The ERI ITA is funded by the European Investment Bank

Tetra Tech International Development

Economic Resilience Initiative - Infrastructure Technical Assistance TA2017141 R0 ERI

تقييم قابلية التأثر بالمخاطر المناخية
(تقرير المهمة 1.7)

30 أيلول 2021

تم تمويل Infrastructure Technical Assistance التشغيلية هذه بموجب إطار مبادرة Economic Resilience Initiative التابعة لبنك الاستثمار الأوروبي. هذا وقد قام البنك بإطلاق هذه المبادرة استجابةً لدعوة المجلس الأوروبي لتكثيف دعمه لدول جوار الاتحاد الأوروبي سعياً لدفع عجلة النمو الاقتصادي وتحقيقاً لأهداف التنمية المستدامة. ولعل الهدف من هذه المبادرة يكمن بتأمين تمويلٍ إضافي على وجهِ السرعةِ لدعم النمو المستدام والبنية التحتية الحيوية والتماسك الاجتماعي في بلدان الجوار الجنوبي وغرب البلقان. وتركز مبادرة Economic Resilience Initiative على القطاعين العام والخاص دعماً لأنشطة بنك الاستثمار الأوروبيّ خلال المراحل المختلفة من دورة المشروع. هذا وقد ساهم بنك الاستثمار الأوروبي في نافذة تمويل المساعدة الفنية لمبادرة Economic Resilience Initiative بمبلغ 90 مليون يورو مُوّلت من موارد ميزانيته الخاصة.

إخلاء المسؤولية

يتحمل مؤلف هذا التقرير المسؤولية الكاملة عما ورد فيه. ويشار الى أن وجهات النظر المطروحة به تعبر عن رأي الكاتب فحسب وقد لا تعكس بالضرورة-وجهة نظر بنك الاستثمار الأوروبي.

تم إصدار هذا المستند للطرف الذي كُلف بإعداده ولأغراض محددة مرتبطة بالمشروع المذكور أعلاه فقط. إذ لا ينبغي الاعتماد عليه من قبل أي طرف آخر أو استخدامه لأي أغراض آخرى بخلاف ذلك.

تقع مسؤولية محتويات هذا التقرير على عاتق ائتلاف شركات WYG و Economic Resilience Initiative "ERI" Infrastructure Technical Assistance "ITA"، ولا تعكس بأي حال من الأحوال وجهات نظر بنك الاستثمار الأوروبي أو الاتحاد الأوروبي.

نخلي مسؤوليتنا من تحمل أية عواقب قد تنجم عن الاعتماد على هذا المستند من قبل أي طرف آخر، أو استخدام هذ المستند لأي غرض آخر بخلاف المشار اليه. هذا ولا نتحمل مسؤولية ما قد يرد به من خطأ أو إغفال قد يكون ناجم عن خطأ أو إغفال في البيانات المقدمة إلينا من قبل أطراف أخرى.

سجل مسائل التقرير

عنوان المشروع: التقييم الأولي للمخاطر والتقييم البيئي والاجتماعي لمشروع العقبة – عمان لتحلية ونقل المياه "AAWDC " (الأردن)

رقم المشروع: MSK-JOR-ENV – AAWDC-21

عنوان التقرير: تقرير المهمة 1-7 - تقييم قابلية التأثر بالمخاطر المناخية

العدد: 2

مراجعه	1	2	3	4
تاريخ	17 تموز 2021	30 أيلول 2021		
تفصيل	تقييم قابلية التأثر بالمخاطر المناخية	تقييم قابلية التأثر بالمخاطر المناخية		
إعداد	Dr. Renalda El-Samra Climate Change Specialist& ESIA Team	Dr. Renalda El-Samra Climate Change Specialist & ESIA Team		
تم التحقق من قبل	Timothy Young SPM Manuel BÉNARD DTL	Timothy Young SPM Manuel BÉNARD DTL		
معتمد من قبل	Mathieu ARNDT TL	Mathieu ARNDT TL		

جدول المحتويات

سجل مسائل التقرير **1**

قائمة الأشكال **2**

قائمة الجداول **2**

مسرد المصطلحات والاختصارات **4**

1 المقدمة. **6**

2 المناخ والاتجاهات المناخية **7**

2-1 الاتجاهات التاريخية في مناخ الأردن 8

2-1-1 درجة الحرارة 8

2-1-2 هطول الأمطار 10

2-1-3 ارتفاع مستوى سطح البحر SLR 17

2-2 السيناريوهات المناخية المستقبلية للأردن 18

2-2-1 التنبؤ بدرجات الحرارة وهطول الأمطار 18

2-2-2 التنبؤ بارتفاع مستوى سطح البحر SLR 22

2-2-3 توقعات تغير المناخ 23

3 تقييم قابلية التأثر بالمخاطر المناخية **24**

3-1 المقدمة 24

3-2 المهمة 0-التحضير 25

3-3 المهمة 1-تقييم الحساسية/قابلية التأثر 26

3-3-1 تحديد المخاطر المناخية المحتملة 27

3-3-2 تحليل الحساسية 30

3-3-3 تقييم قابلية التأثر 42

3-4 المهمة 2-تقييم المخاطر 46

3-4-1 الاحتمالية (تحليل الاحتمالات) 46

3-4-2 الشدة (تحليل الأثر) 51

3-4-3 تقييم المخاطر 58

3-5 المهمة 3-التكيف 59

4 المراجع **67**

قائمة الأشكال

الشكل 1: المتوسط السنوي لهطول الأمطار وهطول الأمطار (المصدر: water.fanack.com) 7
الشكل 2: المشروع السنوي للأردن للفترة 1901-2016 (https://climateknowledgeportal.worldbank.org/) 9
الشكل 3: متوسط درجة الحرارة الشهرية في الأردن للفترة 1901-2016
(https://climateknowledgeportal.worldbank.org/) 9
الشكل 4: معدل هطول الأمطار السنوي في الأردن للفترة 1901-2016
(https://climateknowledgeportal.worldbank.org/) 11
الشكل 5: متوسط هطول الأمطار الشهري في الأردن للفترة 1901-2016
(https://climateknowledgeportal.worldbank.org/) 12
الشكل 6: خريطة نقاط الضعف بسبب الجفاف في الأردن (العديليه وآخرون، 2019) 13
الشكل 7: السدود المشيدة في وادي اليُتم (المصدر: Google Earth، 2021) 15
الشكل 8: خريطة المناطق المعرضة لخطر الفيضانات (UNWFP، 2019) 16
الشكل 9: ارتفاع الموجات في البحر الأحمر مع هبوب الرياح في جنوب شرق البلاد (Drews، 2015) 17
الشكل 10: متوسط التغير في درجة الحرارة وهطول الأمطار بمرور الوقت لمجموعة من توقعات RCP 4.5 و RCP 8.5
لحوض نهر الأردن (RICCAR، 2017)..... 18
الشكل 11: تغير المناخ المتوقع في الأردن. (ب) انحراف درجة الحرارة عن متوسط فترة خط الأساس (C) هطول الأمطار
السنوي (D) الانحراف السنوي لهطول الأمطار عن متوسط فترة خط الأساس لـ RCP4.5. (راجسيخار وغوريليك، 2017)
..... 21
الشكل 12: (أ) عدد السنوات التي بها انحراف إيجابي في درجة الحرارة عن متوسط فترة خط الأساس لـ RCP8.5. (ب)
النسبة المئوية لحدوث درجات حرارة عالية وأنواع مختلفة من الجفاف لـ (C) RCP8.5. النسبة المئوية لحدوث درجات
حرارة عالية وأنواع مختلفة من الجفاف لـ RCP4.5. (د) عدد الأحداث التي أدت إلى حدوث متزامن لأنواع متعددة من
الجفاف لكل شريحة زمنية مدتها 30 عامًا (Rajsekhar and Gorelick، 2017) 22
الشكل 13: الخطوات الرئيسية في تقييم المخاطر 24
الشكل 14: مراحل تقييم مخاطر المناخ وقابلية التأثر به 25
الشكل 15: الملامح التخطيطية لمشروع العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP 26

قائمة الجداول

جدول 1: متوسط درجات الحرارة الشهرية في الأردن 1901-2016 9
جدول رقم 2: متوسط هطول الأمطار الشهري في الأردن 1901-2016
(https://climateknowledgeportal.worldbank.org/) 12
الجدول 3: ملخص الآثار القطاعية لتغير المناخ في الأردن (GEF/UNDP, 2014) 23
الجدول 4: تحديد المخاطر المتصلة بالمناخ 27
الجدول 5: مصفوفة الحساسية لمشروع AAWDCP 30
الجدول 6: مصفوفة الحساسية للأشغال البحرية 31
الجدول 7: مصفوفة الحساسية لمحطة تحلية المياه 33
الجدول 8: مصفوفة الحساسية لخط أنابيب النقل 34
الجدول 9: مصفوفة الحساسية لمحطات الضخ والخزانات 35
الجدول 10: تقييم التعرض للمناخ الأساسي والمستقبلي لمشروع العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه مشروع العقبة -
عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP..... 37
الجدول 11: تفسير التعرض للمناخ الأساسي والمستقبلي لمشروع العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه (AAWDCP) 38
الجدول 12: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر بالأعمال البحرية - المناخ الأساسي 42
الجدول 13: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر بالنسبة للأعمال البحرية - المناخ المستقبلي 42

