیه کننده پساب در نزدیکی انتهای موج‌شکن (عمق CD 6 m-) در نظر گرفته شده است. درصورت اجرایی نبودن گزینه اجرای موج‌شکن، با وجود هزینه بالای لوله‌گذاری در کف دریا، گزینه انتقال پساب با استفاده از لوله درکف دریا تنها راه‌حل پیشنهادی خواهد بود [3].



شکل 3) محدوده مدل‌سازی پخش حرارت در دریا با استفاده از MIKE 3 در گزینه اول [3]

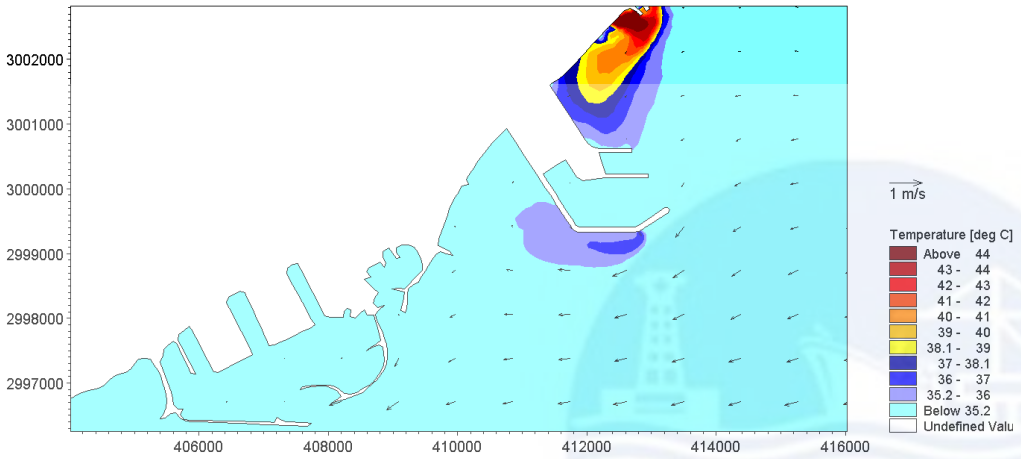
www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

در این گزینه نحوه پخش پساب برای شرایط دبی 73.000 متر مکعب بر ساعت و سرعت تخلیه 3 و 6 متر بر ثانیه مورد بررسی قرار گرفته است. در حالتی که سرعت تخلیه 3 متر بر ثانیه می‌باشد، دمای آب در فاصله 200 متری از محل تخلیه و برای شرایط جزر و مد تنها، در حدود 3 درجه بوده ولی با اثر باد در جهت 135 و 120 درجه افزایش دما از 3 درجه فراتر می‌رود. برای حذف این مشکل سرعت تخلیه پساب به 6 متر برثانیه افزایش داده می‌شود. الگوی توزیع درجه حرارت برای سرعت 6 متر بر ثانیه در (شکل4) ارائه شده است که حاکی از ارضاء شرایط زیست‌محیطی و نیز شرایط قابل قبول بهره‌برداری می‌باشد [3]. کانتورهای هم‌دمای مشاهده شده در قسمت بالای (شکل4)، بیانگر درنظر گرفتن اثرات تخلیه پساب حرارتی پالایشگاه موجود بندر عباس که در مجاورت محل پروژه حاضر قرار دارد، در مطالعات پخش حرارت انجام شده می‌باشد.



شکل 4) الگوی توزیع درجه حرارت برای گزینه تخلیه پساب با دبی 73.000 مترمکعب بر ساعت در انتهای موج‌شکن در شرایط Neap با سرعت 6 متر بر ثانیه و حداکثر دمای آب [3]

4-2- مطالعات هیدرودینامیک پخش حرارت در دریا با نظر گرفتن محدوده میدان نزدیک و استفاده از نرم‌افزار CORMIX

