Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Identifying the optimal location for the outlet of petrochemical desalination plant saline wastewater in Chabahar coastal

Fatemeh Rajaei[*1]

[1] Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Rajaei_Fatemeh@znu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 09 November 2025
Revised: 04 February 2026
Accepted: 18 February 2026
Published online: 20 May 2026

Keywords:
CORMIX model, Salinity concentration changes, scenarios, Site Selection

ABSTRACT

The main objective of the present study is to model the discharge of saline wastewater from a petrochemical desalination plant on the Chabahar coast to achieve an optimal design of the wastewater outlet location. In this regard, various scenarios based on single- and multi-valve wastewater discharge, the direction and angle of the valves, and the effects of different flow velocities and tides on the behavior of the pollution plume and changes in salinity concentration were investigated using the CORMIX numerical model. The input data for investigating the distribution and dispersion of saline wastewater include environmental parameters (coordinate system, regional wind information, Manning coefficient, discharge depth, rate and density of saline wastewater, flow information, etc.) and discharge system parameters. The discharge rate of saline wastewater from the desalination plant was considered to be 55 kg s^{-1} and its density was 1053 kg m^{-3}. Based on the modeling results, the use of alternate ports increases the salinity concentration in the area and the co-directional ports provide better results. At average flow speed, the pollution halo will move towards the coast, but the salinity concentration on the coast will be within the standard range. At maximum ambient flow, the increase in salinity concentration on the coast will be higher than the environmental standard. According to the results of different scenarios, the location of the water intake site from the shoreline at a depth of 12 m was estimated to be about 425 m and the distance of wastewater discharge from the shoreline at a depth of 5 m was estimated to be about 250 m. The depth mentioned for water intake is based on the effect of the wastewater output rate, and the depth of planktonic bloom and the red tide phenomenon are not considered in this study.

Citation: Rajaei, F. (2026). Identifying the optimal location for the outlet of petrochemical desalination plant saline wastewater in Chabahar coastal. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 14(1), 105-120.

DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

[*]**Corresponding author:** Fatemeh Rajaei
Address: Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
Tel: +989124852486
Email: Rajaei_Fatemeh@znu.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Identifying the optimal location for the outlet of petrochemical desalination plant saline wastewater in Chabahar coastal

Fatemeh Rajaei[*1]

[1] Assistant Professor, Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran. Rajaei_Fatemeh@znu.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: one of the environmental issues related to desalination plants, especially reverse osmosis desalination plants in coastal areas, is the discharge of their highly saline effluent into the marine environment. Increased salinity alone increases the density of water. This increase in density causes the effluent to sink and concentrate near the seabed, which can cause destruction of the ecosystem of that area. In general, the volume of effluent discharged, the location of discharge, the density and concentration of effluents, the environmental conditions of the sea such as the intensity of currents in the area, and the degree of mixing of effluent with seawater affect the amount and manner of dispersion or accumulation of these effluents. Therefore, in this study, modeling of the discharge of saline effluent from a desalination plant on the Chabahar coast was carried out to achieve the optimal design of the effluent outlet location using CORMIX software. In this regard, various scenarios were investigated using the trial-and-error method to determine the location of the inlet of the water intake and the outlet of saline effluent for better dilution and approaching the standards of the US Environmental Protection Agency (EPA).

Methodology: In this study, among the multi-valve diffusers, unidirectional and periodic diffusers were investigated. The discharge rate of saline wastewater for the desalination plant was considered to be 55 $m^3 s^{-1}$ and its density was 1053 kg m^{-3}. The simulations were carried out at a depth of 5 m. The wind speed in the area was considered to be 3 m s^{-1} and the Darcy-Weisbach Coefficient was considered to be 0.1. Based on information obtained from the Ports and Shipping Organization, the average flow speed is 0.1 m s^{-1}. The effluent salinity was considered to be 43% higher than the seawater salinity in proportion to the final capacity. The final desalination capacity: 50,000 $m^3 d^{-1}$ and the final seawater intake capacity assuming an efficiency of 30% for the desalination plant: 150,000 $m^3 d^{-1}$. In the simulation evaluation of salinity distribution to determine the location of the inlet of the water intake and the outlet of the saline wastewater, the EPA criterion was considered, which, based on the first criterion, water salinity within a 200-m radius of the discharge location can increase by a maximum of 10 % (given that the salinity of the ambient water is approximately 36 g L^{-1}, the salinity concentration within a 200-m radius of the wastewater outlet is allowed to reach a maximum of 39.6 g L^{-1}). Variables studied in the simulated scenarios:

−Investigating the effect of single- and multi-valve wastewater discharge on the behavior of the concentration rate

−Investigating the direction and angle of the valves on the behavior of the concentration rate

−Investigating the effect of different flow speeds on the behavior of the concentration rate

Results and Discussion:
Modeling of brine discharge with single-port outfall (average current speed) indicate that at a 200-m radius from the discharge point (250 m from the shore at a depth of 5 m), the percentage increase in salinity reaches approximately 0.7%. The initial brine discharge has a salinity increase of 15.48 mg L^{-1}. Modeling of brine discharge with multi-port diffuser outfall at average ambient current speed show that at a 200-m radius from the discharge point (250 m from shore, 5 m depth), the percentage increase in salinity reaches approximately 0.7%. The initial brine discharge has a salinity increase of 15.48 mg L^{-1}. Therefore, the salinity concentration changes were less than the environmental limit of 39.5 g/L. Furthermore, based on the modeling results, salinity

[*]**Corresponding author:** Fatemeh Rajaei
Address: Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
Tel: +989124852486
Email: Rajaei_Fatemeh@znu.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

concentration changes at the intake location, 425 m from shore (12 m depth), are not affected. In this scenario, the pollution halo moves towards the shore, but as the results indicate, salinity concentration at the shoreline remains within the standard range. Modeling of brine discharge with co-directional multi-port diffuser at maximum ambient current speed indicate that at a 200-m radius from the discharge point (250 m from shore) with a 15-m diffuser, salinity increases by 18% along the X-axis. The initial brine discharge has a salinity increase of 15.48 mg L^{-1}. At a 200-m radius from the discharge point along the X-axis, salinity reaches 6.7 mg L^{-1}. Therefore, the salinity changes exceeded the environmental limit threshold of 39.5 g L^{-1} for this project. In addition, modeling of brine discharge with multi-port diffuser (x-axis alignment) at average ambient current speed show that at a 200-m radius from the discharge point (250 m from shore), salinity increases by 2% along the X-axis. The initial brine discharge has a salinity increase of 15.48 mg/L. At a 200-meter radius along the X-axis, salinity reaches 0.7 mg L^{-1}. Therefore, the salinity changes were less than the environmental limit of 39.5 g/L. Moreover, based on the modeling results, salinity concentration changes at a distance of 425 m from the shore (12 m depth) reach zero, indicating no impact on the intake location.

Conclusion: Managing wastewater from seawater desalination plants is costly, but negative environmental impacts can be minimized through proper configuration and placement of brine outfall systems, guided by integrated modeling. This study explored various trial-and-error scenarios to determine optimal locations and specifications for brine outfalls, aiming for enhanced dilution and alignment with environmental protection standards, particularly concerning the intake and discharge points. According to the results, the location of the water intake site was estimated to be 425 m from the shoreline and the distance of wastewater discharge from the shoreline was estimated to be 250 m. For more precise investigations, it is recommended to develop an integrated model by coupling the CORMIX-CorJet model with the FLOW-3D hydrodynamic model to more accurately assess the environmental impacts of brine discharge.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.
Funding: The article is an extract from a research project with code P/149054 entitled "Zoning and Determining the Potential of Various Land Uses within the Chabahar Free Trade-Industrial Zone."
Authors' contribution: **Rajaei, F.:** Conceptualization, Methodology, Software, Writing - original draft preparation; Manuscript editing.
Conflicts of interest: The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.
Acknowledgment: The authors of this article thank and appreciate all individuals and organizations that played a role in conducting the research.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

شناسایی محل بهینه تخلیه پساب شور آب‌شیرین‌کن پتروشیمی در آب‌های ساحلی چابهار

فاطمه رجائی*[۱]

