مشروع تحلية ونقل المياه
العقبة- عمان (مشروع الناقل الوطني)

تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2025

الفصل 4: بدائل المشروع

قائمة المحتويات

4 بدائل المشروع 4
Error! Bookmark not defined. ..... 1.4 المقدمة
4 ..... 2.4 سياق المياه في الأردن والحاجة إلى المشروع
4 ..... 1.2.4 الطلب الوطني الحالي والمتوقع على المياه
4 ..... 2.2.4 مصادر المياه الحالية
5 ..... 3.2.4 التحديات
5 ..... 4.2.4 ضرورة مشروع الناقل الوطني وفوائده
7 ..... 3.4 التصميم والبدائل المقترحة
7 ..... 1.3.4 عناصر المشروع ومعايير التقييم
9 ..... 2.3.4 محطة الضخ البحرية ومحطة سحب المياه
17 ..... 3.3.4 محطة تحلية المياه
20 ..... 4.3.4 بدائل نظام الناقل
34 ..... 5.3.4 الطاقة والطاقات المتجددة
39 ..... المراجع

قائمة الاشكال

الشكل 4- 1توقعات العرض والطلب لقطاع البلديات (مياه الشرب) (الاستراتيجية الوطنية للمياه 2023-2040) (وزارة المياه والري، 2023) 6
الشكل 4- 2ملخص القرارات الرئيسية للمشروع والخيارات البديلة..... 8
الشكل 4- 3 مواقع البنية التحتية البديلة للمدخل والمخرج..... 10
الشكل 4- 4 اتجاهات موزع تصريف المحلول الملحي البديل ..... **Error! Bookmark not defined.**
الشكل 4- 5مواقع محطات تحلية المياه البديلة..... 18
الشكل 4- 6 بدائل التوجيه حول مطار الملكة علياء الدولي..... 23
الشكل 4- 7 قرية الديسة - المسار الأصلي والمسار الإرشادي المنقح "مسار الصحراء الشمالية"..... 27
الشكل 4- 8 قرية القطرانة والحسا - مسارات أصلية وإرشادية منقحة..... 29
الشكل 4- 9 مخططات نظام النقل لعام 2022 المخطط الحالي..... 32
الشكل 4- 10 مواقع الطاقة المتجددة البديلة وخيارات مسار خطوط النقل الجوي..... 37

قائمة الجداول

الجدول 4- 1 معايير التقييم المستخدمة في التقييم المقارن للخيارات البديلة 7
الجدول 4- 2 ملخص التقييم المقارن لمواقع سحب مياه البحر وتصريفها 11
الجدول 4- 3 ملخص التقييم المقارن لخيارات نقل السحب البحري..... **Error! Bookmark not defined.**
الجدول 4- 4 ملخص التقييم المقارن لخيارات سحب المياه..... 15
الجدول 4- 5 ملخص التقييم المقارن لبدائل مواد خطوط الأنابيب الداخلة والخارجة ..... **Error! Bookmark not defined.**
الجدول 4- 6 ملخص التقييم المقارن لخيارات التحكم في التلوث..... **Error! Bookmark not defined.**
الجدول 4- 7 ملخص التقييم المقارن لخيارات اتجاه الموزع ..... **Error! Bookmark not defined.**
الجدول 4- 8 ملخص التقييم المقارن لبدائل مواقع محطات تحلية المياه 19
الجدول 4- 9 ملخص التقييم المقارن لبدائل تنظيف النفايات في الموقع..... 20
الجدول 4- 10ملخص التقييم المقارن لبدائل المسارات حول مطار الملكة علياء الدولي..... 23
الجدول 4- 11ملخص التقييم المقارن لبدائل مواد خطوط الأنابيب للنقل 25
الجدول 4- 12 مقارنة بين سعات خزانات التخزين المقدرة (2022 مقابل التصميم الأمثل) 32
الجدول 4- 13ملخص التقييم المقارن لبدائل مواقع مرافق الطاقة المتجددة 36
الجدول 4- 14 ملخص التقييم المقارن لبدائل مسارات خط النقل الهوائي..... 38

4. بدائل المشروع

1.4 المقدمة

تم تصور مشروع تحلية ونقل المياه العقبة-عمان (مشروع الناقل الوطني) في البداية من قبل وزارة المياه والري الأردنية (MWI) مع التصميم الأولي ودراسات الجدوى الفنية المكتملة في عام 2018. وفي عام 2019، أصدرت وزارة المياه والري طلبًا للحصول على الدعم من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية(USAID) . وقد عينت الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية فريقًا من الاستشاريين للعمل مع الحكومة الأردنية ووزارة المياه والري لتقديم المساعدة أثناء عملية طرح العطاءات للمشروع وتوقيع اتفاقيات المشروع مع مقاول البناء والتملك والتشغيل والنقل (BOT). وقد تم الانتهاء من التصميم المفاهيمي لعام 2022 لأغراض طرح العطاءات. حيث تم إعداد دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي (يُشار إليها فيما يلي باسم "دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2022") واعتمادها من قبل وزارة البيئة الأردنية وسلطة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة راجع الفصل 1 القسم 3.1 [1](تيتراتك، 2022).

قدّم مقاولو البناء والتشغيل والنقل مقترحاتهم الأولية استجابةً لطلب العطاء في كانون ثاني 2023. وخضعت هذه المقترحات لمزيد من التطوير في آب 2024، وتضمنت تحسينات في التصميم، مما أدى إلى تغييرات في التصميم المفاهيمي الأولي لعام 2022. وفي أيلول من عام 2024، تم تعيين ائتلاف شركتي ميريديام وسويز، مع مقاوليهما (مقاولي الهندسة والتوريد والبناء Engineering, Procurement, and Construction - EPC) ومقاولي التشغيل والصيانة ، باعتبارهم مقاول البناء والتشغيل والنقل، وبدأوا العمل على تصميم المشروع بموجب توجيه الإشعار المحدود ببدء العمل (Limited Notice to Proceed - LNTP). ومن المخطط أن يمتد برنامج الإشعار المحدود ببدء العمل حتى الربع الأول من عام 2026 قبل بدء أعمال التصميم التفصيلي للمشروع وأعمال البناء.

يقدّم هذا الفصل من دراسة عام 2025 عرضًا عامًا لأهم بدائل التطوير وخيارات التصميم التي نظر فيها المشروع حتى تاريخه، كما يوضح كيف أسهم تطبيق تسلسل التخفيف وأخذ شواغل أصحاب المصلحة بعين الاعتبار في توجيه عملية التصميم.

ولا يزال تحسين التصميم جاريًا ضمن نطاق أعمال عقد الإشعار المحدود بالبدء(LNTP) ، وقد يترتب على ذلك إدخال تغييرات على التصميم. وفي الحالات التي تكون فيها هذه التغييرات معروفة بشكل معقول، فقد جرى وصفها في هذا الفصل إلى جانب الآثار المحتملة المرتبطة بها، ولا سيما خيار استخدام بحيرة محطة توليد كهرباء العقبة القائمة كمأخذ للمياه، والذي قد يسهم في تقليل الآثار المرتبطة بالبيئة البحرية بشكل إضافي.

وعلاوة على ذلك، ستستمر مشاورات أصحاب المصلحة مع تقدم التصميم، الأمر الذي قد يؤدي إلى مزيد من تحسينات التصميم، إلى جانب تنفيذ مسوحات تفصيلية قبل مرحلة الإنشاء، وذلك كما هو موضح في الفصل التاسع. وفي حال تحديد أي تغييرات على التصميم المرجعي من قبل المشروع، فسيتم تطبيق إجراءات إدارة التغيير لمراجعة تلك التغييرات، وتقييم أي تغيّر محتمل في الآثار وما يرتبط بها من تدابير التخفيف والإدارة عند الاقتضاء.

2.4 سياق المياه في الأردن والحاجة إلى المشروع

1.2.4 الطلب الوطني الحالي والمتوقع على المياه

يُصنف الأردن كمنطقة شبه قاحلة إلى قاحلة، وهو من أفقر دول العالم بالمياه، حيث لا يتوفر سوى 61 مترًا مكعبًا من المياه العذبة المتجددة للفرد سنويًا اعتبارًا من عام 2021. وكما هو مذكور في الاستراتيجية الوطنية للمياه في الأردن 2023-2040 (وزارة المياه والري، 2023)، فإن هذا أقل بكثير من خط ندرة المياه المطلقة المعترف به دوليًا والبالغ 500 متر مكعب للفرد سنويًا. ويعزى الطلب على المياه في البلاد إلى النمو السكاني السريع والتنمية الاقتصادية والحاجة إلى توفير مياه شرب آمنة.

ومن المتوقع أن ينمو عدد سكان الأردن من 11 مليون نسمة في عام 2021 إلى 16.8 مليون نسمة بحلول عام 2040 (وزارة المياه والري، 2023)، مما يزيد من تفاقم الطلب على المياه. وتتوقع الاستراتيجية الوطنية للمياه 2023-2040 أن يرتفع إجمالي الطلب على المياه من 1,486 مليون متر مكعب في عام 2021 إلى 2,013 مليون متر مكعب بحلول عام 2040. ويشمل ذلك ارتفاعًا كبيرًا في الطلب على المياه البلدية، والذي من المتوقع أن ينمو من 682 مليون متر مكعب في عام 2021 إلى 991 مليون متر مكعب بحلول عام 2040.

2.2.4 مصادر المياه الحالية

إمدادات المياه في الأردن تستمد من ثلاثة مصادر رئيسية: 27-30% من المياه السطحية، و56-59% من المياه الجوفية، و14-15% من المياه العادمة المعالجة (وزارة المياه والري، 2023 والمجلة الأمريكية لموارد المياه، 2022). وتشمل الموارد غير التقليدية الأخرى

[1] تم تحديث دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2022 لاحقًا في كانون ثاني 2025 ليشمل تغييرًا في مسار الناقل - راجع القسم 4.3.4.2 أدناه.

تحلية المياه قليلة الملوحة ومياه البحر على نطاق صغير. وفي عام 2021، شكلت تحلية مياه البحر 0.06% من إمدادات المياه في الأردن، وكان يتم إنتاجها واستهلاكها بشكل أساسي من قبل المستخدمين الصناعيين في العقبة.

ان موارد المياه السطحية في الأردن محدودة ومتغيرة للغاية بسبب مناخ البلاد شبه الجاف إلى الجاف. حيث تشمل المصادر الرئيسية نهر الأردن ونهر اليرموك ونهر الزرقاء، رغم أن التدفقات انخفضت بشكل كبير بسبب السحب من المنبع من قبل الدول المجاورة. توفر السدود الرئيسية الـ 13 في الأردن 280 مليون متر مكعب من تخزين المياه، لكن هذه السعة آخذة في التقلص بسبب تراكم الترسيب (وزارة المياه والري، 2023).

إن المياه الجوفية، التي توفر أكثر من نصف الإمدادات السنوية للأردن (619 مليون متر مكعب في عام 2021)، يتم توفيرها من طبقات المياه الجوفية المتجددة (450 مليون متر مكعب في عام 2021) والموارد غير المتجددة في حوضي الديسة والجفر (169 مليون متر مكعب في عام 2021). وكما ورد في الاستراتيجية الوطنية للمياه في الأردن (وزارة المياه والري، 2023)، فإن معدل الاستخراج الآمن والمستدام من المياه الجوفية المتجددة يقدر بحوالي 280 مليون متر مكعب سنويًا ومعدل الاستخراج الحالية أعلى بكثير من هذا المعدل. وقد أصبحت المياه العادمة المعالجة مصدرًا متزايد الأهمية، وخاصة للري. وقد أدت تقنيات معالجة المياه العادمة المتقدمة إلى زيادة استخدام المياه المستصلحة بشكل كبير، حيث يتم استخدام أكثر من 90٪ من المياه المستصلحة في الأردن، ومعظمها للري، وهو القطاع الأكثر استهلاكًا للمياه في البلاد. وتأتي إمدادات البلديات في المقام الأول من المياه الجوفية، حيث يستمد 70٪ من مياه الشرب من إمدادات المياه الجوفية (وزارة المياه والري، 2023).

3.2.4 التحديات

هنالك فجوة كبيرة ومتنامية بين موارد المياه الحالية والطلب عليها في الأردن، مدفوعة بعدد من التحديات. وقد أدى الاعتماد على موارد المياه الجوفية إلى الإفراط في استخراج المياه من طبقات المياه الجوفية الرئيسية مثل الديسة والأزرق. وقد أدى ذلك إلى انخفاض منسوب المياه الجوفية وتدهور جودة المياه، وتفاقمت هذه الفجوة بسبب العوامل المرتبطة بالمناخ مثل انخفاض هطول الأمطار وارتفاع درجات الحرارة والجفاف لفترات طويلة، وكلها تقلل من معدلات تغذية طبقات المياه الجوفية الطبيعية. وقد سعت الحكومة الأردنية إلى معالجة هذا الأمر من خلال وضع وتنفيذ استراتيجيات وطنية متتالية للمياه منذ عام 1998، والاستثمار الكبير في موارد وتقنيات المياه التقليدية وغير التقليدية، والترويج النشط والمستدام لكفاءة المياه وإعادة استخدامها وممارسات الحفاظ عليها. ومع ذلك، استمرت فجوة العرض والطلب على المياه في الاتساع على الرغم من هذه الإجراءات.

وقد تفاقم الوضع بسبب الضغوط الديموغرافية والاقتصادية. وقد أدى التوسع الحضري السريع والنمو الاقتصادي إلى تكثيف الطلب على المياه للأغراض المنزلية والصناعية، وخاصة في المدن الكبرى والمناطق الصناعية. يشهد الطلب تزايدًا مستمرًا نتيجةً لهذا النمو السكاني والتدفق الدوري للاجئين الفارين من عدم الاستقرار في بعض الدول المجاورة. إضافةً إلى ذلك، ازداد الطلب على الزراعة والمحاصيل، حيث شهدت الأراضي المروية المزروعة زيادةً سنويةً مستمرةً منذ ثمانينيات القرن الماضي، مما زاد الضغط على الموارد المتاحة (وزارة المياه والري، 2023). ينبغي تعزيز مبادرات مثل زيادة كفاءة الري وإعادة استخدام المياه العادمة في القطاع الزراعي، وحصاد مياه الأمطار، والطرق القائمة على النظم البيئية، إلا أن هذه المبادرات في الأردن لا تستطيع توفير الكمية والتوزيع المطلوبين على المدى القصير والمتوسط.

تشمل تحديات الأمن المائي طويل الأمد وأمن الإمداد، كما هو مذكور في الاستراتيجية الوطنية للمياه 2023-2040، ما يلي:

- «ازداد الاعتماد على شراء المياه من مصادر دولية خلال السنوات الأخيرة، مما زاد من هشاشة خيارات الإمداد.
- ضرورة التزام جميع الأطراف بالاتفاقيات المبرمة للمياه العابرة للحدود.
- لا تزال التحديات قائمة في الالتزام باتفاقيات المياه الإقليمية التي تضمن حقوق الأردن في موارد المياه المشتركة».

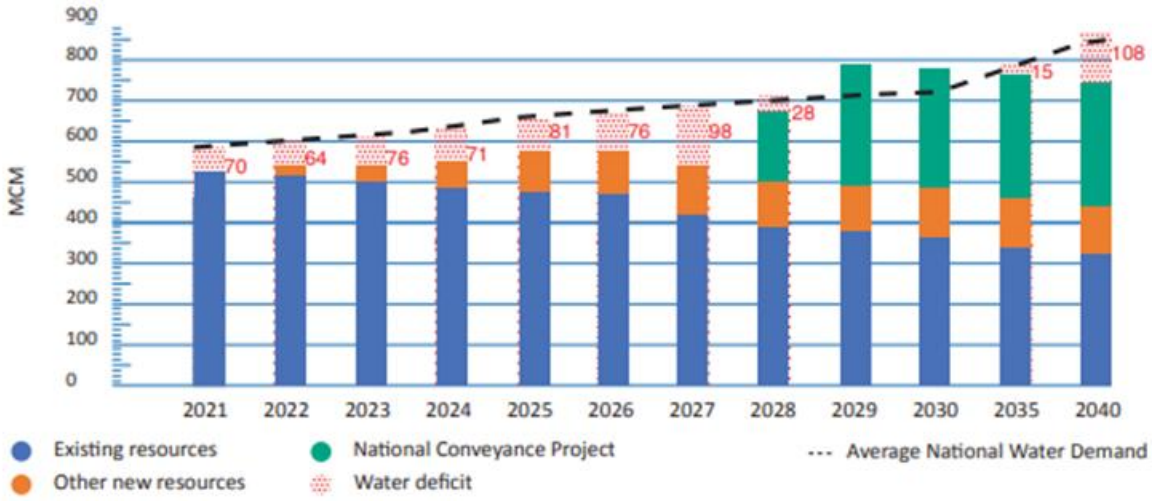
وقد تجلّت هذه التحديات العابرة للحدود، جزئيًا، من خلال مشروع ربط البحر الأحمر - البحر الميت، الذي تم وضع فكرته في ستينيات القرن الماضي لتوفير مياه الشرب للأردن والأراضي الفلسطينية. وقد تقدم المشروع في مراحل تطوير مختلفة، حيث تم وضع الاتفاقيات، وتحديد وتقييم التصميم والمسار، وتوفير التمويل من مصادر تجارية، بما في ذلك الديون والأسهم والتمويل الدولي. ومع ذلك، ونتيجة للتأخيرات المتعددة، وفي نهاية المطاف عدم وجود دعم من الشركاء عبر الحدود، فقد تم التخلي عن المشروع رسميًا في عام 2021. ومع ذلك، تم الاحتفاظ بمفهوم مخطط تحلية المياه ونقلها في النهج الاستراتيجي للأردن لمعالجة الطلب المتزايد على المياه.

4.2.4 ضرورة مشروع الناقل الوطني وفوائده

تم تصور مشروع تحلية ونقل مياه العقبة- عمان (المعروف أيضًا باسم مشروع الناقل الوطني) كمبادرة رئيسية للبنية التحتية والتي تهدف إلى معالجة التحديات التي تمت مناقشتها في القسم 4.2.3 أعلاه، ويستند إلى مشروع ربط البحر الأحمر - البحر الميت الذي تم التخلي

عنه سابقًا بالإضافة إلى مشاريع نقل وطنية أخرى. ويشمل ذلك ناقل مياه الديسة، الذي بدأ تشغيله في عام 2013 ويشمل ضخ ونقل المياه الجوفية من طبقة الديسة المائية في جنوب الأردن إلى عمان.

Error! Not a valid bookmark self-reference. تقديرات الطلب والعرض المتوقعة للمياه البلدية كما وردت في الاستراتيجية الوطنية للمياه في الأردن 2023-2040، (وزارة المياه والري 2023)، بما في ذلك العرض المتوقع من مشروع الناقل الوطني[2] .