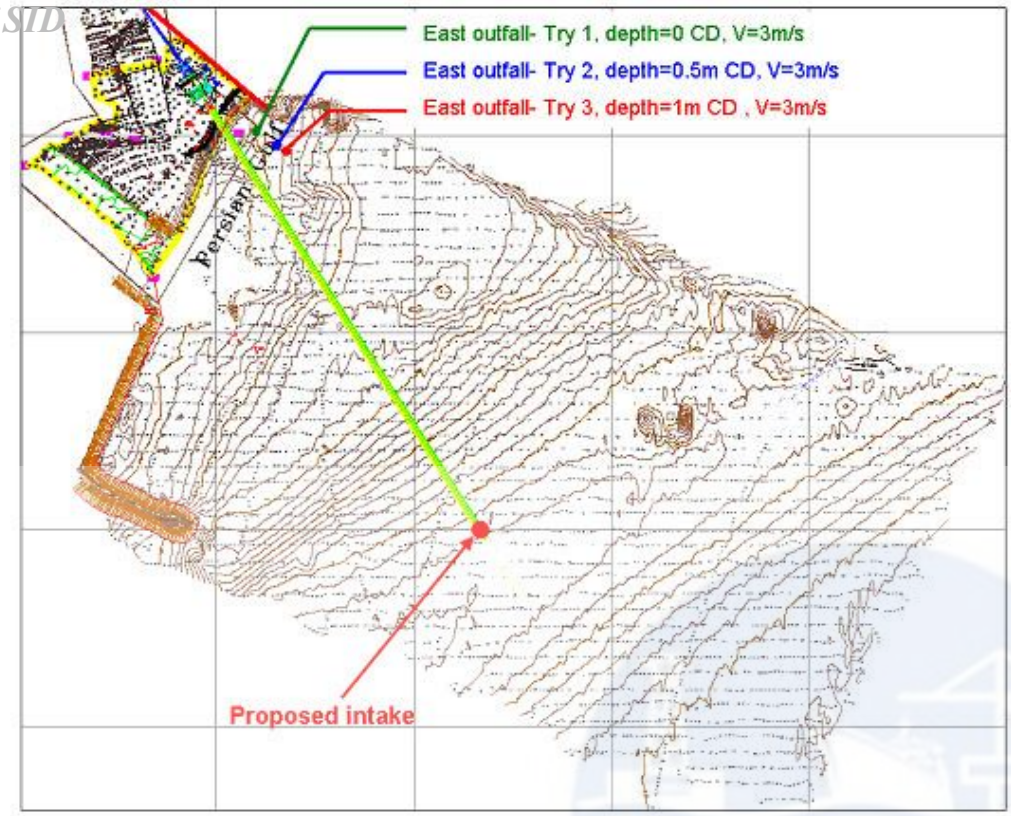
در این گزینه برای مدل‌سازی پخش حرارت در دریا، ابتدا با استفاده از مدل CORMIX چگونگی پخش حرارت در میدان نزدیک بررسی شده و سپس نتایج مدل‌سازی در میدان نزدیک، در مرز شروع میدان دور به مدل میدان دور اعمال گردیده است. برای مدل‌سازی میدان دور همانند گزینه اول از مدل سه‌بعدی MIKE 3 استفاده شده است. در این گزینه نحوه پخش پساب برای شرایط دبی 73.000 متر مکعب بر ساعت و سرعت تخلیه 3 متر بر ثانیه بررسی شده است. برای تعیین محل تخلیه پساب، همانند آنچه در (شکل 5) نمایش داده شده است، سه آلترناتیو مختلف در سه عمق متفاوت (0 m CD، 0/5 m CD– و 1 m CD–) پیشنهاد شده و پس از مدل‌سازی‌های انجام شده آلترناتیو برتر انتخاب شده است [1].