[۱] استادیار، گروه علوم محیط‌زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. Rajaei_Fatemeh@znu.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۸ تیر ۱۴۰۴
بازنگری: ۲۴ بهمن ۱۴۰۵
پذیرش: ۲۷ بهمن ۱۴۰۵
انتشار برخط: ۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵

واژه‌های کلیدی:
تغییرات غلظت شوری، سناریو، مکان‌یابی، مدل کورمیکس

چکیده

هدف اصلی مطالعه حاضر مدل‌سازی تخلیه پساب شور آب‌شیرین‌کن پتروشیمی در ساحل چابهار برای دستیابی به طراحی بهینه مکان خروجی پساب است. در این راستا، سناریوهای متنوعی بر اساس تخلیه پساب به صورت تک دریچه‌ای و چند دریچه‌ای، جهت و زاویه دریچه‌ها، تأثیر سرعت‌های مختلف جریان و جذر و مد بر رفتار هاله آلودگی و تغییرات غلظت شوری با استفاده از مدل عددی کورمیکس بررسی شد. داده‌های ورودی برای بررسی نحوه پخش و پراکندگی پساب شور شامل پارامترهای محیطی (سیستم مختصات، اطلاعات باد منطقه، ضریب مانینگ، عمق تخلیه، نرخ و چگالی پساب آب‌شور، اطلاعات جریان و ...) و پارامترهای سیستم تخلیه است. نرخ تخلیه پساب شور آب شیرین کن ۵۵ مترمکعب در ثانیه و چگالی آن ۱۰۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج مدل‌سازی، استفاده از پورت‌های تناوبی (الترناتیو) باعث افزایش غلظت شوری در منطقه می‌گردد و پورت‌های هم‌جهت نتایج بهتری ارائه می‌دهد. در سرعت متوسط جریان، هاله آلودگی به سمت ساحل حرکت خواهد کرد اما غلظت شوری در ساحل در حد استاندارد خواهد بود. در حداکثر جریان محیط، افزایش غلظت شوری در ساحل بالاتر از استاندارد محیط‌زیستی خواهد بود. با توجه به نتایج سناریوهای مختلف، موقعیت محل آبگیری از خط ساحلی در عمق ۱۲ متر حدود ۴۲۵ متر و فاصله تخلیه پساب از خط ساحلی در عمق ۵ متر حدود ۲۵۰ متر برآورد شد. عمق مورد اشاره جهت آبگیری بر اساس اثرگذاری میزان خروجی پساب می‌باشد و عمق بلوم پلانکتونی و پدیده کشند قرمز در این مطالعه در نظر گرفته‌نشده است.

استناد: رجایی، فاطمه (۱۴۰۵). شناسایی محل بهینه تخلیه پساب شور آب‌شیرین‌کن پتروشیمی در آب‌های ساحلی چابهار . *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۴(۱)، ۱۰۵-۱۲۰.

DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** فاطمه رجائی
نشانی: گروه علوم محیط‌زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
تلفن: ۰۹۱۲۴۸۵۲۴۸۶
پست الکترونیکی: Rajaei_Fatemeh@znu.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

مقدمه

رشد و گسترش جمعیت جهان، افزایش شهرنشینی، بهبود شیوه زندگی، افزایش فعالیت‌های اقتصادی از یک سو و کمبود آب شرب از سوی دیگر باعث افزایش تقاضا برای آب شیرین قابل شرب شده است. روند سریع افزایش تقاضا نمی‌تواند توسط شیوه‌های سنتی تأمین آب و روش‌های احیاکننده آب، برآورده شود. از سوی دیگر، آب‌شیرین‌کن‌ها منابع امنی برای تأمین آب شیرین در بلندمدت می‌باشند. اما یکی از مسائل زیست‌محیطی مربوط به آب‌شیرین‌کن‌ها و به‌ویژه آب‌شیرین‌کن‌های با روش اسمز معکوس در مناطق ساحلی، تخلیه‌ی پساب فوق شور آن به محیط دریا است (Panagopoulos et al., 2019). افزایش شوری به‌تنهایی باعث افزایش چگالی آب می‌شود. این افزایش چگالی باعث پایین رفتن پساب و تغلیظ آن در نزدیکی بستر دریا می‌گردد که می‌تواند سبب تخریب بوم‌سازگان آن منطقه شود (Gopu et al., 2026; Najaf Abadi et al., 2021).

در حالت کلی، میزان حجم پساب خروجی، محل تخلیه، چگالی و غلظت پساب شور، شرایط محیطی دریا مانند شدت جریان‌های منطقه و میزان آمیختگی پساب با آب دریا در مقدار و نحوه‌ی پخش یا تجمع این پساب‌ها اثرگذار است. با هدف کمینه کردن اثرات سوی زیست‌محیطی ناشی از آلودگی پساب آب‌شیرین‌کن‌ها، بررسی نحوه پخش و تعیین مکان بهینه تخلیه آن از اهمیت زیادی برخوردار است. معمولاً برای پخش سریع‌تر پساب و آمیختگی بهتر آن با آب دریا از سیستم پخش‌کننده، به‌ویژه پخش‌کننده چند خروجی، در محل تخلیه پساب استفاده می‌شود. همچنین برای بازدهی بهتر یک نیروگاه آب‌شیرین‌کن لازم است مکان‌های آب‌گیری و تخلیه پساب آن نیروگاه به طور مناسبی، تحت شرایط حاکم موجود در سایت تعیین شوند تا بازچرخش آب شور در محل آب‌گیری کمینه شود. به‌منظور اجتناب از رخداد این بازچرخش، بر اساس معیار آژانس حفاظت محیط‌زیست امریکا (EPA)[1]، شوری آب در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه می‌تواند حداکثر ۱۰ درصد افزایش یابد. بنابراین در پروژه‌های طراحی و ساخت آب‌شیرین‌کن‌های مختلف با استفاده از تکنیک‌های مدل‌سازی عددی، پراکندگی و پخش پساب فوق شور مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرند تا مناسب بودن مکان‌های آب‌گیری و تخلیه پساب آب‌شیرین‌کن تأیید شود (Mithila et al., 2025; Gupta et al., 2026).

بررسی‌های میدانی به‌طور عمده به‌منظور شناسایی مسیر حرکت جت حاصل از تخلیه پساب شور و محل برخورد آن با بستر محیط آبی، بررسی کیفیت آب و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در ناحیه اختلاط (Frank et al., 2019) انجام شده‌اند. اما این روش به خاطر دشواری اندازه‌گیری و نبود امکان اصلاح ساختار پخش‌کننده‌ها پس از ساخت، کم‌تر استفاده می‌شوند. در مطالعه‌های آزمایشگاهی به بررسی اثرگذاری‌های فراسنجه‌های جت شامل سرعت (u_0) (Roberts and Toms, 1987) زاویه تخلیه (θ) (Ardalan and Vafaei, 2018)، قطر نازل (d) و چگالی جت (ρ_0) (Cipollina et al., 2005)، نرخ رقیق‌سازی (S) و شناسایی رفتار جت حاصل از تخلیه پساب (Abessi and Roberts, 2016) پرداخته شده که منجر به ارائه رابطه‌ها و محدودیت‌هایی در مبحث تخلیه پساب شور شده است. اما به دلیل هزینه‌های بالا، وقت گیر بودن و خطای اندازه‌گیری در این روش‌ها، مدل‌های عددی و رایانه‌ای رواج یافتند. این مدل‌ها بسیار مقرون‌به‌صرفه بوده و این قابلیت را به طراحان داده که پیش از ساخت خروجی‌های دریایی، از طریق شبیه‌سازی محیط تخلیه و مدل‌سازی آن‌ها، رفتار و مسیر جت را برآورد کرده و مناسب‌ترین مکان و فراسنجه‌های هندسی را برای طراحی خروجی‌ها انتخاب کنند تا اثرات زیست‌محیطی وارد بر بوم‌سازگان منطقه تخلیه تا حد ممکن کاهش یابد (Mansour et al., 2020; Pistocchi et al., 2020). در این میان مدل (CORMIX)[2] به سبب کاربری آسان و سریع بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