الجدول 14: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر الأعمال البحرية - المناخ الأساسي + المناخ المستقبلي 42
الجدول 15: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر بالمناخ الأساسي لمحطة تحلية المياه 43
الجدول 16: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر لمحطة تحلية المياه - المناخ المستقبلي 43
الجدول 17: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر لمحطة تحلية المياه - المناخ الأساسي + المناخ المستقبلي 43
الجدول 18: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر لخط الأنابيب - المناخ الأساسي 44
الجدول 19: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر لخط الأنابيب - المناخ المستقبلي 44
الجدول 20: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر لخط الأنابيب بالمناخ الأساسي + المناخ المستقبلي 44
الجدول 21: مصفوفة تصنيف قابلية تأثر خزانات ومحطات الضخ - بالمناخ الأساسي 45
الجدول 22: مصفوفة تصنيف قابلية تأثر خزانات ومحطات الضخ - بالمناخ المستقبلي 45
الجدول 23: مصفوفة تصنيف قابلية تأثر خزانات ومحطات الضخ – بالمناخ الأساسي + المناخ المستقبلي 45
الجدول 24: مقياس تقييم احتمالية المخاطر المؤثرة على المشروع 46
الجدول 25: الترتيب الاحتمالي لجميع مكونات المشروع 47
الجدول 26: تفسير الترتيب الاحتمالي للأعمال البحرية ومحطة تحلية المياه 47
الجدول 27: تفسير الترتيب الاحتمالي لمحطات الضخ وخطوط الأنابيب والخزانات 49
الجدول 28: مقياس تقييم شدة العواقب 51
الجدول 29: ترتيب الخطورة بالنسبة لمكونات المشروع 52
الجدول 30: تفسيرات تصنيف الشدة للأعمال البحرية لمحطة تحلية المياه الثانية 52
الجدول 31: تفسيرات تصنيف الشدة على خط الأنابيب ومحطات الضخ والخزانات 55
الجدول 32: مصفوفة المخاطر 58
الجدول 33: مصفوفة المخاطر بناءً على مؤشرات الاحتمالية والشدة الخاصة بمخاطر المناخ المكتشفة 59

مسرد المصطلحات والاختصارات

AAWDCP	مشروع العقبة – عمان لتحلية ونقل المياه
ADC	شركة تطوير العقبة
ASEZA	سلطة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة
BAU	العمل كالمعتاد
CAPEX	النفقات الرأسمالية
CDI	مؤشر الجفاف المشترك
CTD	الموصلية (الملوحة) – درجة الحرارة – العمق
CUSUM	المجموع التراكمي
CVRA	تقييم قابلية التأثر بالمخاطر المناخية
DO	الأكسجين المذاب
DRR	وحدة الحد من الكوارث
E	التعرض
EIA	تقييم الأثر البيئي
ESIA	تقييم الأثر البيئي والاجتماعي
ESCWA	لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا
GCMs	نماذج الدوران العام
GHGs	غازات الدفيئة
GIS	نظم المعلومات الجغرافية
I&C	الأجهزة والتحكم
IHE	معهد الهندسة الهيدروليكية والبيئية
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
IPS	محطة سحب وضخ المياه
JMD	دائرة الأرصاد الجوية الأردنية
JRV	وادي الأردن
Km	الكيلومترات
MCM/year	مليون متر مكعب سنويا
MENA	الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
MWI	وزارة المياه والري

NCEP	المراكز الوطنية للتنبؤ البيئي
OPEX	النفقات التشغيلية
PS	محطة الضخ
ppt	جزء لكل تريليون
RCPs	مسارات التركيز التمثيلية
RICCAR	المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية في المنطقة العربية
RO	التناضح العكسي
S	الحساسية
SDSM	نموذج تقليص النطاق الإحصائي
SLR	ارتفاع مستوى سطح البحر
SNC	التقرير الوطني الثاني
SWAT	أداة تقييم التربة والمياه
SWRO	محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي
THMs	ثلاثي هالوميثان
TNC	التقرير الوطني الثالث
Tor	الأسس المرجعية
UNDP	برنامج الأمم المتحدة الإنمائي
UNFCCC	اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ
USA	الولايات المتحدة الأمريكية
V	قابلية التأثر
WAJ	سلطة المياه الأردنية
WEAP	نظام تقييم وتخطيط المياه
WFP	برنامج الأغذية العالمي
WWTP	محطة معالجة مياه الصرف الصحي

1 المقدمة

ازدادت حرارة المناخ نظرًا لزيادة التأثير الإشعاعي الناتج عن انبعاثات غازات الدفيئة (GHGs) الناجمة عن نشاطات الإنسان. وبغض النظر عن سيناريو الانبعاثات المعتمد في المستقبل، من المرجح أن يؤدي هذا الاحترار إلى تفاقم مشكلة ندرة المياه في العديد من مناطق العالم محدثًا آثار ضارة أخرى مختلفة على أنشطة ورفاهه الإنسان الاجتماعية والاقتصادية.

وفي السنوات الأخيرة، شهدت مناطق مختلفة تغيرات موسمية في الطقس ارتبطت بآثار بيئية سلبية أثقلت كاهل العديد من الدول بأعباء اجتماعية -اقتصادية. وعلاوة على ذلك، تشير الأبحاث الحديثة إلى احتمالية حدوث تغيرات أكبر في الطقس الإقليمي في ظل الظروف المناخية المستقبلية كما أشارت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، (IPCC, 2013). إن تغير المناخ يتدخل في تواتر وشدة الظواهر المناخية القصوى (Christidis et al. 2005). ومن الأمثلة على هذه الأحداث موجات الحر والجفاف والفيضانات التي لها آثار ضارة على أوجه هامة لمجتمعنا واقتصادنا، مثل الموارد المائية وغلة المحاصيل وصحة الإنسان (Seneviratne et al. 2014). ولذلك، أصبح فهم قابلية التأثر بتغير المناخ وما يقابله من الإجراءات التخفيفية واستراتيجيات التكيف مع الآثار السلبية المحتملة، أمرا حتميًا على الصعيدين الإقليمي والمحلي.

يغطي الأردن مساحة إجمالية تبلغ حوالي 90,000 كيلومتر مربع، ويقع في قلب الشرق الأوسط. هذا وتقع حدوده على العراق وإسرائيل وفلسطين والمملكة العربية السعودية وسوريا. يتمتع الأردن بمزيج من المناخ شبه القاحل والمعتدل. يتراوح هطول الأمطار السنوي أقل من 50 ملم في المناطق الصحراوية الشرقية والجنوبية إلى 600 ملم (الشكل 1) في المرتفعات الشمالية (Shehadeh and Ananbeh, 2013)، يسقط بعضها على شكل ثلوج (UNDP, 2010).

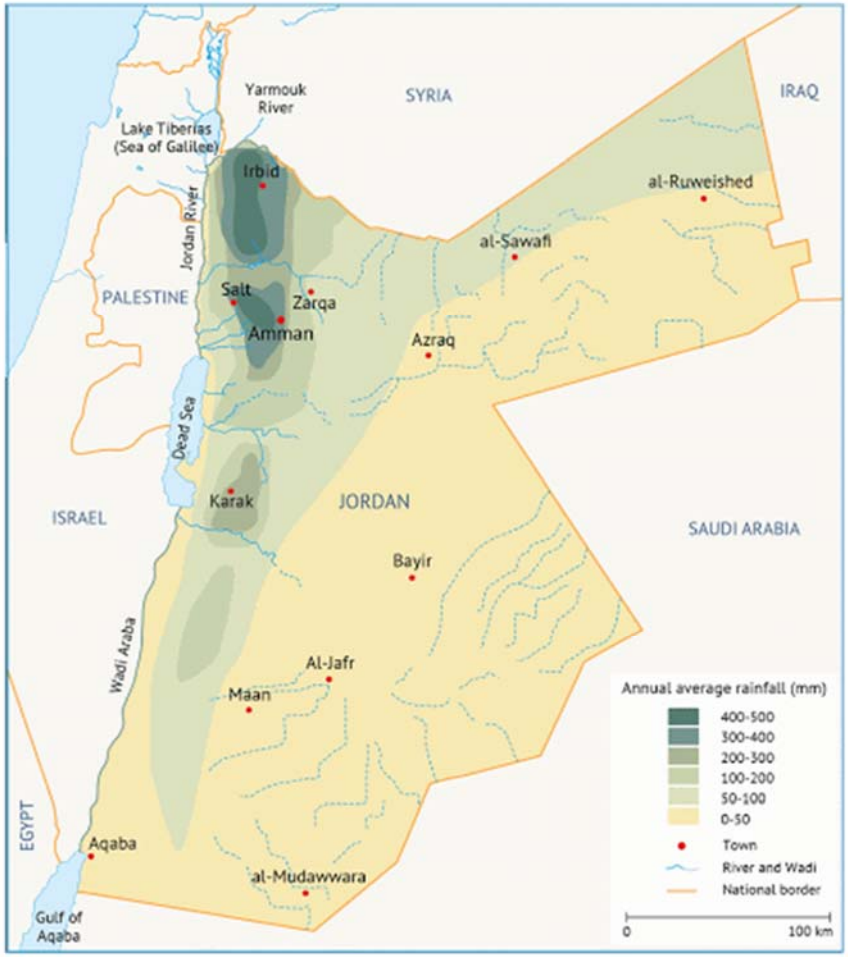
بشكل عام، يتمتع الأردن بصيف دافئ وجاف وشتاء رطب معتدل، حيث يتراوح متوسط درجات الحرارة السنوي من 12 درجة مئوية إلى 25 درجة مئوية وتصل درجات الحرارة القصوى في الصيف إلى 35 درجة مئوية في الصحراء، وتهطل الأمطار حصرًا في فصل الشتاء. وفي بعض الأحيان، تسبب العواصف المطرية الغزيرة فيضانات مفاجئة قصيرة المدة في المجاري المائية السطحية (الأودية). يُعيد جزء من هطول الأمطار تغذية أنظمة المياه الجوفية. هذا وقد تظهر المياه الجوفية من الينابيع بمعدل تدفق أقل من 1 لتر في الثانية (لتر / ثانية) إلى أكثر من 50 لتر / ثانية. وفي بعض الأماكن، تغذي الينابيع وغيرها من المياه الجوفية والتجمعات المائية المماثلة الأنهار التي تحمل المياه طوال العام.[1]

