Establishing a Canal Linking the Arabian Gulf and the Arabian Sea

Ziad M. S. Mofty[*]

Dr. Zakai Z. Tarifi[**]

(Received 26 / 3 / 2026. Accepted 8 / 6 / 2026)

□ ABSTRACT □

The Arabian Gulf has experienced a continuous rise in salinity due to climatic changes, increased sea surface temperatures, decreased freshwater inflow, and high concentrations of brine discharge from seawater desalination plants. Given the Gulf's limited water exchange with the Arabian Sea through the narrow Strait of Hormuz, salinity levels are projected to continue increasing, which threatens marine ecosystems and the long-term sustainability of desalination operations. This study proposes the construction of a canal linking the Arabian Gulf and the Arabian Sea as a strategic solution to enhance water renewal and reduce salinity levels. The proposed canal would also serve as an alternative navigational route to the Strait of Hormuz. Three potential routes (A, B, and C) are examined, Total length is 247 Km the surface width is 620m and at the bottom 400 m, with a preliminary engineering outline for Route C. Environmental, hydrodynamic, economic, and geopolitical implications are assessed. Findings indicate that such a canal could strengthen water circulation, introduce a sustained external water source, and alleviate long-term salinity escalation in the arabian Gulf.

Keywords: Arabian Gulf Salinity**,** Water Exchange Enhancement**,** Hydrodynamic Circulation**,** Desalination Impacts**,** Estuarine Exchange Flow**.**

Copyright **:**Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

[*] **Researcher**, **Engineer, Syria.** nagham.mufti@latakia-univ.edu.sy

**** Professor, Faculty of Civil Engineering, Latakia University (formerly Tishreen), Latakia, Syria.** : zakaitarifi@latakia-univ.edu.sy

إنشاء قناة تربط الخليج العربي ببحر العرب

زياد محمد سامي مفتي *

د. زكائي زاهي طريفي **

(تاريخ الإيداع 26 / 3 / 2026. قُبِل للنشر في 8/ 6 / 2026)

□ ملخّص □

شهد الخليج العربي ارتفاعاً مستمراً في نسبة الملوحة نتيجة للتغيرات المناخية، وارتفاع درجة حرارة سطح البحر، وانخفاض تدفق المياه العذبة، وارتفاع تركيزات المحلول الملحي الناتج عن محطات تحلية مياه البحر. ونظراً لمحدودية تبادل المياه بين الخليج وبحر العرب عبر مضيق هرمز الضيق، فمن المتوقع أن تستمر مستويات الملوحة في الارتفاع، مما يهدد النظم البيئية البحرية واستدامة عمليات التحلية على المدى الطويل. تقترح هذه الدراسة إنشاء قناة تربط الخليج العربي ببحر العرب كحل استراتيجي لتعزيز تجدد المياه وخفض مستويات الملوحة. كما ستوفر القناة المقترحة طريقًا ملاحيًا بديلًا عن مضيق هرمز. وتدرس الدراسة ثلاثة مسارات محتملة (A، B، C)، بطول اجمالي للقناة 247 Km وعرض سطحي 620 m وعند القاع 400 m مع مخطط هندسي أولي للمسار (C). كما تُقيّم الآثار البيئية والهيدروديناميكية والاقتصادية والجيوسياسية. وتشير النتائج إلى أنّ هذه القناة من شأنها تعزيز دوران المياه، وتوفير مصدر مياه خارجي مستدام، والتخفيف من تصاعد الملوحة على المدى الطويل في الخليج العربي .

الكلمات المفتاحية: ملوحة الخليج العربي، تحسين تبادل المياه، الدوران الهيدروديناميكي، تأثيرات تحلية المياه، تدفق التبادل في مصبات الأنهار.

حقوق النشر : مجلة جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **باحث، مهندس، سورية.** nagham.mufti@latakia-univ.edu.sy

** **استاذ، كلية الهندسة المدنية، جامعة اللاذقية (تشرين سابقاً)، اللاذقية، سورية.** : zakaitarifi@latakia-univ.edu.sy

مقدمة:

ساهمت عوامل عديدة في زيادة ملوحة مياه الخليج العربي، منها تغير المناخ، وارتفاع درجة حرارة سطح البحر، وتزايد معدلات التبخر[1]. واستمرار تصريف مخلفات تحلية المياه في الخليج العربي [2]، بالإضافة إلى انخفاض تدفق المياه العذبة من شط العرب الذي يتغذى من نهري دجلة والفرات، وهما المصدران الرئيسيان للمياه العذبة في الخليج [2]، فضلاً عن عدة أنهار إيرانية [3]، ومن المتوقع أن تؤدي هذه الزيادة في الملوحة، مع مرور الوقت، إلى جعل تحلية مياه البحر في الخليج العربي غير مجدية اقتصادياً، مما سيرفع بالتالي تكاليف التشغيل[4] .

تتم معالجة أكثر من 25 مليون متر مكعب يومياً في محطات تحلية مياه البحر للحصول على مياه صالحة للاستخدام (من 5 إلى 10) ملايين متر مكعب يومياً، ويتم إعادة الباقي إلى البحر وهو ساخن جداً ومركّز. وقد أدى التأثير التراكمي لهذه العوامل إلى ارتفاع مستمر في مستويات الملوحة، مما يشكل تهديدات بيئية خطيرة للتنوع البيولوجي البحري، والنظم الإيكولوجية الساحلية، والرفاه الاجتماعي والاقتصادي للمجتمعات التي تعتمد على هذه المياه. علاوة على ذلك، فإنّ هذا الارتفاع في نسبة الملوحة يزيد من تقويض كفاءة وجدوى عمليات تحلية المياه في المنطقة [5].