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID



شکل 5) محل پیشنهادی آبگیری و تخلیه پساب حرارتی برای 3 عمق مختلف در گزینه دوم [1]

از آن‌جایی‌که در این سه آلترناتیو پیشنهادی اختلاف عمق آب در محل تخلیه بسیار اندک می‌باشد، نتایج مدل‌سازی میدان نزدیک برای این سه حالت تقریبا یکسان می‌باشد. نتایج مدل‌سازی میدان نزدیک برای عمق تخلیه 1- m CD در (جدول 1) و (شکل 6) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد به علت عمق کم آب در محل تخلیه پساب، پلوم حرارتی در فاصله بسیار کوتاهی از محل تخلیه (حدود 4 متر) کل عمق را می‌پوشاند که این نقطه می‌تواند به عنوان مرز مدل میدان نزدیک و دور انتخاب گردد. به علت سرعت بسیار زیاد جت خروجی نسبت به سرعت جریان محیطی موجود، به عنوان یک فرض محافظه‌کارانه، از محل تخلیه پساب تا محدوده‌ای که سرعت پلوم حرارتی خروجی 5 برابر بزرگتر از سرعت جریان محیطی موجود می‌باشد، به عنوان محدوده میدان نزدیک درنظر گرفته می‌شود. بر اساس مدل‌سازی‌های هیدرودینامیکی صورت گرفته ماکزیمم سرعت جریان محیطی در محل تخلیه پساب 0/3 متر بر ثانیه می‌باشد، بنابراین محل شروع محدوده میدان دور (بر اساس فرض مذکور) نقطه‌ای است که سرعت پلوم حرارتی خروجی به 1/5 متر بر ثانیه می‌رسد. با توجه به موارد فوق‌الذکر انتهای ناحیه میدان نزدیک در فاصله 25/39 متری از محل تخلیه قرار داشته که در آن نقطه افزایش دما نسبت به دمای محیط 4/96 درجه سانتیگراد و مقدار پارامتر Dilution (S) برابر 2 می‌باشد [1].

www.SID.ir

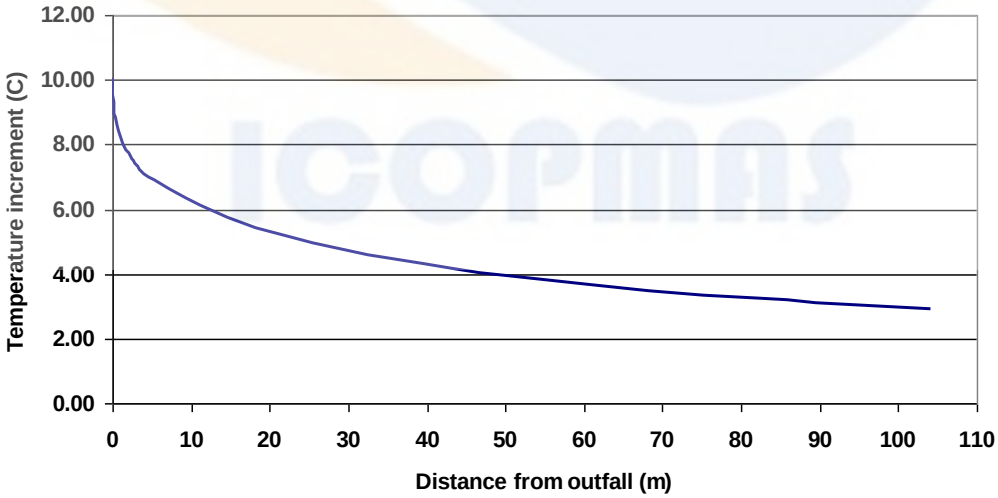
www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

جدول 1) نتایج مدل‌سازی میدان نزدیک برای عمق تخلیه 1 m CD- [1]

فاصله از محل تخلیه (متر)	ضخامت عمودی پلوم خروجی (متر)	پارامتر Dilution	اضافه دما نسبت به دمای محیط (درجه سانتیگراد)
0	0/7	1	10/00
0/6	0/82	1/2	8/62
1	0/9	1/2	8/28
1/6	1/33	1/3	7/92
2	1/66	1/3	7/73
2/6	2/16	1/3	7/50
3	2/49	1/4	7/36
3/6	2/99	1/4	7/18
4	*3/2	1/4	7/07
11/13	3/2	1/6	6/10
18/26	3/2	1/8	5/44
25/39	3/2	2	4/96
32/52	3/2	2/2	4/59
39/66	3/2	2/3	4/29
46/79	3/2	2/5	4/04
53/92	3/2	2/6	3/83
61/05	3/2	2/7	3/65
68/18	3/2	2/9	3/49
75/31	3/2	3	3/35
82/44	3/2	3/1	3/23
89/57	3/2	3/2	3/12
96/7	3/2	3/3	3/02
103/84	3/2	3/4	2/93