[1] https://water.fanack.com/jordan/geography-climate-population/

2 المناخ والاتجاهات المناخية

يقع الأردن في منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط. يوجد في الأردن ثلاث مناطق بيئية (GEF/UNDP, 2014):

- يشهد وادي الأردن، الذي يقع على عمق 200-400 متر تحت مستوى سطح البحر، شتاءً دافئًا (حيث تتراوح درجات الحرارة ما بين 19 درجة مئوية - 22 درجة مئوية) وصيف حار، (حيث تتراوح درجات الحرارة ما بين 38 درجة مئوية - 39 درجة مئوية)، ويتراوح متوسط هطول الأمطار السنوي بين 100-300 ملم.
- تشهد المرتفعات الغربية أعلى مستويات هطول الأمطار: إذ يبلغ متوسط هطول الأمطار 350-500 ملم سنويًا وتتراوح درجات الحرارة من 9 إلى 13 درجة مئوية في فصل الشتاء، ومن 26 إلى 29 درجة مئوية في فصل الصيف.
- تغطي البادية، وهي منطقة قاحلة أو شبه قاحلة إلى الشرق، حوالي 85 في المائة من البلد. هذا وينخفض متوسط مستويات هطول الأمطار السنوية إلى أقل من 200 ملم، وتتراوح درجات الحرارة من 14 إلى 16 درجة مئوية في فصل الشتاء ومن 35 إلى 37 درجة مئوية في فصل الصيف.



الشكل 1: المتوسط السنوي لهطول الأمطار وهطول الأمطار (المصدر: water.fanack.com)

يتأثر المناخ بموقع الأردن الذي يتراوح ما بين الجفاف شبه الاستوائي في المناطق الصحراوية العربية والرطوبة شبه الاستوائية في منطقة شرق البحر الأبيض المتوسط. يُعد شهر كانون الثاني أبرد شهر السنة، حيث تتراوح درجات الحرارة فيه ما بين 5 إلى 10 درجة مئوية، كما يعد شهر آب الأكثر سخونة، حيث تتراوح درجات الحرارة ما بين 20 إلى 35 درجة مئوية. يمكن أن تكون درجات الحرارة اليومية حارة جدًا، خاصة في فصل الصيف؛ خصوصًا في بعض الأيام، حيث من الممكن أن تصل درجة الحرارة إلى 40

درجة مئوية أو أكثر، لا سيما عندما هبوب رياح الخماسين، وهي رياح جنوبية حارة وجافة. يمكن أن تكون هذه الرياح قوية جدًا في بعض الأحيان ويمكن أن تسبب عواصف رملية.

يختلف هطول الأمطار من موسم إلى آخر ومن سنة إلى أخرى. وغالبًا ما يتركز هطول الأمطار في العواصف العنيفة، مما يسبب الانجراف والفيضانات المحلية، خاصة في أشهر الشتاء.

يمكن تصنيف مناخ الأردن بحسب تصنيفات كوبن Koeppen-Geiger: على أنه مناخ شبه قاحل (BSh)، أي حار وجاف في الصيف، حيث تبلغ متوسط درجة الحرارة السنوية أعلى من 18 درجة مئوية. ومن جهة أخرى، تُصنف المناطق الشرقية والجنوبية من الأردن على أنها ذات مناخ صحراوي، أي مناخ (BWh)، الحار والجاف، وتبلغ متوسط درجات الحرارة السنوية أعلى من 18 درجة مئوية.[2]

1-2 الاتجاهات التاريخية في مناخ الأردن

استنادًا إلى البيانات التاريخية الطويلة التي نشرتها دائرة الأرصاد الجوية الأردنية (JMD)، تتغير المتغيرات المناخية بشكل كبير على المستويين الوطني والمحلي (مستوى المحطات المناخية المحلية)، حيث بات التغير في المناخ أكثر وضوحًا (GEF/UNDP, 2014). يشير كل من اختبار اتجاه رتبة مان-كيندال واتجاهات الانحدار الخطي إلى أن هطول الأمطار السنوي يميل إلى الانخفاض بشكل كبير مع مرور الوقت ليبلغ معدل 1.2 ملم في السنة. في الوقت نفسه، يميل متوسط درجة حرارة الهواء والحد الأقصى والأدنى إلى الزيادة بشكل كبير بمقدار 0.02 و0.01 و0.03 درجة مئوية / سنة، على التوالي. وعلاوة على ذلك، تميل الرطوبة النسبية إلى الزيادة بشكل كبير بمعدل 0.08 ٪ في السنة، في حين يبدو أن مؤشرات القياس المعيارية لأحواض التبخر pan-A لها تقديرات غير واقعية للانخفاض المسجل على نحو كبير يبلغ 0.088 مم / سنة. هذا ويميل عدد أيام العاصفة الترابية إلى الانخفاض بشكل كبير بمقدار 0.09 يوم / سنة و0.06 يوم / سنة وبمستوى رؤية تقل عن 1 كم و5 كم. وبالإضافة إلى ذلك، أشارت البيانات التاريخية التي تم اختبارها على أساس سنوي وشهري إلى أن انخفاض هطول الأمطار مهم للغاية خلال موسم الأمطار بأكمله باستثناء شهر كانون الثاني. وبالمثل، خلال مواسم الجفاف في حزيران وتموز وآب، حيث يكون هطول الأمطار متجهًا نحو الزيادة بمرور الوقت، على الرغم من أن هذه الزيادة تعتبر ضئيلة في كميتها كما يتضح من حجم الانحدار (GEF/UNDP, 2014).

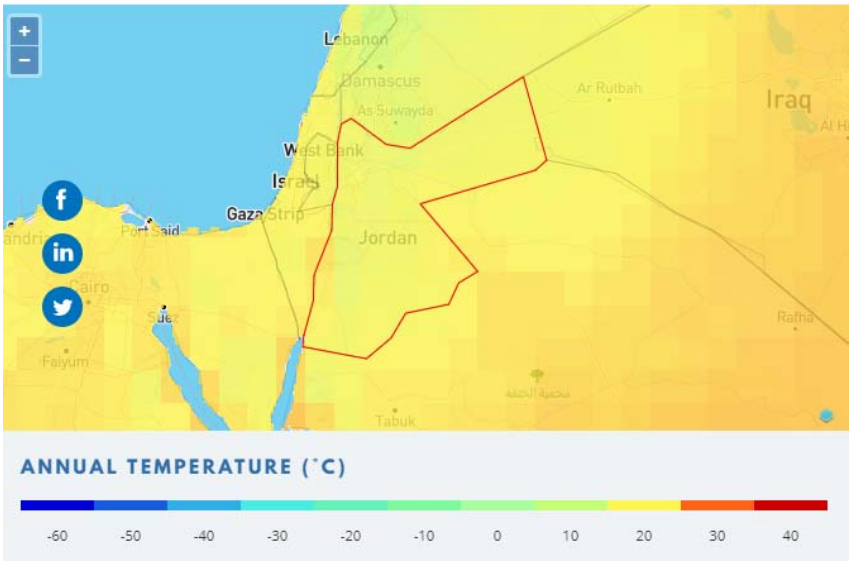
1-1-2 درجة الحرارة

بلغ متوسط درجة الحرارة السنوية في الأردن للفترة 1901-2016 ما يقارب 18.65 درجة مئوية (الشكل 2) بينما بلغ متوسط درجة الحرارة الشهرية التاريخية للبلاد خلال الفترة الزمنية 1901-2016، كما يبين (الشكل3). تم إصدار مجموعة البيانات من قبل وحدة البحوث المناخية بجامعة إيست أنجليا.

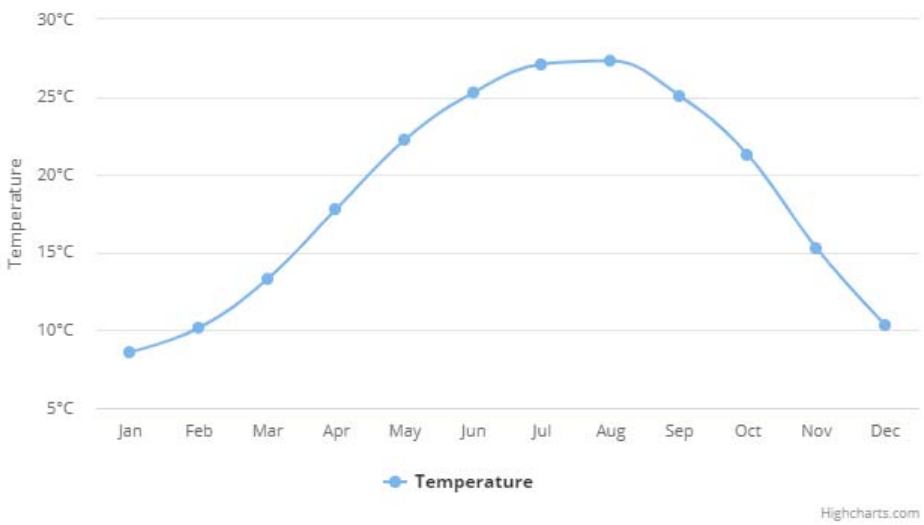
وقد لُوحظ الاتجاهات التالية في درجة الحرارة:

- زيادة درجة الحرارة القصوى السنوية بمقدار 0.3-1.8 درجة مئوية منذ الستينيات.
- زيادة درجة الحرارة الدنيا السنوية بمقدار 0.4-2.8 درجة مئوية منذ الستينيات.
- ارتفاع متوسط درجة الحرارة السنوية بمقدار 0.89 درجة مئوية منذ عام 1900.