تبلغ ملوحة مياه الخليج العربي 40.5 PSU [6]، تتراوح مستويات الملوحة في مياه بحر العرب المجاور (سلطنة عمان) أو بحر العرب 36.5 PSU، درجات حرارة سطح البحر (SST) القصوى في الخليج العربي وبحر العرب15 تموز 2024: أعلى درجة حرارة: 35.8 درجة مئوية، أدنى درجة حرارة: 31.2 درجة مئوية، بمتوسط 34 درجة مئوية تقريبًا. 15 كانون الثاني 2024: أعلى درجة حرارة: 24.8 درجة مئوية، أدنى درجة حرارة: 20.3 درجة مئوية، بمتوسط 22.5 درجة مئوية تقريباً، درجات الحرارة القصوى لسطح الماء في بحر العرب: 15 تموز 2024: أعلى درجة حرارة: 31.0 درجة مئوية، أدنى درجة حرارة: 28.4 درجة مئوية، بمتوسط 30.0 درجة مئوية تقريبًا، 15 كانون الثاني 2024: أعلى درجة حرارة: 26.8 درجة مئوية، أدنى درجة حرارة: 24.3 درجة مئوية، بمتوسط 26.0 درجة مئوية تقريبًا. الإحداثيات الجغرافية (خط العرض وخط الطول) المعتمدة عند أخذ تلك المعلومات [7]:
الخليج العربي: يمتد تقريباً بين خطي عرض 24° و30° شمالاً وخطي طول 48° و57° شرقاً.
بحر العرب: يمتد تقريباً بين خطي عرض 10° و23° شمالاً وخطي طول 55° و70° شرقاً.

أهمية البحث وأهدافه:

تعاني الدول العربية المطلة على الخليج العربي من قلة المياه الخاصة للشرب والزراعة، كما أنّ تلك الدول تعتمد بشكل شبه كامل على تحلية مياه البحر لتأمين حاجتها من تلك المياه، وقد لوحظ أنّ مستوى ملوحة مياه الخليج تزداد مع الزمن وهي تؤثر سلباً على عمليات التحلية وتُقلل من كفاءة تشغيل محطات معالجة المياه وهذا بدوره يزيد من تكلفة التحلية والتي قد تصل مستقبلاً الى مستويات كبيرة، كما يُشكل هذا التزايد في الملوحة تهديداً خطيراً للنظم البيئية البحرية واستدامة عمليات تحلية مياه البحر تلك ومن المتوقع أن تستمر مستويات الملوحة في الخليج بالارتفاع مستقبلاً.

تكمن أهمية البحث في إنشاء قناة تربط الخليج العربي ببحر العرب مهمتها العمل على تسريع تجدد مياه الخليج العربي وليكون لدينا مصدراً مساعداً لمضيق هرمز وهو المنفذ الطبيعي الوحيد للخليج العربي إلى بحر العرب المتصل بالمحيط الهندي.

تشير نتائج الحسابات الأولية للبحث إلى أنّ القناة ستُحسّن دوران مياه الخليج العربي من خلال توفير مصدر إضافي لتجدد مياهه وهو مصدر مستدام لتدفق المياه إليه، مما يُسهم في الحد من الارتفاع المستمر في مستويات الملوحة.

إنّ عملية ربط بحر العرب بالخليج العربي ستحقق هدفين استراتيجيين إضافيين الهدف الأول هو إنشاء وصلة بحرية مباشرة بين موانئ دول مجلس التعاون للخليج العربي وبحر العرب عبر كلاً من دولة الإمارات وعمان. أما الهدف الثاني والأهم، فهو توفير طريق ملاحي بديل عن مضيق هرمز بما يضمن حرية واستمرارية الملاحة البحرية للدول العربية المطلة على الخليج العربي في حال إغلاق المضيق لأي سبب كان، أي أنّ الدول العربية المطلة على الخليج العربي تكون بعيدة عن الابتزاز السياسي والعسكري. كما يهدف البحث إلى وضع وصفاً هندسياً أولياً للقناة من حيث طول المسار المقترح إضافة إلى أماكن عبور القناة في كلا الدولتين.

طرائق البحث ومواده:

الحلول المقترحة حالياً لخفض ملوحة مياه الخليج العربي:

اقترحت العديد من الدراسات طرقاً للمعالجة الكيميائية لخفض ملوحة محلول التحلية قبل تصريفه في الخليج العربي. تتضمن إحدى التقنيات الناشئة تفاعل المحلول الملحي المركز مع ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) لإنتاج الأمونيا (NH_3)، وقد أظهرت هذه العملية المبتكرة كفاءة معقولة في إدارة المحلول الملحي المتبقي مع التخلص من الكربون في الوقت نفسه. ومع ذلك، ورغم فوائدها المحتملة، يُتوقع أن ترفع هذه الطريقة تكاليف الإنتاج، وبالتالي أسعار المياه، دون أن تُسهم في خفض مستويات الملوحة الإجمالية للخليج العربي بشكل ملحوظ [2].

الأقنية المقترحة سابقاً في منطقة الخليج العربي

قناة بن سلمان:

يهدف مشروع القناة إلى إنشاء ممر مائي يربط الخليج العربي بخليج عدن، مما يقلل الاعتماد على مضيق هرمز، ولا يزال المشروع في مراحله الأولية من دراسة الجدوى والتقييمات الاستراتيجية، وتستند جميع المعلومات الحالية عنه إلى تقارير غير رسمية وإعلامية. ويُقدّر طول القناة بحوالي 950 km، وقد اكتسبت المناقشات حول المشروع زخمًا كبيرًا حوالي عام 2015 [8].

قناة إيران:

من بين المقترحات البديلة مشروع قناة إيران، الذي يتصور إنشاء ممر مائي مباشر عبر إيران يربط خليج عُمان ببحر قزوين، ويحده من جهة روسيا وكازاخستان وأذربيجان وإيران. وستمتد القناة بالقرب من ميناء نيكولاي، رابطةً بحر قزوين بالخليج العربي، ومن هناك إلى المحيطين الهندي والأطلسي، متجاوزةً بذلك مضيق هرمز. يبدأ المسار المقترح من ميناء تشابهار على ساحل خليج عُمان. والهدف الرئيسي من هذا المشروع هو توفير منفذ مباشر لإيران إلى شريكها التجاري الهند دون الحاجة إلى المرور عبر مضيق هرمز. مع ذلك، لا يُتوقع أن يُسهم

هذا المشروع المقترح في تنشيط حركة المياه في الخليج العربي، إذ أنّ أهدافه الهيدرولوجية والملاحية موجهة شمالاً نحو حوض بحر قزوين وليس نحو منظومة الخليج [9].