این مدل در آغاز برای دفع پساب با شناوری مثبت طراحی شد و در طراحی خروجی‌های دریایی برای دفع پساب حاصل از کارخانه‌های آب‌شیرین‌کن حرارتی استفاده شد. اما با توسعه فناوری‌های غشایی و گسترش آب‌شیرین‌کن‌ها با فرآیند اسمز معکوس (RO)[3] برای تخلیه پساب با شناوری منفی نیز گسترش یافت (Doneker and Jirka, 2007). در ادامه، محققان زیادی از مدل CORMIX برای بررسی تأثیر فراسنجه‌های هندسی جت بر میزان رقیق‌سازی پساب شور با شناوری منفی، حساسیت سنجی و ارائه دستور کارهای طراحی بهینه استفاده کردند. (Alnajar et al 2015) نحوه پخش و چگونگی خروج پساب آب‌شیرین‌کن با سیستم اسمز معکوس را در غزه با مدل کورمیکس در عمق‌های مختلف و با پخش‌کننده‌های مختلف بررسی کرد. همچنین Patel et al (2016) با استفاده از مدل MIKE21 در ساحل خلیج بنگال به بررسی سایت‌های تخلیه پساب، قابلیت فرا رقت بالا و آمیختگی شدید با آب دریای مجاور پرداختند. مطالعات مختلف دیگری نیز در زمینه شبیه‌سازی انتشار پساب آب‌شیرین‌کن‌ها در نقاط مختلف جهان ازجمله مدل‌سازی سه‌بعدی پراکندگی پساب آب‌شیرین‌کن واقع در شمال جزیره قشم توسط (Siadatmousavi and Memari, 2018)، در سواحل برزیل (Pereira et al., 2021)، آب‌شیرین‌کن کنارک

[1] Enviromental Protection Agency
[2] Cornell Mixing Zone Expert System
[3] Reverse Osmosis

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

(Noori et al., 2023)، سواحل ترکیه (Balas et al., 2018)، شمال غرب افریقا (Amitouche et al., 2022)، صورت گرفته است. مطالعات مذکور نشان دادند که با طراحی بهینه محل تخلیه پساب می‌توان اثرات محیط‌زیستی پساب شور را به حداقل رساند.

بنابراین در این تحقیق، مدل‌سازی تخلیه پساب شور آب‌شیرین‌کن، در ساحل چابهار برای دستیابی به طراحی بهینه مکان تخلیه پساب با استفاده از مدل CORMIX صورت پذیرفت. در این راستا، سناریوهای متنوعی با روش سعی و خطا برای تعیین موقعیت ورودی آبگیر و خروجی پساب شور، برای ترقیق بهتر و نزدیک شدن به استاندارد EPA بررسی شد. ابتدا متغیرهای کلیدی و مؤثر در میزان ترقیق و کاهش غلظت شوری پساب شناسایی و با تغییر متغیرهای کلیدی در مدل کرمیکس شبیه‌سازی‌های مختلفی از رفتار هاله آلودگی و تغییرات غلظت شوری به‌دست آمد.

مواد و روش تحقیق

شرح مدل CORMIX

مدل CORMIX برای طراحی دهانه‌های خروجی در تخلیه پساب‌ها و آب‌های سمی یا آلاینده‌های مرسوم درون محیط‌های آبی گوناگون کاربرد دارد. این نرم‌افزار در سال ۱۹۸۰ تحت چندین توافق‌نامه همکاری، بین سازمان حفاظت محیط‌زیست EPA و دانشگاه کرنل (USA)، توسعه یافته است و توسط EPA پشتیبانی می‌شود. تأکید ماژول‌های این سامانه بر طراحی فراسنجه‌های هندسی و رقیق‌سازی در ناحیه اختلاط اولیه برای سازگاری با محدودیت‌های قانونی و همچنین پیش‌بینی رفتار پساب تخلیه شده می‌باشد. قابلیت‌های اجرایی دیگر این نرم‌افزار شامل، تحلیل رفتار هیدرودینامیکی جریان در شرایط مختلف و تحت بار آلاینده‌های خانگی، صنعتی و حرارتی و نیز در نظر گرفتن اثرگذاری‌های زیری بستر و باد در تحلیل رفتار پساب در میدان دور می‌باشد. نرم‌افزار CORMIX از چهار زیر مدل یکپارچه هیدرودینامیکی شامل CORMIX1 (تخلیه تک مجرایی)، CORMIX2 (تخلیه چند پورت)، CORMIX3 (تخلیه سطحی) و DHYDRO (زیر مدل هیدرودینامیکی برای تجزیه‌وتحلیل تخلیه‌های چگال و رسوب در محیط ساحلی) تشکیل شده است که می‌تواند دفع پساب با شناوری مثبت، منفی و خنثی را در شرایط مختلف تخلیه و محیط شبیه‌سازی کند. برای هر چهار زیر مدل یکپارچه هیدرودینامیکی موجود در مجموع ۱۶۰ کلاس جریان مشخص شده است. روش طبقه‌بندی کلاس‌ها بر مبنای اصول فنی است که توسط توسعه‌دهندگان آن، با استفاده از مدل‌های هیدرودینامیکی و رابطه‌های تحلیل ابعادی، طی آزمایش‌های مکرر و مقایسه داده‌ها ارائه شده است. تحلیل ابعادی ساده‌ترین روش برای فرموله کردن فرضیه‌های معقول در شرایط فیزیکی پیچیده است که برای کاهش شمار متغیرهای مستقل مسئله، متغیرهای مؤثرتر بر رقیق‌سازی در نظر گرفته می‌شوند و متغیرهای با تأثیر کم‌تر ثابت نگه داشته می‌شوند. متغیرهای مستقل انتخاب شده از طریق اندازه فلاکس، که نشان‌دهنده نیروهای اصلی کنترل رفتار پساب است به یکدیگر مربوط می‌شوند. فلاکس‌های اصلی که بر مبنای آن‌ها رفتار پساب شور توصیف می‌شود عبارت‌اند از: فلاکس جرمی (Q) (نشان‌دهنده جریان پساب تخلیه شده به محیط دریافتی)، فلاکس مومنتوم (M) (نشان‌دهنده انتقال انرژی در طول تخلیه پساب است) و فلاکس شناوری (B) (نشان‌دهنده تأثیر جاذبه بر پساب تخلیه شده) که فلاکس جرمی و شتاب ثقل اصلاح شده از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه می‌شوند (Doneker and Jirka, 2007).

$$Q = \frac{\pi d^2}{4}.u_0, M = u_0.Q_0\ B = g_0.Q \quad (۱)$$

$$g' = \frac{(p_0 - p_a)}{p_a}.g \quad (۲)$$

که در رابطه‌های بالا d قطر نازل، u_0 سرعت تخلیه پساب شور، g' شتاب ثقل اصلاح شده، و P_a و P_0 به ترتیب چگالی جریان محیط و چگالی پساب و g شتاب ثقل می‌باشند. فلاکس‌ها با یکدیگر و با سایر فراسنجه‌هایی که رفتار تخلیه پساب را تحت تأثیر قرار می‌دهند، مانند جریان محیط، طبقه‌بندی چگالی، زاویه تخلیه و غیره ترکیب شده و بر مبنای آن دامنه مقیاس‌های طولی تعیین می‌شوند که عبارت‌اند از طول تخلیه (L_M) و طول مومنتوم (I_Q) و از رابطه ۳ و ۴ محاسبه می‌شوند، (Doneker and Jirka, 2007).

$$L_M = M^{3/4}/B^{1/2} \quad (۳)$$

$$L_Q = Q/M^{1/2} \quad (۴)$$

سپس جریان شناسایی شده در یکی از کلاس‌های موجود در پایگاه داده‌ها طبقه‌بندی می‌شود. برای هر کلاس جریان فرمول ساده‌شده‌ای از فرآیند تخلیه بر مبنای تحلیل ابعادی اعمال می‌شود تا ویژگی‌های اصلی رفتار جت محاسبه شود.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