الشكل 4- 1توقعات العرض والطلب لقطاع البلديات (مياه الشرب) (الاستراتيجية الوطنية للمياه 2023-2040) (وزارة المياه والري، 2023)

ما هو مذكور في الاستراتيجية الوطنية للمياه في الأردن 2023-2040 (وزارة المياه والري، 2023)، تم تصميم مشروع الناقل الوطني ليتم تنفيذه بالاقتران مع الإدارة المستدامة للمياه العذبة المتجددة في جميع أنحاء الأردن، ليس فقط لوقف تدهور إمدادات المياه، ولكن أيضًا لتمكين استعادة موارد المياه الجوفية.

يمكن تلخيص الفوائد الرئيسية للمشروع على النحو التالي:

- تقليل الاعتماد على المياه الجوفية المستخرجة بشكل مفرط
- حماية طبقات المياه الجوفية من المزيد من التدهور
- تحسين جودة المياه الجوفية
- تخفيف الضغط على إمدادات المياه العذبة الحالية
- توسيع نطاق إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة، لا سيما في الري
- تحديث شبكة المياه وتحسين إدارتها
- توفير أمن إمدادات المياه على المدى الطويل
- تقليل الاعتماد على اتفاقيات المياه الإقليمية
- تقليل الاعتماد على مصادر المياه الدولية

يعد هذا المشروع أساسيًا لتحقيق أهداف التنمية طويلة الأجل للأردن الموضحة في الاستراتيجية الوطنية للمياه 2023-2040، فضلاً عن أهداف التنمية المستدامة (Sustainable Development Goals - SDGs) التي يلتزم بها الأردن. ولن تتحقق أي من الفوائد المذكورة أعلاه إذا لم يتم المضي قدمًا في المشروع، أي في ظل مفهوم "عدم التنمية".

[2] تجدر الإشارة إلى أن الاستراتيجية الوطنية للمياه تم إعدادها في عام 2023، وفي ذلك الوقت كان من المتوقع أن يبدأ تشغيل مشروع الناقل الوطني في عام 2028؛ ومن المتوقع الآن أن يبدأ في عام 2030.

3.4 التصميم والبدائل المقترحة

1.3.4 عناصر المشروع ومعايير التقييم

ركز تطوير تصميم مفهوم مشروع الناقل الوطني على تحديد وتقييم البدائل المرتبطة بعناصر المشروع التالية:

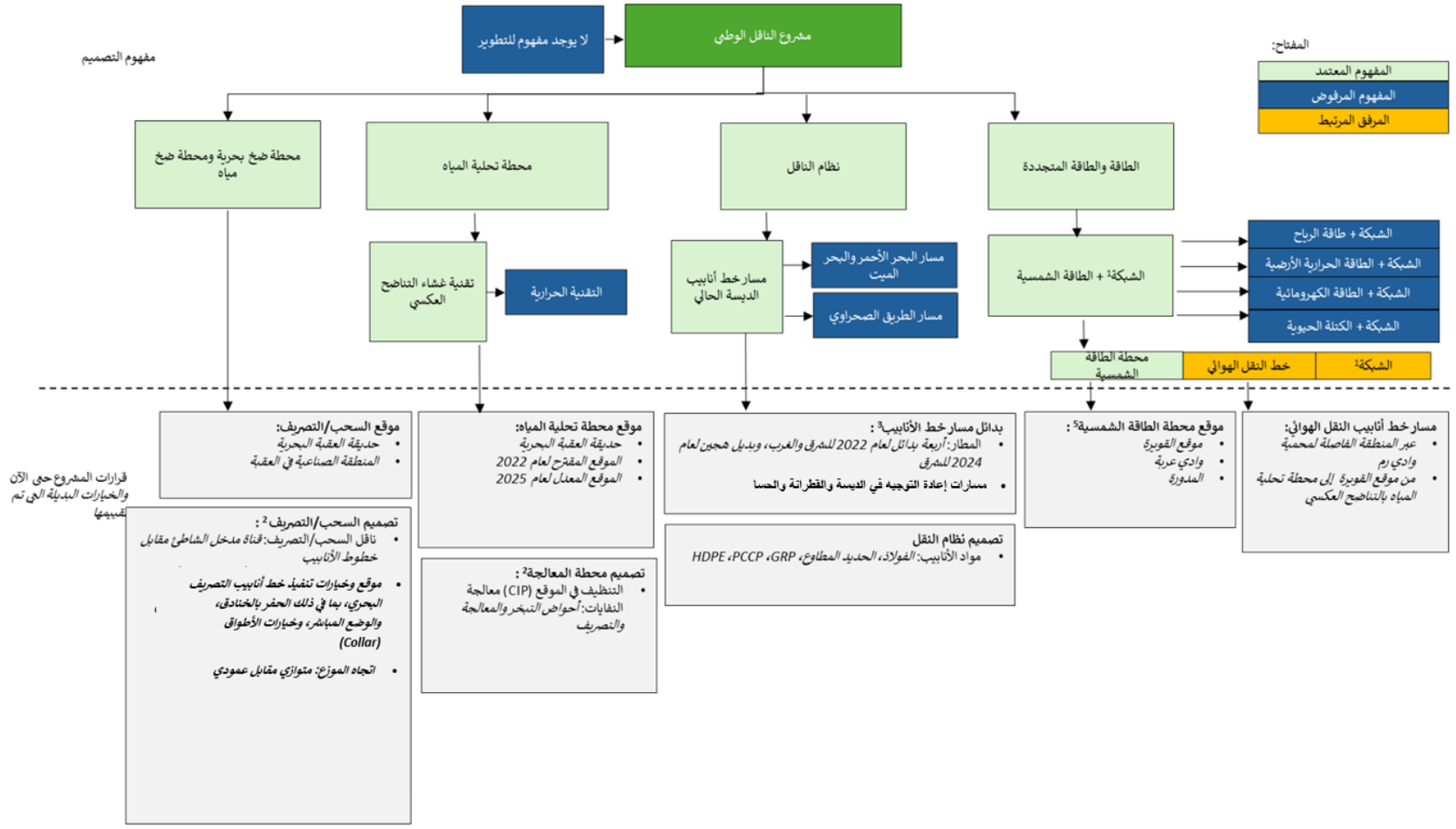
- البنية التحتية لسحب وتصريف المياه البحرية
- محطة تحلية المياه
- نظام الناقل
- إمدادات الطاقة والمرافق المتجددة

تضمنت الخيارات التي تم النظر فيها خيارات الموقع والمسار، وبدائل التصميم والتكنولوجيا. وقد أخذ تقييم هذه الخيارات في الاعتبار الأهداف الشاملة للمشروع كما تمت مناقشتها في القسم 0 أعلاه.

Error! Reference source not found. أدناه نظرة عامة على قرارات التصميم الرئيسية والخيارات البديلة التي نظر فيها المشروع لكل عنصر من عناصر المشروع. وقد تم إجراء تقييم مقارن للخيارات البديلة الموضحة في هذا الفصل باستخدام معايير التقييم الموضحة في**Error! Reference source not found.** . ان التقييم المقارن هو تقييم نوعي باستثناء الحالات التي تتوفر فيها بيانات كمية، مثل البصمة البيئية والأبعاد والمواد وتقديرات النفايات أو الانبعاثات.

الجدول 4- 1 معايير التقييم المستخدمة في التقييم المقارن للخيارات البديلة

معايير التقييم	الجوانب التي تم أخذها في الاعتبار
الجدوى التقنية	التعقيد، قابلية البناء، قابلية التشغيل، الجدول الزمني، السلامة التقنية والقيود الجغرافية، على سبيل المثال القرب من البنية التحتية الحالية، توفر الأراضي
الجدوى الاقتصادية	التكلفة، والقدرة على تحقيق الأهداف الاقتصادية للمشروع
البيئة	التنوع الحيوي (بما في ذلك خدمات النظم البيئية)، وجودة الهواء، والضوضاء، وغازات الدفيئة، وتغير المناخ، والهيدرولوجيا ومخاطر الفيضانات، وكفاءة استخدام الطاقة، والمناخ وانبعاثات غازات الدفيئة، وجودة التربة والمياه، وتوليد النفايات، واستخدام المواد، والجوانب العابرة للحدود والتراكمية
اجتماعية	اضطراب المجتمع، جوانب سبل العيش وإعادة التوطين، صحة المجتمع وسلامته، التراث الثقافي، حقوق القبائل، المناظر الطبيعية والبصرية، تصورات الجمهور، جوانب البنية التحتية والخدمات

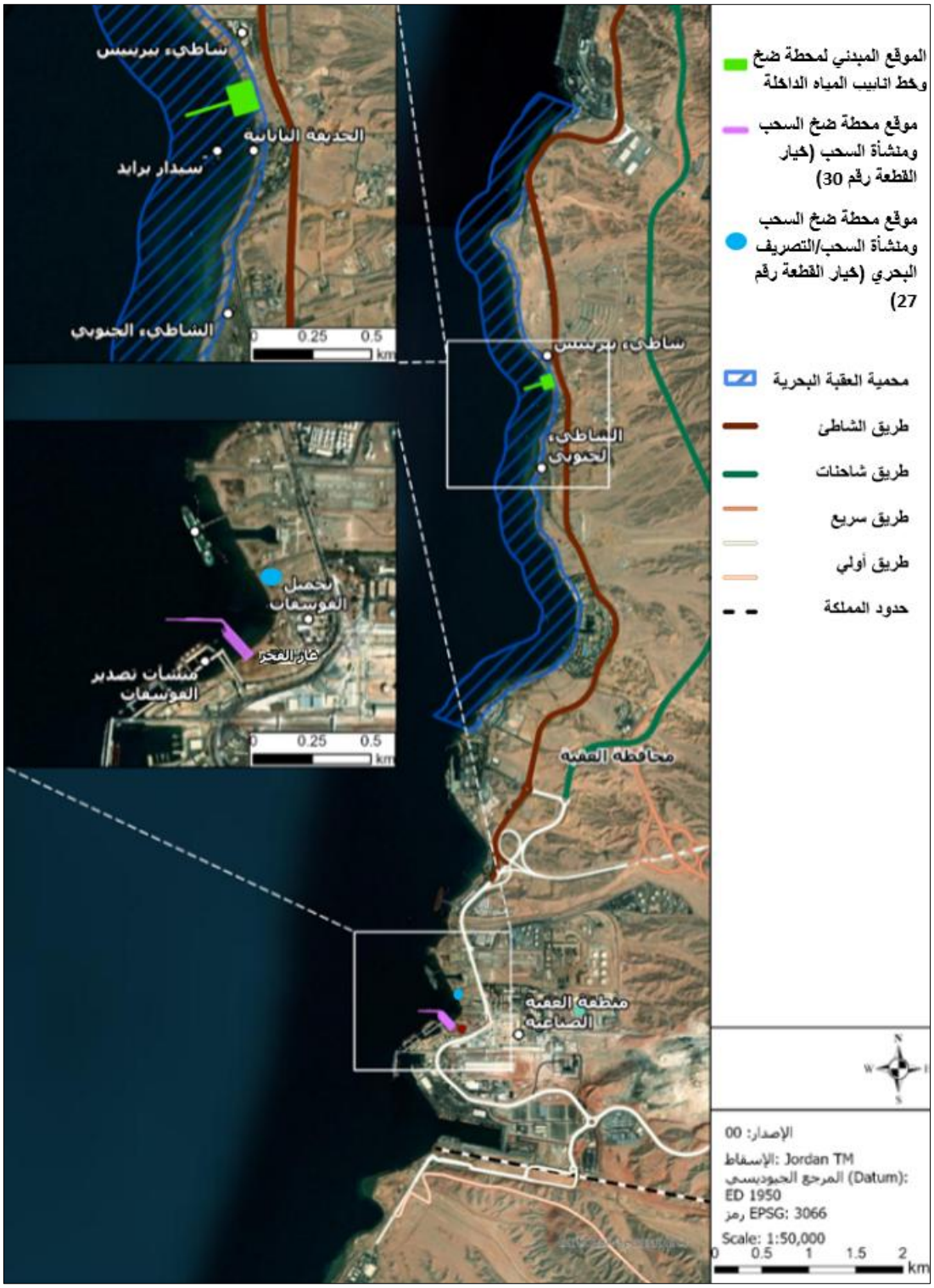


الشكل 4- 2 ملخص القرارات الرئيسية للمشروع والخيارات البديلة

2.3.4 محطة الضخ البحرية ومحطة سحب المياه

1.2.3.4 موقع سحب مياه البحر وتصريف المياه المالحة

تم في مرحلة التطوير المفاهيمي الأولية تقييم منطقتين على طول الخط الساحلي لتحديد مواقع مرافق السحب وخط التصريف البحري. وتُبيَّن هذه المواقع في **Error! Reference source not found.**.



الشكل 4- 3 مواقع البنية التحتية البديلة للمدخل والمخرج

استند الموقع الأولي الذي جرى النظر فيه لمنشآت السحب والتصريف البحري المقترحة إلى دراسات الجدوى التي أُجريت عام 2018 (كما وردت في دراسة عام 2022)، وتضمن اختيار موقع **محطة ضخ السحب (IPS)** على قطعة أرض تقع بين مرافق منتجع برنيس بيتش من الشمال، وموقع الغطس المعروف بالحديقة اليابانية من الجنوب. وامتدت خطوط أنابيب السحب والتصريف البحري المقترحة من هذا الموقع باتجاه البحر. وكما هو موضح في **Error! Reference source not found.**، يقع مسار خطوط الأنابيب لهذا الخيار ضمن المنطقة المحمية لمنتزه العقبة البحري.

ومن منظور بيئي واجتماعي، لم يُعتبر هذا الخيار مقبولًا. إذ إن تنفيذ خطوط الأنابيب ووجودها داخل منتزه العقبة البحري قد ينطوي على احتمالية حدوث آثار كبيرة على النظم البيئية والموائل المهمة داخل المنتزه، سواء خلال مرحلتي الإنشاء أو التشغيل. وقد تتطلب أعمال الإنشاء حفر خنادق في قاع البحر، بما قد يؤدي إلى التأثير على النباتات والحيوانات القاعية ضمن المنتزه البحري. بالإضافة إلى ذلك، من المرجح أن يتداخل المشروع مع الأنشطة الترفيهية التي يمارسها مستخدمو المنتزه البحري، مثل الغوص، وأن يؤثر على العوائد السياحية المرتبطة بذلك طوال فترة تنفيذ الأعمال البحرية. ويُعد منتزه العقبة البحري، والسياحة البيئية المرتبطة به، مصدرًا مهمًا للتشغيل والدخل في المنطقة، إلى جانب أنشطة الصيد الصغيرة (للاستهلاك المحلي) والمشغلين البحريين الذين يعتمدون في مصادر رزقهم على سلامة النظم البيئية البحرية.

وبناءً على ذلك، تم استبعاد هذا الموقع، وركز المشروع على خيارات بديلة قابلة للتنفيذ لتحديد مواقع محطة ضخ السحب ومنشآت السحب والتصريف البحري جنوب محمية العقبة البحرية، بين — وبما في ذلك — بحيرة السحب التابعة لمحطة توليد كهرباء العقبة الحرارية ومنشأة تصدير الفوسفات (انظر **Error! Reference source not found.**). ومن الناحية الفنية، يواجه هذا الموقع بعض القيود المرتبطة بالبنية التحتية القائمة المحيطة به، والتي تشمل عمليات منشأة الفوسفات إلى الجنوب وخط أنابيب غاز بحري قائم (ومنطقة الأمان المرتبطة به). إلا أن القيود البيئية والاجتماعية المرتبطة بموقع محمية العقبة البحرية يتم تجنبها في هذا الخيار. ويعرض **Error! Not a valid bookmark self-reference.** ملخص التقييم المقارن بين الموقعين.

الجدول 4- 2 ملخص التقييم المقارن لمواقع سحب مياه البحر وتصريفها

معايير التقييم	مواقع سحب مياه البحر وتصريفها	
	البديل 1: محمية العقبة البحرية	البديل 2: المنطقة الصناعية في العقبة
الجدوى الفنية	🔴	🟢
الجدوى الاقتصادية	🟠	⚪
البيئية	🟠	⚪
الاجتماعية	🟠	⚪

المفتاح:

محايدة (لا توجد فروقات مميزة)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	مفيد	لا ينطبق على هذا القرار غير مطبق
🟡	🔴	🟠	⚪	🟢	

2.2.3.4 تصميم منشأة السحب البحري

أخذ المشروع بعين الاعتبار عدة بدائل لسحب مياه البحر، باستخدام إما خطوط أنابيب بحرية أو قناة سحب ساحلية خرسانية. وتشمل الخياران الرئيسيان اللذان تم النظر فيهما ما يلي:

البديل 1: خطوط سحب مزوّدة بأبراج سحب ومحطة ضخ السحب (Intake Pumping Station - IPS) في القطعة 30:

تناول هذا البديل تنفيذ خطّي سحب أو أربعة خطوط سحب موضوعة على قاع البحر داخل خندق، يتم ردمه وتزويده بحماية مناسبة ضد النحر وتأثيرات الأمواج، ومتصلة بهياكل أبراج سحب بحرية خارج الساحل، إضافةً إلى إنشاء محطة ضخ سحب جديدة تقع ضمن القطعة 30 عند خط الشاطئ (انظر الشكل 4-3).

افتراضات تصميم أبراج السحب ضمن هذا البديل شملت ما يلي:

- انشاء الهياكل من خرسانة بحرية مسبقة الصب أو من البلاستيك المقوّى بالألياف الزجاجية (glass reinforced plastic - GRP)، ووضعها على أساس حبيبي مُجهّز.
- تموضع الأبراج على بُعد يقارب 100 متر قبالة الساحل وفي مياه يزيد عمقها عن 11 مترًا عند أدنى منسوب فلكي للمد (Lowest Astronomical Tide - LAT) لضمان بقائها مغمورة.
- تزويد الأبراج بمصافي شبكية من البلاستيك المقوّى بالألياف الزجاجية بأبعاد فتحات 75 × 75 مم لمنع دخول الحطام الكبير والكائنات البحرية.
- ضمان سرعة سحب قصوى تتراوح بين 0.15 و0.20 م/ث لتقليل انجذاب الأسماك إلى منظومة السحب.

- تنفيذ أعمال صيانة دورية بواسطة الغواصين والمركبات التي يتم تشغيلها عن بُعد، مدعومة بنظام نفث هوائي لمنع دخول قناديل البحر خلال فترات التكاثر الموسمية، ونظام كلورة متقطعة (صدميّة) للحد من التراكمات الحيوية.