شکل 6) تغییرات افزایش درجه حرارت نسبت به دمای آب محیط در راستای مسیر حرکت پلوم حرارتی [1]

* بر اساس ترازهای جزر و مدی در محل پروژه: MSL (Mean Sea Level) = +2.2 m CD

www.SID.ir

www.SID.ir

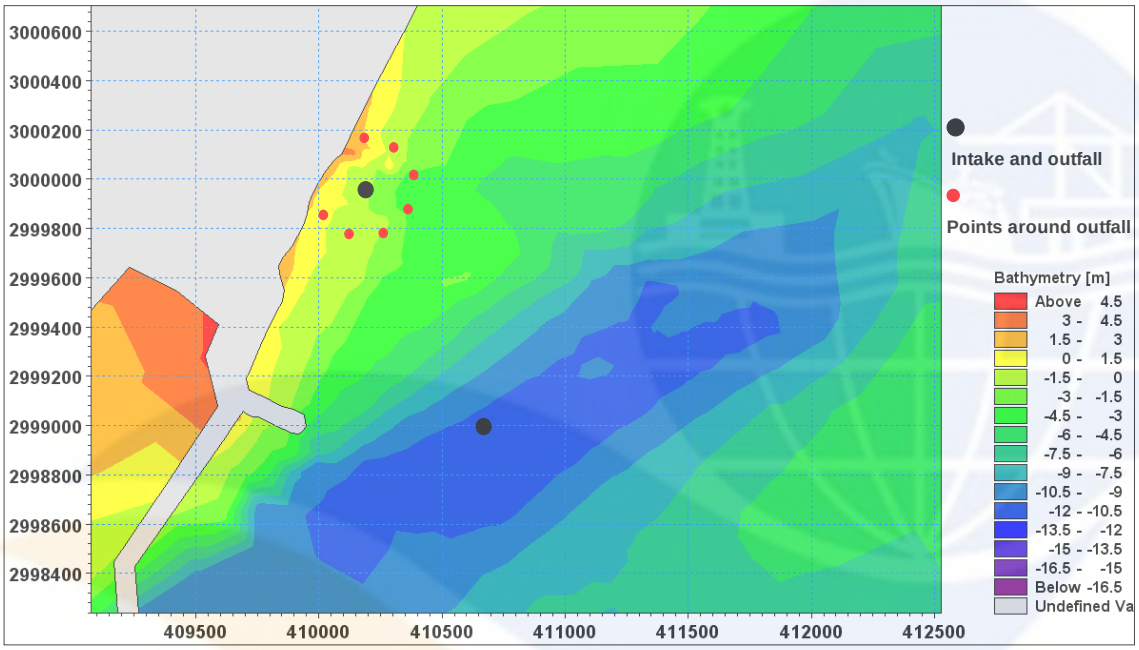
Archive of SID

بر اساس توضیحات و روابط ارائه شده درمورد روش انتقال نتـایج مـدل میـدان نزدیـک بـه مـرز شـروع محـدوده میـدان دور در بخـش 2-3 مدل‌سازی میدان دور بر اساس مقادیر ارائه شده در (جدول 2) به عنوان دبی Source حقیقی (Q_n) و Sink مجازی (Q') صورت می‌پذیرد [1].

جدول 2) مقادیر دبی Source و Sink ورودی به مدل میدان دور برای مدل‌سازی پخش حرارت [1]

Q_0 (m^3/s)	V_0 (m/s)	S_n	Q_n (m^3/s)	V_n (m/s)	Q' (m^3/s)
73.000	3	2	146.000	1/5	-73.000

مدل میدان دور پخش حرارت با استفاده از نتایج ارائه شده در (جدول 2) برای آلترناتیوهای پیشنهادی اجرا شده و گزینه برتر از بین آن‌ها انتخاب می‌گردد. به‌منظور بررسی معیار زیست‌محیطی، در هر یک از آلترناتیوها تعدادی نقطه در فاصله 200 متری از محل تخلیه درنظر گرفته شده است (شکل 7). شایان ذکر است که انتخاب گزینه هایی با اعماق نزدیک به هم برای محل تخلیه در راستای یافتن راه حل بهینه و اقتصادی برای تخلیه آب و کاهش هزینه های مربوطه انجام شده است.