داده‌های ورودی مدل

داده‌های ورودی برای بررسی نحوه پخش و پراکندگی پساب شور به دو دسته پارامترهای محیطی (سیستم مختصات، اطلاعات باد منطقه، ضریب مانینگ، عمق تخلیه، نرخ و چگالی پساب آب‌شور، اطلاعات جریان و ...) و پارامترهای سیستم تخلیه تقسیم شده است. مشخصات تخلیه با ساختار سازه خروجی، لوله‌ای با قطر مشخص می‌باشد که در کف بستر سیال محیطی قرار می‌گیرد. خروجی‌های دریایی خط لوله‌ای برای تخلیه فاضلاب به زیر دریا می‌باشد و معمولاً در انتها دارای یک بخش پراکنده‌کننده به نام دیفیوزر است که جریان را به جت‌های کوچک تقسیم می‌کند و به محیط خارجی تخلیه می‌نماید. در این مطالعه از بین دیفیوزرهای چند دریچه‌ای، دیفیوزرهای یک جهته و تناوبی (آلترناتیو) بررسی شد. نرخ تخلیه پساب شور برای آب‌شیرین‌کن پتروشیمی ۵۵ مترمکعب در ثانیه و چگالی آن ۱۰۵۳ کیلوگرم بر مترمکعب در نظر گرفته شد. شبیه‌سازی‌ها در عمق ۵ متری صورت گرفت. سرعت باد منطقه ۳ متر در ثانیه و ضریب دارسی (Darcy-Weisbach Coefficient) ۰/۱ در نظر گرفته شد. بر اساس اطلاعات اخذ شده از سازمان بنادر و کشتیرانی متوسط سرعت جریان ۰/۱ متر بر ثانیه است. سایر اطلاعات استفاده شده در مدل‌سازی هر سناریو در فایل پیوست ارائه شده است. شوری پساب متناسب با ظرفیت نهایی، ۴۳ درصد بیش‌تر از شوری آب دریا در نظر گرفته شد. در آب‌شیرین‌کن مورد مطالعه از فرآیند اسمز معکوس (RO) استفاده شده است که در مورد واحدهای با ظرفیت بالا و نزدیک به دریا مناسب است. فرآیند اسمز معکوس فرآیند جداسازی غشاءای است که در آن آب دریا تحت‌فشار با عبور از غشاء از املاح محلول خود جدا خواهد شد. موقعیت آب شیرین کن پتروشیمی در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.

- ظرفیت نهایی شیرین سازی: ۵۰،۰۰۰ مترمکعب در روز

-ظرفیت نهایی آبگیری از دریا با فرض بازده ۳۰ درصد برای آب‌شیرین‌کن: ۱۵۰،۰۰۰مترمکعب در روز

-دبی پساب متناسب با ظرفیت نهایی: ۱۰۰،۰۰۰مترمکعب در روز

در ارزیابی شبیه‌سازی پخش شوری به‌منظور تعیین موقعیت ورودی و خروجی آبگیر معیار آژانس حفاظت محیط‌زیست امریکا (EPA) مدنظر قرار گرفت (Masria et al., 2024). بر اساس اولین معیار شوری آب در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه می‌تواند حداکثر ۱۰ درصد افزایش یابد (با توجه به اینکه شوری آب محیط حدوداً ۳۶ گرم بر لیتر می‌باشد غلظت شوری در شعاع ۲۰۰ متری از خروجی پساب، مجاز است حداکثر به ۳۹/۶ گرم بر لیتر برسد). بنابراین موقعیت و مشخصات خروجی آب‌شور بایستی به‌گونه‌ای تعیین شود که استاندارد مذکور به دست آید. در این راستا، سناریوهای متنوعی با روش سعی و خطا برای تعیین موقعیت ورودی و خروجی آبگیر، برای ترقیق بهتر و نزدیک شدن به استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست بررسی شد. ابتدا متغیرهای کلیدی و مؤثر در میزان ترقیق و کاهش غلظت شناسایی و با تغییر متغیرهای کلیدی در مدل کرمیکس شبیه‌سازی مختلفی از رفتار هاله آلودگی و میزان غلظت به دست آمد (Alameddine and El-fadel, 2007; Azizi et al., 2022; Purnama et al., 2012; Gregory Heiden, 2017).

متغیرهای مورد بررسی در سناریوهای شبیه‌سازی‌شده:

۱- بررسی تخلیه پساب به‌صورت تک دریچه‌ای و چند دریچه‌ای بر رفتار هاله آلودگی و میزان غلظت

۲- بررسی جهت و زاویه دریچه‌ها بر رفتار هاله آلودگی و میزان غلظت

۳- بررسی تأثیر سرعت‌های مختلف جریان بر رفتار هاله آلودگی و میزان غلظت

با توجه به تغییرهای مورد اشاره سناریوهای زیر بررسی شد:

۱- مدل‌سازی پساب شور به‌صورت تک دریچه‌ای و سرعت متوسط جریان

۲- مدل‌سازی پساب شور به‌صورت چند دریچه‌ای

۲-۱ سناریوی مدل‌سازی پساب شور به‌صورت چند دریچه‌ای (در راستای محور Y) با سرعت متوسط جریانات محیط

۲-۲ مدل‌سازی پساب شور به‌صورت چند دریچه‌ای (در راستای محور X) با سرعت جریانات متوسط محیط

۲-۳ مدل‌سازی پساب شور به‌صورت چند دریچه‌ای الترناتیو

۳- مدل‌سازی پساب شور به‌صورت چند دریچه‌ای هم‌جهت (در راستای محور Y) در شرایط جذر و مدی (در زمان اسلک، بعد و قبل از اسلک)

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

شکل ۱- موقعیت آب‌شیرین‌کن پتروشیمی در ساحل دریای عمان

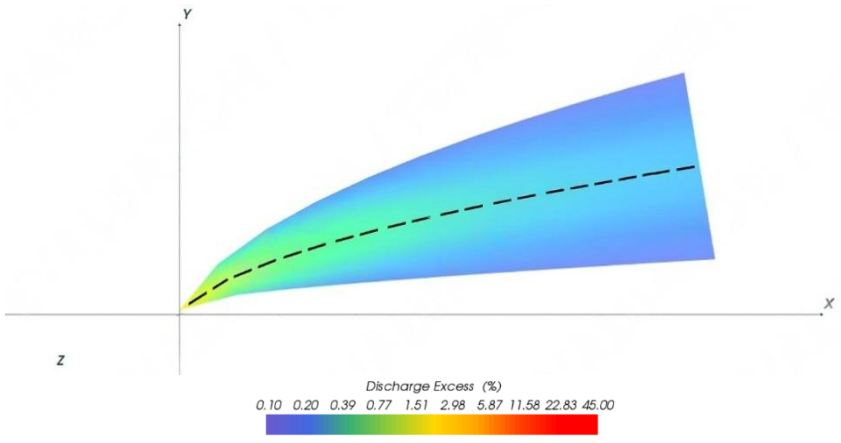
Figure 1- Desalination plant location in Oman Sea coast

نتایج و بحث

سناریوهای متنوعی با روش سعی و خطا برای تعیین موقعیت ورودی آبگیر و خروجی پساب شور ، جهت ترقیق بهتر و نزدیک شدن به استاندارد EPA بررسی شد. در ادامه خلاصه‌ای از میزان تغییرات غلظت شوری تحت سناریوهای مختلف ارائه شده است. هم‌چنین به‌منظور ارزیابی نتایج مدل‌سازی تغییرات شوری در شعاع‌های مختلف محل تخلیه پساب تحت هر سناریو به تفکیک ارائه و تفسیر شده است.

مدل‌سازی پساب شور به صورت خروجی تک دریچه‌ای و سرعت متوسط جریان

نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه پساب (فاصله ۲۵۰ متری از ساحل و در عمق ۵ متری)، درصد افزایش شوری به حدوداً ۰/۷ خواهد رسید. افزایش شوری پساب خروجی اولیه ۱۵/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه پساب و در راستای محور Y ، ۰/۲۵میلی‌گرم بر لیتر شوری افزایش و به ۳۶/۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد (شکل ۲). بنابراین، میزان افزایش غلظت شوری از معیار حدی زیست‌محیطی (۳۹/۵ گرم در لیتر) کم‌تر بود. همچنین میزان تغییرات غلظت شوری در محل آبگیری در فاصله ۴۲۵ متری از ساحل و عمق ۱۲ متری بسیار ناچیز خواهد بود (مشخصات مدل‌سازی در جدول پیوست ۱).