افتراضات تصميم خطوط الأنابيب ضمن هذا البديل شملت ما يلي:

- تنفيذ خطّي أنابيب أو أربعة خطوط من البولي إيثيلين عالي الكثافة (HDPE) لربط أبراج السحب البحرية بمحطة الضخ(IPS) ، بقطر خارجي يقارب 2300 مم لكل خط، وبأطوال تتراوح بين 130 و150 مترًا.
- تركيب الخطوط داخل خندق مشترك يمتد من خط الشاطئ حتى أبراج السحب.
- الحفاظ على سرعات تدفق المياه داخل خطوط السحب أعلى من 0.8 م/ث للحد من الترسيب والتراكمات الكبيرة، وبحد أقصى يبلغ 2.5 م/ث.
- سيتطلب إنشاء الأبراج وخطوط الأنابيب أعمال حفر خنادق وتجريف في المناطق القريبة من الشاطئ وفي المياه الأعمق لتمكين تركيب بنية السحب، مع توقع رمي جانبي للمواد المُجرفة قبل الردم ووضع تدعيم صخري لاحقًا لمقاومة تأثيرات الأمواج والنحر.

البديل 2: قناة سحب ساحلية خرسانية ومحطة ضخ السحب (IPS) في القطعة 27:

يفترض هذا البديل إنشاء بحيرة سحب خرسانية جديدة مزوّدة بهياكل تدعيم للحماية من التعرية، وذلك ضمن منطقة المدّ والجزر وبجوار محطة ضخ سحب جديدة تقع ضمن القطعة 27 (انظر الشكل 4-3).

افتراضات تصميم بحيرة السحب شملت ما يلي:

- تركيب ستارة فقاعية عند مدخل البحيرة للحد من احتمالية انجذاب المواد العالقة والطفافية.
- استخدام نظام لاسترجاع الأسماك وإعادتها، لاسترجاع أي أسماك أو كائنات بحرية أخرى تمر عبر الستارة الفقاعية، مع ترشيح المياه الداخلة تلقائيًا وبموثوقية عالية، وتصريف الكائنات البحرية والحطام المسترجع إلى مجرى معالجة مناسب وإعادته خارج البحيرة.
- توفير نظام ترشيح ثنائي المراحل يشمل مصفاة خشنة بفتحات 50 مم ومصفاة دقيقة بفتحات 5 مم.

تتمثل الفروق الرئيسية بين الخيارين من منظور الأثر البيئي في احتمالية حدوث تأثيرات على عمود المياه، بما في ذلك تأثيرات العكارة الناتجة عن أعمال التجريف وحفر الخنادق، وكذلك التأثيرات على قاع البحر الناتجة عن أنشطة الإنشاء، بما في ذلك التأثيرات الفيزيائية المباشرة على المواطن البحرية بسبب حفر الخنادق (والرمي الجانبي في البديل 1)، وما ينجم عن الرواسب العالقة والمترسّبة، إضافةً إلى التأثيرات التشغيلية المرتبطة بعمليات السحب.

وفيما يتعلق بأعمال التجريف وحفر الخنادق، فقد تم إجراء مراجعة لأنواع مواطن قاع البحر التي يُحتمل أن تتأثر بشكل مباشر بأنشطة الإنشاء لكلٍ من البديلين 1 و2، كما هو معروض في الجدول 4-3. وتشمل هذه التقديرات المساحات المتأثرة بأعمال إنشاء كلٍ من منشآت السحب ومنشآت التصريف (انظر القسم 4.3.2.3 أدناه المتعلق بخيارات التصريف). وبالنسبة للبديل 1، تشمل التقديرات كامل المساحة التي سيتم حفرها لتركيب خطوط الأنابيب وهياكل الأبراج. أما بالنسبة للبديل 2، فتشمل التقديرات المساحة المطلوبة لأعمال الحفر، وإنشاء رصيف مؤقت، ومنطقة إرساء لدعم أعمال الحفر، بالإضافة إلى تركيب هيكل بحيرة السحب.

الجدول 4-3: تحديد المساحة المتأثرة بأعمال الإنشاء البحرية ضمن منطقة الدراسة للبديلين 1 و2

نوع الموئل	نسبة الغطاء المرجاني	نطاق العمق	إجمالي المساحة المُسجَّلة ضمن منطقة الدراسة (م²)	إجمالي المساحة المتأثرة بأعمال الإنشاء (م²) – البديل 1	إجمالي المساحة المتأثرة بأعمال الإنشاء (م²) – البديل 2
مناطق المدّ والجزر الضحلة	10٪	0 – 5 م	48,841	5,460	754
الشعاب الرقعية والأعشاب البحرية الضحلة	10٪	5 – 15 م	119,648	7,107	491
الشعاب المرجانية الهامشية	40٪	15 – 35 م	204,822	3,045	396

شعاب مختلطة ورسوبيات	15٪	35 – 75 م	153,756	9,167	752
رمال عميقة وبروزات شعابية معزولة	15٪	75 – 150+ م	225,372	16,530	253
الإجمالي				5,460	2,646

يُبيّن الجدول 4-3 انخفاضًا ملحوظًا في مساحة الأثر المباشر المرتبط بخيار قناة السحب في البديل 2 .أمّا في البديل 1، فعلى الرغم من أن الاضطراب سيكون في جوهره مؤقتًا، إلا أنه يُتوقع فقدان نحو 11,000م² من موائل القاع البحري الداعمة للشعاب المرجانية والأعشاب البحرية، مع عدم اليقين بشأن التعافي، واحتمال حدوث تغيير دائم في نوعية الركيزة نتيجة التغيرات في الرواسب الناجمة عن أعمال التجريف. وبالنسبة للبديل 2، فستقع المساحة المتأثرة بالبنية التحتية الدائمة ضمن المياه الضحلة المجاورة لخط الشاطئ. كما ستوفّر جدران بحيرة السحب نفسها ركيزة مناسبة للشعاب المرجانية والمحار العملاق وموائل الأسماك، مع إمكانية نقل الشعاب المرجانية والمحار العملاق بواسطة الغواصين إلى أعماق تقل عن 35 مترًا، مما يسهم في التخفيف من الأثر على المواطن الحرجة وميزات التنوع الحيوي ذات الأولوية المعروفة بوجودها في منطقة الدراسة. ويشمل ذلك الشعاب المرجانية والأعشاب البحرية، والمحار العملاق، والأسماك العظمية مثل سمكة الهامور الأحدب(Cheilinus undulatus) ، والإمبراطور السماوي(Lethrinus mahsena) ، والهامور المرجاني للبحر الأحمر.(Plectropomus marisrubri)

وفيما يتعلق بتأثيرات العكارة على الأنواع العائمة في عمود المياه، مثل العوالق والأسماك والسلاحف والحيتانيات، وكذلك على الموائل القاعية نتيجة الطمر، فقد أُجريت نمذجة لتقييم التأثيرات المحتملة المرتبطة بالبديل 1. وتشير نتائج النمذجة إلى أن المساحة الإجمالية للموائل القاعية المتأثرة بترسّب الرواسب أثناء الرمي الجانبي ستمتد لمسافة 1.2كم من موقع الرمي الجانبي. وستكون تأثيرات العكارة في عمود المياه وتأثيرات الطمر على الموائل القاعية مؤقتة، وتحدث خلال أعمال التجريف التي يُتوقع أن تمتد لنحو 30يومًا تشغيليًا .كما توقعت النمذجة أن تمتد المساحة الإجمالية لعمود المياه المتأثر بزيادة العكارة إلى نحو 45,000م² .بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد مخاطر إعادة تحريك تلوث الرواسب، استنادًا إلى احتمال وجود تلوث قائم بالهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs) في أنحاء منطقة الدراسة. وبالنسبة للبديل 2، سيستخدم المشروع ستائر عكارة مصممة بشكل مناسب حول المنطقة التي سيتم فيها الحفر، وبناءً عليه، ومع افتراض التأكد من فعاليتها طوال فترة التشغيل، سيتم تجنّب تأثيرات العكارة.

ومن الناحية التشغيلية، جرى النظر في تأثيرات السحب لكلا البديلين. ففي البديل 1، وعلى الرغم من أن تصميم أبراج السحب يتضمن قضبانًا شبكية للتخفيف من دخول الكائنات البحرية الكبيرة، إلا أن هناك احتمالًا لدخول يرقات الشعاب المرجانية، وحبوب لقاح الأعشاب البحرية التي تنتقل عبر عمود المياه (ويشمل ذلك معظم الأنواع في خليج العقبة)، وكذلك ذوات المصراعين، وبخاصة المحار العملاق، وهو ما يُعد مصدر قلق رئيسيًا نظرًا لارتباطه بالمواطن الحرجة. وعلى الرغم من أن سرعة السحب المنخفضة توفر قدرًا من التخفيف، لا يزال هناك احتمال لحدوث تأثيرات على هذه المستقبلات، وكذلك احتمال حدوث تأثيرات أوسع على موائل الأعشاب البحرية والشعاب المرجانية نتيجة التأثير على يرقات الشعاب المرجانية وحبوب لقاح أو بذور الأعشاب البحرية في المنطقة المتأثرة بعمليات السحب. أمّا في البديل 2، فيتضمن تصميم البحيرة ستارة فقاعية توفّر حاجزًا لمعظم حبوب لقاح أو بذور الأعشاب البحرية في حال وجودها، وكذلك ليرقات الشعاب المرجانية وأمشاج المحار. وقد أُجريت نمذجة لتقييم الزيادة في سرعة التيارات المرتبطة بسحب المياه من البحيرة، وبالتالي احتمال التأثير على حبوب اللقاح والبذور واليرقات والأمشاج التي قد تعبر الستارة، مع افتراض أن تكون التأثيرات إما معدومة أو طفيفة نسبيًا (استنادًا إلى انخفاض النجاح التكاثري) (يرجى الرجوع إلى الفصل 9 لمزيد من التفاصيل).

ومن منظور الجدوى الاقتصادية والاجتماعية والتقنية، لم تكن هناك فروق جوهرية بين الخيارين، في حين أظهر التحليل الوارد أعلاه تفضيلًا واضحًا للبديل 2 نظرًا للفوائد المتمثلة في تقليل التأثيرات المحتملة، ولا سيما على المواطن الحرجة وميزات التنوع الحيوي ذات الأولوية. وبناءً عليه، تم اعتماد هذا الخيار كحالة مرجعية لمأخذ المياه. ويُعرض التقييم المقارن بين الخيارين في الجدول 4-4 أدناه.

الجدول 4-4: ملخص التقييم المقارن لخيارات تصميم منشأة سحب المياه

معايير التقييم	خيارات ناقل المياه البحرية المسحوبة	
	البديل 1: قناة مدخل الشاطئ فقط	البديل 2: خطوط أنابيب السحب (الخندق فقط)
الجدوى الفنية	🟡	🟡
الجدوى الاقتصادية	🟡	🟡
البيئية	🟠	🟢
الاجتماعية	🟡	🟡

معايير التقييم	خيارات ناقل المياه البحرية المسحوبة	
	البديل 1: قناة مدخل الشاطئ فقط	البديل 2: خطوط أنابيب السحب (الخندق فقط)

المفتاح:

محايد (لا توجد فروقات مميزة)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	مفيد	لا ينطبق على هذا القرار / غير مطبق

3.2.3.4 تصميم منشأة التصريف البحري وبدائل توجيه الموزع

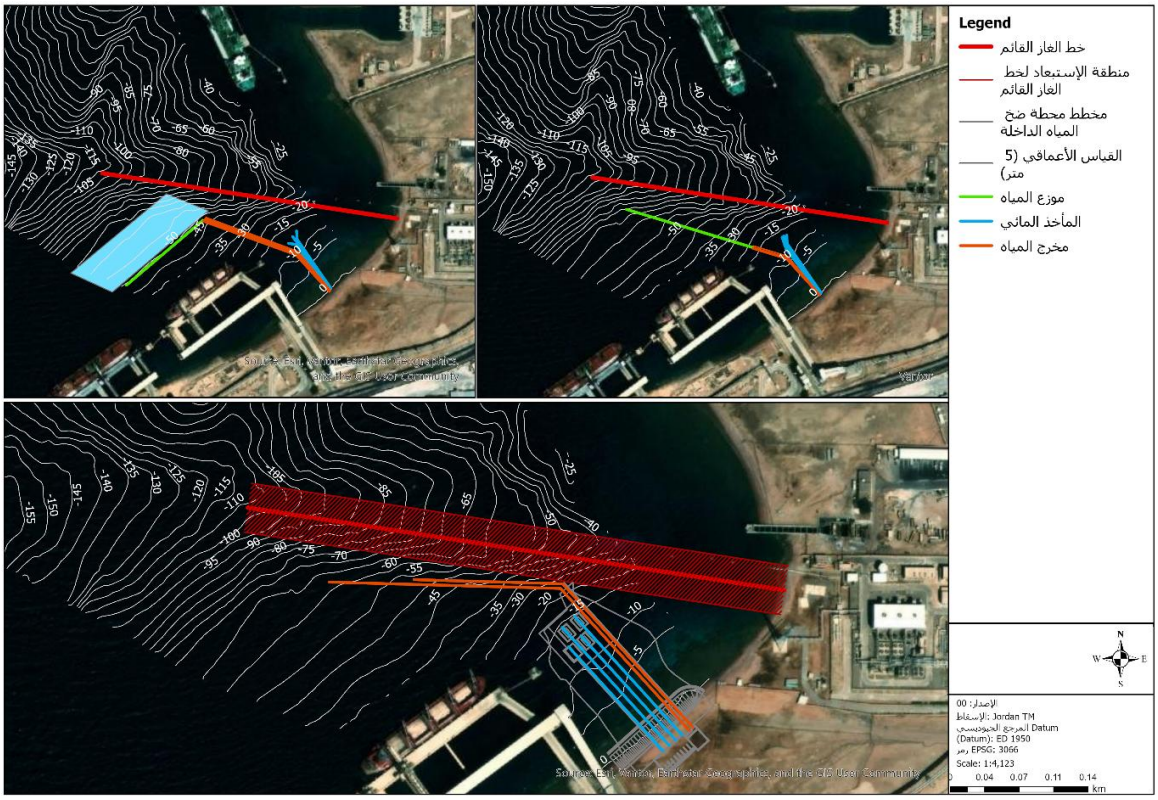
اتجاه الموزِّع

كما ورد في دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2022، شملت مرحلة تطوير التصميم الأولي للمشروع عددًا من الدراسات التي تناولت تصميم موزع التصريف. ان الغرض من الموزع هو تعزيز الخلط والتخفيف السريع والفعال للمياه المعالجة الملحية التي يتم تصريفها إلى البحر، مما يضمن استيفاء المعايير البيئية المعمول بها في البيئة المستقبلة. وخلال مرحلة التصميم الأولي، وبعد اختيار موقعي السحب والتصريف (انظر القسم 1.2.3.4)، راعى المشروع اتجاهين للموزع: خيار أولي موازٍ للشاطىء، وخيار بديل عمودي عليه كما هو موضح في الشكل 4-4. وتم افتراض نفس تصميم الموزع، بما في ذلك عدد المنافذ واتجاهها، لكلا الاتجاهين. وقد حددت الدراسات التي أُجريت ما يلي:

- اتجاه الموزع موازيًا للشاطئ - افترضت المحاذاة الأولية للموزع وجوده في قاع البحر على عمق 50 مترًا لضمان تدفق منتظم من كل منفذ، بطول حوالي 300 متر، وسرعة تصريف في المنفذ تبلغ حوالي 6.5 متر/ثانية. التوازي مع خط الشاطىء يضع الموزع بالقرب من حافة منحدر شديد على قاع البحر، ويتطلب ذلك حفر منطقة منصة كبيرة لتثبيت الموزع، بالإضافة إلى التكلفة المرتبطة بذلك. ويُثير هذا مشاكل في قابلية البناء، بالإضافة إلى مخاطر تتعلق بالاستقرار في حال حدوث أي نشاط زلزالي وما يترتب عليه من حركة في المنحدر. علاوة على ذلك، فإن وضع الموزع مباشرةً تحت السفن التي تتحرك في رصيف الفوسفات المجاور قد يعرض الموزع لمخاطر التلف العرضي، بما في ذلك احتمالية اصطدامه بمرساة تسقط في حالة طوارئ السفينة.
- اتجاه الموزع عمودي على الشاطئ – يتطلب التوجه العمودي المقترح للموزع طولًا أقصر بشكل عام، ويوفر تحسينا في إمكانية البناء، وتقليل آثار البناء مقارنةً بالبديل الموازي. كما أن المحاذاة تقلل من المخاطر الزلازلية، وتزيد بشكل معتدل من مسافة الموزع عن رصيف الفوسفات المجاور، مما يُقلل من المخاطر المرتبطة بالسفن . وقد تم اعتماد هذا البديل ضمن التصميم الذي تم تقييمه. في دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2022 (تيترا تك، 2022).

وعلى الرغم من أن دراسة عام 2022 أشارت إلى أن نمذجة الهيدروديناميكا التي أُجريت لكلا الخيارين توقعت الامتثال لمعايير التصريف البيئي المعتمدة آنذاك، فقد لوحظ وجود اختلاف في الأداء لصالح التوجيه العمودي مقارنة بالتوجيه الموازي، لا سيما في ظروف معدلات التصريف المنخفضة. وبناءً على ذلك، أُجريت أعمال إضافية في عام 2023 لتقييم تصميم منشأة التصريف والموزع استنادًا إلى تصميم مُحدّث، أخذ في الاعتبار تخطيطًا منقحًا لخطوط أنابيب السحب والتصريف (انظر الشكل 4-4). واستخدمت الدراسة برمجيات MIKE 3 و CORMIX لتقييم تأثيرات إعادة الدوران والتخفيف على التوالي، وذلك لتأكيد خصائص الانتشار والتخفيف في الحقل القريب، والامتثال لمعايير التصريف البيئي كما وردت في دراسة عام 2022.

وشملت النمذجة أربعة سيناريوهات تمثل اتجاهات تيارات موازية وعمودية بالنسبة للموزع، ومعدلي تدفق مختلفين للتصريف. وقد خلصت النتائج إلى أن تركيز الملوحة الزائدة ينخفض بسرعة بعد التصريف، من 45 وحدة ملوحة عملية (PSU) إلى ما يقارب 2٪ من الملوحة المحيطة ضمن نطاق 100 متر من نقطة التصريف في جميع الحالات، وهو ما يتسق مع نتائج النمذجة الواردة في دراسة عام 2022. كما أُعيدت النمذجة في عام 2025 استنادًا إلى نفس تصميم الموزع لخط التصريف الواقع في القطعة 30، مع الأخذ في الاعتبار خصائص التصريف المحدّثة لحالة التصميم المرجعية (انظر الفصل 9)، وأكدت النتائج تحقيق مستويات مماثلة فيما يتعلق بحدّ الملوحة الزائدة البالغ 2٪ عند حافة منطقة الخلط.



الشكل 4-4: بدائل توجيه ألمزع

بصورة عامة، فُضِّل الترتيب البديل لتوجيه الموزع عموديًا على خط الساحل على التوجيه الموازي للساحل، نظرًا لانخفاض التأثيرات الإنشائية والمخاطر التشغيلية، كما هو مُلخَّص في الجدول 4-5.