شکل 7) محل نقاط آبگیری و تخلیه پساب و نقاط اطراف محل تخلیه در فاصله 200 متری از آن در حالت تخلیه در عمق 1- m CD

خلاصه نتایج مطالعات پخش حرارت برای سه آلترناتیو پیشنهادی در (جدول 3) ارائه گردیده است. از آن‌جاییکه وزش باد همواره به‌طور منظم اتفاق نیفتاده ولی جزر و مد همواره به‌صورت پریودیک و منظم اتفاق می‌افتد، ابتدا الگوی پخش حرارت در دریا تنها در اثر جزر و مد به عنوان سناریو اصلی بررسی شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد افزایش دما در محل آبگیری در همه حالات کمتر از 0/25 درجه سانتیگراد بوده که قابل صرفنظر کردن می‌باشد، بدین ترتیب در هر 3 آلترناتیو پیشنهادی مشکلی از بابت پدیده Recirculation وجود ندارد. ولی از طرف دیگر معیار زیست محیطی در دو آلترناتیو اول و دوم بر خلاف آلترناتیو سوم ارضا نشده و یا به عبارتی افزایش دما در فاصله 200 متری از محل تخلیه بیش از 3 درجه سانتیگراد می‌باشد. بنابراین آلترناتیو سوم یعنی تخلیه پساب در عمق 1- m CD گزینه برتر بوده و مشکلی از بابت پدیده Recirculation و عدم ارضاء معیار زیست‌محیطی بوجود نمی‌آورد. برای حصول اطمینان کامل از تخلیه پساب در عمق 1- m CD و بررسی دقیق‌تر، الگوی پخش حرارت در دریا در اثر توامان جزر و مد و باد (در طول یک سال به عنوان نماینده سال‌هایی که آمار باد ایستگاه سینوپتیک بندرعباس موجود می‌باشد) به عنوان سناریوی دوم بررسی گردیده که در این سناریو نیز هیچ‌گونه مشکلی از بابت مسایل فوق‌الذکر وجود نخواهد داشت [1]. الگوی توزیع درجه حرارت در محدوده پروژه برای آلترناتیو تخلیه در عمق 1- m CD و سناریو اثر توامان جزر و مد و باد در مدل‌سازی پخش حرارت برای حالتی که دمای آب دریا 27 درجه سانتیگراد می‌باشد، در (شکل 8) نمایش داده شده است.