شکل ۲- نمای افقی تغییرات غلظت شوری در مسیر هاله آلودگی

Figure 2- Horizontal view of salinity concentration changes along the path of the pollution plume

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

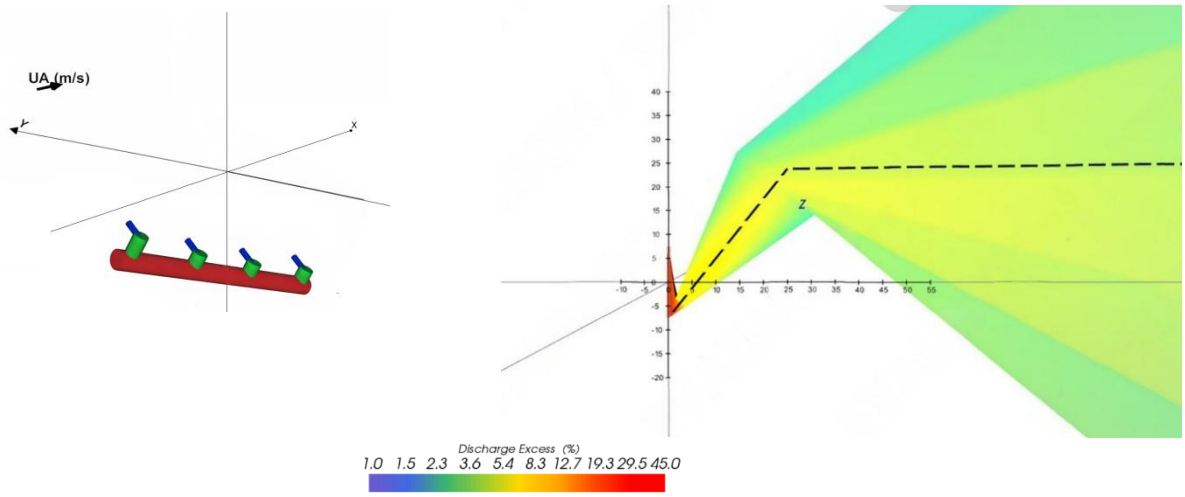
[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

مدل‌سازی پساب شور به صورت خروجی چند دریچه‌ای

برای رسیدن به استاندارد مناسب، استفاده از دیفیوزر در انتهای لوله تغذیه می‌تواند میزان انرژی پمپاژ و طول لوله را نسبت به خروجی تک دریچه‌ای کاهش دهد. بر همین اساس خروجی‌های با دیفیوزر (شامل دریچه‌های هم‌جهت و تناوبی) بررسی شد. همچنین با تغییر طول، قطر و چیدمان دریچه‌ها با روش سعی و خطا بهترین گزینه جهت ترقیق بهتر و نزدیک شدن به استاندارد EPA بررسی شد. متغیر حساس دیگر در نتایج مدل‌سازی سرعت آب محیط می‌باشد که در این سناریو مدل‌سازی نتایج در سرعت متوسط ، حداکثر و حداقل جریان بررسی شده است. به‌منظور ارزیابی نتایج مدل‌سازی تغییرات شوری در شعاع‌های مختلف محل تخلیه پساب تحت هر سناریو به تفکیک ارائه و تفسیر شده است.

سناریوی مدل‌سازی پساب شور به صورت خروجی چند دریچه‌ای (در راستای محور Y) با سرعت متوسط جریانات محیط

نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه پساب (در فاصله ۲۵۰ متری ساحل و در عمق ۵ متری) درصد میزان افزایش شوری به حدوداً ۰/۷ خواهد رسید. افزایش شوری پساب خروجی اولیه ۱۵/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در شعاع ۲۰۰ متری محور X و ۲۶ متری محور Y ، ۰/۷میلی‌گرم بر لیتر افزایش و به ۳۶/۷ می‌رسد (شکل ۳). بنابراین، تغییرات افزایش غلظت شوری از معیار حدی زیست‌محیطی که در این پروژه ۳۹/۵ گرم در لیتر کم‌تر است. همچنین بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی تغییرات غلظت شوری در محل آبگیری به فاصله ۴۲۵ متری از ساحل (عمق ۱۲ متری) تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. در این سناریو هاله آلودگی به سمت ساحل حرکت خواهد کرد اما همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد غلظت شوری در ساحل در حد استاندارد خواهد بود (سایر مشخصات مدل‌سازی در جدول پیوست ۲).



شکل ۳- نمای افقی تغییرات غلظت شوری در مسیر هاله آلودگی

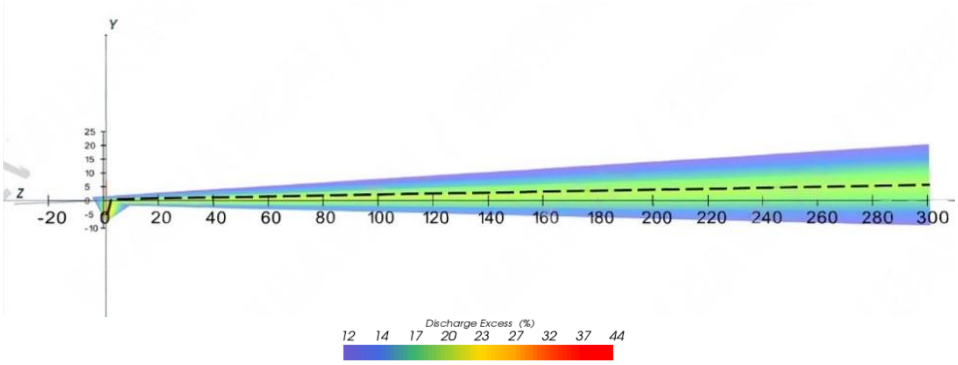
Figure 3- Horizontal view of salinity concentration changes along the path of the pollution plume

مدل‌سازی پساب شور به صورت چند دریچه‌ای هم‌جهت (در راستای Y) با حداکثر سرعت جریانات محیط

نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه پساب (فاصله ۲۵۰ متری از ساحل) و دیفیوزی به طول ۱۵ متر (سایر مشخصات مدل‌سازی در پیوست)، شوری ۱۸درصد در راستای محور x افزایش خواهد یافت. افزایش شوری پساب خروجی اولیه ۱۵/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه پساب در راستای محور X ، ۶/۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد (شکل ۴). بنابراین، تغییرات شوری از معیار حدی زیست‌محیطی که در این پروژه ۳۹/۵ گرم در لیتر است بیش‌تر خواهد بود.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

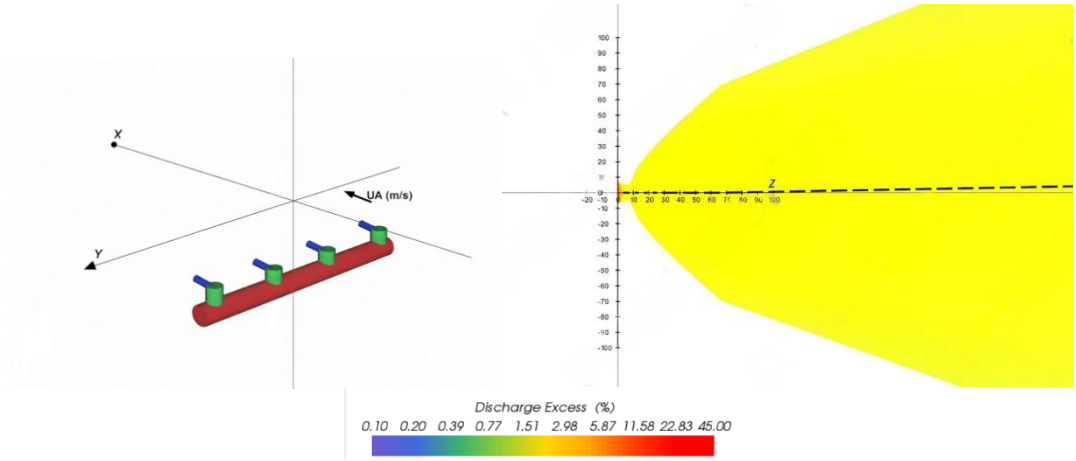


شکل ۴- نمای افقی تغییرات غلظت در مسیر هاله آلودگی

Figure 4- Horizontal view of salinity concentration changes along the path of the pollution plume

مدل‌سازی پساب شور به صورت چند دریچه‌ای (در راستای محور X) با سرعت جریان متوسط محیط

نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه پساب (در فاصله ۲۵۰ متری از ساحل) ، شوری ۲ درصد در راستای محور X افزایش خواهد یافت. افزایش شوری پساب خروجی اولیه ۱۵/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در شعاع ۲۰۰ متری محور X ، ۰/۷میلی‌گرم بر لیتر می‌رسد (شکل ۵). بنابراین، تغییرات شوری از معیار حدی زیست‌محیطی که در این پروژه ۳۹/۵ گرم در لیتر کم‌تر بود. همچنین بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی تغییرات غلظت شوری در فاصله ۴۲۵ متری از ساحل (عمق ۱۲ متری) صفر خواهد رسید که تأثیر بر محل آبگیری ندارد (سایر مشخصات مدل‌سازی در جدول پیوست ۳).