الجدول 4- 5 ملخص التقييم المقارن لخيارات توجيه الموزع

معايير التقييم	بدائل توجيه الموزع	
	البديل 1: موازٍ لخط الساحل	البديل 2: عمودي على خط الساحل
الجدوى الفنية	🟠	🟡
الجدوى الاقتصادية	🟠	🟡
البيئية	🟠	🟡
الاجتماعية	⚪	🟡
المفتاح:		

محايد (لاتوجد فروقات مميزة)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	مفيد	لا ينطبق على هذا القرار
🟡	🔴	🟠	⚪	🟢	غير مطبق

بدائل تركيب خط أنابيب التصريف البحري

بالتوازي مع البدائل التي تم النظر فيها لمنشأة السحب كما هو موضح في القسم 4.3.2.2 أعلاه، درس المشروع أيضًا عددًا من البدائل لخط أنابيب التصريف البحري، بما في ذلك خياران في القطعتين 30 و27 (مع افتراض استخدام نفس نوع وتصميم الموزع المثبّت على منشأة التصريف في كلتا الحالتين لتعزيز التشتت). وتمثّل العامل الفارق الرئيسي بين البدائل المدروسة في طريقة التركيب.

في البديل 1، يتكوّن نظام التصريف البحري الواقع في القطعة 30 من خطّي تصريف (بطولين يقاربان 435 م و350 م على التوالي) موضوعين على قاع البحر بمحاذاة خطوط السحب وداخل خندق مشترك معها حتى أبراج السحب، ثم ينحرفان ويمتدان إلى عمق مائي أقصى يبلغ نحو 60–م بالنسبة لمنسوب سطح البحر المتوسط حيث يستقران مباشرة على قاع البحر. ويُدرج نطاق أعمال التجريف المطلوبة لهذا البديل ضمن التقديرات الواردة في الجدول 4-3 أعلاه.

أما في البديل 2، فيُركَّب خط أنابيب التصريف داخل خندق قريب من الشاطئ حتى عمق - 10م، ثم يُمد مباشرة على قاع البحر ويتم تثبيته بواسطة أطواق توازن خرسانية موزّعة على مسافات قدرها 5 أمتار. ويتم إنشاء الخندق انطلاقًا من رصيف مؤقت، مع تزويده بستائر رواسب تبقى في مكانها إلى حين اكتمال جميع الأنشطة المولّدة للرواسب، أي بعد الانتهاء من الردم وإعادة التأهيل. كما تُنقل المواد الناتجة عن أعمال الحفر إلى اليابسة ثم تُعاد إلى الخندق لأعمال الردم، مما يتجنب أنشطة الرمي الجانبي المرتبطة بالبديل 1. ويُدرج نطاق الحفر ومساحة قاع البحر المتأثرة في هذا البديل ضمن التقديرات الواردة في الجدول 4-3 أعلاه.

وكما هو موضح في القسم 4.3.2.2 أعلاه، فإن انخفاض بصمة الحفر المرتبطة بالبديل 2، إلى جانب مزايا الحد الكبير من احتمالية انتقال الرواسب وما يترتب عليه من تأثيرات على عمود المياه والموائل القاعية من خلال استخدام ستائر الرواسب، يجعل هذا البديل الخيار المفضّل من المنظور البيئي. ومن حيث الجدوى الاقتصادية والاجتماعية والتقنية، لم تُسجّل فروق جوهرية بين البدائل، وبناءً عليه تم اعتماد البديل 2 كحالة مرجعية لتصميم منشأة التصريف. ويُعرض التقييم المقارن بين الخيارين في الجدول 4-6 أدناه.

الجدول 4-6: ملخص التقييم المقارن لخيارات تركيب خط أنابيب التصريف البحري

معايير التقييم	خيارات تصميم منشأة السحب	
	البديل 1: خطوط سحب المياه (القطعة 30)	البديل 2: قناة سحب المياه (القطعة 27)
الجدوى الفنية		
الجدوى الاقتصادية		
البيئية		
الاجتماعية		
المفتاح		

محايد (لا توجد فروقات مميزة)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	مفيد	لا ينطبق على هذا القرار
					غير مطبق

4.3.2.4 التحسينات المستمرة لتصميم منشآت السحب والتصريف البحري

كجزء من التحسينات المستمرة للتصميم، يجري حاليًا إجراء مزيد من الدراسة لخيار استخدام بحيرة مأخذ محطة العقبة الحرارية للطاقة كمأخذ للمشروع. وقد استمرت المناقشات مع شركة توليد الكهرباء المركزية (CEGCO) وغيرها من أصحاب المصلحة لبحث الجدوى المحتملة لاستخدام هذه البحيرة كمأخذ للمشروع. وتتمثل ميزة هذا الخيار في أنه من المتوقع أن يتجنب معظم التأثيرات الإنشائية والتركيبية في البيئة البحرية المرتبطة بخيار خطوط السحب أو قناة السحب. وفي ظل هذا السيناريو، من المرجح أن يتم نقل مرافق ضخ السحب الخاصة بالمشروع إلى محيط البحيرة) سواء من خلال إنشاء مرافق جديدة أو استخدام مرافق السحب القائمة التابعة لشركة توليد الكهرباء المركزية.

وفي حال ثبوت جدوى هذا الخيار واعتماده ضمن أسس التصميم، سيتم إجراء تقييم للتغير في التأثيرات البيئية وفقًا لإجراءات إدارة التغيير (انظر الفصل 5). ومع ذلك، من المتوقع أن يكون هذا الخيار، في حال ثبوت قابليته للتنفيذ، ذا فائدة بيئية من حيث تقليل التأثيرات، وذلك للأسباب الموضحة أعلاه.

3.3.4 محطة تحلية المياه

1.3.3.4 مفهوم تصميم محطة تحلية المياه

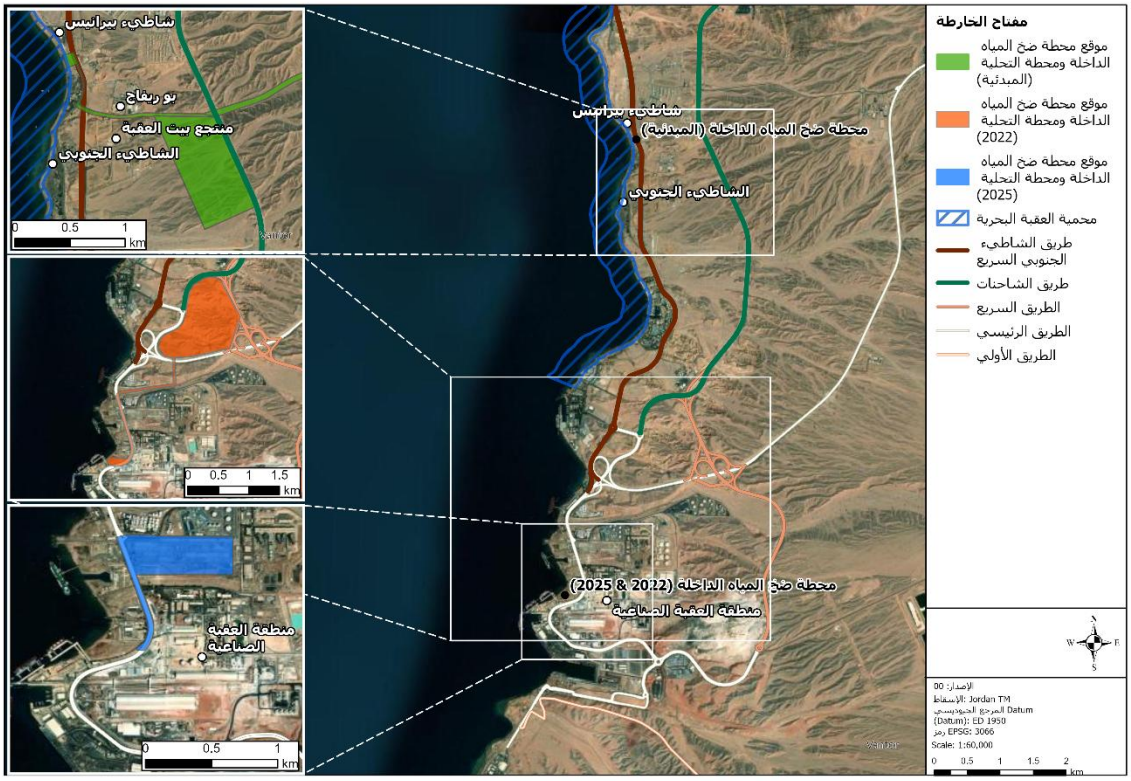
يمكن تصنيف المفهومين الرئيسيين لتحلية المياه المستخدمين عالميًا في محطات التحلية الصناعية على نطاق واسع إلى تقنيات حرارية وغشائية (مجلس تنمية المياه في تكساس، 2004). ويتطلب كلاهما طاقة لإنتاج المياه العذبة، حيث تستخدم التقنيات الحرارية مزيجًا من الحرارة (لتبخير مياه البحر في البداية وتحويلها إلى ماء مقطر) والطاقة الكهربائية، بينما تعتمد التقنيات الغشائية على الطاقة الكهربائية فقط.

تم استخدام التقنيات الحرارية تاريخيًا في جميع أنحاء الشرق الأوسط، حيث حالت الملوحة العالية لمياه البحر في الخليج العربي والبحر الأحمر دون استخدام التقنيات الغشائية. ومع ذلك، فقد تمت معالجة هذه القيود من خلال التقنيات الغشائية الأكثر تطورًا وكفاءة، واستخدام تقنيات التناضح العكسي(RO) ، مما يقلل من الطلب على الطاقة في العملية ومدى التلوث مقارنةً بالتقنيات الغشائية القديمة (IRENA، 2016) بالإضافة إلى ذلك، فقد تم تحقيق فوائد في الأداء من خلال الاستخدام الروتيني لأجهزة استعادة الطاقة كجزء من تقنية محطة التناضح العكسي. وعند مقارنة تقنية التحلية الحرارية وحدها (أي دون تضمين تقنية استعادة الحرارة) بتقنية التناضح العكسي الحالية، فإن الأخيرة أقل استهلاكًا للطاقة بشكل ملحوظ.

يُمثل التناضح العكسي (RO) عالميًا حوالي 69% من إجمالي طاقة تحلية المياه المُركّبة، وهو تقنية مُجرّبة وموثوقة (Eke, J., et al, 2020). في حين أن هناك عددًا من الأشكال الشائعة الأخرى لتحلية المياه القائمة على الأغشية المتاحة، مثل التحليل الكهربائي، إلا أنها تُستخدم عادةً لمعالجة المياه قليلة الملوحة بدلًا من مياه البحر (مجلس تنمية المياه في تكساس، 2004). بناءً على أدائها المُثبت وموثوقيتها، بما في ذلك كفاءة الطاقة العالية، تم اختيار تقنية التناضح العكسي كمفهوم تصميمي لتحلية المياه، ولم يتم اجراء أي تقييم إضافي لأنواع تقنيات محطات تحلية المياه.

2.3.3.4 بدائل موقع منشأة تحلية المياه

تم حتى الآن تقييم المواقع الثلاثة لإقامة محطة تحلية المياه. ويوضح الشكل 4-5 أدناه هذه المواقع.



الشكل 4- 4مواقع محطات تحلية المياه البديلة

كما ورد في دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2022 (تيترا تك، 2022) خلال المرحلة الأولى من تطوير مشروع الناقل الوطني، قامت لجنة شكلها معالي وزير المياه والري بدراسة مواقع محطة تحلية المياه، وتم اختيار موقع مناسب. تم في النهاية استبعاد هذا الموقع الأصلي (انظر الشكل 4-5) نظرًا لموقعه القريب من منتزه العقبة البحري (انظر القسم 1.2.3.4 أعلاه). ونتيجةً لذلك، تم دراسة موقعين آخرين داخل منطقة العقبة الصناعية. وفي كلتا الحالتين، روعي عند اختيار الموقع ضرورة إنشاء محطة فرعية جديدة (ستقوم شركة الكهرباء الوطنية ببنائها وتشغيلها لاحقًا) بالقرب من الموقع لتزويد مرافق المشروع بالطاقة.

كان الموقع الذي تم النظر فيه وتقييمه في البداية ضمن دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2022 (راجع الشكل 4-5) عبارة عن منطقة "أرض خضراء" غير مطورة تبلغ مساحتها الإجمالية 113 هكتارًا، وقد تم تخصيص 35 هكتارًا منها لبناء مرافق محطة تحلية المياه. من منظور تقني، تم اعتبار الموقع مناسبًا من حيث الوصول والسلامة والخدمات اللوجستية، إلا أن تضاريس الأرض تعني أن هناك حاجة إلى أعمال هندسية ومدنية أرضية كبيرة لتوفير مناطق مستوية (تتطلب بناء منصات) لوضع موقع مرافق محطة تحلية المياه. بالإضافة إلى ذلك، يمر عبر الموقع خطوط كهرباء ووديين موسميان، مما يقسم الموقع بشكل فعال. من الناحية البيئية، لا يقع الموقع في أي مناطق محمية أو بجوارها، إلا أن الأعمال الأرضية الكبيرة واستخدام المحطة المرتبط بها يساهم في انبعاثات مرحلة البناء، كما أن وجود الأودية يساهم في إمكانية حدوث تأثيرات على المياه السطحية. وعلى بعد حوالي 400 متر من الشاطئ، يتم تجنب التأثيرات على البيئة البحرية. ومع ذلك، عند ارتفاع يقارب 110 أمتار فوق مستوى سطح البحر (وعلى مسافة 3.5 كيلومتر من محطة ضخ السحب)، تكون هناك حاجة أكبر للضخ مقارنةً بموقع على مستوى سطح البحر، مما يؤدي إلى زيادة في متطلبات الطاقة (والانبعاثات المصاحبة) بالإضافة إلى التكلفة. وقد تم تسليط الضوء على تحديد موقع أكثر ملاءمةً أقرب إلى محطة ضخ السحب كأحد التحسينات الرئيسية خلال عملية عطاء الهندسة والتوريد والبناء، مما أدى إلى تحديد موقع جديد في قلب المنطقة الصناعية في العقبة (انظر "موقع محطة تحلية المياه مضخة السحب (IPS) ومحطة تحلية المياه (2025) في الشكل 4-5).

يقع الموقع البني الذي تم تحديده لمحطة تحلية المياه على بعد حوالي 300 متر من الساحل في الداخل ويحده طريق الموانئ (الطريق السريع 47) من الغرب مباشرة والمنشآت الصناعية من الشمال والجنوب والشرق بما في ذلك محطة العقبة الحرارية للطاقة. كان الموقع،

الذي يغطي مساحة تبلغ حوالي 27 هكتارًا، مشغولًا سابقًا بمنشأة لمعالجة وتصنيع الأخشاب ويتطلب أعمالًا هندسية ومدنية أرضية أقل بكثير مقارنةً بالخيار السابق "الأرض الخضراء". إن متطلبات الضخ التشغيلية وبالتالي الطلب على الطاقة أقل بكثير نظرًا للمسافة الأقصر إلى محطة ضخ السحب والارتفاع المنخفض للموقع. العيب في الموقع هو المساحة الأصغر المتاحة مقارنةً بالموقع السابق الذي تم تقييمه في دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2022 والتعقيد الإضافي للمرافق والخدمات في المنطقة المجاورة (بما في ذلك ممر خط أنابيب المرافق إلى الجنوب من الموقع) .

ويتضمن الجدول 4-8 أدناه ملخصًا للتقييم المقارن لبدائل موقع محطة تحلية المياه.

الجدول 4- 3 ملخص التقييم المقارن لبدائل مواقع محطات تحلية المياه

معايير التقييم	مواقع بديلة لمحطة تحلية المياه		
	البديل 1: متنزه العقبة البحري المجاور	البديل 2: الموقع الاخضر 2022	البديل 3: الموقع البنى 2025
الجدوى الفنية	🟡	🟠	🟢
الجدوى الاقتصادية	🟡	⚪	🟢
البيئية	🔴	🟡	🟢
الاجتماعية	🔴	🟡	🟡

المفتاح:

محايد (لاتوجد فروقات مميزة)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	مفيد	لا ينطبق على هذا القرار / غير مطبق
🟡	🔴	🟠	⚪	🟢	

3.3.3.4 بدائل للتعامل مع نفايات عمليات التنظيف في الموقع

التنظيف الكيميائي في الموقع (Chemical cleaning-in-place - CIP) لأغشية التناضح العكسي هو عملية تشغيل وصيانة روتينية تُجرى بانتظام داخل نظام التناضح العكسي لمحطة تحلية المياه لإزالة التلوث الحيوي وضمان أداء فعال للأغشية. وتشير التقديرات إلى أن كل رف من رفوف التناضح العكسي يخضع للتنظيف الكيميائي في الموقع مرتين إلى ثلاث مرات سنويًا تقريبًا. ويرد وصف أكثر تفصيلًا لهذه العملية، بما في ذلك الاستخدام الكيميائي المخطط له، في الفصل الخامس، القسم 2.2.3.5. تُنتج عملية التنظيف الكيميائي في الموقع تيارات نفايات غير عضوية وعضوية، تحتوي الأخيرة على مواد التنظيف العضوية (بما في ذلك حمض الستريك ومبيد حيوي) المستخدمة في عملية التنظيف الكيميائي في الموقع. وقد أخذ المشروع خيارات التعامل مع تيار النفايات العضوية في الموقع (CIP) والتخلص منه من خلال تطوير التصميم المفاهيمي، بافتراض تحييد تيار النفايات أولًا باستخدام مواد كيميائية (مثل حمض الكبريتيك وهيدروكسيد الصوديوم). وفي البداية، تم النظر في خيار توجيه تيارات نفايات التنظيف الكيميائي في الموقع العضوية المحايدة من نظام التناضح العكسي إلى برك التبخير البرية في الموقع. وافترض هذا الخيار إنشاء بركتي تبخير مبطنتين (غير منفذتين) بسعة تخزين إجمالية تبلغ حوالي 2800 متر مكعب، ضمن منطقة موقع محطة تحلية المياه. ويُسهم استخدام التبخير في تجنب تدفق النفايات السائلة أو أي تصريف محتمل، إلا أن هذا الخيار سيؤدي إلى توليد حمأة ملوثة محتملة تتطلب مناولتها والتخلص منها عبر منشأة مرخصة للتخلص من النفايات. كما أن وجود البركة ينطوي على مخاطر تلوث التربة والمياه الجوفية في حال فشل بطانة البركة غير المنفذة، وتلوث أوسع نطاقًا للموقع في حال تجاوزها الحد المسموح به اثناء حدوث عاصفة، واحتمالية انبعاث روائح كريهة. في النهاية، واستنادًا إلى التكلفة وقيود مساحة الموقع المرتبطة بالموقع البني المختار لعام 2024 (انظر القسم 2.3.3.4 أعلاه)، لم يتم اتخاذ هذا الخيار.