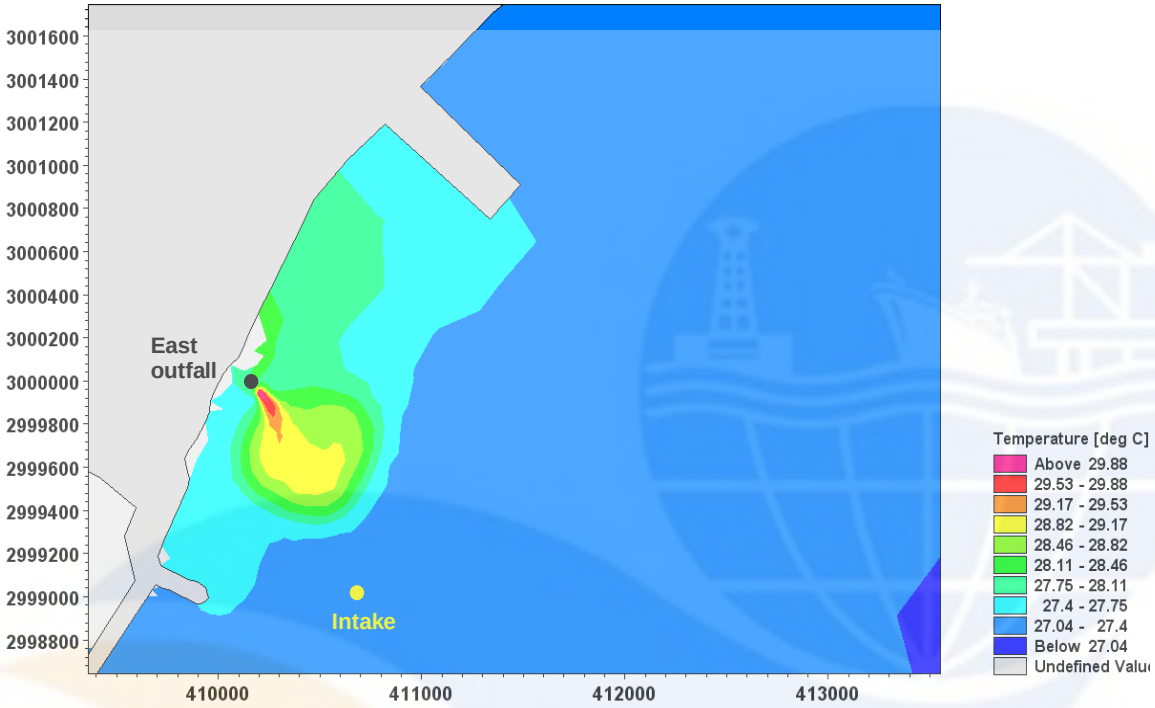
www.SID.ir
www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

جدول 3) خلاصه نتایج مطالعات پخش حرارت برای سه آلترناتیو پیشنهادی [1]

عمق تخلیه (m CD)	عوامل دخیل در مدل‌سازی پخش حرارت در دریا	افزایش درجه حرارت در فاصله 200 متری از محل تخلیه (درجه سانتیگراد)	افزایش درجه حرارت در محل آبگیری (درجه سانتیگراد)
0	جزر و مد	4	0/16
-0/5	جزر و مد	3/13	0/16
-1	جزر و مد	2/6	0/18
-1	جزر و مد + باد	2/75	0/22



شکل 8) الگوی توزیع درجه حرارت در محدوده پروژه برای آلترناتیو تخلیه در عمق 1 m CD- و سناریو اثر توامان جزر و مد و باد در مدل‌سازی پخش حرارت برای حالتی که دمای آب دریا 27 درجه سانتیگراد می‌باشد [1]