الدوران الهيدروديناميكي لمياه الخليج العربي

حركة المياه في فصل الصيف:

يُعدّ تبادل المياه بين بحر العرب والخليج العربي محدوداً ويخضع لتغيرات موسمية، نظراً لأنّ الخليج العربي شبه مغلق ولا يتصل ببحر العرب، وبالتالي بالمحيط الهندي، إلا عبر مضيق هرمز. ومن الجدير بالذكر وجود حركتين للمياه بين الخليج العربي وبحر العرب، وهما كالتالي، دوران المياه خلال فصل الصيف: يزداد معدل التبخر بشكل ملحوظ نتيجة ارتفاع درجات الحرارة (التي تتجاوز 33 درجة مئوية)، لا سيما في وسط وجنوب الخليج العربي. ويؤدي ذلك إلى زيادة الملوحة وانخفاض كثافة المياه السطحية، مما يُولّد تياراً سطحياً يدخل من بحر العرب إلى الخليج العربي عبر مضيق هرمز لتعويض النقص الناتج عن التبخر. في المقابل، تتشكل تيارات عميقة تخرج من الخليج العربي باتجاه بحر العرب عبر المضيق، وتُعرف بالتيار العميق المالح (تيار التدفق الخارجي الكثيف). ونتيجة لذلك، تتميز حركة المياه في الصيف بتطبق حراري قوي، أي أنّ المياه السطحية الدافئة منفصلة عن المياه العميقة الباردة (التطبق الحراري).

حركة المياه في فصل الشتاء:

ينخفض معدل التبخر نتيجة انخفاض درجات الحرارة إلى حوالي 20–23 درجة مئوية. وتزداد كثافة المياه السطحية في شمال الخليج العربي قرب الكويت وشط العرب وبسبب هذا الانخفاض في درجة الحرارة وارتفاع الملوحة، تتحرك المياه السطحية الكثيفة إلى الأسفل، مُشكّلةً تياراً عميقاً يتجه نحو مضيق هرمز. في المقابل، تدخل مياه سطحية أقل ملوحة من بحر العرب لتحل محل المياه التي تحركت إلى الأسفل، مُشكّلةً دورة رأسية كاملة تُساهم في تجديد مياه الخليج العربي. وتكون هذه الظاهرة أكثر وضوحاً في فصل الشتاء، حيث يضعف التدرج الحراري ويزداد الاختلاط الرأسي [10]. يبين الشكل (1) رسم تخطيطي لتدفق تيار المحيط من بحر العرب إلى الخليج العربي عبر مضيق هرمز والعكس، واتجاه التدفق (بدون القناة المقترحة)، تشير الأسهم الزرقاء إلى تدفق المياه منخفضة الملوحة، وتشير الأسهم الحمراء إلى تدفق المياه عالية الملوحة، بينما تُظهر الأسهم البنفسجية المناطق الانتقالية [3].

الشكل (1) مخطط توضيحي لحركة التيارات البحرية في الخليج العربي.

قناة زياد المقترحة (قناة العرب):

يهدف مشروع قناة زياد (قناة العرب) إلى تعزيز تجديد مياه الخليج العربي من خلال تسهيل التبادل الهيدروليكي بين بحر العرب والخليج العربي، بالإضافة إلى مضيق هرمز، وذلك للتخفيف من ارتفاع مستويات الملوحة في الخليج وتعزيز الاستقرار البيئي الإقليمي، كما يهدف المشروع إلى توفير مسار بديل حيوي وآمن لجميع دول مجلس التعاون الخليجي.

يتضمن تصميم القناة المقترح عدة مسارات بديلة:

المقترح (A–B): تقع القناة بالكامل داخل أراضي دولة الإمارات العربية المتحدة.

المقترح (C): تعبر القناة كلاً من دولة الإمارات العربية المتحدة وسلطنة عمان، وقد تم توضيح ذلك من خلال مخطط هندسي أولي.

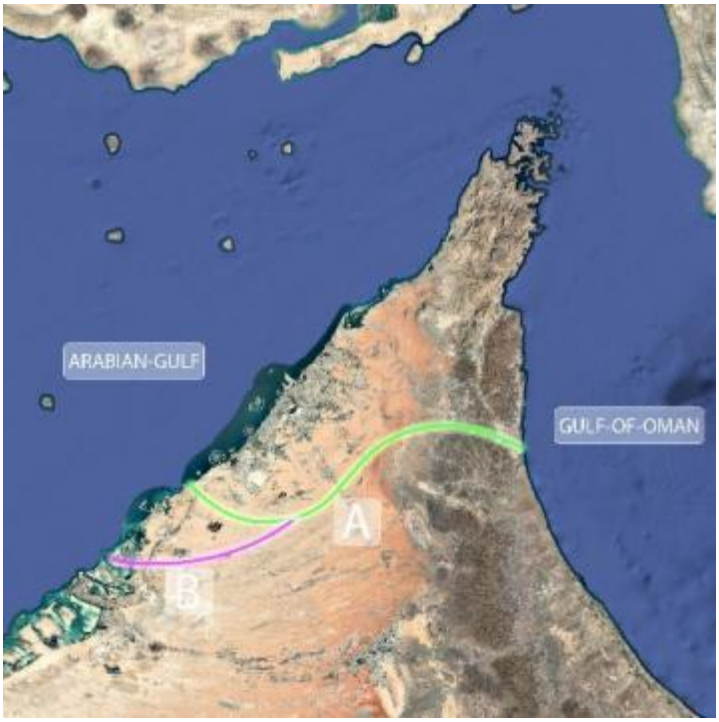
الوصف الفني للقناة المقترحة (المسارات A، B، C):

مسار القناة – المقترح (A) الشكل (2):

يقع مسار القناة المقترح (A) بالكامل داخل حدود دولة الإمارات العربية المتحدة، ويمتد عبر إمارات دبي والشارقة والفجيرة، بطول إجمالي يبلغ حوالي 178 km. تبدأ القناة بالقرب من ميناء جبل علي في دبي، ثم تتجه شرقاً، مروراً بالقرب من نزوى ولهباب، وتنتهي بالقرب من مدينة كلباء، حيث يقع خليج عُمان (بحر العرب).

الشكل (2) مسار القناة – المقترح (أ).