يفترض الخيار البديل الرئيسي استخدام ترشيح الخرطوشة في نظام التنظيف الكيميائي لإزالة الجسيمات من تيار النفايات العضوية قبل عملية التحييد. ثم يتم إرسال تيار النفايات المتقطع المُحايد بعد ذلك إلى خزان موازنة محطة تحلية المياه، حيث يمتزج بمحلول ملحي من التناضح العكسي (RO) ومياه صرف أخرى من نظام معالجة المواد الصلبة، ويُخفف قبل تصريفه ضمن تيار تصريف مشترك (انظر الفصل 5). يُمثل هذا الخيار بديلاً عمليًا من الناحية الفنية (على عكس خيار البركة السابق) نظرًا لانخفاض المساحة المطلوبة وانخفاض التكلفة، وقد تم اعتماده في تصميم النظام.

يُلخص الجدول 4-9 أدناه التقييم المقارن لخيارات التخلص من نفايات التنظيف المكاني المذكورة أعلاه.

الجدول 4- 4 ملخص التقييم المقارن لبدائل التعامل مع نفايات عمليات التنظيف في الموقع

معايير التقييم	بدائل للتعامل مع نفايات عمليات التنظيف في الموقع	
	البديل الأول: برك التبخير	البديل الثاني: المعالجة والتخلص من النفايات
الجدوى الفنية		
الجدوى الاقتصادية		
البيئية		
الاجتماعية		

المفتاح

محايد (لاتوجد فروقات مميزة)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	مفيد	لا ينطبق على هذا القرار غير مطبق

4.3.4 بدائل نظام الناقل

1.4.3.4 مفهوم توجيه مسار الخط الناقل

- تم إجراء تحليل أولي لمسار الناقل لتحديد مفهوم مسار نقل المياه المحلاة من مرافق السحب والتحلية في العقبة إلى خزاني أبو علندا والمنتزه الحاليين قرب عمّان. وقد تم تطوير هذا المفهوم بناء على المتطلبات التصميمية الرئيسية التالية:
- تقليل كمية الضخ المطلوبة (أي ضغط المضخة) ومتطلبات الطاقة
- تقليل الطول الإجمالي لخط الأنابيب
- تحقيق أقل قدر من الاضطراب على الطرق والخدمات الحالية
- ضمان سهولة الوصول الكافية لأعمال البناء والصيانة

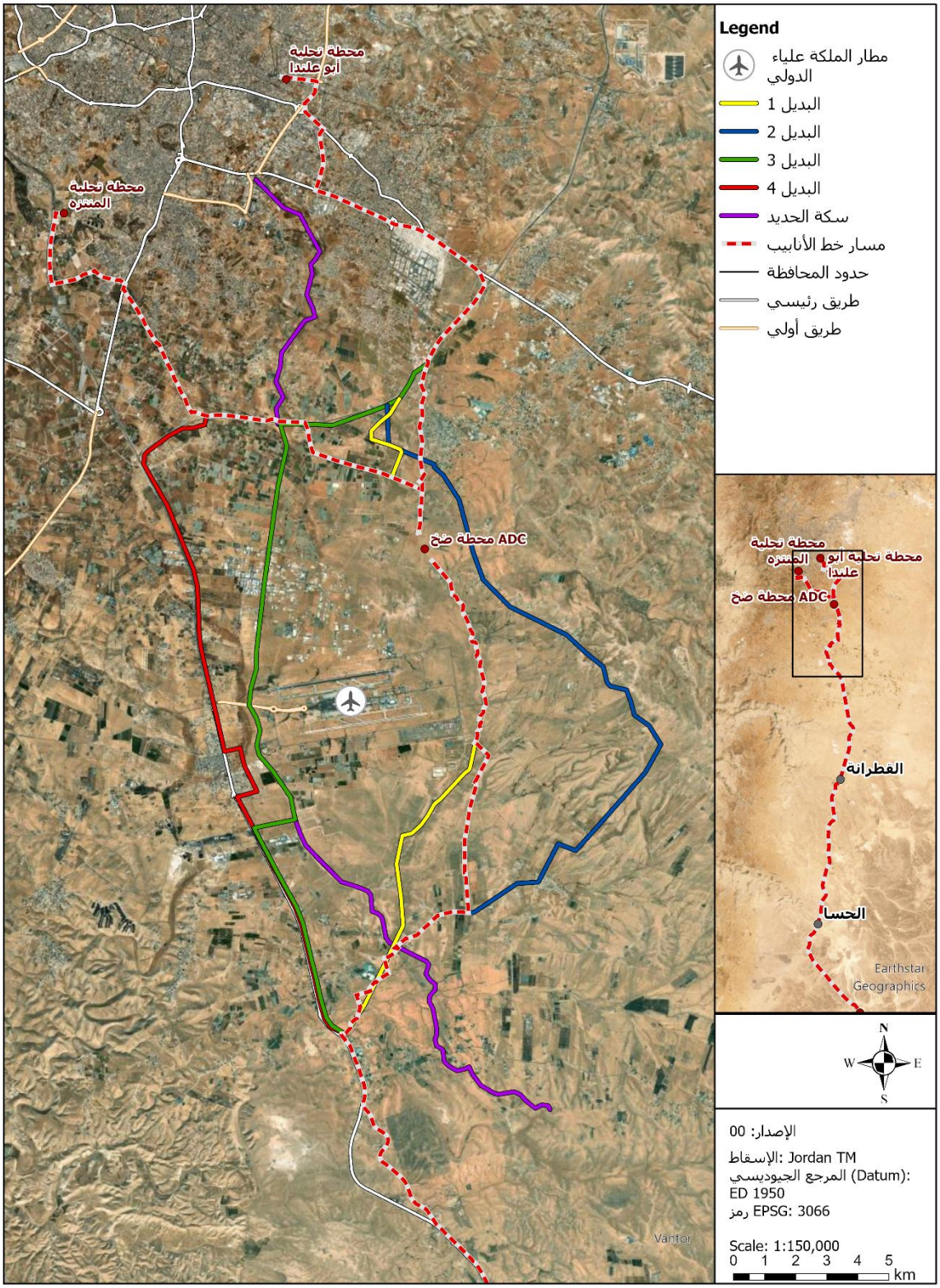
بالإضافة إلى ذلك، أخذ تطوير المفهوم في الاعتبار الحاجة إلى تقليل التأثيرات على المجتمعات قدر الإمكان، وتقليل التغييرات في استعمالات الأراضي، وتقليل التأثيرات البيئية (على سبيل المثال من خلال تجنب المناطق المحمية) والاستفادة من ملكية الأراضي الحالية والوصول والاتفاقيات المعمول بها بالإضافة إلى الفهم الحالي لوجود المرافق والخدمات مع التركيز على تحسين الجدول الزمني والتكلفة.

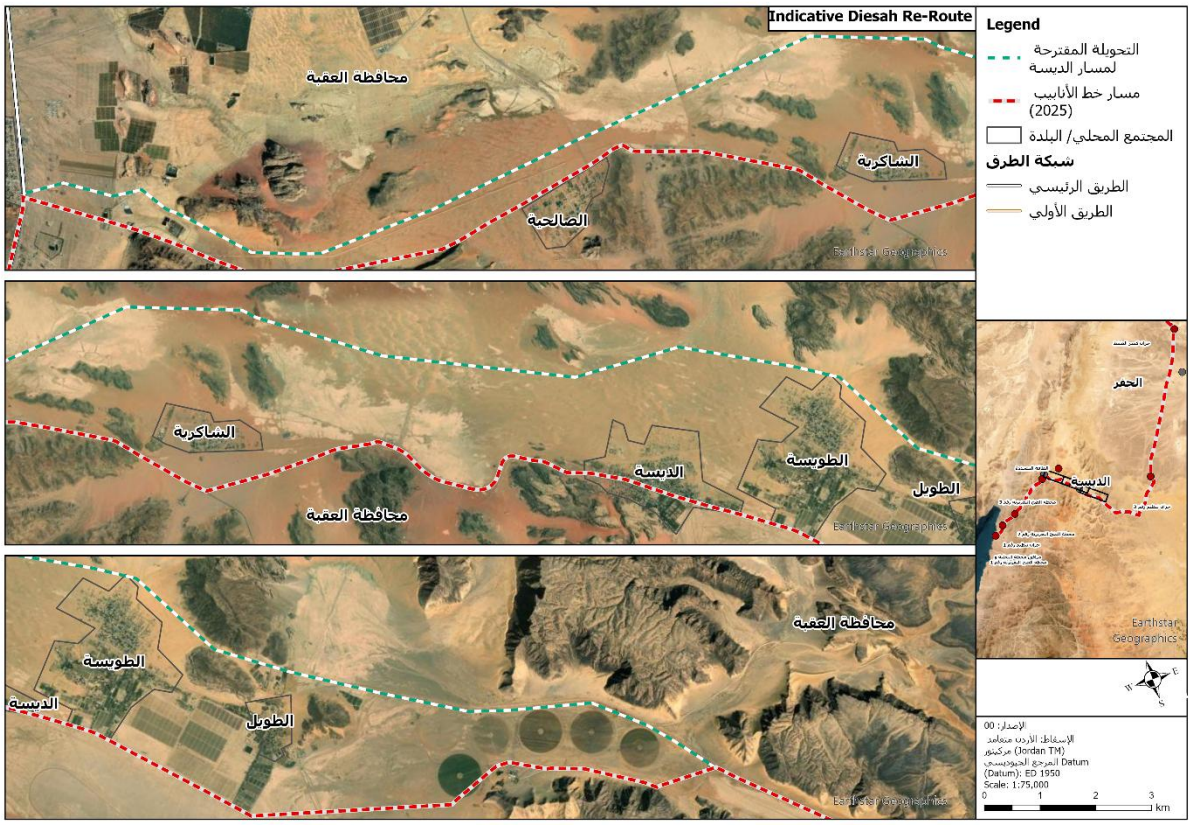
وعلى هذا النحو، تم اتخاذ قرار مفهوم مبكر للاستفادة من حق المرور الحالي لناقل الديسة (RoW) واتباع هذا المسار قدر الإمكان. يتم تشغيل وصيانة ناقل الديسة من قبل وزارة المياه والري والذي بدأ تشغيله في عام 2013. وأكدت دراسات توجيه المسار المفاهيمية أنه يمكن وضع مسار مشروع الناقل الوطني بالتوازي مع مسار ناقل الديسة لحوالي 300 كيلومتر (حوالي 70٪ من المسار بأكمله) مما يتيح تحقيق المعايير التصميمية الرئيسية. وقد شمل جزء من مفهوم توجيه المسار أيضًا جزءًا صغيرًا من المحاذاة على الأراضي الخاصة وأقسام على الطرق العامة بما في ذلك قسم على طول الطريق الصحراوي السريع. ومع ذلك، حددت الدراسات المفاهيمية التي تدرس مسارًا بدرجة أكبر من المحاذاة مع الطريق الصحراوي قسمًا مائلًا بشكل حاد يبلغ طوله حوالي 5 كم يعادل تغيرًا في الارتفاع يبلغ حوالي 500 متر. وتم اعتبار أن هذا القسم يساهم في زيادة كبيرة في إجمالي متطلبات الطاقة وارتفاع المضخة مما جعل التصميم صعبًا للغاية من الناحيتين الهيدروليكية والاقتصادية. وبالتالي، تم رفض خيار زيادة المحاذاة مع الطريق الصحراوي. وبالمثل، لم يتم متابعة خيار استخدام المسار الذي تم تحديده لمشروع ربط البحر الأحمر - البحر الميت RSDSC (انظر القسم 4.2.3 أعلاه). ويعزى ذلك إلى المخاوف الأمنية والمخاطر السياسية المحتملة المرتبطة بالمسار الذي تم اختياره مسبقًا لمشروع ربط البحر الأحمر - البحر الميت RSDSC في وقت كان فيه الدعم عبر الحدود موجودًا في البداية. وكما نوقش في القسم 3.2.4، تم سحب هذا الدعم لاحقًا وتم التخلي عن المشروع.

2.4.3.4 بدائل توجيه المسار حول مطار الملكة علياء الدولي

كما ورد في دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2022 (والتحديث اللاحق لعام 2025) أثناء تطوير التصميم المفاهيمي، تم النظر في مسارات بديلة في منطقة جنوب عمان المجاورة لمطار الملكة علياء الدولي (QAIA) وبلدية الجيزة لضمان تحسين مسار خط الأنابيب المحدد من حيث التكاليف وسهولة البناء وتقليل التداخل مع الخدمات الأخرى الموجودة وتقليل التأثير على الأنشطة التجارية في المنطقة أثناء البناء. ولتحقيق هذه الأهداف، تم النظر في أربع مسارات بديلة (انظر الشكل 4-6). وتم تقييم البدائل مع مراعاة طول المسارات ودرجة استملاك الأراضي ومصادرتها المطلوبة لكل مسار والمرافق والخدمات والقيود الأخرى (بما في ذلك خط سكة حديد الحجاز والطرق المحلية والطرق السريعة والمباني والمنشآت والشركات) المعروفة بوجودها على طول المسار المقترح. وبناءً على التقييم الذي تم إجراؤه، تم اختيار مسار البديل 2.

بعد ذلك، قررت وزارة المياه والري نقل محطة الضخ الخاصة بممر عمان التنموي (PS ADC)، الواقعة شمال مطار الملكة علياء الدولي، إلى موقع تابع لسلطة المياه الأردنية. ونتيجةً لذلك، تم تعديل مسار الضخ حول مطار الملكة علياء الدولي، كما هو موضح في الشكل 4-6، بناءً على جزء من خيارات مساري المسارين 1 و2 السابقين. وقد تم تحديد هذا المسار بناءً على نفس أهداف المسارات البديلة الأصلية، مع مراعاة موقع محطة الضخ الخاصة بممر عمان التنموي (PSADC)المنقول.


Legend
مطار الملكة علياء الدولي
البديل 1
البديل 2
البديل 3
البديل 4
سكة الحديد
مسار خط الأنابيب
حدود المحافظة
طريق رئيسي
طريق أولي
محطة ضخ ADC
محطة نخلية المشتره
محطة نخلية أبو علندا
القطرانة
الحسا
Earthstar Geographics
N
W
E
S
الإصدار: 00
الإسقاط: Jordan TM
المرجع الجيوديسي (Datum): ED 1950
رمز EPSG: 3066
Scale: 1:150,000
0 1 2 3 4 5
km
Vantor



الشكل 4- 5 بدائل المسار حول مطار الملكة علياء الدولي

يقدم الجدول 4-10 أدناه ملخصًا مقارنًا بين بدائل توجيه المسار حول مطار الملكة علياء الدولي. لم يُصنَّف خيار عام 2025 نظرًا لعدم قابليته للمقارنة نظرًا لتغيير موقع محطة الضخ الخاصة بممر عمان التنموي (PS ADC)، والذي أثر بشكل كبير على قرار توجيه المسار النهائي.

الجدول 4- 5ملخص التقييم المقارن لبدائل المسارات حول مطار الملكة علياء الدولي

معايير التقييم	بدائل توجيه المسار حول مطار الملكة علياء الدولي				
	المسار 1 لعام 2022	المسار 2 لعام 2022	المسار 3 لعام 2022	المسار 4 لعام 2022	المسار 2025
الجدوى الفنية					N/A
الجدوى الاقتصادية					N/A
البيئية					N/A
الاجتماعية					N/A
المفتاح:					

محايد (لا يوجد تمييز)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	مفيد	لا ينطبق على هذا القرار غير منطبق

3.4.3.4 بدائل مواد خطوط الأنابيب للناقل

تشمل بدائل مواد خط أنابيب النقل التي يدرسها المشروع الفولاذ، والحديد المطاوع(DI) ، والبلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (GRP)، وأسطوانات الخرسانة مسبقة الإجهاد .(PCCP) وقد تم تحليل هذه المواد بناءً على تكلفتها، وتوافرها في السوق، ومتانتها، وسهولة إصلاحها، وإمكانية تصنيعها جزئيًا في الأردن. وكما ورد في دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2022 (تيتراتك، 2022) فقد تم أخذ إمكانية الاحتباس الحراري العالمي (GWP) لهذه الخيارات بعين الإعتبار بناءً على تحليل دورة حياة هذه المواد. وباختصار، خلص تحليل المواد إلى ما يلي:

- **أنابيب الصلب:** يتم اختيارها عادةً لأنظمة نقل المياه عالية الضغط (أي حيث يتجاوز الضغط الساكن 16 بارًا) نظرًا لقوتها العالية ومتانتها ووصلاتها الملحومة المقاومة للتسرب. يُعد هذا الخيار مُميزًا للغاية مقارنةً بمواد الأنابيب التي تستخدم وصلات ميكانيكية لربط أقسام الأنابيب. كما تُتيح أنابيب الصلب ميزة التصنيع المحلي الجزئي في الأردن. ومع ذلك، تُعتبر أنابيب الصلب الخيار الأكثر تكلفةً للمواد، وإن كانت تكاليفها يتم تعويضها جزئيًا بالقدرة على تشغيل خط أنابيب النقل عند ضغوط أعلى مع عدد أقل من محطات التعزيز وخزانات كسر الضغط. كما تحمل أنابيب الصلب مخاطر طويلة الأمد لتلف بطانة الإيبوكسي الداخلية وتآكلها بعد فترة الضمان الأولية، مما قد يؤدي إلى إصلاحات وصيانة مُعقدة وتوقف تشغيلي لاحق. تستهلك صناعة الصلب طاقةً كبيرةً، مما يُسبب ارتفاع إمكانية احتباس حراري أعلى من مواد الأنابيب غير الحديدية خلال مرحلة الإنتاج.
- **أنابيب البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية - (GRP)** تُستخدم عادةً في أنظمة المياه العذبة ومياه البحر والمحلول الملحي منخفضة الضغط، نظرًا لمقاومتها العالية للتآكل وانخفاض تكلفتها. يتطلب التشغيل بضغط أقل محطات تعزيز وتقوية ضخ إضافية وخزانات كسر ضغط إضافية على طول مسار ناقل المياه. في حين أن المعايير الدولية الحالية تأخذ بعين الاعتبار عمرًا تصميميًا يصل إلى 50 عامًا، إلا أن الأداء الميداني طويل الأجل لأنابيب البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (GRP) لأكثر من 30 عامًا أقل توثيقًا. كما تُعتبر الوصلات الميكانيكية القياسية (الوصلة المدببة) نقاط تسرب محتملة. وقد تم اخذ أنابيب البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (GRP) في الاعتبار ضمن تصميم نظام نقل هجين من أنابيب الصلب/الياف زجاجية، يتكون من أنبوب صلب عالي الضغط بطول 250 كيلومترًا وأنبوب ألياف زجاجية GRP منخفض الضغط بطول 202 كيلومترًا. ستتضمن أقسام أنابيب البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (GRP) وصلات مُحكمة (ملحومة بفعالية) على 20% من الطول لمنع التسرب. حيث يتطلب تصنيع البلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (GRP) طاقة أقل نسبيًا من مواد الأنابيب المعدنية الحديدية خلال مرحلة الإنتاج.
- **أنابيب الحديد المطاوع - (DI)** تُعتبر غير قادرة على المنافسة في نظام أنابيب نقل المياه الرئيسي، إذ لا يمكنها تلبية متطلبات السعة دون تركيب خطي أنابيب منفصلين، مما سيؤدي إلى بصمة إنشائية أكبر وأكثر تعقيدًا. ولا يُمكن تصنيع أنابيب الحديد المطاوع محليًا، مما يتطلب تكاليف شحن عالية وحماية إضافية من التآكل باستخدام تغليف خارجي بشريط لاصق وأسمنت ألومينا داخلي، مما يجعلها أغلى بكثير من البدائل. يتطلب تصنيع أنابيب الحديد المطاوع استهلاكًا كثيفًا للطاقة، مما يؤدي إلى زيادة في إمكانية الاحتباس الحراري العالمي (GWP) مقارنةً بمواد الأنابيب غير الحديدية خلال مرحلة الإنتاج.
- **أنابيب أسطوانات الخرسانة مسبقة الإجهاد - (PCCP)** اعتُبرت غير مناسبة نظرًا لارتفاع خطر التآكل، ووزنها الزائد الذي يُعقّد عملية المناولة والإصلاح، ووجود عدد أكبر من نقاط التسرب المحتملة مقارنةً بالبلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (GRP)، والحاجة إلى تبطين إضافي يجعلها غير مجدية تجاريًا. ومقارنةً بمواد الأنابيب الأخرى المُستخدمة، يُعدّ تصنيع الأنابيب الخرسانية أقل استهلاكًا للطاقة، إلا أن تأثيره البيئي السمي أعلى نظرًا للمعادن الثقيلة والمركبات غير العضوية السامة الموجودة في الأسمنت (المادة الخام الأساسية المستخدمة في الخرسانة).