[2] https://www.weatheronline.co.uk/reports/climate/Jordan.htm



الشكل 2: المشروع السنوي للأردن للفترة 1901-2016 (/https://climateknowledgeportal.worldbank.org)



الشكل3: متوسط درجة الحرارة الشهرية في الأردن للفترة 1901-2016
(/https://climateknowledgeportal.worldbank.org)

يبين الجدول 1 أدناه متوسط درجة الحرارة الشهرية التاريخية للأردن خلال الفترة الزمنية 1901-2016.

جدول 1: متوسط درجات الحرارة الشهرية في الأردن 1901-2016

الشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
C°	9.20	10.76	14.17	18.68	23.10	26.27	28.17	28.40	25.99	22.09	15.59	10.80

المصدر: /https://climateknowledgeportal.worldbank.org

تشمل الاتجاهات المناخية منذ الستينيات (USAID, 2017):

- ارتفاع درجة الحرارة القصوى السنوية من 0.3-1.8 درجة مئوية، وارتفاع درجة الحرارة الدنيا السنوية من 0.4-2.8 درجة مئوية في جميع المناطق (ارتفاع درجات الحرارة الدنيا بوتيرة أسرع من درجات الحرارة القصوى).
- زيادة في متوسط عدد موجات الحر في جميع أنحاء البلاد، وخاصة في الصحراء.
- زيادة في عدد أيام الجفاف المتتالية على الصعيد الوطني (الأعلى في الصحراء، تليها المرتفعات ثم وادي الأردن).

بحثت دراسة أجراها الصمادي Smadi (2006)، التغيرات في المتوسط السنوي والموسمي (الأدنى والأقصى) لتغيرات درجات الحرارة في الأردن خلال القرن العشرين للفترة من 1923 إلى 2003. وركزت التحليلات على سجلات السلاسل الزمنية في محطة الأرصاد الجوية بمطار عمان. تم فحص حدوث تغييرات واتجاهات المناخ المفاجئة باستخدام مخططات المجموع التراكمي واستخدام المحاكاة في عملية أخذ العينات واختبار رتبة مان كيندل. تم الكشف عن تغييرات واتجاهات مفاجئة ذات دلالة إحصائية. دلت البحوث على حدوث تغيرات مناخية رئيسية في متوسط درجات الحرارة الدنيا (ليلاً) ومتوسط درجات الحرارة القصوى (أثناء النهار) في عامي 1957 و1967، على التوالي. كما حدثت نقطة تغير طفيفة في المتوسط السنوي لدرجة الحرارة القصوى في عام 1954، وهذا ما أجمع عليه كاتفاق أساسي للتغير المناخي في درجة الحرارة الدنيا. وأظهر التحليل اتجاها كبيرا للاحترار بعد عامي 1957 و1967 لدرجات الحرارة الدنيا والقصوى على التوالي. أظهر تحليل درجات الحرارة القصوى اتجاها كبيرا للاحترار بعد عام 1967 لموسم الصيف بمعدل زيادة في درجة الحرارة قدره 0.038 درجة مئوية / سنة. وعلاوة على ذلك، أظهر تحليل درجات الحرارة الدنيا اتجاهًا كبيرًا للاحترار بعد عام 1957 لجميع الفصول.

من ناحية أخرى، استخدم حمدي وآخرون Hamdi .al et (2009)، بيانات جمعت من ست محطات للأرصاد الجوية موزعة في جميع أنحاء الأردن وقاموا بتحليلها باستخدام العديد من المناهج الإحصائية العامة والمعيارية بما في ذلك مان كيندال، والانحدار الخطي، والمجموع التراكمي (CUSUM)، ومجموع الرتبة، واِخْتِبَارُ ستيودَنْتِ-تي (Student's t-test)، وفرق الرتب، والارتباط التلقائي، واختبار انحراف كورتوسيس الطبيعي. وكشفت النتائج التي توصلوا إليها الباحثين أن الحد الأدنى لدرجة حرارة الهواء كان قد ارتفع منذ سبعينيات القرن الماضي. وتشير هذه الزيادة إلى تغير طفيف في المناخ الإقليمي. لا تظهر سجلات درجة حرارة الهواء القصوى السنوية اتجاهات واضحة، ومع ذلك فإن درجات الحرارة الدنيا السنوية كانت قد زادت بينما انخفض النطاق السنوي لارتفاع درجات الحرارة. وعليه، يثبت هذا الانخفاض حقيقة مفادها أن الأرض أصبحت أكثر كفاءة في احتجاز الأشعة تحت الحمراء، المسؤولة عن الاحتباس العالمي.

وفي دراسة أخرى أجراها معتوق وآخرون Matouq، et al.(2013) فحصت بيانات الأرصاد الجوية قضايا مناخية عدة مثل هطول الأمطار ودرجات الحرارة للفترة ما بين عامي 1979 و2008. وتمت محاكاة البيانات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والبرمجيات الحاسوبية "MATLAB". وحولت نتائج المردودات إلى خرائط جغرافية. تم تحليل ثلاث مؤشرات: المتوسط السنوي لدرجة الحرارة القصوى، والمتوسط السنوي لدرجة الحرارة الدنيا، ومتوسط هطول الأمطار السنوي خلال الفترة (1979-2008). وعلى الرغم من أن درجات الحرارة المحلية تتقلب بشكل طبيعي، إلا أنها وعلى مدى السنوات الخمسين الماضية، شهدت ارتفاع في متوسط درجة الحرارة المحلية في الأردن على نحو مطرد منذ عام 1992 بمقدار 1.5-2 درجة مئوية.

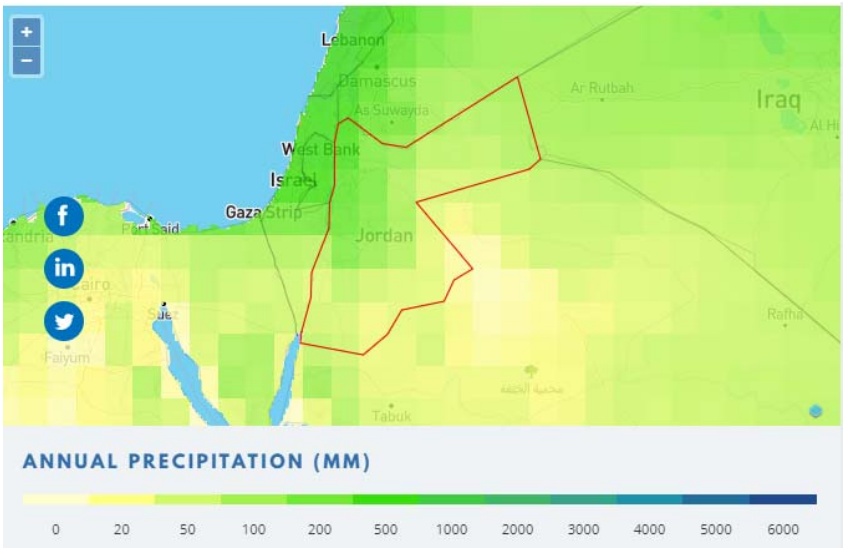
قامت الباحثة صدى وآخرون Sada et al. (2015)، بالبحث في تأثير تغير المناخ على درجة حرارة الهواء في البادية الأردنية، التي لديها أنظمة بيئية هشة. هذا وكانت بيانات الأرصاد الجوية تشمل ست محطات للأرصاد الجوية في البادية (المفرق والصفاوي والرويشد والأزرق وأم الجمال والرمثا) بالإضافة إلى درعا في جنوب سوريا، والطريف والقريات في المملكة العربية السعودية، حيث تم الحصول عليها من وزارة المياه والري الأردنية (MWI) والإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي في الولايات المتحدة الأمريكية، لتحديد التغيرات في درجة حرارة الهواء. تم استخدام الحزمة الإحصائية (SPSS) لاسترداد اتجاه الانحدار بين ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي ودرجة حرارة الهواء المحيط وتوقع درجات حرارة الهواء المستقبلية في المحطات التسع التي تم النظر فيها. تشير النتائج إلى أن درجة حرارة الهواء تزداد بمعدل سنوي يتراوح بين 0.02 و0.06 درجة مئوية / سنة.