يتبع المقترح (B) نفس المخطط العام للمقترح (A)، مع إضافة امتداد غربي يبدأ من ميناء زايد في أبوظبي ويتقاطع مع مسار القناة الرئيسي بالقرب من البيضاء، ضمن إمارة دبي. ويبلغ طول الامتداد الإضافي حوالي 90 km الشكل (3).



الشكل (3) مسار القناة – المقترح (B).

المسار المقترح للقناة (C) :

تبدأ القناة بالقرب من جزيرة الطويلة، الواقعة ضمن إمارة أبوظبي، وتمتد شرقاً عبر الشهامة والسويحان. ثم تتابع مسارها نحو الحدود الإماراتية العمانية، بين مدينة العين (الإمارات) ومدينة البريمي (سلطنة عمان)، عابرةً وادي واسط، وصولًا إلى محيط مدينة صحار الساحلية، حيث تصب في بحر العرب، يُقدّر الطول الإجمالي للقناة بحوالي 247 km، منها 140 km داخل دولة الإمارات العربية المتحدة، و 107 km داخل سلطنة عمان الشكل (4).

الشكل (4) مسار القناة – المقترح (C).

تم اختيار المسار (C) من بين المسارات الأخرى لأنّ القناة تخدم بشكل أكبر المنطقة الجنوبية الغربية من الخليج العربي عند شواطئ الإمارات– قطر– البحرين– السعودية، وهذه المنطقة من أكثر المناطق تضرراً بزيادة ملوحة المياه إضافة إلى شمال الخليج العربي إضافة لذلك فإنّ القناة تعبر منطقة صحراوية رملية منبسطة وقليلة الارتفاع وشبه خالية في الإمارات العربية المتحدة (إمارة أبو ظبي) إذ يتراوح الارتفاع من(2 m) قرب مياه الخليج العربي إلى (260 m) قرب الحدود العمانية عند مدينة العين وهذا الجزء من المسار يعادل 56% من طول القناة لتمر بعدها عبر ممر جبلي طبيعي عند الحدود الإماراتية العمانية وهو المنطقة الصخرية من جبال عمان والأكثر صعوبة من المسار بنسبة حوالي 25% من طول القناة، ومنها إلى أرض قليلة الارتفاع ذات تربة عادية إضافة إلى الركام الصخري لتصل بعدها بحر العرب، والميزة المهمة الأخرى هي أنّ هذا الموقع أكثر أماناً لعبور السفن لبعده نسبياً عن مضيق هرمز وعن التهديد المباشر.

الميزة الوحيدة للمسار (A) (B–A) التي تميزها عن المسار (C) هو أنّ القناة تقع في دولة الإمارات العربية المتحدة فهي مشروع محلي إماراتي لا يحتاج إلّا للتوافق الدولي من أجل التنفيذ.

النتائج والمناقشة:

تصميم المقطع العرضي للقناة المقترح (C) المعايير الأولية:

تتلخص معايير التصميم الأولية للقناة المقترحة فيما يلي:

تمتد القناة لمسافة 247 km تقريباً، وهي مصممة بمقطع عرضي شبه منحرف، بعرض سطحي يبلغ حوالي 620 m، وعرض عند القاع يبلغ 400 m، وميل جانبي بنسبة 2:1. يتفاوت عمق التصميم على طول القناة، حيث يتراوح من 25 m على جانب الخليج العربي، ويزداد إلى 30 m باتجاه خليج عُمان. يقع المخرج الشرقي للقناة بجوار منحدر قاري حيث يتجاوز العمق البحري 100 m. (تم فرض تلك الأبعاد بشكل أولي وسيتم التحقق منها).

سيتم تقييم الأداء الهيدروليكي والوظيفي للقناة من خلال إجراءات التحقق التالية:

تتلخص المعايير الأولية لتصميم القناة البحرية المقترحة التي تربط الخليج العربي ببحر العرب فيما يلي:

تتراوح نسبة الملوحة في الخليج العربي بين 40 و41 PSU، بمتوسط قدره S_1=40.5 PSU، بينما تبلغ نسبة الملوحة في بحر العرب S_2 =36.5 PSU [11].

متوسط درجات حرارة مياه الخليج العربي المسجلة في 15 تموز 2024 (الصيف) و15 كانون الثاني 2024 (الشتاء) هي: على التوالي: T_1 (الصيف) = 34 درجة مئوية و T_1(الشتاء) = 22.5 درجة مئوية [7].

متوسط درجات حرارة مياه بحر العرب المسجلة في 15 تموز 2024 (الصيف) و15 كانون الثاني 2024 (الشتاء) هي: على التوالي: T_2 (الصيف) = 30 درجة مئوية و T_2(الشتاء) = 26 درجة مئوية [7].

تُستخدم هذه القيم كشروط حدودية لتقييم التغيرات الموسمية في الكثافة وتبادل التدفق بين الحوضين.

ملاحظة: تم تقريب جميع القيم إلى 3 أرقام معنوية عند الضرورة.

معامل خشونة مانينغ (n) للقناة غير المبطنة (رملية/صخور خشنة) القيمة التقريبية:

قد تعطي للصخور/الأحجار الخشنة قيم n أعلى تتراوح بين 0.035 و 0.05.

استخدم قيمة نموذجية $n = 0.05$ [12].

فرق مستوى قاع القناة بين الطرفين

$\Delta h=30-25=5.0$ m

الطول L=247000 m من مسار القناة المقترح (C) الشكل (4).

الميل الطولي للقناة تقريباً

$S_0 = \frac{5}{247000} \approx 2.0243\times10^{-5}$

الميل العرضي للقناة من (2 إلى 4) أي (2 أو 4 أفقي إلى 1 رأسي، وهذا يعطي جوانب متوسطة مناسبة للتربة الصخرية/الرملية) [13].