شکل ۵- نمای افقی تغییرات غلظت شوری در مسیر هاله آلودگی

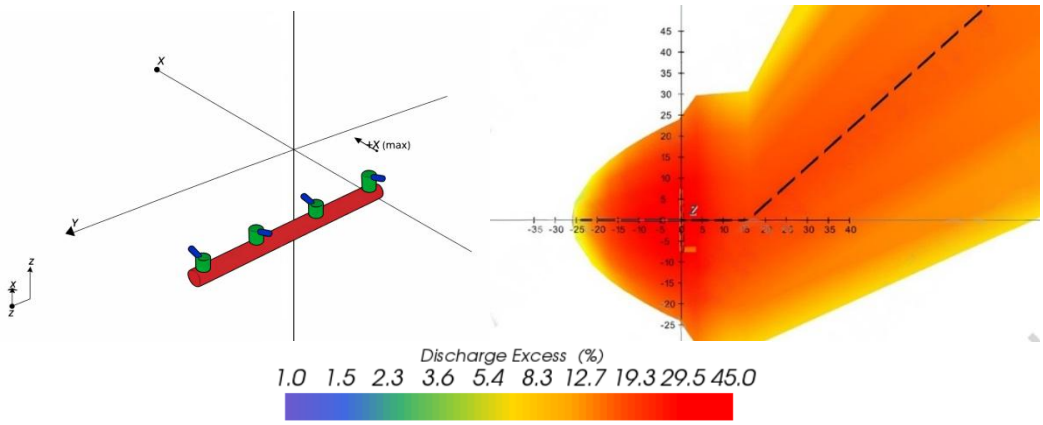
Figure 5- Horizontal view of salinity concentration changes along the path of the pollution plume

مدل‌سازی پساب شور به صورت چند دریچه‌ای الترناتیو

نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد در شعاع ۲۰۰ متری محل تخلیه پساب (خروجی پساب در فاصله ۲۵۰ متری از ساحل) افزایش شوری در جهت محور Y به حدوداً ۱۰ درصد مقدار اولیه خواهد رسید. افزایش شوری پساب خروجی اولیه ۱۵/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد و در شعاع ۲۰۰ متری محور X ، ۳/۶ میلی‌گرم بر لیتر (۱۰ درصد) می‌رسد (شکل ۶). بنابراین، تغییرات شوری از معیار حدی زیست‌محیطی که در این پروژه ۳۹/۵ گرم در لیتر تجاوز نکرده است. همچنین بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی، تغییرات غلظت شوری در فاصله ۴۲۵ متری از ساحل (عمق ۱۲ متری) به حدوداً ۳ میلی‌گرم بر لیتر خواهد رسید . قابل ذکر است استفاده از پخش‌کننده الترناتیو سبب افزایش غلظت شوری در محدوده خواهد شد و به‌عنوان پخش‌کننده مناسب پیشنهاد نمی‌شود (سایر مشخصات مدل‌سازی در جدول پیوست ۴).

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

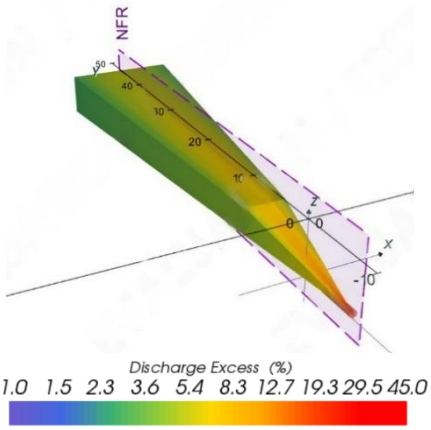


شکل ۶- نمای افقی تغییرات غلظت در مسیر هاله آلودگی

Figure 6- Horizontal view of salinity concentration changes along the path of the pollution plume

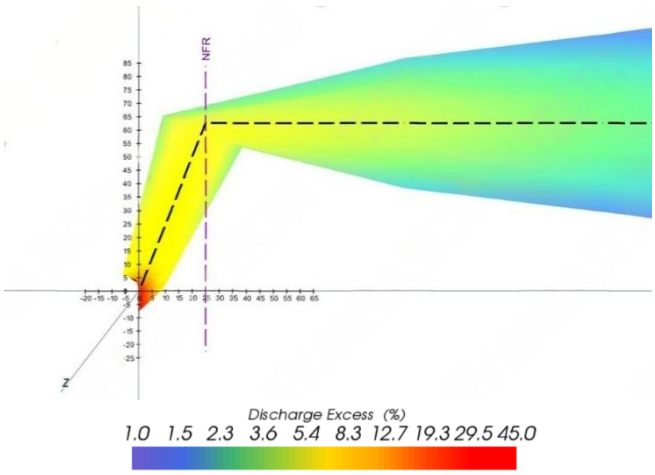
مدل‌سازی پساب شور به صورت چند دریچه‌ای هم‌جهت (در راستای محور Y) در شرایط جذر و مدی

نتایج مدل‌سازی پساب شور در زمان‌های مختلف جزر و مد (در زمان اسلک، بعد و قبل از اسلک) نشان داد خروجی پساب در عمق ۵ متر و عمق آب‌گیری ۱۲ متر می‌تواند استانداردهای محیط‌زیست را برآورده نماید. اشکال تغییرات غلظت پساب شور در هر سناریو در ادامه ارائه‌شده است (شکل‌های ۷ تا ۹).



شکل ۷- نمای افقی تغییرات غلظت شوری در مسیر هاله آلودگی در اسلک

Figure 7- Horizontal view of salinity concentration changes along the path of the pollution plume in slack tide

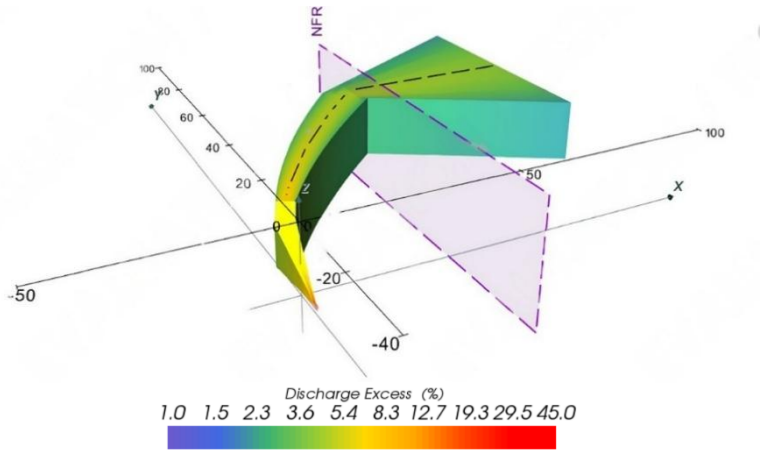


شکل ۸- نمای افقی تغییرات غلظت پساب شور در مسیر هاله آلودگی قبل اسلک

Figure 8- Horizontal view of salinity concentration changes along the path of the pollution plume before the slack

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]