2-1-2 هطول الأمطار

يبلغ متوسط هطول الأمطار السنوي في الأردن 113.52 ملم للفترة ما بين 1901 إلى 2016 (الشكل 4). وقد لوحظت الاتجاهات التالية في هطول الأمطار:

- تشير بيانات الشبكة العالمية التاريخية للمناخ في الأردن إلى انخفاض قدره 2.92 ملم/شهر في متوسط هطول الأمطار السنوي (في القرن الواحد)، أي منذ عام 1900.
- تشير معظم سجلات المحطات المحلية إلى أن هطول الأمطار انخفض من 94 ملم إلى 80 ملم خلال السنوات العشر الماضية للفترة 1938/1937 إلى 2005/2004.
- تظهر معدلات هطول الأمطار السنوية انخفاضًا في معظم محطات الأرصاد الجوية.

الشكل 5 أدناه متوسط هطول الأمطار الشهري التاريخي للأردن خلال الفترة الزمنية 1901-2016. تم إصدار مجموعة البيانات من قبل وحدة البحوث المناخية بجامعة إيست أنجليا.

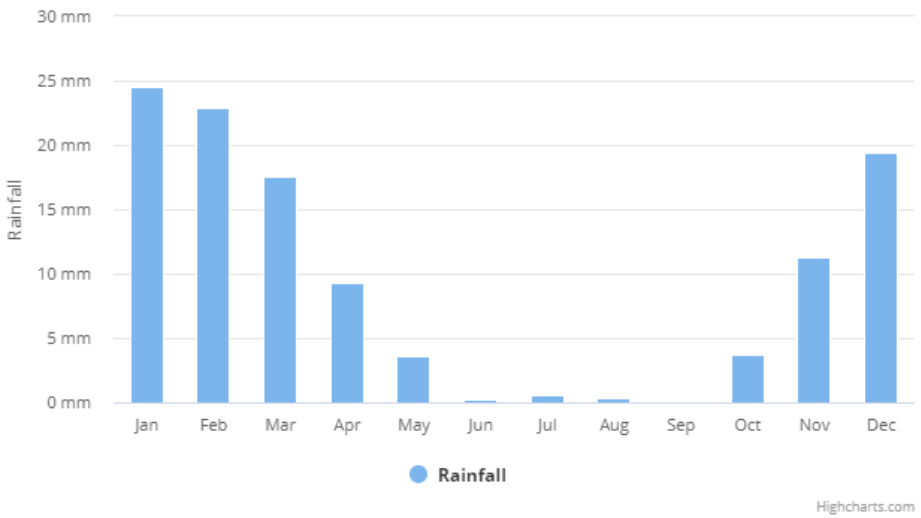


الشكل 4: معدل هطول الأمطار السنوي في الأردن للفترة 1901-2016 (/https://climateknowledgeportal.worldbank.org)

جدول 2 متوسط هطول الأمطار الشهري التاريخي للأردن خلال الفترة الزمنية 1901-2016.

جدول 2: متوسط هطول الأمطار الشهري في الأردن 1901-2016 (/https://climateknowledgeportal.worldbank.org)

شهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول
المليمتر	24.49	22.88	17.55	9.28	3.62	0.24	0.58	0.30	0.11	3.70	11.20	19.45



الشكل 5: متوسط هطول الأمطار الشهري في الأردن للفترة 1901-2016 (/https://climateknowledgeportal.worldbank.org)

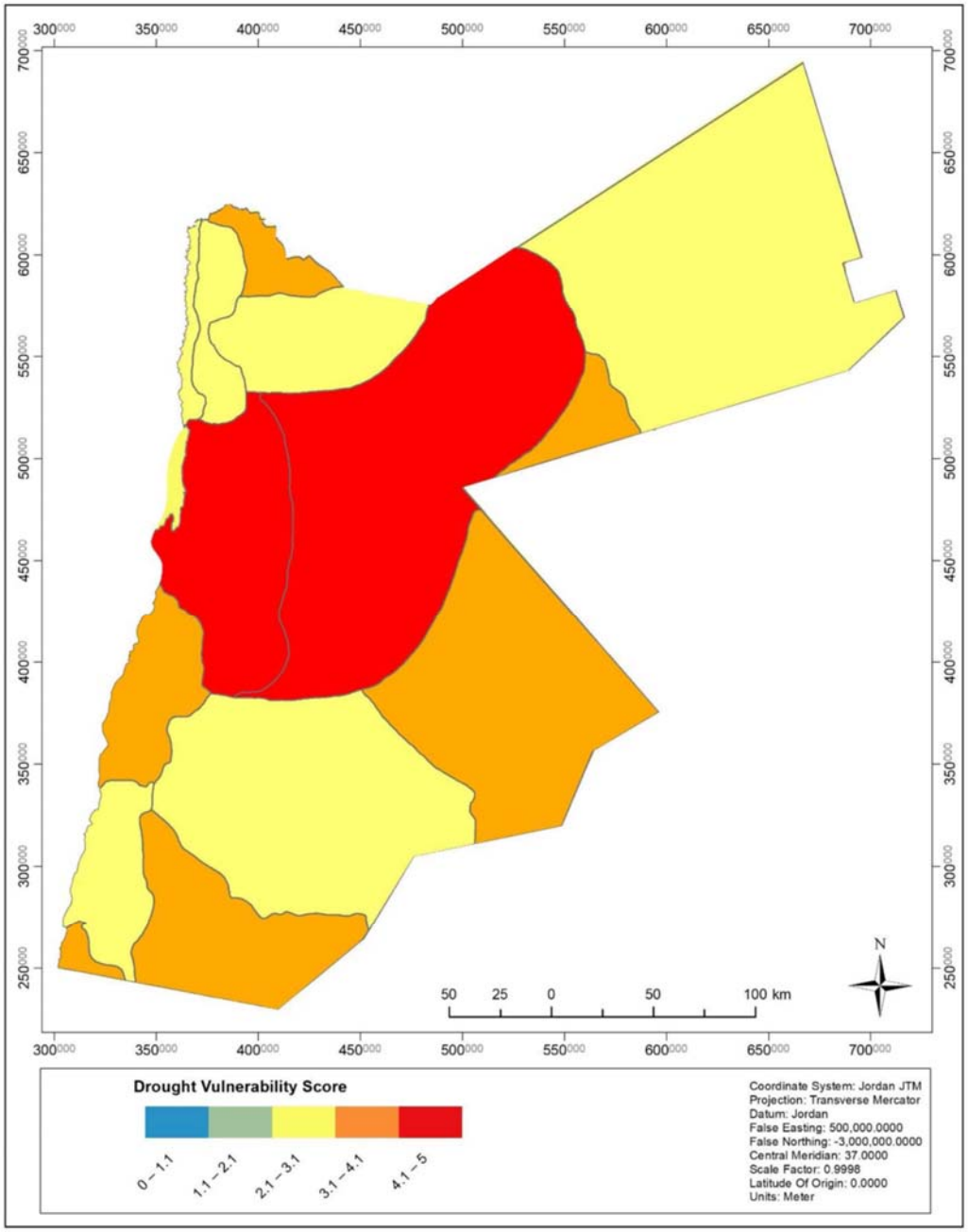
تشير تقديرات السجلات الطويلة الأجل (1938/1937-2001/2000) لتوزيع الأمطار في الأردن إلى أن متوسط حجم هطول الأمطار السنوي على البلاد يبلغ حوالي 8,360 مليون متر مكعب. إن كلاً من الجفاف وندرة المياه تجعل الأردن حساسًا بيئيًا لتغير المناخ. ومن الجدير بالذكر أن أكثر من 80٪ من البلاد غير مأهولة بالسكان بسبب الظروف الصحراوية، حيث يكون هطول الأمطار السنوي أقل من 50 ملم. يعتمد توافر المياه بشكل أساسي على هطول الأمطار التي يمكن أن تختلف اختلافًا كبيرًا من سنة إلى أخرى (وزارة الشؤون الخارجية الهولندية، 2018).

وفي حين أن هناك بعض الاختلافات في تحليل الاتجاهات، فإن هناك تقاربًا في حقيقة مفادها أن تواتر الجفاف آخذ في الازدياد وأن هذا الاتجاه سيستمر. تشير نتائج تحليل المركز الدولي للبحوث الزراعية للفترة 1901-2010 إلى أن هطول الأمطار السنوي آخذ في الانخفاض منذ فترة طويلة وأن هذا الاتجاه مهم في جميع أنحاء الأردن (وزارة الخارجية الهولندية، 2018). تنحدر الاتجاهات المناخية التاريخية منذ الستينيات نحو الانخفاض الخطي في هطول الأمطار السنوي بنسبة 5-20 في المائة في جميع أنحاء البلاد، باستثناء رأس منيف في المرتفعات والرويشد في البادية، حيث زاد هطول الأمطار بنسبة 5-10 في المائة.

أجرى الحموري والنقاء Hammouri, N., & El-Naqa (2007)، بحثًا لتقييم ظروف الجفاف في حوض عمان - الزرقاء وأفادا بأن فترات الجفاف حدثت على أساس منتظم خلال السنوات الخمسين الماضية في منطقة تجمعات المياه التي تم البحث فيها. وعلى العكس من ذلك، لم يجد دهامشة وأكسوي Dahamsheh, A., & Aksoy, H (2007). أي اتجاهات في بيانات هطول الأمطار الأردنية في 13 محطة التي تم البحث فيها للسنوات 1953-2002 يشير إلى أن التغير كان منتظمًا. أفاد القضاة والصمادي (2011) أن الأردن، الذي هو جزء من منطقة شبه قاحلة، عرضة لتغير المناخ. قام غانم (2011) بتحليل بيانات الأرصاد الجوية لمواسم الأمطار من 1957/1956 إلى 2006/2005 في 11 محطة موزعة داخل منطقة عمان وأفاد بأن هطول الأمطار السنوي يتناقص بنحو 0.4 ملم/سنة، ولكن دون أي دلالة إحصائية. وأفاد أيضًا بأن الهطول المطري أظهر فترتين رطبتين (1963/1962-

1974/1973 و1994/1993-1988/1987) وفترتي جفاف حدثتا في بداية فترة الدراسة ونهايتها. ومن جانبه، أظهر معتوق وآخرون (2013) أنه لم يحدث أي تغيير في متوسط هطول الأمطار السنوي في كل من الجزء الشمالي والشرقي، في حين أنه زاد في المنطقة الوسطى في الأردن خلال الفترة 1979-2008. وجدت صدى وآخرون (2015) أن هطول الأمطار السنوي يتناقص بمعدل سنوي 2.6-0.5 مم / سنة.