يبلغ عرض السطح العلوي 600 m، وعرض السطح السفلي 400 m

متوسط الارتفاع $(30 + 25)/2 = 27.50$m

المعادلات الأساسية المستخدمة:

حساب ميل جوانب القناة والتحقق من شكلها:

من معادلة شبه المنحرف: $T = B + 2 \times z \times y$

عند المدخل: (y= 25 m)

$600 = 400 + 2 \times z \times 25 \Rightarrow z = 4.0$

عند المخرج: (y= 30 m)

$600 = 400 + 2 \times z \times 30 \Rightarrow z \approx 3.333$

هذا التناقص في قيمة z من 4 إلى 3.333 يعني أنّ جوانب القناة تصبح أكثر انحداراً كلما اتجهنا نحو المحيط الهندي، وهو أمر منطقي نظراً لزيادة العمق ووجود تربة صخرية (جبال سلطنة عمان الصخرية). لتبسيط الحسابات الأولية، سنأخذ متوسط عمق القناة ($(30 + 25)/2 = 27.50$m) ومتوسط قيمة z [$(4+3.333)/2=3.67$]

حساب الخصائص الهيدروليكية للمقطع:

لنفرض مقطعاً في منتصف القناة حيث العمق المتوسط (h=27.5m)، العرض عند القاع B = 400 m، ميل جوانب القناة z= 3.67:

العرض عند السطح:

$T = B + 2 \times z \times h = 400 + 2 \times 3.67 \times 27.50 \approx 602$m

سنعتبر عرض السطح $T = 620$ m

محيط التلامس الرطب للقناة:

$$P = B + 2h\sqrt{1 + z^2}$$

$P = 400+2\times27.5\sqrt{1 + 3.67^2} = 609.209$ m

مساحة المقطع العرضي لشبه منحرف[14]:

$A=bh+zh^2$

$A=400\times27.5+(3.67)(27.5)^2 = 13775.438$ m^2

حساب نصف القطر الهيدروليكي (مقطع شبه منحرف):

$R=A/P$

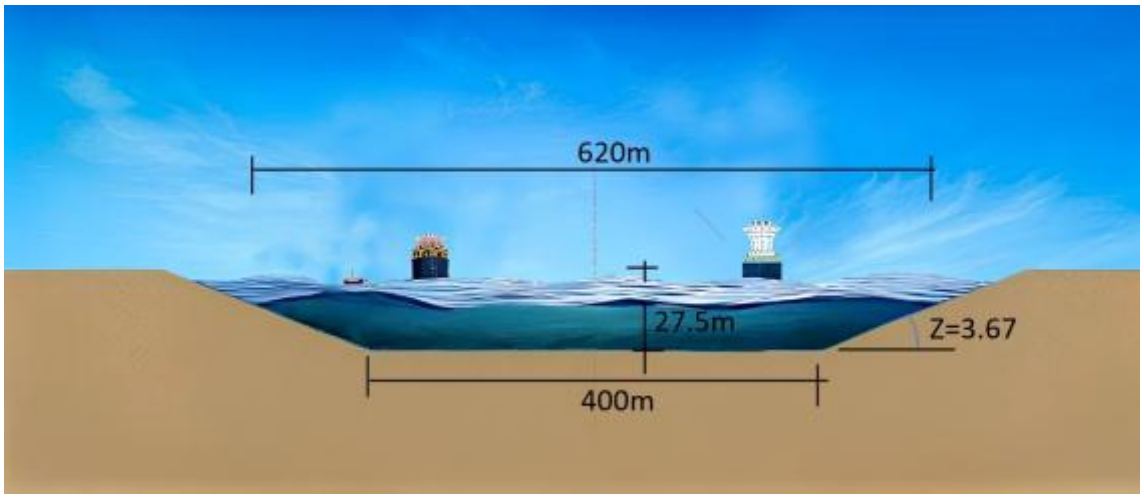
R=13775.438/609.209=22.612 m

ملاحظة: قد يزداد عرض السطح العلوي للقناة، وذلك تبعًا لنوع التربة (زاوية احتكاك التربة=Φ)، (زاوية الحفر=ß) وفقًا للعلاقة التالية [15]:

$$F_s = \frac{tan(\phi)}{\tan(ß)}$$

F_s as per [16].

ويبين الشكل (5) مقطعاً عرضياً في القناة



الشكل (5) المقطع العرضي للقناة في المنطقة الرملية الداخلية.

تعتمد كثافة الماء على الملوحة ودرجة الحرارة:

يوجد علاقتين لحساب الكثافة :

العلاقة التقريبية الأولى [15]:

$$\rho \approx 999.1 + 0.77(S - \frac{T-15}{5.13} - \frac{(T-15)^2}{128})$$

حيث: S الملوحة بواحدة PSU ، T درجة الحرارة بواحدة درجة مئوية

في الصيف T_1=34 °C / T_2= 30 °C S_1=40.5 PSU / S_2 = 36.5 PSU

الخليج العربي $\rho_1 \approx 999.1 + 0.77(40.5 - \frac{34-15}{5.13} - \frac{(34-15)^2}{128}) = 1025.26$ kg/m^3

بحر العرب $\rho_2 \approx 999.1 + 0.77(36.5 - \frac{30-15}{5.13} - \frac{(30-15)^2}{128}) = 1023.6$ kg/m^3

فرق الكثافة: $\Delta \rho = 1.66$ kg/m^3

في الشتاء T_1=22.5 °C / T_2= 26 °C S_1=40.5 PSU / S_2 = 36.5 PSU

الخليج العربي $\rho_1 \approx 999.1 + 0.77(40.5 - \frac{22.5-15}{5.13} - \frac{(22.5-15)^2}{128}) = 1028.82$ kg/m^3

بحر العرب $\rho_2 \approx 999.1 + 0.77(36.5 - \frac{26-15}{5.13} - \frac{(26-15)^2}{128}) = 1024.83$ kg/m^3

فرق الكثافة: $\Delta \rho = 3.99$ kg/m^3

بشكل عام، تكون نسبة الملوحة في الخليج العربي صيفًا وشتاءً كما يلي:

في الصيف الملوحة S= (40.5) PSU معدل درجة الحرارة T=30-34 °C ≈ 32 °C

$$\rho \approx 999.1 + 0.77(40.5 - \frac{32-15}{5.13} - \frac{(32-15)^2}{128}) = 1026 \text{ kg/m}^3$$

في الشتاء S= (40.5) PSU الملوحة T=22.5-26 °C ≈ 24.25 °C معدل درجة الحرارة

$\rho \approx 999.1 + 0.77(40.5 - \frac{24.25-15}{5.13} - \frac{(24.25-15)^2}{128}) = 1028.38\ kg/m^3$

فرق الارتفاع الهيدروليكي الناتج عن اختلاف الكثافة: $\Delta h = \frac{\Delta\rho}{\rho} H$

في الصيف $\Delta h = \frac{\Delta\rho}{\rho} H = \frac{1.66}{(1026)} \times 27.5 = 0.0445m$

في الشتاء $\Delta h = \frac{\Delta\rho}{\rho} H = \frac{3.99}{(1028.38)} \times 27.5 = 0.107m$

لذلك، يتراوح الفرق في مستوى المياه بين البحرين تقريباً بين (10.7 cm و 4.45 cm).