شکل ۹- نمای افقی تغییرات غلظت در مسیر هاله آلودگی بعد اسلک

Figure 9- Horizontal view of salinity concentration changes along the path of the pollution plume after the slack

در تایید نتایج این تحقیق، مطالعه Amitouche et al. (2022) در ایالت تیپازا (الجزایر) در خصوص افزایش قابل‌توجه شوری در ساحل به دلیل رقیق‌سازی ناکافی، انحراف ستون پساب شور و تأثیر پساب شور بر نقطه آبگیری نشان داد، سرعت جریان آب، نقش مهمی در رقیق‌سازی پساب شور ایفا می‌کنند و شبیه‌سازی‌های در سرعت‌های مختلف جریان و افزایش تعداد نقاط تخلیه را برای اطمینان از رقیق‌سازی مناسب پیشنهاد نمود. از مطالعات دیگر در زمینه تاثیر جذر و مد و سرعت جریان بر غلظت انتشار پساب شور در ساحل می توان به مطالعه Azizi et al. (2020) اشاره نمود، نتایج آن‌ها نشان داد در حالت‌هایی می‌توان پخش شوری را با سرعت جریان و زمان جزرومد مدیریت نمود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. از سوی دیگر در تأیید یافته‌های این تحقیق Masria et al. (2024) نیز نشان دادند که پخش‌کننده‌های یک جهته چند دریچه‌ای عملکرد بهتری برای رسیدن به استانداردهای EPA نسبت به پخش‌کننده‌های تک دریچه‌ای دارند. همچنین نتایج Alnajar et al. (2015) نیز نشان دادند که تخلیه پساب با پخش‌کننده‌ی چند خروجی در فراساحل بازدهی بهینه و شرایط زیست‌محیطی مطلوب را فراهم می‌سازد. از سوی دیگر، مطالعه Bouthiba et al. (2024) تایید نمود که مکان‌یابی صحیح نقطه آبگیری آب‌شیرین‌کن و افزایش فاصله بین نقطه آبگیری و نقطه تخلیه پساب می‌تواند در رقیق‌سازی پساب بسیار تأثیرگذار باشد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

هرچند مدیریت پساب کارخانه‌های نمک‌زدایی آب دریا پرهزینه است اما با انجام صحیح پیکربندی و محل سیستم خروجی پساب با استفاده از مدل‌های یکپارچه می‌توان اثرات منفی را به حداقل رساند. جهت تعیین موقعیت و مشخصات خروجی پساب شور آب‌شیرین‌کن، سناریوهای متنوعی با روش سعی و خطا برای ترقیق بهتر پساب شور و نزدیک شدن به استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست و تعیین موقعیت ورودی آبگیر و خروجی پساب شور آب‌شیرین‌کن، بررسی شد. نتایج مدل‌سازی با پورت الترناتیو در راستای محور Y در عمق ۵ متر و ۲۵۰ متری از ساحل نشان می‌دهد، در شعاع ۲۰۰ متری در جهت محور Y و X شوری اولیه تا ۱۰ درصد افزایش خواهد یافت. بنابراین به‌عنوان پخش‌کننده مناسب پیشنهاد نمی‌گردد. همچنین نتایج مدل‌سازی با دریچه‌های هم‌جهت در جهت محور X در محل تخلیه پساب در فاصله ۲۵۰ متری از ساحل نشان می‌دهد افزایش شوری اولیه حدوداً ۲ درصد در فاصله ۲۰۰ متری آب‌شیرین‌کن خواهد رسید و افزایش شوری در محل ورودی آبگیری (عمق ۱۲ متری و فاصله ۴۲۵ متری از ساحل) کم‌تر از یک میلی‌گرم در لیتر خواهد بود. سایر سناریوهای در عمق ۵ متر و ۲۵۰ متری از ساحل با پورت‌های هم‌جهت و در راستای محور Y و نیز سرعت‌های مختلف جریان در شرایط پویای جذر و مد افزایش قابل‌ملاحظه‌ای از افزایش شوری در فاصله ۲۰۰ متری آب‌شیرین‌کن نشان ندادند و مطابق معیار حدی استاندارد زیست‌محیطی تغییرات شوری آب‌شیرین‌کن می‌باشد. با توجه به نتایج مذکور، موقعیت محل آبگیری از خط ساحلی ۴۲۵ متر و فاصله تخلیه پساب ا از خط ساحلی ۲۵۰ متر برآورد شد. در انتها جهت بررسی‌های دقیق‌تر پیشنهاد می‌شود با توسعه مدل یکپارچه‌ای مبتنی بر به‌کارگیری و اتصال مدل CORMIX-CorJet با مدل هیدرودینامیکی FLOW-3DL اثرات مضر زیست‌محیطی ناشی از تخلیه پساب شور دقیق‌تر بررسی شود. همچنین بر اهمیت مطالعه ترکیب مدل‌های میدان نزدیک و دور برای بهینه‌سازی طراحی و مکان‌یابی خروجی‌های دریایی تأکید می‌شود.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با کد پ/ ۱۴۹۰۵۴ تحت عنوان" پهنه‌بندی و تعیین پتانسیل کاربری‌های مختلف در محدوده منطقه آزاد تجاری–صنعتی چابهار" است.

مشارکت نویسندگان: رجایی، ف.: مفهوم‌سازی، روش‌شناسی، نرم‌افزار، نگارش – تهیه پیش‌نویس اصلی، ویرایش مقاله.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: نویسندگان این مقاله، از تمامی افراد و سازمان‌هایی که در انجام پژوهش نقش داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌کنند.

منابع

عزیزی، زکریا، رضاپور، مهدی و اژدری مقدم، مهدی (۱۴۰۱). مطالعه عددی پخش پساب آب شیرین‌کن کنارک با استفاده از نرم‌افزار CORMIX. مهندسی دریا، ۱۸: ۱–۱۲. **doi:**10.52547/marineeng.18.36.1

نجف‌آبادی، مهدیه، محمدنژاد، بایرامعلی و کریمی، عبدالرضا (۱۴۰۰). اعتبارسنجی مدل CORMIX شبیه‌سازی تخلیه پساب شور تک مجرایی به آب دریا. هیدرولیک ایران، ۱۶ (۴): ۹۳–۱۰۸. **doi:**10.30482/jhyd.2021.290225.1531

References

Abessi, O., & Roberts, P.J.W. (2016). Dense jet discharges in shallow water. *Journal of Hydraulic Engineering*, 142, 04015033. **doi:**10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001057

Alameddine, I., & El-Fadel, M. (2007). Brine discharge from desalination plants: a modeling approach to an optimized outfall design. *Desalination*, 241-260. **doi:**10.1016/j.desal.2006.02.103

Alnajjar, H.S. (2015). Numerical Modeling of Brine Disposal for Gaza Central Seawater Desalination Plant. M.Sc. Thesis. Civil Infrastructure Engineering, Islamic Universuty of Gaza. 161P.

Amitouche, M., Lefkir, A., Remini B., Sebki, M., & Aissaoui L. (2022). Diagnosis and improvement of diffuser performance of Fouka Desalination Plant (Algeria) Desal. *Water Treat*, 255, 94–100. **doi:**10.5004/dwt.2022.28325

Ardalan, H., & Vafaei, F. (2018). Hydrodynamic classification of submerged Thermal-Saline Inclined Single-Port discharges. *Marine Pollution Bulletin*, 130, 299-306. **doi:**10.1016/j.marpolbul.2018.03.052

Azizi, Z., Rezapour, M., & Moghadam, M. (2022). Numerical study of effluent distribution from Konarak desalination plant using Cormix. *Journal of Marine Engineering*, 18, 1-12. **doi:**10.52547/marineeng.18.36.1. [In Persian]

Balas, L., & Yilmaz, N. (2018). Numerical modeling of near and far field dilution: Edremit sea outfall. *International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering (IJAMCE)*, 5, 41–54.

Bouthiba, A., Amitouche, M., Moudjeber, D., Mahmoudi, H., Theo, F.A. Goosen, M. (2022). Simulation study of the interaction between brine discharge and catchment water of a desalination plant in Tenes, Algeria under various hydrodynamic conditions. *Desalination and Water Treatment*, 279, 16–28. **doi:**10.5004/dwt.2022.29063

Doneker, R.L., & Jirka, G.H. (2007). CORMIX user manual: A hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters.