الخياران الماديان القابلين للتطبيق اللذان تم المضي بهما من التقييم هما الصلب والصلب الهجين والبلاستيك المقوى بالألياف الزجاجية (GRP)، مع اتخاذ القرار النهائي باختيار الصلب بناءً على الأداء والجدوى الفنية. يوضح الجدول 4-11 أدناه التقييم المقارن بين خيارات المواد.

الجدول 4- 6ملخص التقييم المقارن لبدائل مواد خطوط الأنابيب للناقل

معايير التقييم	بدائل مواد خطوط الأنابيب للناقل			
	الصلب	الحديد المطاوع	البلاستيك المقوى بالالياف الزجاجية	أنبوب أسطوانى من الخرسانة مسبقة الاجهاد
الجدوى الفنية	🟢	🔴	🟠	🔴
الجدوى الاقتصادية	🟠	🟠	🟢	🔴
البيئية	⚪	🟠	⚪	🟠
الاجتماعية	🟢	⚪	⚪	⚪
المفتاح:				

محايد (لا توجد فروقات مميزة)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	مفيد	لا ينطبق على هذا القرار / غير مطبق
🟡	🔴	🟠	⚪	🟢	

4.4.3.4 تحسين مسارات الانابيب والمسارات البديلة

أحد مجالات التركيز الرئيسية في أعمال تحسين المسار التي يتم إنجازها في إطار برنامج الإشعار المحدد ببدء العمل LNTP هو تحديد الأقسام الرئيسية للمسار حيث يتم تحديد القيود التي تجعل التوجيه المقترح الأولي غير قابل للتطبيق. أجرى مقاول الهندسة والتوريد والبناء (تحليلاً مفصلاً، مستعيناً برسم الخرائط، ومسح الموقع، ومصادر البيانات الثانوية، والاجتماعات مع أصحاب المصلحة، بما في ذلك وزارة المياه والري، لتحديد ما يلي:

- مناطق تشهد وجودًا كثيفًا للمرافق والخدمات، والمباني، والمنشآت، والمساكن، والأنشطة التجارية، والطرق، والخصائص الجيولوجية، وغيرها.
- مواقع تتطلب عبور مناطق مأهولة بالسكان حيث توجد احتمالية عالية لحدوث إزعاج.
- إمكانية استخدام تقنيات أو منهجيات إنشاء بديلة لإدارة القيود وما يرتبط بها من آثار.
- خيارات إعادة توجيه تمثل حلولًا قابلة للتنفيذ لإدارة القيود وتحديات قابلية التنفيذ، مع تقليل الآثار البيئية والاجتماعية إلى أدنى حد ممكن، بما في ذلك الاستملاك، واستخدام الأراضي الخاصة، وتغيّر استخدامات الأراضي.

تركّزت مسارات إعادة التوجيه حتى تاريخه على المواقع الحضرية، وتحديدًا في محيط قرى ضيسة والقطرانة والحسا. ويُقدَّم فيما يلي عرض موجز لهذه المسارات البديلة.

<u>قرية الديسة</u>

تم تحديد مقطع بطول 41كم في محيط قرية ديسة على أنه يمثل تحديًا رئيسيًا من حيث قابلية التنفيذ الإنشائي، السلامة، الجدول الزمني، والآثار الاجتماعية .يمتد هذا المقطع بمحاذاة طريق جديد وأبراج جهد عالٍ ومحطات تحويل كهربائية، ويمر عبر الشارع التجاري والسكني الرئيسي في ديسة، وكذلك عبر مزارع الري المحوري. وتشكل خطوط الأنابيب والخدمات الأرضية القائمة، وأعمدة الكهرباء والإنارة، وأبراج الجهد العالي، وأبراج الاتصالات، ومحطة تحويل كهرباء، والطرق، وسكة الحديد، والمنشآت التجارية والمرافق الخاصة قيودًا على استخدام الرافعات والمعدات اللازمة لإنزال الأنابيب إلى الأرض، وفي بعض الحالات تقع هذه العناصر ضمن النطاق المطلوب لأعمال إنشاء خط الأنابيب والوصول إليه.

وفي قرية ديسة نفسها، تتوفر مساحة عمل محدودة جدًا بين الممتلكات القائمة على جانبي الطريق السريع، مما يؤدي إلى ارتفاع مخاطر التأثير على المنشآت القائمة.

تم تحديد مسار بديل» مسار الصحراء الشمالية («يمر خارج الطريق المُنشأ حديثًا والشارع الرئيسي لقرية ديسة، على طول الجهة الشمالية من القرية ضمن منطقة صحراوية مفتوحة، وبالتوازي مع أبراج الجهد العالي الواقعة في الجهة الشمالية من البلدة. ويبيّن الشكل 4-7 المسار الأصلي والمسار المعدّل لمسار الصحراء الشمالية.

يتجنب هذا المسار المعدّل العوائق المذكورة أعلاه ويقلل من التحديات الإنشائية والتشغيلية المرتبطة بالمسار الحالي. وتشمل فوائد هذا المسار تقليل آثار الإزعاج على سكان ديسة نظرًا لبعده عن مركز القرية، وتجنب الآثار المادية المحتملة على الأنشطة التجارية والمساكن.

يمكن تلخيص المزايا الرئيسية للمسار المعدّل كما يلي:

الجدوى الفنية والسلامة والجدول الزمني:

- سهولة أكبر في تعبئة ومناورة معدات الإنشاء في المنطقة الصحراوية المفتوحة.
- توفير مساحة أكبر لعمليات الرافعات، وتخزين الأنابيب، وتجميع مواد الردم.
- تحسين مستوى السلامة مع حد أدنى من التداخل مع السكان والمشاة والبنية التحتية العامة.
- انخفاض مخاطر إلحاق الضرر بالمرافق القائمة والطرق والبنية التحتية الكهربائية.
- إمكانية تسريع وتيرة التنفيذ نتيجة قلة القيود والانقطاعات التشغيلية.

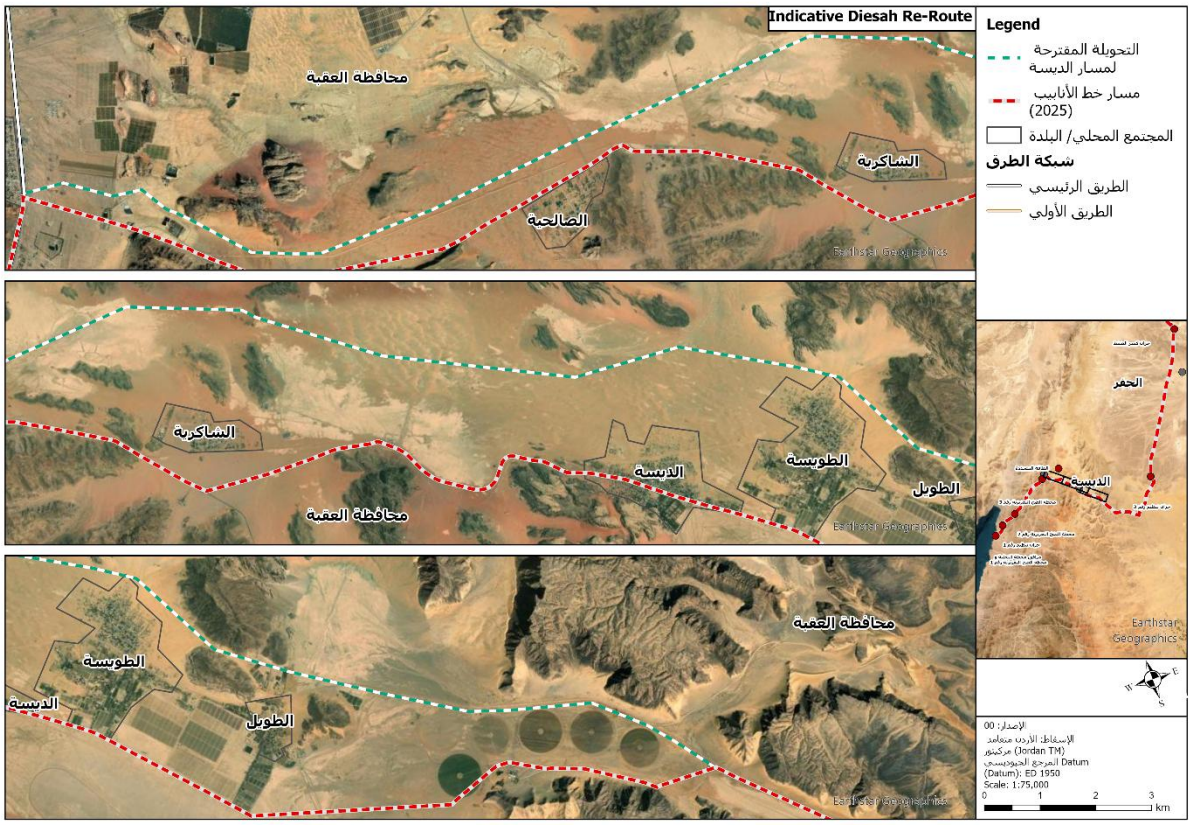
التكلفة:

- تقليل مخاطر تكبد تكاليف إضافية مرتبطة بالمطالبات المحتملة بالتعويضات والتأخيرات.

البيئة والجوانب الاجتماعية:

- خفض مستويات الضوضاء وتأثيرات جودة الهواء المحلية على المستقبلات السكنية والتجارية.
- تقليل الاضطرابات في المناطق الزراعية والحضرية.
- تقليل التأثير على الحركة المرورية والأنشطة التجارية المحلية.
- يُقدَّر أن المسار المعدّل سيحمي نحو 50–40عقارًا من الضرر أو التدمير.

يتماشى المسار المعدّل مع نتائج مشاورات أصحاب المصلحة التي أُجريت مع الجهات الرئيسية في ديسة، حيث أُثيرت مخاوف تتعلق بإمكانية حدوث اضطرابات كبيرة للأنشطة التجارية والمناطق السكنية والسياحة، وفرض قيود على الوصول. وقد أوصى أصحاب المصلحة الذين تمت استشارتهم بإعادة توجيه المسار إلى شمال القرية لمعالجة هذه القضايا (يرجى الرجوع إلى الفصل 8 من هذه الدراسة للتقييم البيئي والاجتماعي لمزيد من التفاصيل).



الشكل 4- 6 قرية الديسة - المسار الأصلي والمسار الإرشادي المنقح "مسار الصحراء الشمالي"

القطرانة

تم تحديد مقطع بطول 13كم في محيط قرية القطرانة على أنه يمثل تحديًا من حيث قابلية التنفيذ الإنشائي، السلامة، والآثار الاجتماعية .وتشمل التحديات الرئيسية المرتبطة بهذا المسار ما يلي:

- يُجبر خط الأنابيب على المرور ضمن ممر ضيق تشغله بالفعل خطوط الديسي وأعمدة الكهرباء ومرافق أخرى، مما يؤثر على السلامة وكفاءة التنفيذ الإنشائي.
- محدودية المساحة المتاحة لعمليات الرافعات، وتخزين الأنابيب، وتخزين مواد الردم.
- يمر المسار مباشرة أمام المحال التجارية والمنازل والمنشآت التجارية، مما يسبب إزعاجًا كبيرًا للسكان المحليين.
- تزايد المخاوف المتعلقة بالسلامة نتيجة قرب أعمال الإنشاء من السكان والمشاة وحركة المرور القائمة.
- زيادة الآثار البيئية والاجتماعية، بما في ذلك الغبار والضوضاء واحتمالية تعطّل الأنشطة التجارية المحلية.
- احتمال التأثير على الجدول الزمني للمشروع، حيث قد تُقيَّد ساعات العمل خلال اليوم للحد من إزعاج الجمهور.

تم تحديد مسار بديل خارج القرية، حيث يُنقل خط الأنابيب إلى ممر مفتوح، مستفيدًا من المناطق الصحراوية المفتوحة وبعيدًا عن ممر المرافق المزدحم لخط الديسي وما يرتبط به من قيود. ويبيّن الشكل 4-8 المسارين الأصلي والمعدّل.

وبالإضافة إلى تحسين الجدوى الفنية وقابلية التنفيذ، تشمل فوائد هذا المسار البديل تقليل آثار الإزعاج على سكان ومنشآت القطرانة، نظرًا لبعد المسار المعدّل عن مركز القرية.

يمكن تلخيص المزايا الرئيسية للمسار المعدّل كما يلي:

- الجدوى الفنية والسلامة والجدول الزمني:

- سهولة أكبر في تعبئة ومناورة معدات الإنشاء في المنطقة الصحراوية المفتوحة.
- إزالة جميع نقاط التداخل مع خط الديسي وأعمدة الكهرباء والمرافق الأرضية، مما يلغي مخاطر انقطاع الخدمات.
- تحسين سلامة الجمهور والقوى العاملة نتيجة تنفيذ الأعمال بعيدًا عن حركة المرور النشطة أو المناطق ذات الكثافة السكانية العالية.
- توفر مساحة عمل كافية تتيح استخدام أساليب إنشاء خطوط الأنابيب الصحراوية القياسية والسريعة، بما يحمي الجدول الزمني للمشروع.

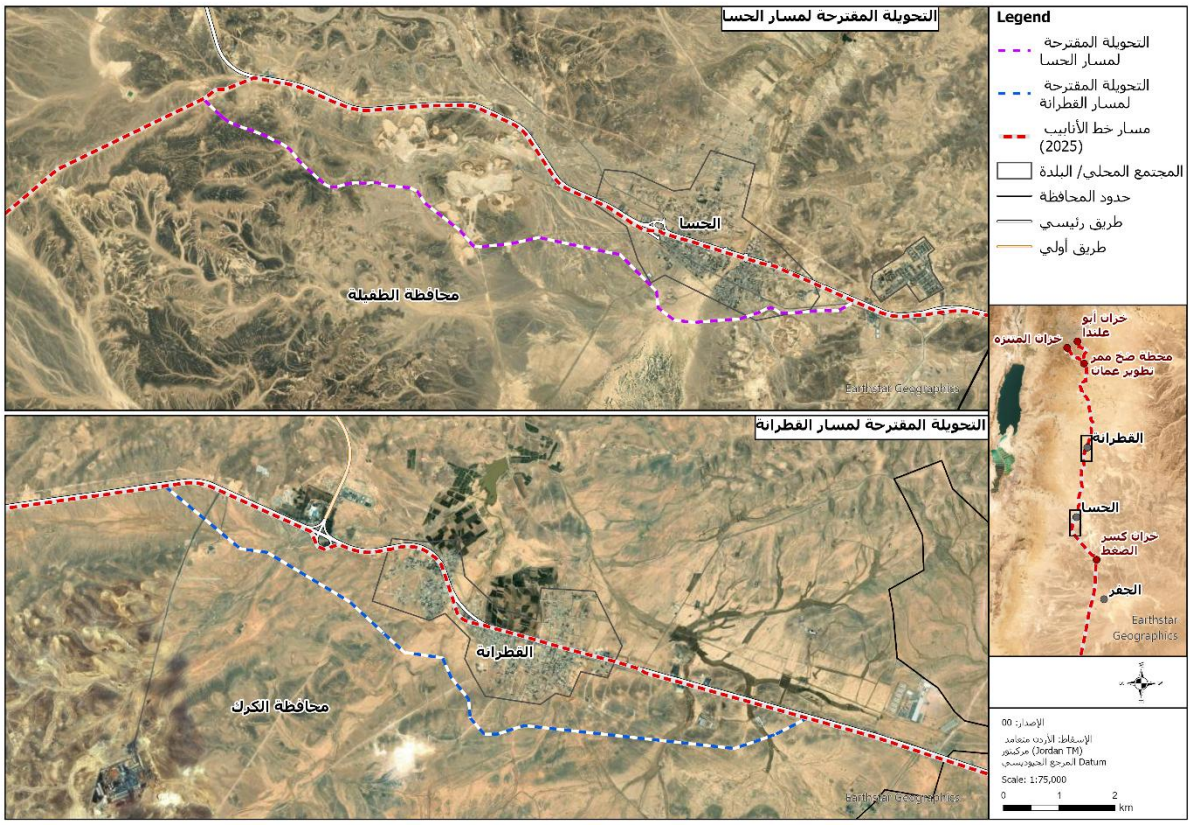
التكلفة:

- تقليل مخاطر تكبد تكاليف إضافية نتيجة احتمالية التعويضات والتأخيرات والمطالبات.

البيئة والجوانب الاجتماعية:

- خفض مستويات الضوضاء وتأثيرات جودة الهواء المحلية على المستقبلات السكنية والتجارية.
- تقليل الاضطراب المروري والتأثير على الأنشطة التجارية المحلية.
- يُقدَّر أن نحو 60عقارًا سيتم حمايتها من الضرر أو التدمير.