العلاقة التقريبية الثانية $\rho=1000+0.77S-0.2T$

في الصيف $\rho_1=1000+0.77(40.5)-0.2(34) = 1024.385\ kg/m^3$

$\rho_2=1000+0.77(36.5)-0.2(30) = 1022.105\ kg/m^3$

فرق الكثافة $\Delta\rho = 2.28\ kg/m^3$

في الشتاء $\rho_1=1000+0.77(40.5)-0.2(22.5) = 1026.685\ kg/m^3$

$\rho_2=1000+0.77(36.5)-0.2(26) = 1022.905\ kg/m^3$

فرق الكثافة $\Delta\rho = 3.78\ kg/m^3$

بشكل عام، تكون نسبة الملوحة في الخليج العربي صيفًا وشتاءً كما يلي:

في الصيف S= (40.5) PSU T=30-33.5°C ≈ 32°C

$\rho=1000+0.77(40.5)-0.2(32) = 1024.785\ kg/m^3$

في الشتاء S= (40.5) PSU T=22.5-26°C≈ 24.25 °C

$\rho=1000+0.77(40.5)-0.2(24.25) = 1026.335\ kg/m^3$

$\rho_{AVE}=(1024.785+1026.335)/2=1025.56\ kg/m^3$

فرق الارتفاع الهيدروليكي الناتج عن اختلاف الكثافة: $\Delta h = \frac{\Delta\rho}{\rho} H$

في الصيف $\Delta h = \frac{\Delta\rho}{\rho} H = \frac{2.28}{(1024.785)} \times 27.5 = 0.0612\ m$

في الشتاء $\Delta h = \frac{\Delta\rho}{\rho} H = \frac{3.78}{(1026.335)} \times 27.5 = 0.101\ m$

لذلك، يتراوح الفرق في المستوى الهيدروليكي بين البحرين تقريباً بين (10.1 cm و 6.12 cm).

ملاحظة: نلاحظ تشابه للقيم مع استخدام المعادلتين

معادلة مانينغ للسرعة النظامية (متوسط السرعة) $V=\frac{1}{n}R^{2/3}\ S_0^{1/2}$

$V= (1/0.05)\ (22.612)^{\wedge}2/3 \times (2.0243\times10^{-5})^{\wedge}1/2 = 0.72\ m/sec$

كمية المياه التي تم تصريفها: $Q = A.V$

$Q = (13775.438) \times (0.72) = 9918.315\ m^3/sec$

(عامل القسم) [14]. $S_f=A^3/T$

$S_f = (13775.438)^3/620 = 4.216\times 10^9\ m^5$

الإجهاد القاعي التقريبي (القص السفلي) (بوردين)[18] : $\tau_0 = \rho.g.R.S_0$

τ_0 إجهاد القص السفلي N/m^2

S_0 التدرج الهيدروليكي أو ميل القناة الطولية (بدون وحدة)

$\tau_0 = (1025.56)\ (9.81)\ (22.612)\ (2.0243\times10^{-5}) = 4.605\ N/m^2$

تمثل هذه القيمة القوة التي يطبقها تدفق المياه على كل متر مربع من قاع القناة

كثافة الماء $\rho = 1025.56\ kg/m^3$

تسارع الجاذبية الأرضية [19]. $g = 9.81\ m/s^2$

باستخدام معادلة برنولي المبسطة (التدفق الناتج عن اختلاف الارتفاع):

سرعة التيار الخارج [20]:

$V = \sqrt{2g\Delta h}$

where $g = 9.81\ m/s^2$

سنستخدم قيم ($\rho, \Delta h$) الناتجة من المعادلة التقريبية الثانية:

الصيف (تيار سطحي من البحر ذي الملوحة العالية)

$V_s = \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.0612} = 1.096\ m/s$

الشتاء (تيار عميق باتجاه البحر ذي الملوحة الأعلى)

$V_d = \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.101} = 1.408\ m/s$

ويبين الجدول (1) التوزيع الحالي للتيارات داخل القناة:

الجدول (1) توزيع التيارات المائية داخل القناة.

تقوم القناة بتبادل المياه على طبقتين (تدفق التبادل في مصب النهر)				
السرعة التقريبية	**نسبة العمق**	**طبقة**	**الاتجاه الحالي**	**الفصل**
1.096 m/s	**≈50%**	**سطحي 0-12m**	**من أدنى مستويات الملوحة إلى أعلى مستوياتها**	**الصيف من بحر العرب إلى الخليج العربي**
1.408 m/s	**≈50%**	**عميق 15-30m**	**من أعلى مستويات الملوحة إلى أدنى مستوياتها**	**الشتاء من الخليج العربي إلى بحر العرب**

الحسابات المذكورة أعلاه أولية وقابلة للتغيير إذا لزم الأمر (مرتبطة بنوع تربة مسار القناة).

معدل تحريك الملح (معدل نقل الملح) [21]::

$\Phi_{salt} \approx Q \cdot \rho \cdot \Delta S \cdot \eta$

يتم تطبيق عامل كفاءة الخلط التجريبي η (0.7–0.9) بشكل شائع لحساب الخلط المضطرب غير المحلول