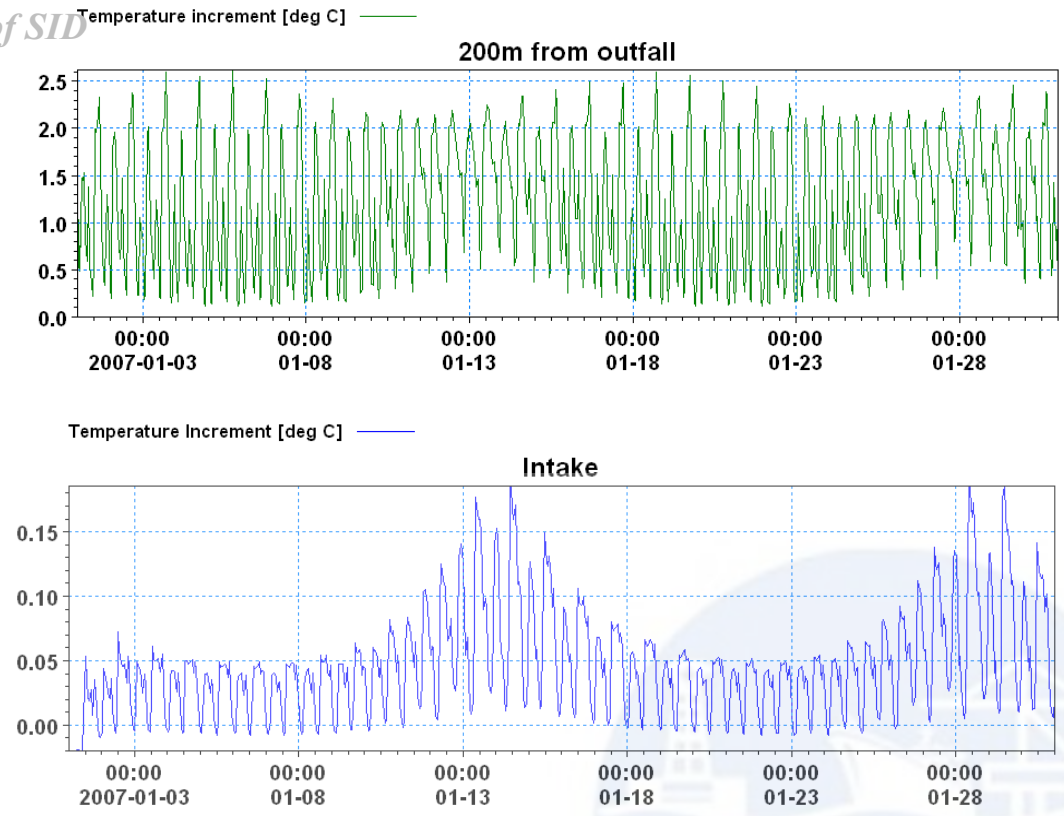
همچنین سری زمانی تغییرات افزایش درجه حرارت در فاصله 200 متری از محل تخلیه و محل آبگیری برای سناریو جزر و مد تنها و سناریو اثر توامان جزر و مد و باد به ترتیب در (شکل 9) و (شکل 10) ارائه گردیده است.

www.SID.ir

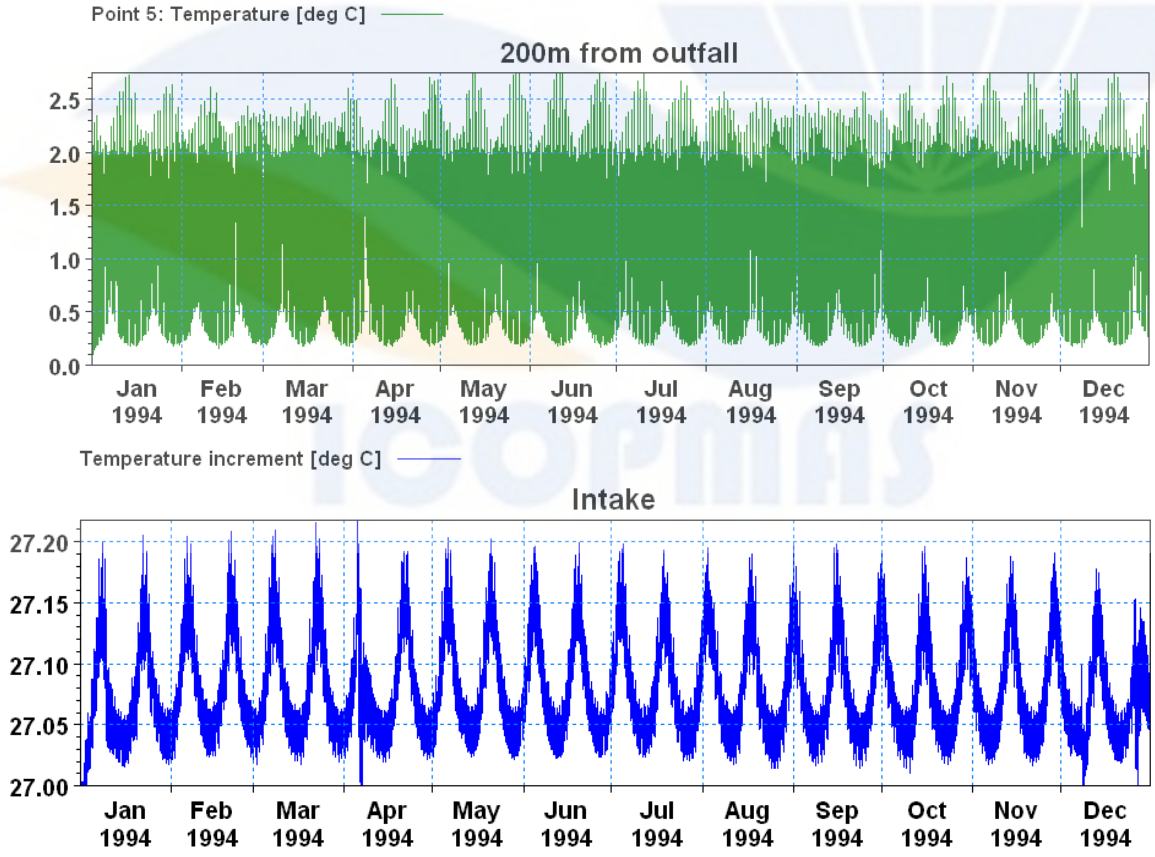
www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID



شکل 9) سری زمانی تغییرات افزایش درجه حرارت در فاصله 200 متری از محل تخلیه و محل آبگیری برای آلترناتیو تخلیه در عمق m CD 1- و سناریو جزر و مد تنها [1]



شکل 10) سری زمانی تغییرات افزایش درجه حرارت در فاصله 200 متری از محل تخلیه و محل آبگیری برای آلترناتیو تخلیه در عمق m CD 1- و سناریو اثر توامان جزر و مد و باد [1]

www.SID.ir

www.SID.ir

Archive of SID

Archive of SID

5- نتیجه گیری

نتایج مهم این مطالعه عبارتند از:

- در نظر نگرفتن محدوده میدان نزدیک در مطالعات پخش حرارت منجر به نتایج غیر عملی و بسیار محافظه‌کارانه و تحمیل هزینه‌های اضافی بر پروژه‌های آبگیری از دریا می‌گردد، به‌گونه‌ای که در پروژه مورد بررسی می‌بایست پساب حرارتی در عمق m CD 6- به جای m CD 1- تخلیه گردد.
- با توجه به عدم امکان اندازه‌گیری در این‌گونه پروژه‌ها به‌دلیل عدم وجود تاسیسات مربوطه در هنگام انجام مطالعات، استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی مربوط به انتشار پخش حرارت در میدان نزدیک نظیر نرم‌افزار CORMIX به عنوان یک روش ارزان و بی‌نیاز از داده‌های میدانی در مقایسه با مدل‌های عددی پیچیده و گران توصیه می‌گردد. انطباق نتایج مدل‌های عددی بر واقعیت بدون دراختیار داشتن داده‌های میدانی دشوار بوده و گاهی نتایج نادرستی نیز نتیجه می‌دهد.

6- مراجع

[1]- Pars Geometry Consultants (PGC), (2008), Impact Assessment of the Discharge Effluent, *Seawater Intake & Outfall System for Persian Gulf Star Gas Condensate Refinery*.

[2]- Water Research Institute (WRI). (2009), Numerical Modeling of Hydrodynamics, Thermal and Effluent Dissipation Study, *Bandar-Abbas Gas Refinery Project Cooling Water Intake Studies Projects in South of Islamic Republic of Iran on the Persian Gulf Coastline*.

[3]- Water Research Institute (WRI). (2008), Abstract of 3D Thermal Dispersion Modeling Results, *Bandar-Abbas Gas Refinery Project Cooling Water Intake Studies Projects in South of Islamic Republic of Iran on the Persian Gulf Coastline*.

[4]- Pars Geometry Consultants (PGC), (2010), Hydraulic Calculation of Discharge Channel, *Seawater Intake & Outfall System for Persian Gulf Star Gas Condensate Refinery*.

[5]- Danish Hydraulic Institute (DHI), (2007), User Guide and Step-by-Step Training Guide, *MIKE 21*.

[6]- Danish Hydraulic Institute (DHI), (2007), User Guide and Step-by-Step Training Guide, *MIKE 3*.

[7]- Doneker, R.L., G.H. Jirka., Hinston, S.W. (2007), User's Manual, *CORMIX v5.0*.

www.SID.ir

www.SID.ir