يتماشى هذا المسار البديل مع المخاوف التي أبدتها المجتمعات المحلية خلال مشاورات أصحاب المصلحة بشأن احتمالية حدوث اضطرابات مجتمعية كبيرة، وإعاقة الوصول، وحدوث تعطّل كبير لحركة المرور على طريق الصحراء، إضافةً إلى طلبهم إنشاء مسارات التفافية حول القطرانة (يرجى الرجوع إلى الفصل 8 من هذه الدراسة للتقييم البيئي والاجتماعي لمزيد من التفاصيل).

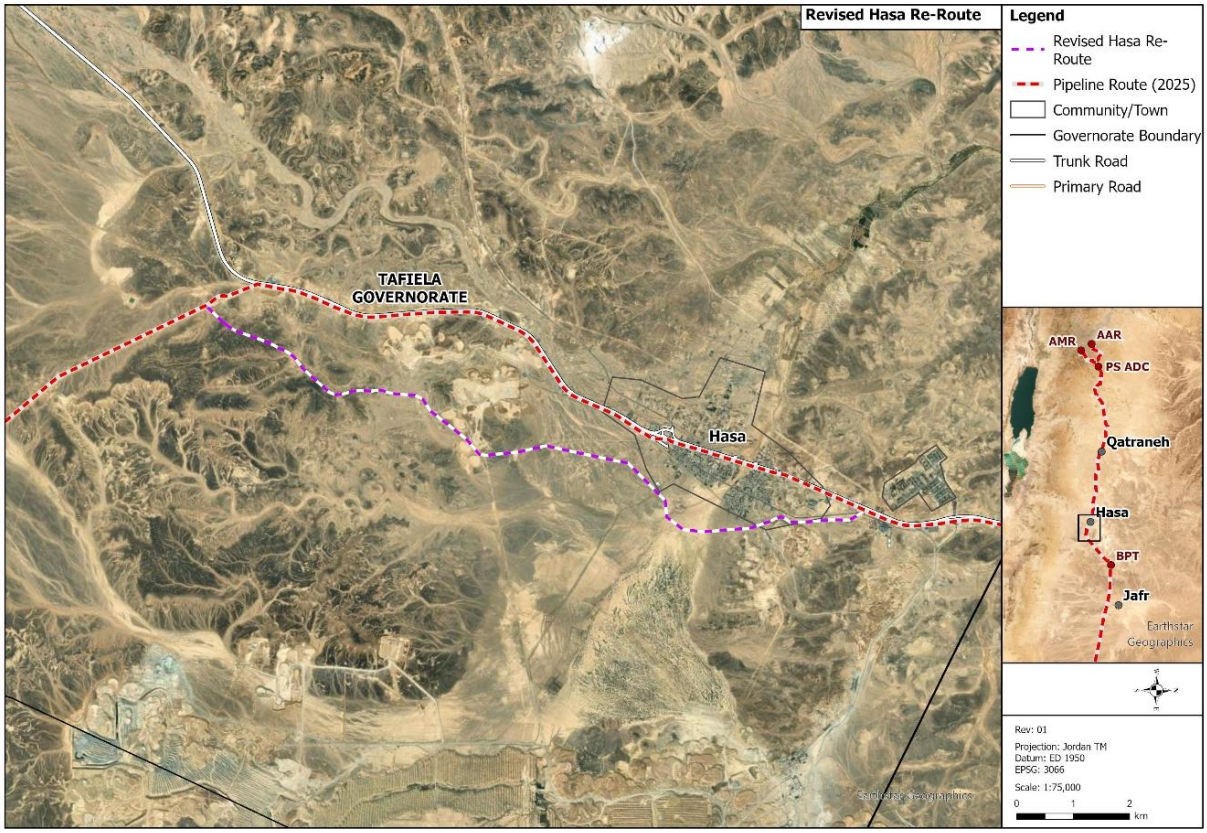


الشكل 4- 7 المسار الأصلي عبر القطرانة والمسار المعدّل عبر الصحراء المفتوحة

الحسا

تم تحديد قيود مماثلة للمقطع من خط الأنابيب الذي كان مخططًا له في الأصل أن يمر عبر قرية الحسا، مما استدعى إعادة توجيه هذا المقطع كما هو موضح في الشكل 4-9 أدناه. وكما هو الحال في إعادة التوجيه حول ديسة والقطرانة، فإن المسار البديل حول قرية الحسا يعالج قيود قابلية التنفيذ الإنشائي، السلامة، والآثار البيئية والاجتماعية المرتبطة بالمسار الأصلي داخل القرية، كما يستجيب للمخاوف التي أبدتها المجتمعات المحلية خلال مشاورات أصحاب المصلحة (يرجى الرجوع إلى الفصل 8 من هذه الدراسة للتقييم البيئي والاجتماعي لمزيد من التفاصيل).

إن نوع وحجم العوائق والأصول والممتلكات التي يتجنبها المسار البديل في الحسا مماثل لتلك التي تم تجنبها في القطرانة.



الشكل 4-9: المسار الأصلي عبر الحسا والمسار المعدّل عبر الصحراء المفتوحة

يُقدَّم فيما يلي ملخص التقييم المقارن بين المسار الأصلي والمسار المعدّل حول قرى ديسة والقطرانة والحسا، وذلك كما هو موضح في الجدول 4-11 أدناه.

معايير التقييم	المسار	
	المسار الاصلي	المسار المعدل
الجدوى الفنية	🔴	🟢
الجدوى الاقتصادية	🟠	🟢
البيئية	🟠	🟢
الاجتماعية	🟠	🟢

المفتاح:

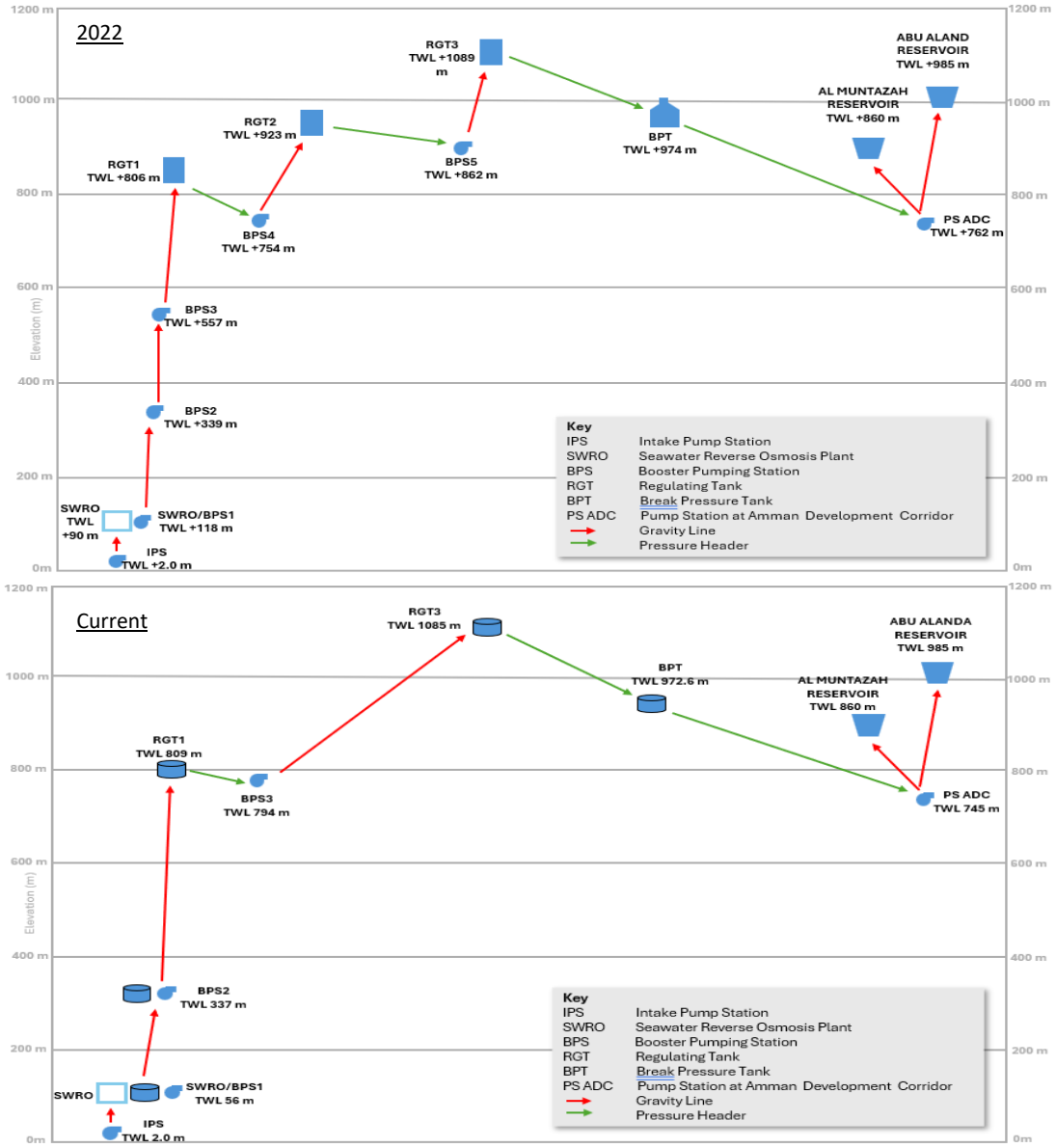
محايد (لا توجد فروقات مميزة)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	مفيد	لا ينطبق على هذا القرار / غير مطبق
🟡	🔴	🟠	🟡	🟢	

5.4.3.4 تحسين التصميم الهيدروليكي

ان التصميم الهيدروليكي الشامل لنظام الناقل كان احد المجالات الرئيسية التي تم تحديدها للتحسين من قبل مقاول الهندسة والتوريد، وذلك باعتماد نظام مفتوح بدلاً من نظام مغلق مضغوط (وهو التصميم الأصلي كما تم تقييمه في دراسة الأثر البيئي والاجتماعي لعام 2022). وقد أدى هذا التغيير إلى خفض الحد الأقصى لضغط التشغيل الكلي إلى 50 بارًا، مما سمح بخفض أقطار الأنابيب (بما يتراوح بين 2 و16 بوصة، حسب مقطع الأنبوب)، وبالتالي تقليل متطلبات الصلب (قدره 7٪ من حيث الحجم المقدر). بالإضافة إلى ذلك،

تم إدخال تحسين إضافي مرتبط باعتماد كل من المضخات ذات السرعة الثابتة والمتغيرة (التي تم اختيار جميع المضخات ذات السرعة المتغيرة سابقًا) في محطة تعزيز وتقوية الضخ 1 و2 و3 BPS1و BPS2وBPS3، وصمامات التحكم في مخرج المحطة في التصميم لتحسين التحكم في محطات الضخ، وتقليل عمليات تشغيل وإيقاف المضخات، مما يقلل من الحاجة إلى التخزين المؤقت عبر النظام. كما ادت دراسات التحسين التي أجريت إلى تغييرات في متطلبات التركيب فوق الأرض(AGI) . ويوضح الشكل 4-9 أدناه هذه التغييرات من خلال مقارنة بين مخطط نظام الناقل المُحسّن لعام 2022. ويمكن تلخيص أهم التغييرات على النحو التالي:

- تم نقل موقع محطة تعزيز وتقوية الضخ رقم 3 إلى أعلى وادي رم، إلى الموقع الذي كان مخصصًا سابقًا لمحطة تعزيز وتقوية الضخ رقم 4. وتمت إزالة متطلبات محطات الضخ المعززة الإضافية BPS4 و BPS 5من التصميم
- عند أعلى نقطة في خط الأنابيب، الواقعة على ارتفاع حوالي 804 أمتار فوق مستوى سطح البحر، أعلى المنبع من محطة تعزيز وتقوية الضخ BPS3 3 ، حيث تم تركيب خزان مطابق للتصميم الأصلي في خزان التنظيم 1(RGT1) للحفاظ على النظام مفتوحًا. تم إزالة متطلبات خزان التنظيم2 RGT2 من التصميم، مع الاحتفاظ بخزان التنظيم 3 RGT3.
- تم الاحتفاظ بخزان كسر الضغط (BPT) ويعمل كخزان في قسم الجاذبية بين خزان التنظيم 3 RGT3 (خزان النقطة العليا) و محطة ضخ ممر عمان التنموي
- أُزيلت خزانات التخزين الموجودة سابقًا في محطة تعزيز وتقوية الضخ BPS3 3 و محطة ضخ ممر عمان التنموي ADCمن التصميم.



الشكل 4- 8 مخططات نظام الناقل لعام 2022 والمخطط الحالي

أدى تأثير تحسين النظام الهيدروليكي واستخدام مضخات متغيرة السرعة وثابتة السرعة في محطات تعزيز وتقوية الضخ 1 و2 و3 BPS1 و BPS2 و BPS3 إلى تغيير كبير في حجم التخزين المطلوب عبر النظام. ويوضح الجدول 4-12 أدناه مقارنة بين متطلبات التخزين من تصميم عام 2022 والتصميم المُحسَّن.

الجدول 4- 7 مقارنة بين سعات خزانات التخزين المقدرة (2022 مقابل التصميم المحسن)

الموقع	تصميم 2022 الحجم لكل خزان (م3)	تصميم مُحسَّن الحجم لكل خزان (م3)
BPS1	50,000	30,000
BPS2	21,000	30,000
RGT1	21,000	15,000
BPS3	19,000	-

الموقع	تصميم 2022 الحجم لكل خزان (م3)	تصميم مُحسَّن الحجم لكل خزان (م3)
BPS4	21,000	لم يعد ضمن التصميم
RGT2	18,250	لم يعد ضمن التصميم
BPS5	21,000	لم يعد ضمن التصميم
RGT3	21,000	-
BPT	21,000	20,000
PS ADC	19,000	-
الاجمالي	232,250	115,000
الإجمالي (بما في ذلك الاحتياطي)	464,500	230,000

يمثل خفض متطلبات التركيب فوق الأرض AGIبما في ذلك خفض متطلبات التخزين وفورات كبيرة في التكلفة ولكن أيضًا وفورات من حيث استخدام المواد وخفض بصمة المنشأة؛ ويؤدي إزالة مرافق خزان التنظيم 2 RGT2ومحطة تعزيز وتقوية الضخ 4 BPS4ومحطة تعزيز وتقوية الضخ 5 BPS5إلى خفض المساحة بحوالي 10 هكتارات فقط ويسمح بتجنب الآثار البيئية والاجتماعية المحتملة التي ربما حدثت في هذه المواقع وفي محيطها بسبب التركيب فوق الأرض AGI والأنشطة التشغيلية .

6.4.3.4 تحسينات مستمرة في تصميم نظام الناقل

سيتم إجراء المزيد من تحسينات التوجيه لخط أنابيب الناقل من خلال برنامج الإشعار المحدد ببدء العمل LNTP مع توفير المزيد من المعلومات عن أنشطة المسح الجارية بما في ذلك المسوحات الطبوغرافية والتحقيقات الجيوتقنية ومسوحات الكشف عن الضوء وتحديد المدى (light detection and ranging - LIDAR) لتحديد الظروف الأرضية وتحت السطحية (بما في ذلك مواقع العوائق) والتواصل مع أصحاب المصلحة وردود أفعالهم بما في ذلك السلطات التنظيمية والشركات وأصحاب المرافق والمجتمعات المحلية ومن خلال المزيد من المراجعات تفصيلية إضافية لقابلية البناء.

5.3.4 الطاقة والطاقات المتجددة

1.5.3.4 فلسفة إمدادات الطاقة

تعتبر عمليات تحلية المياه ونقلها، بطبيعتها، كثيفة الاستهلاك للطاقة، وتتطلب مصدرًا مستمرًا وثابتًا للطاقة لتلبية الطلب الاستهلاكي على الكهرباء من مضخات الضغط العالي ومعدات العمليات الأخرى. ففي المرحلة الأولى من المشروع، تم اتخاذ قرار بتأمين الطاقة المطلوبة من الشبكة الوطنية الأردنية، بدلًا من محطة توليد طاقة مستقلة في الموقع، باعتباره الخيار الأكثر كفاءةً في استهلاك الطاقة وفعاليةً من حيث التكلفة.

هناك فوائد كبيرة لاستخدام مصادر الطاقة المعتمدة على الشبكة مقارنةً بتوليد الطاقة التقليدي في الموقع لمشروع بهذا الحجم مع ارتفاع الطلب المستمر على الطاقة. ففي المقام الأول، توفر الشبكة الوطنية كفاءةً أعلى في استخدام الطاقة نظرًا لحجم محطة توليد الطاقة التي تُسهم في توفير الكهرباء، مقارنةً بمولدات الطاقة المستقلة الأصغر حجمًا والأقل كفاءةً، نظرًا لحاجتها إلى سعة تشغيل خاملة باهظة الثمن (احتياطي دوار) على شكل وحدات احتياطية. ويمكن للشبكة توفير جهد وتردد مستقرين، يناسبان مضخات الضغط العالي التي تعمل بمحركات كهربائية، ومن خلال زيادة التكرار في إمدادات الكهرباء، يتم إزالة مخاطر المشروع المرتبطة بمصدر طاقة واحد. ويجب على (مشروع الناقل الوطني) الالتزام بحدود وزارة المياه والري لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل متر مكعب من مياه الشرب الموردة، ولذلك، يشمل مصدر الطاقة في المشروع جزءًا من مصدر طاقة متجددة مُخصَّص (سيتم مناقشته بمزيد من التفصيل في القسم 2.5.3.4 أدناه). ومن الشروط الرئيسية التي وضعها المشروع، نيابةً عن مُنتجي الكهرباء الآخرين في الأردن، والتي تعتبر قيدًا على نوع إمدادات الطاقة المتجددة، ضرورة الامتثال لمبدأ "التغذية الصفرية" الذي يُحظر بموجبه تصدير الطاقة من منشآت الطاقة المتجددة إلى الشبكة الوطنية الأردنية.

تنمو قدرة الطاقة المتجددة منخفضة الكربون في الأردن، ومن المتوقع أن تساهم بنسبة 31% من إمدادات الطاقة الأولية في الأردن بحلول عام 2030 (صلاح، أ. وآخرون، 2023). ومع ذلك، لم تتم دراسة خيار الحصول على جميع الطاقة من مصادر متجددة بالتفصيل، حيث يُقدر إجمالي استهلاك الطاقة في مشروع الناقل الوطني بنحو 2606 جيجاوات ساعة سنويًا، وهو ما لا يُعد خيارا ممكنا لتغطيته من خلال مشروع طاقة متجدد مستقل.

تتوافق فلسفة مشروع إمداد الطاقة مع الاستراتيجية الوطنية للمياه في الأردن (وزارة المياه والري، 2023) والتي تتضمن عدة أهداف حول زيادة كفاءة الطاقة في قطاع المياه وحوافز مالية لتشجيع ذلك. وتشير الاستراتيجية الوطنية للمياه إلى أنه "لا يمكن لقطاع المياه تحقيق أهدافه الخاصة في كفاءة الطاقة والطاقة المتجددة دون التعاون والدعم من بيئة تمكينية فعالة من قطاع الطاقة."