أنشأ العديلي وآخرون (2019) خريطة قابلية التأثر بالجفاف كما يوضح (الشكل 6) ركزت فيها على شدة واحتمال حدوث الجفاف، واقترح إجراءات التكيف القائمة على تحليل سلسلة تأثير قطاع المياه الجوفية من خلال دمج الدرجات العددية للتعرض والحساسية والقدرات التكيفية على مستوى أحواض المياه الجوفية والمناطق الأردنية.



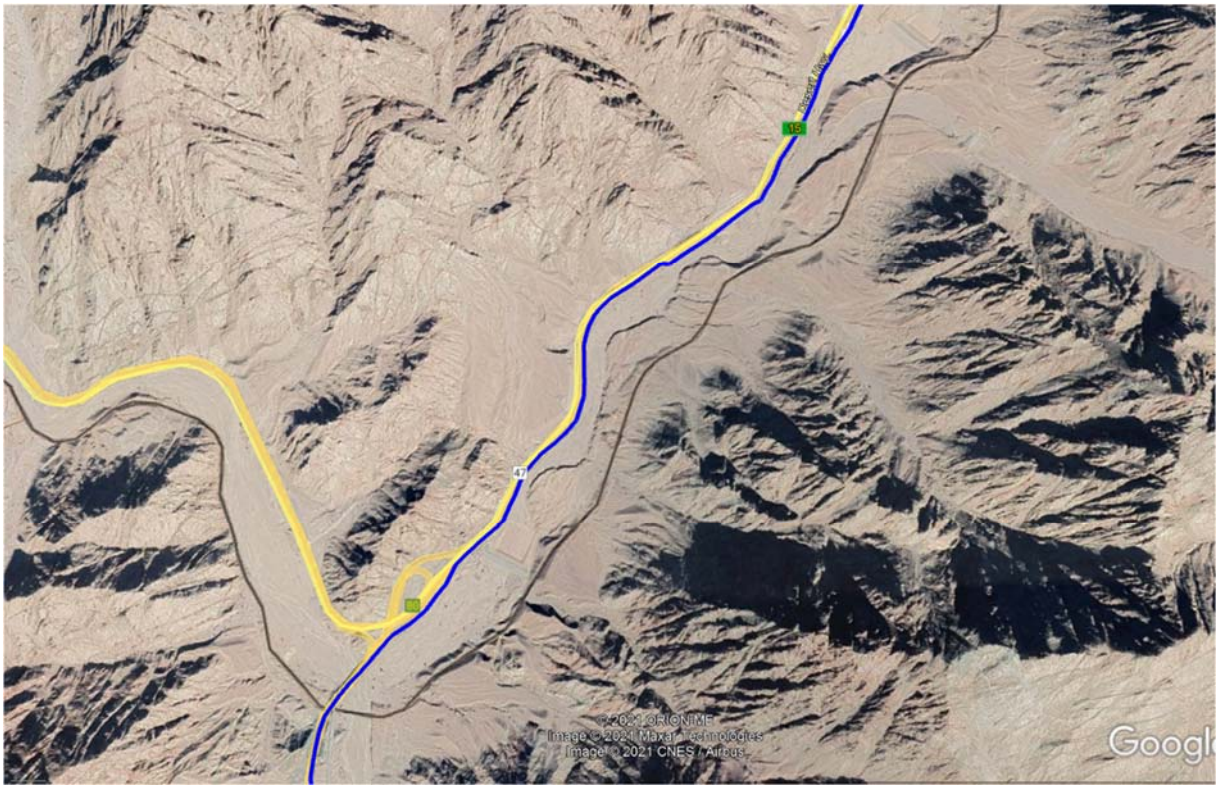
الشكل 6: خريطة قابلية التأثر بالجفاف في الأردن (العديلي وآخرون، 2019)

تم البحث في آثار الجفاف على أحواض المياه الجوفية بالاعتماد على قياس شدة واحتمال حدوث الجفاف، والتعرض للجفاف في جميع أنحاء البلاد، واستنادًا إلى مؤشر الجفاف المشترك (CDI) الذي تضمن مؤشر الجفاف لهطول الأمطار، ومؤشر الجفاف لدرجات الحرارة، ومؤشر الجفاف النباتي منذ 1980 إلى 2017. أشارت النتائج إلى أن الجفاف في الأردن يتميز بتباين زمني ومكاني فيما يتعلق بالاحتمال والشدة. وتراوحت أحداث الجفاف الأكثر طولاً بين خفيفة ومعتدلة، مع فترات طويلة من التعرض امتدت لمدة تصل إلى 13 سنة متتالية.

ومن ناحية أخرى، لا تحدث الفيضانات بانتظام في الأردن. ومع ذلك، فقد شهدت المملكة مؤخرًا زيادة حادة في شدة الفيضانات وتواتر حدوثها كما لاحظ المسؤولون الحكوميون المعنيون. تتشكل الفيضانات بشكل موسمي في بعض مناطق المملكة إما في بداية أو نهاية موسم الأمطار، خلال فترات الظروف الجوية غير المستقرة. ولا تزال التدفقات والفيضانات المفاجئة السبب الرئيسي للوفاة بسبب الكوارث الطبيعية في البلد؛ حيث تمثل حوالي 53٪ من الوفيات المرتبطة بالكوارث بين عامي 1980 و2012 (UNISDR، 2013) وينتج عنها خسائر في الممتلكات، وتدمير في البنية التحتية.

وكما هو الحال في أي بلد آخر قاحل إلى شبه قاحل، تشكل الفيضانات المفاجئة تهديدًا مهمًا للعديد من التجمعات السكانية في البلاد التي تقع في المناطق المنخفضة من السلاسل الجبلية (مثل مدينة البتراء الأثرية)، أو المدن الواقعة في اتجاه مجرى النهر في منطقة تجمعات المياه في التضاريس المسطحة (كمدينة معان) أو في التربة الرملية كما في مدينة العقبة. وعلى الرغم من التهديد الكبير الذي تشكله الفيضانات على بعض أجزاء البلاد، إلا أن هناك عددًا محدودًا من المؤلفات الموثقة حول الفيضانات في الأردن. وبالتالي، فإن معظم المعلومات المذكورة في هذا القسم تستند إلى الأخبار الإلكترونية ومنشورات الإنترنت والقليل من المراجع التي قدمتها وحدة الحد من الكوارث (DRR) في سلطة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة (SWIM، 2014).