$0.7 \le \eta \le 0.9$ $\eta \ge 0.8$

للقنوات الطويلة $\eta \ge 0.8$ -0.85

للمضائق الواسعة $\eta = 0.8$

تسريع حركة الماء $\eta = 0.8$-0.85

حيث أنّ $\Delta S = (S_1 - S_2)$ بواحدة الكتلة g/kg to kg/kg:(40.5-36.5) = 4 PSU

ΔS = 4 g/kg/1000=0.004 kg/kg

1 g/kg = 0.001 kg/kg

Φ_{salt} = (9918.315×1025.56×0.004) (0.80) = 32549.847 kg/s

بالنسبة لحجم التبادل السنوي (إذا بقي هذا التصريف ثابتًا طوال العام):

$$V_{year} = \frac{\Phi_{salt}}{\rho} \times (365 \times 24 \times 3600)$$

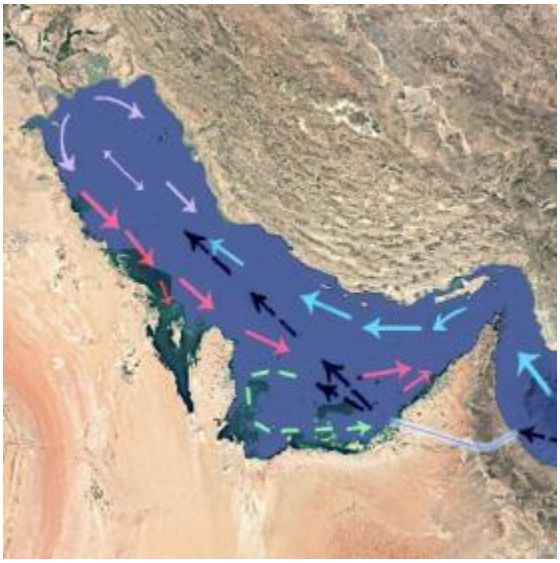
$$V_{year} = \frac{32549.847}{1025.56} \times (365 \times 24 \times 3600) \approx 1 \times 10^9 \ m^3/year = 1000 \ Mm^3/year$$

الأثر البيئي للقناة الجديدة:

سيكون هناك تدفق مستمر للمياه السطحية والعميقة من وإلى الخليج عبر القناة، على غرار التدفق عبر مضيق هرمز. وستكون حركة المياه من بحر العرب إلى الخليج العربي وبالعكس أسرع وأكبر، لا سيما قبالة سواحل الإمارات العربية المتحدة وقطر والبحرين والسواحل الجنوبية الغربية للمملكة العربية السعودية، هذا يعني أنّ مياه الخليج ستتمتع بقدرة أكبر على التجدد، وبالتالي الحد من الزيادة الحالية في الملوحة وتأثيرها السلبي على دول الخليج عموماً، والدول العربية خصوصاً.

يوضح الشكل (6) حركة التيارات المائية بين بحر العرب والخليج العربي بعد إنشاء الممر المائي الجديد:

تشير الأسهم الزرقاء/ والسوداء إلى تدفق المياه منخفضة الملوحة، وتشير الأسهم الحمراء/ والخضراء إلى تدفق المياه عالية الملوحة، بينما تُظهر الأسهم البنفسجية المناطق الانتقالية.



الشكل (6) حركة التيارات المائية بين بحر العرب والخليج العربي بعد انشاء الممر المائي الجديد.

الاستنتاجات والتوصيات:

الخلاصة:

يمثل إنشاء قناة تربط الخليج العربي ببحر العرب نهجاً استراتيجياً طويل الأمد لتعزيز تجديد المياه، والحد من زيادة الملوحة، وتوفير ممر بحري بديل يعزز الأمن الملاحي الإقليمي. ورغم ما ينطوي عليه المشروع من تحديات بيئية واقتصادية وجيوسياسية كبيرة، فإنّ فوائده المتوقعة تمكنه من أن يكون مبادرة لعمل بنية تحتية لتحقيق الاستدامة الإقليمية على المدى البعيد. علاوة على ذلك، فإنّ إنشاء هذه القناة لديه القدرة على التأثير بشكل كبير على المشهد الجيوسياسي، والمساهمة في إعادة تشكيل ديناميكيات القوة الاقتصادية والعسكرية في منطقة الشرق الأوسط الأوسع.

التوصيات:

1- لتحقيق تقييم دقيق وموثوق للقناة المقترحة، يجب أخذ العوامل الرئيسة التالية بعين الاعتبار:

ينبغي اختيار مسار القناة باستخدام تقنيات المسح بالأقمار الصناعية والاستشعار عن بُعد، وذلك للوصول إلى أفضل النتائج بأقل كلفة ممكنة، من خلال تطبيق التقنيات الحديثة، كما هو موضح أدناه:

تحليل صور الأقمار الصناعية عالية الدقة

استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية(Digital Elevation Models – DEMs)

2- يجب الحصول على توصيف دقيق لخواص التربة على طول مسار القناة المقترحة من خلال تنفيذ برنامج متكامل للتحريات الجيوتقنية الميدانية. ويشمل ذلك حفر آبار تغطي كامل مسار القناة، وإجراء مجموعة كاملة من الاختبارات المخبرية والموقعية لتحديد الخصائص الجيوتقنية لمواد التربة والصخور تحت السطح.

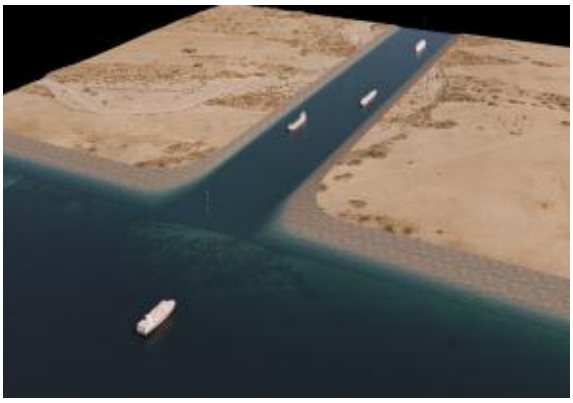
3- بالإضافة إلى ذلك، ينبغي إجراء تحليل تفصيلي لحركة دوران المياه وعمليات التبادل المائي باستخدام نمذجة هيدروديناميكية تعتمد برنامج المحاكاة المعترف به دولياً مثل البرنامج (FLOW- DelfL D3) أو غيره من برامج النمذجة الرقمية المعتمدة ويجب أن يتضمن إطار النمذجة محاكات للعمليات التالية:

التيارات المائية الداخلة والخارجة وتقييم دقيق للأداء الهيدروليكي والبيئي

التبادل المائي عبر مضيق هرمز وعبر قناة زياد المقترحة

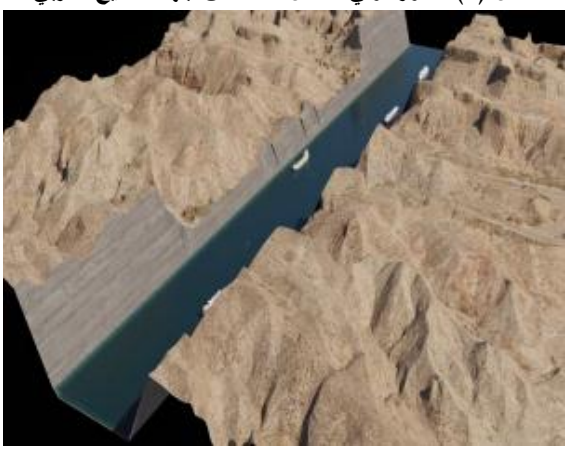
التوزيع المكاني والزماني للملوحة

الملحق A:

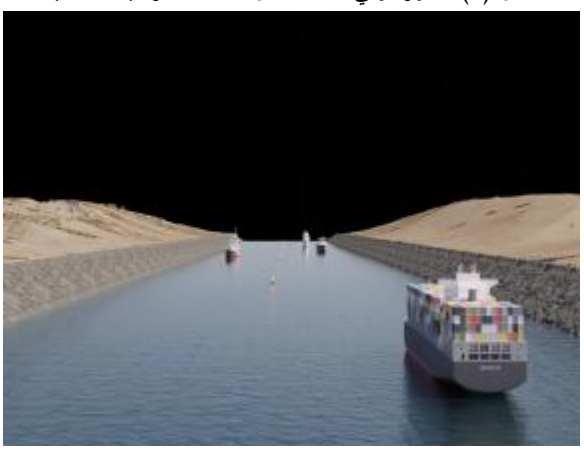


الشكل (7) تصور أولي لمدخل القناة من جهة الخليج العربي.

الشكل (8) تصور أولي للقناة داخل المنطقة الرملية الداخلية.



الشكل (9) تصور أولي لمقطع القناة عبر سلسلة جبال عُمان.



الشكل (10) تصور أولي للقناة داخل المنطقة الصخرية الداخلية.

References:

[1]. S. AlSarmi, R. Washington, " Recent Observed Climate Change over the Arabian Peninsula ", * Journal of Geophysical Research: Atmospheres *, vol. 116, issue 11 , pp. 2- 15, 2011.

[2]. M. A. Dawoud, " Environmental Impacts of Seawater Desalination: Arabian Gulf Case Study ", * International Journal of Environment and Sustainability*, vol. 1, no. 3 , pp. 22- 37, 2012.

[3]. G. O. Vaughan, N. Al-Mansoori, J. A. Burt, * The Arabian Gulf. In World Seas: An Environmental Evaluation Volume II: The Indian Ocean to the Pacific *, 2nd ed. London: Academic Press is an imprint of Elsevier, 2018.

[4]. F. Paparella, D. D'Agostino, J. A. Burt, " Long-term, basin-scale salinity impacts from desalination in the Arabian/Persian Gulf ", * Scientific Reports *, vol. 12, no. 1 , pp. 1- 13, 2022.

[5]. A. Hashim, M. Hajjaj, " Impact of desalination plants fluid effluents on the integrity of seawater, with the Arabian Gulf in perspective ", * Desalination *, vol. 182, issue 1, pp. 373- 393, 2005.

[6]. H. D. Ibrahim, P. Xue, E. A. B. Eltahir, " Multiple Salinity Equilibria and Resilience of Persian/Arabian Gulf Basin Salinity to Brine Discharge ", * Frontiers in Marine Science *, vol. 7, pp. 1- 15, 2020.

[7]. Coral Reef Watch, N. O. A. A. C. R. (n.d.), " Daily Global 5km Satellite Sea Surface Temperature (a.k.a. CoralTemp)", The NOAA Coral Reef Watch (CRW), Version 3.1, released August 1, 2018.

[8]. " How Saudi Arabia’s Salman canal can be alternative to Iran -dominated strait of Hormuz", *Hellenic Shipping News *, Nov. 25, 2024. [Online]. Available: https://www.hellenicshippingnews.com.

[9]. " Iran plans to build canal linking Caspian Sea to the Persian Gulf ", The Telegraph (UK), 2016.

[10]. R. M. Reynolds, " Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman—Results from the Mt Mitchell expedition", * Marine Pollution Bulletin *, vol. 27, pp. 35- 59, 1993.

[11]. P. V. Hareesh Kumar, B. Mathew, " Salinity distribution in the Arabian Sea ", * Indian Journal of Marine Sciences *, vol. 26, no. 3, pp. 271- 277, 1997.

[12]. C. Conduits, F. Partially, " Manning ’ s n Values Manning ’ s n for Channels (Chow , 1959). part-1 / c" (open channel and their properties), 20, 2014.

[13]. United States Department of The Interior Bureau Of Reclamation, * Design of Small Dams (Water Resources Technical Publication Series)*, United States Government Printing; 3rd Edition, 6(Recommended slopes), 1987.

[14]. H. E. Davis, C. Editor, S. Toront, * Hydraulics i *, New York: McGraw-Hill Book Company, 1984.

[15]. K. M. Cruikshank, A.M. Johnso, * Theory of Slope Stability *, Portland State University, 2002.

[16]. US Army Corps of Engineers, * Slope stability -ENGINEER MANUAL *, Washington, D.C., USACE, 2003.

[17]. "Seawater density", *Coastal WiKi. (n.d.)*, Feb. 22, 2021. [Online]. Available: https://www.coastalwiki.org.

[18]. K. S. Richards, " Fluid Mechanics ", The Dictionary of Physical Geography, Fourth Edition, Chapter 2(Open-Channel Flow), 62, 2016.

[19]. A. H. Johnstone , " CRC Handbook of Chemistry and Physics—69th Edition Editor in Chief R. C. Weast, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 1988, pp. 2400, price £57.50. ISBN 0–8493–0369–5 ", * Journal of Chemical Technology & Biotechnology *, vol. 50, issue 2 , pp. 294- 295, 1991.

[20]. E. Rathakrishnan, * Instrumentation, Measurements, and Experiments in Fluids *, 7th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

[21]. U.S. Geological Survey (USGS), * Computation of Freshwater–Saltwater Mixing in Estuaries *, Department of the Interior United States Geological Survey, 2008.