ستقوم شركة الكهرباء الوطنية وشركة الكهرباء الأردنية وشركة توزيع الكهرباء، وجميعها شركات كهرباء أردنية، بتنفيذ أعمال الإنشاءات الكهربائية اللازمة لربط شبكة الكهرباء بمرافق مشروع الناقل الوطني، تحت إشراف وزارة المياه والري. وسوف يشمل إنشاء مرافق النقل والتوزيع إنشاء محطات فرعية وخطوط نقل جديدة كما هو موضح في الفصل الخامس القسم 5.3.5.

2.5.3.4 مفهوم الطاقة المتجددة

حددت وزارة المياه والري (MWI) حدًا أقصى يبلغ 3,2 كيلو غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون/م3 من مياه الشرب للمشروع، وهو ما يستلزم استخدام الطاقة المتجددة لدعم توفير الطاقة الكهربائية لمحطات تحلية المياه ونقل المياه، بدلًا من الاعتماد الكامل على الشبكة الوطنية الأردنية.

- تشمل تقنيات الطاقة المتجددة ذات الصلة بالأردن الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الحرارية الأرضية، وطاقة الكتلة الحيوية، والطاقة الكهرومائية. ومع ذلك وفي مرحلة التصميم المفاهيمي، تم اتخاذ القرار باعتماد الطاقة الشمسية الكهروضوئية (PV) كخيارٍ مفضل للطاقة المتجددة. كما وان مستويات الإشعاع الشمسي العالية في جنوب الاردن (5.6 كيلوواط/ساعة/م2/يوم - (صلاح، أ. وآخرون، 2023))، وما يرتبط به من إنتاج للطاقة، وتوافر مساحات مناسبة من الأراضي غير المطورة وغير الصالحة للزراعة، وانخفاض النفقات الرأسمالية المطلوبة لتركيب واسع النطاق، تجعل هذا الخيار الأكثر جاذبية. وعليه فان خيارات الإمداد بالطاقة المتجددة الأخرى أقل تفضيلا للأسباب التالية:
- طاقة الرياح - تتطلب توربينات الرياح، بطبيعتها، مساحةً أكبر وتوفر إمدادًا متقطعا للطاقة مقارنةً بالطاقة الشمسية الكهروضوئية. ويتطلب المشروع، بألا يتجاوز انتاج الطاقة المتجددة الذاتية في أي وقت إجمالي استهلاك المشروع، أي عدم التغذية بالشبكة، مما يمثل قيدا أمام توفير الطاقة. إضافةً إلى ذلك، تقع المواقع في الأردن التي تتوفر فيها الظروف المُثلى لتوليد طاقة الرياح على بُعدٍ كبير من مرافق مشروع الناقل الوطني (مثل مشاريع طاقة الرياح القائمة في محافظات إربد والطفيلة ومعان). لذا، ستكون هناك حاجة إلى أعمال جبارة لربط أي مشاريع رياح في هذه المواقع. من منظور بيئي، فان المواقع المحتملة التي اقترحتها وزارة المياه والري لمشاريع الرياح تقع في منطقة حساسة للطيور، على طول مسار هجرة الطيور بين وادي الأردن والبحر الأحمر، وفي أو بالقرب من العديد من مناطق الطيور المهمة.

- الطاقة الحرارية الأرضية - تتميز مصادر الطاقة الحرارية الأرضية في جميع أنحاء الأردن بدرجات حرارة غير كافية لدعم توليد الكهرباء (الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2021). وتتركز موارد الطاقة الحرارية الأرضية المتاحة في المنطقة الشمالية الشرقية من البلاد وحول البحر الميت، وتميل إلى أن تكون مناسبة للتطبيقات صغيرة النطاق.
- الكتلة الحيوية/الطاقة الحيوية - يحد مناخ الأردن الجاف ومواردة المائية المحدودة من القدرة على إنتاج المواد الخام اللازمة لتطوير الوقود الحيوي (الذي يساهم بنسبة 0.1% من إجمالي الطلب على الطاقة في الأردن - نهار ميّس، ر.، م.، وآخرون، 2023). وتُستمد موارد الطاقة الحيوية في الأردن بشكل رئيسي من النفايات الصلبة البلدية، مع مشاريع صغيرة الحجم تُركز على البنية التحتية لإدارة النفايات في عمّان.
- الطاقة الكهرومائية - أدى نقص المسطحات المائية الكبيرة، مثل الأنهار المتدفقة الرئيسية اللازمة لبناء محطة طاقة كهرومائية واسعة النطاق، إلى الحد من استثمارات الطاقة الكهرومائية في الأردن (صلاح، أ. وآخرون، 2023). على الرغم من وجود عنصر كهرومائي صغير (حوالي 6 ميجاوات) مرتبط بمحطة العقبة الحرارية للطاقة (مؤسسة التمويل الدولية، 2016)، إلا أن توليد الطاقة الكهرومائية يتطلب عادةً تغيرات كبيرة في الإرتفاع لدعم محطة طاقة رئيسية غير متوفرة في منطقة العقبة.

لذلك، تم اختيار مفهوم الطاقة الشمسية الكهروضوئية، مع اعتماد محطة طاقة شمسية كهروضوئية ضمن التصميم لتزويد محطات تحلية المياه ومحطات الضخ التابعة للمشروع في محافظة العقبة بالكهرباء خلال ساعات النهار. ولم يُعتَبَر استخدام إمدادات الطاقة المتجددة مع نظام تخزين طاقة البطارية (BESS) مجديًا من حيث متطلبات الأرض والتكلفة والخبرة التشغيلية. فبالإضافة إلى متطلبات السعة الكبيرة لنظام تخزين الطاقة بالبطاريات BESS، فان نظام تخزين الطاقة بالبطاريات BESS يشكل مخاطر تقنية كبيرة على المدى الطويل، نظرًا لصعوبة التنبؤ بالعمر الافتراضي لهذه المعدات. وستكون خطط وتكاليف الاستبدال غير مؤكدة إلى حد كبير، مما يؤدي إلى ارتفاع تكلفة المياه وزيادة احتمالية تأثر الشبكة الكهربائية.

3.5.3.4 بدائل مواقع المرافق المتجددة

خلال التصميم الأولي للمشروع، تم بحث جدوى استعمالات الأراضي المحيطة بمحطة تحلية المياه لإنتاج حوالي 22 ميجاواط من الطاقة الشمسية، ولكن تم استبعاد هذا الخيار نظرًا لقلة المواقع المتاحة. ثم تم بحث ثلاثة مواقع لإنشاء مرافق محطة الطاقة الشمسية الكهروضوئية للطاقة المتجددة للمشروع، كما هو موضح في الشكل 4-10. وقد تم اختيار هذه المواقع من بين أراضٍ مملوكة للحكومة الأردنية، والتي اعتُبرت مناسبة تقنيًا لإنشاء مرافق الطاقة الكهروضوئية، وشملت:

- البديل 1: وادي عربة: شمال مطار الملك حسين الدولي، على بُعد حوالي 60 كيلومترًا من مرافق تحلية المياه المقترحة. الموقع مملوك لوزارة المياه والري/سلطة وادي الأردن، وقد تم تخصيصه للمشروع في مرحلة التصميم الأولية. ومع ذلك، واجه الموقع تحدياتٍ مُتعددة، منها المخاوف الأمنية نظرًا لقربه من الحدود الدولية مع فلسطين. كما يقع الموقع ضمن محمية قطر الطبيعية.
- البديل 2: القويرة: على بُعد حوالي 60 كيلومترًا من مرافق تحلية المياه المقترحة، وحوالي 5.5 كيلومترًا من قرية القويرة، الواقعة شمال المنطقة الفاصلة لمحمية وادي رم، وشمال منطقة التنوع الحيوي الرئيسية في حوض حسمى - رم. ويوجد عدد من محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية الأخرى على بُعد كيلومترين من هذا الموقع. ويقع موقع القويرة في منطقة استعمالات أراضٍ مصنفة ضمن "التنمية المتوسطة: تقتصر على السياحة غير الاستهلاكية."
- البديل 3: المدورة: يقع في محافظة معان، في موقع مُجاور مباشرةً لموقع محطة تعزيز وتقوية الضخ 5 (BPS5) المُخطط لها مبدئيًا، وعلى بُعد حوالي 90 كيلومترًا من محطات تحلية المياه المُقترحة. وخلال عملية تطوير التصميم، تم إلغاء متطلبات محطة تعزيز وتقوية الضخ BPS55 ، وبالتالي أصبح هذا الموقع أقل جاذبيةً نظرًا لبعده عن المنشآت المركبة فوق الأرض الخاصة بالمشروع والمسافة إلى مرافق تحلية المياه، وقد تم استبعاد هذا الخيار من الدراسة المُستقبلية.

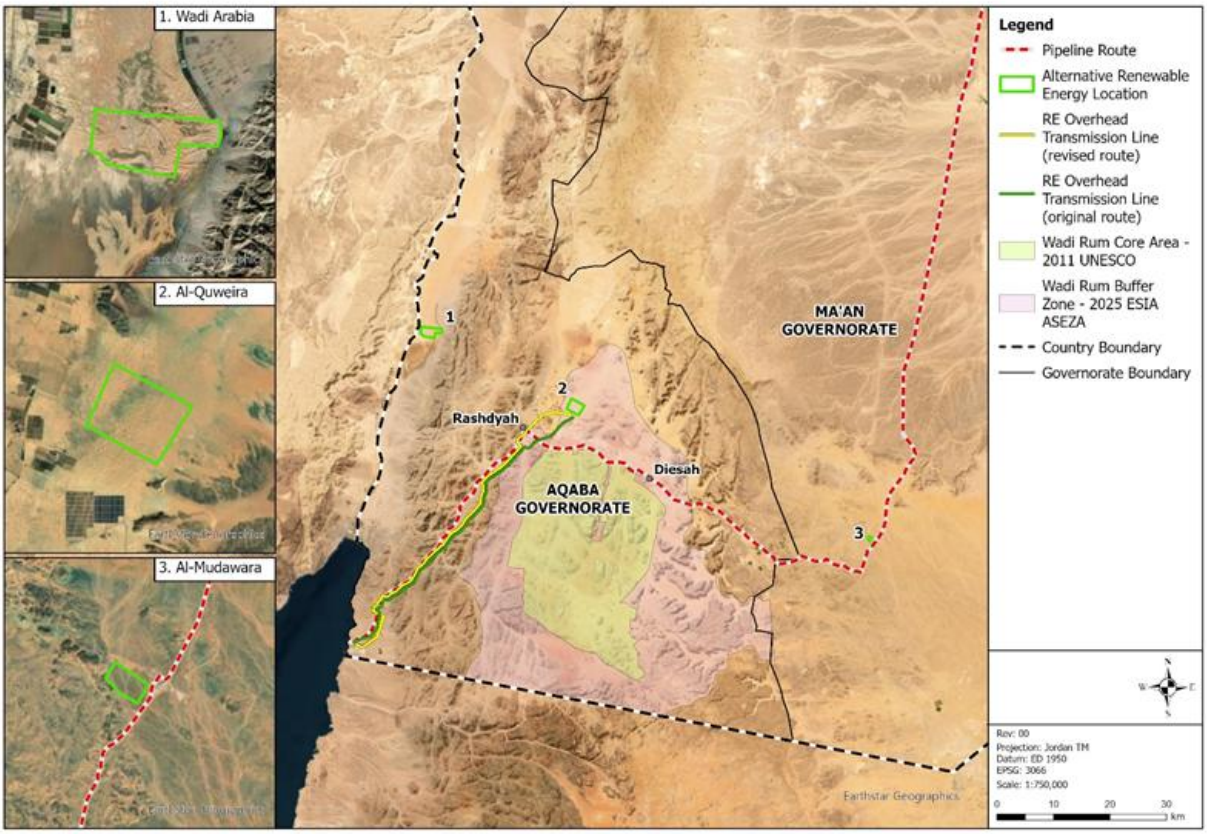
بناءً على الجدوى الفنية والاقتصادية، بالإضافة إلى الجوانب البيئية والاجتماعية، تم اختيار موقع القويرة (البديل 2). ويُلخص الجدول 4-13 التقييم المُقارن بين المواقع الثلاثة.

الجدول 4- 8ملخص التقييم المقارن لبدائل مواقع مرافق الطاقة المتجددة

معايير التقييم	بدائل مواقع المرافق المتجددة		
	البديل الأول: وادي عربة	البديل الثاني: القويرة	البديل الثالث: المدورة
الجدوى الفنية			غير مطبق
الجدوى الاقتصادية			غير مطبق
البيئية			غير مطبق
الاجتماعية			غير مطبق

المفتاح:

محايد (لا توجد فروقات مميزة)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	نقاط القوة	لا ينطبق على هذا القرار غير منطبق



الشكل 4- 9 مواقع الطاقة المتجددة البديلة وخيارات مسار خطوط النقل الهوائي

4.5.3.4 بدائل توجيه خط النقل الهوائي

الغرض من خط نقل الطاقة الهوائي (OHTL) هو توفير اتصال واحد لإمدادات الطاقة بين منشأة الطاقة الشمسية الكهروضوئية المتجددة للمشروع ومحطة تحلية المياه التابعة لمشروع الناقل الوطني ومحطات الضخ المعززة. ويعتبر خط النقل الهوائي (OHTL) المستقل ضروريًا نظرًا لأن نقل حمل الطاقة عبر الشبكة الوطنية غير مسموح به بموجب الشروط القانونية للمشروع المتفق عليها مع وزارة المياه والري. وكانت هناك حاجة إلى أعمال تقوية كبيرة للشبكة لاستيعاب الحمل الكبير لمحطة الطاقة المتجددة (حوالي 281 ميجاوات تيار متردد)، وهو ما يعادل حوالي 30٪ من إجمالي الطلب السنوي على الطاقة للمشروع. إن تكييف شبكة الكهرباء الحالية للتعامل مع هذا الحمل الإضافي لن يكون أكثر تكلفة من إنشاء خط نقل مخصص فحسب، بل سيتسبب أيضًا في تحديات كبيرة في الاستقرار، مما يتطلب نشر تقنيات تخفيف معقدة ومكلفة. علاوة على ذلك، كانت أعمال التعزيز ستتطلب انقطاعًا مؤقتًا لشبكة النقل بما في ذلك خط نقل عمان-العقبة الحالي بجهد 132 كيلو فولت، مما قد يعرض استمرارية الإمداد في البلاد للخطر. وبناءً على ذلك، تم اعتماد خط نقل هوائي مستقل في التصميم.

ستتولى شركة الكهرباء الوطنية تصميم وبناء خط النقل الهوائي (OHTL)للمشروع. ويوضح الشكل 4-10 المسارين اللذين تم تقييمهما حتى الآن لخط النقل الهوائي. وكما ورد في دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي للطاقة المتجددة لعام 2025 (تيترا تك، 2025)، اقترحت شركة الكهرباء الوطنية في البداية مسارًا لخط النقل الهوائي يمر عبر المنطقة الفاصلة لمحمية وادي رم. ومع ذلك، وبعد التعاون مع سلطة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة (ASEZA) وإدارة محمية وادي رم، خلصت الدراسة إلى أن الخيار الأنسب هو إعادة توجيه خط النقل الهوائي ليبقى خارج المنطقة الفاصلة. ولا توجد فروق جوهرية أخرى بين المسارين كما هو موضح في الجدول 4-14.

الجدول 4- 9 ملخص التقييم المقارن لبدائل مسارات خط النقل الهوائي

معايير التقييم	بدائل مسارات خط النقل الهوائي	
	البديل الأول: داخل منطقة وادي رم الفاصلة	البديل الثاني: تجنب منطقة وادي رم
الجدوى الفنية		
الجدوى الاقتصادية		
البيئية		
الاجتماعية		

المفتاح:

محايد (لا توجد فروقات مميزة)	عوائق التقدم	نقاط الضعف	القيود	مفيد	لا ينطبق على هذا القرار / غير منطبق

المراجع

شركة تيترا تك الدولية للتنمية، "مشروع الناقل الوطني - التقرير النهائي لدراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي"، 5 نيسان 2022

وزارة المياه والري، "الاستراتيجية الوطنية للمياه في الأردن، 2023-2040"، 2023

وضع موارد المياه الجوفية في الأردن، المجلة الأمريكية لموارد المياه. 2022 جمال أ. ردايدة

"وضع وإمكانات تطوير الطاقة المتجددة في الأردن: استكشاف التحديات والفرص"، أ. صلاح، م. شلبي، ف. باسم إسماعيل؛ الاستدامة: العلم والممارسة والسياسة، المجلد 19، العدد 1، نُشر في 8 حزيران 2023

الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (آيرينا)، تقييم جاهزية الطاقة المتجددة: المملكة الأردنية الهاشمية. آيرينا. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Feb/IRENA_RRA_Jordan_2021.pdf

نهار مياس، ر.، م. توستادو-فيليز، م. غوميز-غونزاليس، و ف. جورادو. 2023. "استعراض إمكانات الطاقة الحيوية في الأردن." الطاقات 16 (3): 1393. دوى:10.3390 / en16031393.

شركة تيترا تك الدولية للتنمية، "تقييم المخاطر الأولي ودراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي لمشروع الناقل الوطني (الأردن) – دراسة تقييم الأثر البيئي والاجتماعي الشامل لمكون الطاقة المتجددة"، 1 حزيران 2025

بوابة معلومات وبيانات مشروع مؤسسة التمويل الدولية، أكوا باور الأردن 2016 https://disclosures.ifc.org/project-detail/AS-ESRS/30794/acwa-power-jordan

بريمو، أ. ل.، ماركيز، س. س. (2021). قنديل البحر، التغيرات العالمية، وخدمات النظم البيئية البحرية. في: ليال فيلهو، و.، أزول، أ. م.، براندلي، ل.، لانج سالفيا، أ.، وول، ت. (محررون). الحياة تحت الماء. موسوعة أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة. سبرينغر، شام. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71064-8_31-1

مقدمة في تقنيات تحلية المياه، إتش جيه كريشنا، مجلس تنمية المياه في تكساس (2004) https://www.twdb.texas.gov/publications/reports/numbered_reports/doc/r363/c1.pdf

تحليل سوق الطاقة المتجددة: منطقة دول مجلس التعاون الخليجي؛ الوكالة الدولية للطاقة المتجددة 2016

الوضع العالمي لتحلية المياه: تقييم لتقنيات ومحطات وقدرات تحلية المياه الحالية، ج. إيكي، أ. يوسف، أ. جيوا، أ. صديق؛ مجلة تحلية المياه، المجلد 495، 1 ديسمبر 2020 https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114633