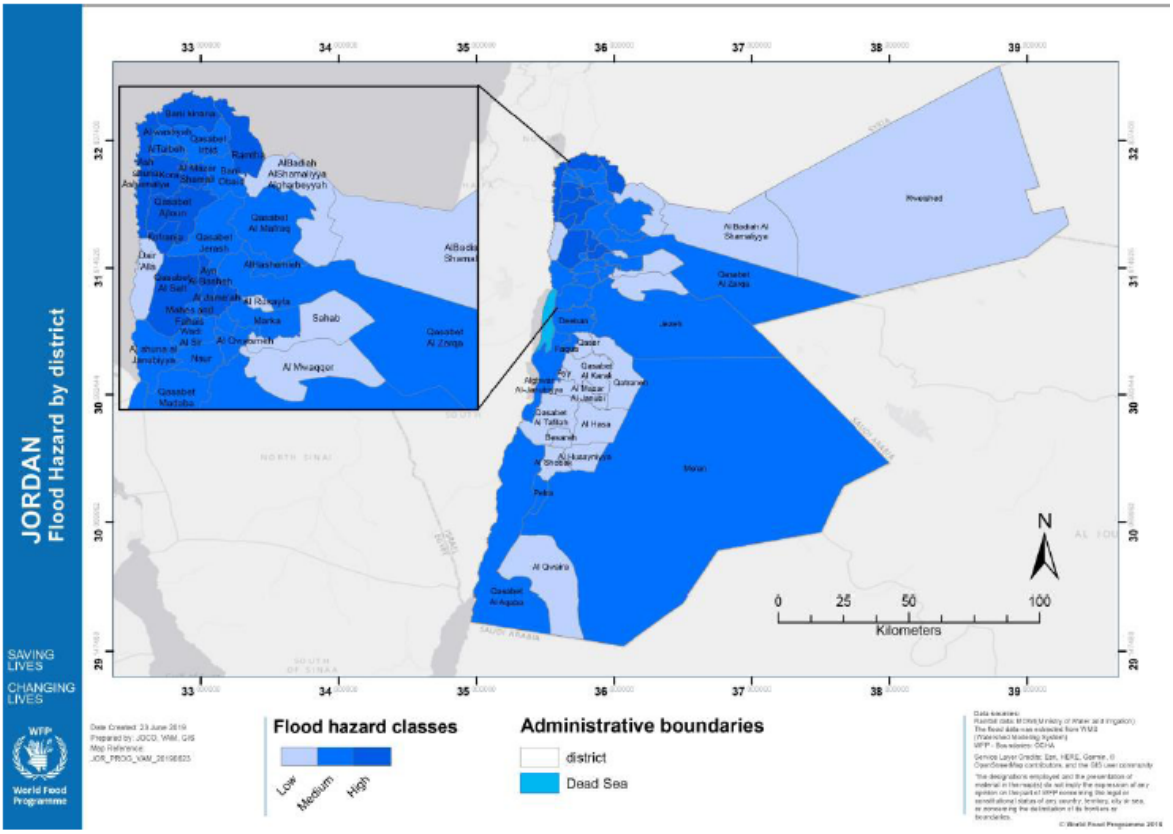
أحد الأودية المصنفة بأعلى احتمالات المخاطر والأضرار في الأردن هو وادي اليُتم (بما في ذلك رافده وادي عمران، الذي يغطي منطقة تجمعات المياه على ما يقرب من 4000 كم^2)، وهو أحد روافد البحر الأحمر في خليج العقبة المعروف باستضافته لأحداث الفيضانات الشديدة التي ألحقت أضرارا بالمباني الواقعة في قناة الفيضان النشطة. وفي شباط 2006، شهدت كل من العقبة ومعان في جنوب الأردن فيضاناً كبيرًا في وادي اليُتم السفلي وفي وادي الوحدة؛ غرب مدينة معان قتل ثمانية أشخاص. وبلغ تدفق الذروة حوالي 550 م 3/ثانية في وادي اليُتم (ما بين 10 و40 عاما)، وحوالي 320 م^3 / ثانية في وادي أُحادة (الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية، 2011). وأدى هذا الحادث، الذي كان ذا طبيعة إقليمية (شمل فلسطين والمملكة العربية السعودية وإسرائيل) إلى تدمير جزء من خط أنابيب نقل المياه بين الديسي والعقبة؛ وهو خط المياه الرئيسي المؤدي إلى مدينة العقبة، كما أدى إلى انقطاع إمدادات المياه لمدة أسبوعين وإمدادات الطاقة، وتسبب في عمليات تمشيط وتآكل للأبنية الخرسانة، كما سبب بانجراف التربة داخل قناة الوادي. وعلاوة على ذلك، عطلت الفيضانات محطة معالجة مياه الصرف الصحي في العقبة لعدة أشهر، كما عطلت مطار العقبة بسبب تدفق المياه والرواسب المنقولة إلى المدرج (SWIM، 2014). وللتخفيف من مخاطر الفيضانات المفاجئة الناجمة عن هذا الوادي، قامت شركة تطوير العقبة ببناء العديد من السدود المتتالية وتحديث إجراءات النقل والحماية (الشكل 7).



الشكل 7: السدود المشيدة في وادي اليُتم (المصدر: Google Earth، 2021)

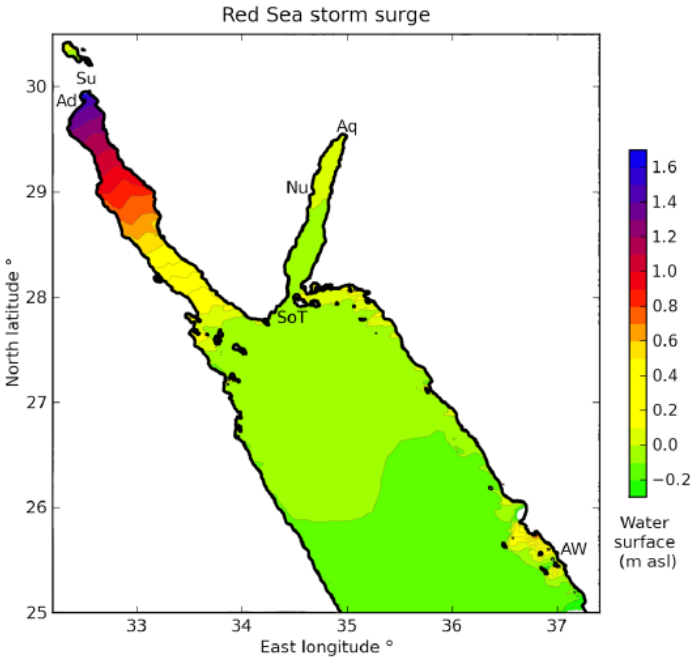
ضرب فيضان شديد البلاد بأكملها في عام 2013، شمل الأجزاء الشمالية (المفرق والزرقاء وعمان ونهر اليرموك) ووادي الأردن في الغرب (بما في ذلك البحر الميت ونهر الأردن) والجزء الجنوبي في معان والعقبة. وغمرت الفيضانات الشوارع في مدينتي عمان والزرقاء الرئيسيتين بمياه الأمطار التي غمرت المركبات. وفي وادي الأردن، غمرت المياه حوالي 8,500 فدان من الأراضي الزراعية القريبة من نهر الأردن. كما دمرت الفيضانات جميع المزارع المتضررة من الجريان السطحي الكثيف وانجراف التربة - من العدسية في شمال وادي الأردن، إلى منطقة داميا في الوسط. كما دمرت المزارع السمكية في المنشية وأبو عبيدة. وفي الجزء الجنوبي من البلاد، وعلاوة على ذلك، أغلق الطريق الذي يربط العقبة بالبحر الميت بسبب الانجرافات الرسوبية، في حين أغلق مطار العقبة لمدة يومين (SWIM، 2014).

يتميز الساحل الأردني لخليج العقبة بهياكل الشعاب المرجانية الصخرية التي تداخلها الوديان التي تمتد من الجبال المحيطة. هذه الوديان جافة معظم العام، ولكنها تشهد حدوث على الأقل فيضانين من الفيضانات المفاجئة سنويًا. أنشأت سلطة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة نظامًا من السدود لحصاد مياه الأمطار والحد من تأثير الفيضانات على التطورات الساحلية والموائل. تنتمي المنطقة الأرضية للمشروع إلى منطقة فيضانات يتميز بأنه متوسط التأثير (المناخ الأساسي والمستقبلي) وفقا لدراسة UNWFP (2019) (الشكل 8).



الشكل 8: خريطة المناطق المعرضة لخطر الفيضانات (UNWFP، 2019)

قام Drews (2015) بنمذجة الاستجابة في ارتفاع الموجات إلى اتجاه الرياح التي كانت بمثابة المنحنى الجيبي للمدن الساحلية في نهاية مدخل طويل، وكذلك للمدن المكشوفة على طول ساحل مستقيم. يعتمد ارتفاع الموجات على جيب تمام الزاوية بين اتجاه الرياح والمحور الرئيسي للخليج الضيق. يعد البحر الأحمر عبارة عن مسطح مائي ضيق طويل بين شمال شرق إفريقيا وشبه الجزيرة العربية. ينقسم الطرف الشمالي حول شبه جزيرة سيناء إلى خليج السويس الضحل إلى الغرب، وخليج العقبة الأعمق بكثير إلى الشرق(الشكل 9) يوضح مستوى المياه في شمال البحر الأحمر عندما تهب الرياح من الجنوب الشرقي (بواقع 300 درجة ديكارتية). يولد اتجاه الرياح هذا الحد الأقصى لاندفاع الأمواج القادمة من السويس، حيث تهب الرياح القادمة منه عبر البحر الأحمر لتعبر أطول مسافة ممكنة. وقد سجل أدنى ارتفاع له في العقبة عند المستوى 0.55 م.



الشكل 9: ارتفاع الموجات في البحر الأحمر مع هبوب الرياح في جنوب شرق البلاد (Drews، 2015)

3-1-2 ارتفاع مستوى سطح البحر SLR

يقع خليج العقبة على البحر الأحمر وهو أحد امتدادات المحيط الهندي في الجزء الشمالي الغربي الذي يتصل به عبر بحر العرب. تُعد مياه البحر الأحمر مالحة جدا وذات كثافة عالية الناجمة عن ارتفاع معدل التبخر، ونقص هطول الأمطار ونقص جريان المياه العذبة فيها (Alwad et al.، 2019).

بلغت قيم ارتفاع مستوى سطح البحر (SLR) العالمي في القرن العشرين استنادًا إلى سجلات مقاييس المد والجزر المنشورة خلال التسعينيات، في حدود 1 إلى 2 مم / سنة (Church and White، 2011). ولعل أكبر مساهمة لارتفاع مستوى سطح البحر تنشأ بفعل التمدد الحراري الناجم عن ارتفاع درجة حرارة المحيطات التي حدثت بشكل رئيسي منذ الخمسينيات. وعلى الرغم من أن التغيرات في المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر يمكن أن تعكس التغيرات في مستوى سطح البحر في خليج العقبة، فإن العلاقة بين المتوسط العالمي لمستوى سطح البحر ومتوسط مستوى سطح البحر المحلي ستعتمد على مجموعة من العوامل، بما في ذلك التغيرات في دوران المحيطات (التي يمكن أن تغير مستويات سطح البحر على النطاقين المحلي والإقليمي)، والاختلافات في مستويات المحيطات بسبب التمدد الحراري والتغير النسبي في مستوى سطح البحر المرتبط بحركة الأرض (أي الارتفاع الجيولوجي و/أو الهبوط) (نيكولز وكلاين، 2005، هارفي ونيكولز، 2006). يعتبر خليج العقبة بمثابة امتداد لصدع البحر الشامي أو البحر الميت، وجزء من صدع البحر الأحمر الذي ينشط تكتونيا مما يترك إمكانية لزيادة مستوى سطح البحر.