Fernández Ángel Loya-, et al. (2018). Quantifying the efficiency of a mono-port diffuser in the dispersion of brine Discharges, *Desalination*, 43: 27-34. **doi:**10.1016/j.desal.2017.11.014

Frank, H., Fussmann, K.E., Rahav, E., & Zeev, E.B. (2019). Chronic effects of brine discharge from large-scale seawater reverse osmosis desalination facilities on benthic bacteria, *Water Research*, 151, 478-487. **doi:**10.1016/j.watres.2018.12.046

Gopu A.P, Sureshkumar C b, Samundeeswari R, Sabarunisha Begum S d. (2026). Strategic siting of desalination plants and design of an optimal water distribution network. *Desalination and Water Treatment*, 325, 101620. **doi:**10.1016/j.dwt.2025.101620

Gregory Heiden, J. (2017). Performance of Cormix model for point source contamination simulations rivers due to oil spills. Thesis Submitted to the Graduate Faculty of the University of North Dakota in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science Grand Forks. North Dakota.

Gupta P., Arciniegas-Pérez, M., & Barrios-Piña, H. (2026). Impact of brine discharge from desalination plants on marine ecosystems: A review. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, 49, 100693. **doi:**10.1016/j.coesh.2025.100693

Mansour, T.M., Ismail, T.M., Ramzy, K., & Abd El-Salam, M. (2020). Energy recovery system in small reverse osmosis desalination plant: Experimental and theoretical investigations, *Alexandria Engineering Journal*, 59, 3741-3753. **doi:**10.1016/j.aej.2020.06.030

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

Masria A., Elejla Kh., Mazen A., & Qahman, Kh. (2024). Modeling the dispersion of wastewater pollutants in Gaza's coastal waters *Marine. Pollution Bulletin*, 208, 117071. **doi:**10.1016/j.marpolbul.2024.117071

Memari, S., & Siadatmousavi, S.M. (2018). Numerical Modeling of Heat and Brine Discharge near Qeshm

Mithila, T., Mohan, V., Alzaben, N., Abdulaziz, G., & Alghamdi, D. (2025). Satellite-derived turbidity and salinity mapping for desalination plant site selection using remote sensing, GIS, and machine learning, *Desalination and Water Treatment*, 324, 101482. **doi:**10.1016/j.dwt.2025.101482.

Najafabadi, M., Mohammadnezhad, B. A., & Karimi, A. (2021). Validation of CORMIX model in simulation of single port brine discharge into seawater. *Journal of Hydraulics*, 16(4), 93-108. **doi:**10.30482/jhyd.2021.290225.1531

Noori, M.M., Zahedi, A., Bayati-Comitaki, M., & Ziyaadini, N. (2021). Study of the salinity and pH dilution pattern of discharged brine of the Konarak desalination plant into the Chabahar bay: A case study. *Applied Water Science*, 11, 163. **doi:**10.1007/s13201-021-01497-z

Panagopoulos, A., Haralambous, K.-J., & Loizidou, M. (2019). Desalination brine disposal methods and treatment technologies-A review, *Science of the Total Environment*, 693, 133545. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.351

Pereira, S., Cesar, P., & Rosma, C. (2021). Brine outfall modeling of the proposed desalination plant of Fortaleza, Brazil, *Desalination and Water Treatment*, 234, 22–30. **doi:**10.5004/dwt.2021.27557

Pistocchi, A., Bleninger, T., & Dorati, C. (2020). Screening the hurdles to sea disposal of desalination brine around the Mediterranean, *Desalination*, 491, 114570. doi.org/10.1016/j.desal.2020.114570

Purnama, A., Al-Barwani, H.H., Bleninger, T., & Doneker R.L. (2012). CORMIX simulations of brine discharges from Barka plants, Oman. *Desalination and Water Treatment*, 32, 1-3, 329-338. **doi:**10.5004/dwt.2011.2718

Roberts, P.J.W., & Toms, G. (1987). Inclined dense jets in flowing current, *Journal of Hydraulic Engineering*, 113, 323-40. **doi:**10.1061/(ASCE)0733-9429(1987)113:3(323)

Sun, Y.J., Cho, Y.K., Park, K.S., Yoon, S.M., & Moon, J.K. (2012). Simulation of brine discharge near sea farms in the Korea Strait, *Desalination and Water Treatment*, 43, 1-3. **doi** doi.org/10.1080/19443994.2012.672171

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

پیوست

سناریوی مدل‌سازی پساب شور به‌صورت تک پورتی و سرعت متوسط محیط

جدول پیوست ۱- خلاصه اطلاعات مورد استفاده در مدل

Table S1- Summary of information used in the model

Description	Scenario
	Environmental Criteria
Density (kg/m^3)	1027.5
Average depth (m)	5
Current Velocity (m/s)	0.1
Bottom slope (º)	1.3
Wind speed (m/s)	3
Darcy-Weisbach Coefficient	0.1
Density (kg/m3)	1050.2
Effluent flow rate for each pipeline (m3/s)	1.15
Salinity (PSU)	51.4
Concentration (Excess) (%)	43
Diffuser Length (m)	15
Port Height (m)	0.5
Port Diameter (m)	0.4
Vertical angle (º)	0
Horizontal angle (º)	Perpendicular to current = 90
Contraction Ratio	1
Total Number Of Openings	4

سناریوی مدل‌سازی پساب شور به صورت چند پورتی در راستای محور Y با سرعت متوسط جریانات محیط

جدول پیوست ۲- خلاصه اطلاعات مورد استفاده در مدل

Table S2- Summary of information used in the model

Description	Scenario
	Environmental Criteria
Density (kg/m^3)	1027.5
Average depth (m)	5
Current Velocity (m/s)	0.1
Bottom slope (º)	1.3
Wind speed (m/s)	3
Darcy-Weisbach Coefficient	0.1
Density (kg/m3)	1050.2
Effluent flow rate for each pipeline (m3/s)	1.15
Salinity (PSU)	51.4
Concentration (Excess) (%)	43
Diffuser Length (m)	15
Port Height (m)	0.5
Port Diameter (m)	0.4
Vertical angle (º)	15
Horizontal angle (º)	Perpendicular to current = 90
Contraction Ratio	1
Total Number Of Openings	4

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]

سناریوی مدل‌سازی پساب شور به صورت چند پورتی در راستای محور X با سرعت جریان متوسط محیط

جدول پیوست ۳- خلاصه اطلاعات مورد استفاده در مدل

Table S3- Summary of information used in the model

Description	Scenario
	Environmental Criteria
Density (kg/m^3)	1027.5
Average depth (m)	5
Current Velocity (m/s)	0.1
Bottom slope (º)	1.3
Wind speed (m/s)	3
Darcy-Weisbach Coefficient	0.1
Density (kg/m3)	1050.2
Effluent flow rate for each pipeline (m3/s)	1.15
Salinity (PSU)	51.4
Concentration (Excess) (%)	43
Diffuser Length (m)	15
Port Height (m)	0.5
Port Diameter (m)	0.4
Vertical angle (º)	15
Horizontal angle (º)	Perpendicular to current = 0
Contraction Ratio	1
Total Number Of Openings	4

سناریوی مدل‌سازی شوری پساب به صورت چند پورتی با پورت الترناتیو

جدول پیوست ۴- خلاصه اطلاعات مورد استفاده در مدل

Table S4- Summary of information used in the model

Description	**Scenario**
	Environmental Criteria
Density (kg m^{-3})	1027.5
Average depth (m)	5
Current Velocity (m s^{-1})	0.1
Bottom slope (º)	1.3
Wind speed (m s^{-1})	3
Darcy-Weisbach Coefficient	0.1
Density (kg m^{-3})	1050.2
Effluent flow rate for each pipeline (m^3 s^{-1})	1.15
Salinity (PSU)	51.4
Concentration (Excess) (%)	43
Diffuser Length (m)	15
Port Height (m)	0.5
Port Diameter (m)	0.4
theta angle (º)	15
Contraction Ratio	1
Total Number Of Openings	4

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-06]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1405.14.1.6.3]