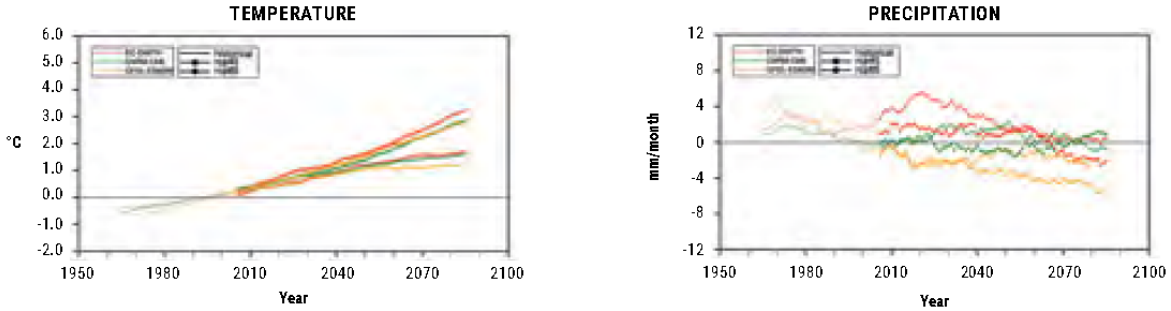
ناقش مونيسميث وجنين (2004) Monismith and Genin ، ملاحظات لتغيرات المد والجزر في التيارات والارتفاعات التي اتخذت في خليج العقبة (إيلات) فوق الشعاب المرجانية المتهالكة في إيلات، في إسرائيل. تظهر تيارات المد والجزر ومستويات المياه في شمال خليج العقبة بقوة التغير القسري وتأثيره عن بعد. تعكس مستويات المياه طبيعة التأثير الحاصل لها عن بعد، لاسيما مع وجود اختلافات سنوية في ارتفاع سطح البحر في الخليج مدفوعة بهبوب الرياح في الجزء الرئيسي من البحر الأحمر، وعلى الرغم من أن الرياح على الخليج نفسه، لها تأثير مهم أيضا. ويبدو أن التيارات المدية المرصودة تأتي نتيجة للمد والجزر الداخلي المتولد في مضيق تيران. ويمكن أن يعزى التباين السنوي في التيارات إلى الاختلافات المرتبطة بالتغيرات في قوة التقسيم الطبقي وهيكله على مدار العام. عندما يكون الخليج ذو تقسيم طبقي مائي قوي في الصيف، تكون تيارات المد والجزر قوية، وبخلاف ذلك عندما يكون التقسيم الطبقي ضعيفًا، تكون تيارات المد والجزر ضعيفة.

2-2 السيناريوهات المناخية المستقبلية للأردن

وفقا للبلاغ الوطني الثالث للأردن لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (GEF/UNDP, 2014)، تم تقييم التغيرات المناخية في المنطقة العربية مؤخرًا وآثارها على الموارد الطبيعية من خلال المبادرة الإقليمية لتقييم تأثير تغير المناخ على الموارد المائية في المنطقة العربية (RICCAR) التي ترأستها لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا). واستخدمت المبادرة (RICCAR) منهجية تقييم متكاملة جمعت بين تقييم أثر تغير المناخ وتقييم قابلية التأثر الاجتماعي والاقتصادي والبيئي، استنادا إلى توليد إسقاطات نمذجة مناخية إقليمية مصغرة ديناميكيًا تغطي المجال العربي/الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وسلسلة من النواتج الجماعية المرتبطة بها.

تم إنشاء نواتج نمذجة المناخ الإقليمية بواسطة SMHI باستخدام نموذج الغلاف الجوي الإقليمي لمركز روسبي (RCA4)، الذي تم فرضه عند حدوده بواسطة ثلاثة نماذج دوران عالمية حديثة (GCMs)، وهي EC-Earth و CNRM-CM5 و GFDL-ESM2M. تم اشتقاق متوسط ناتج النماذج الثلاثة ("المجموعة") لمسارات التركيز التمثيلية 4.5 (RCP) (سيناريو الحالة المعتدلة) و RCP 8.5 (السيناريو الحالي مع أعلى مستويات انبعاثات غازات الدفيئة المحتملة أو أسوأ سيناريو محتمل) لمختلف المتغيرات المناخية حتى نهاية القرن الواحد والعشرين بدقة أفقية تبلغ 50 كم × 50 كم (RICCAR، 2017).

وتلوا لذلك، تم ربط الإسقاطات بنموذجين هيدرولوجيين إقليميين لتحليل تأثير تغير المناخ على موارد المياه العذبة في المنطقة على وجه التحديد (الشكل 10). وقد استخدمت هذه المخرجات بدورها كمدخلات في تقييم إقليمي لقابلية التأثر لتحديد النقاط الساخنة في جميع أنحاء المنطقة العربية. تظهر نتائج المبادرة RICCAR اتجاهًا ثابتًا للاحترار المرتبط بزيادة عامة في تواتر الأيام الدافئة وفترات الصيف الأطول في المنطقة العربية. يصبح ارتفاع درجة الحرارة واضحا بشكل متزايد في جميع أنحاء المنطقة بحلول نهاية القرن (RICCAR، 2017).



الشكل 10: متوسط التغير في درجة الحرارة وهطول الأمطار بمرور الوقت لمجموعة من توقعات RCP 4.5 و**RCP** 8.5 لحوض نهر الأردن (RICCAR، 2017)

1-2-2 التنبؤ بدرجات الحرارة وهطول الأمطار

وفقًا لبوابة البنك الدولي الإلكترونية والمتعلقة بتغير المناخ، على المدى المتوسط (2050)، وعلى الرغم من وجود بعض التفاوت بين الآراء ذات الصلة، هناك اتفاق عام على أن الأردن سيصبح أكثر دفئًا بموجات حر أكثر تواترًا وأيام صقيع أقل. ومن المتوقع أن تشهد المناطق الشرقية والجنوبية من البادية وفي المناطق الشمالية والجنوبية من المرتفعات زيادة في هطول الأمطار خلال موسم الأمطار حتى عام 2050، مع انخفاض في هطول الأمطار لبقية البلاد، الذي يتوقع أن يصل إلى 50٪ في شمال العقبة. كما سيصبح البلد أكثر جفافًا مع الاتجاهات المتوقعة التي تشير إلى أن هطول الأمطار السنوي يميل إلى الانخفاض بشكل كبير مع مرور الوقت. ومن المتوقع أن تزداد كثافة هطول الأمطار. ومن المتوقع أن ينخفض الجريان السطحي (هطول الأمطار مطروحًا منه التبخر، وهو مقياس لتوافر المياه).

وفيما يتعلق بالتوقعات طويلة الأجل (2100)، أظهرت نتائج مبادرة CORDEX RICCAR (استنادا إلى مجموعة واسعة من نماذج المناخ والتأثيرات العالمية والإقليمية) أن الضغوط المناخية وتأثيرها على قطاع المياه ستزداد حدة بمرور الوقت مع توقع أن يصبح

الانخفاض في توافر المياه شديدًا بشكل خاص بعد عام 2040. يشير البلاغ الوطني الثالث بشأن تغير المناخ (2014) باستخدام تحليل سابق لمبادرة RICCAR إلى أنه بحلول عام 2100 (نهاية القرن):

- سيكون متوسط درجة الحرارة ودرجة الحرارة القصوى أعلى بمقدار 2-4 درجات مئوية لجميع أنحاء الأردن.
- سيكون هطول الأمطار أقل بنسبة 15-20٪ والتبخر المحتمل أعلى بحوالي 150 ملم.

سيكون قطاع المياه الأكثر تضررًا من تغير المناخ، وقد ينجم عنه العواقب التالية:

- انخفاض توافر المياه؛
- انخفاض هطول الأمطار الموسمية؛
- زيادة شدة حالات الجفاف التي سيتعذر عندها إعادة ملء الخزانات، والمياه الجوفية، وستعاني الزراعة البعلية من هذه الأضرار؛
- زيادة شدة أحداث الفيضانات التي تتعرض خلالها المياه والبنية التحتية الأخرى للفيضانات والأضرار؛ و
- ارتفاع الطلب على مياه الري بسبب ارتفاع نسبة التبخر نتيجة ارتفاع درجة الحرارة.

وفقًا لراجسيخار وجورليك Rajsekhar and Gorelick (2017)، فإن الأردن، كدولة تقع في المصب تعتمد على أحواض الأنهار العابرة، وستكون معرضة أيضا للآثار المتتالية لتغير المناخ في الأحواض المائية. على سبيل المثال، يمكن أن يكون لتغير المناخ في الدول المجاورة تأثير مباشر على الأردن بسبب انخفاض تدفق الأنهار الناجم عن انخفاض هطول الأمطار في تلك الدول، وسيكون تأثيرها غير مباشر على زيادة الطلب على الري بسبب الجفاف.

توقعت الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية USAID (2017)، أن تشمل التغيرات المناخية في الأردن ما يلي:

- ارتفاع درجة الحرارة القصوى السنوية لتصل إلى 5.1 درجة مئوية وارتفاع درجة الحرارة الدنيا السنوية بمقدار 3.8 درجة مئوية بحلول عام 2085 (وسيكون الاحترار أقوى خلال فصل الصيف). وعلاوة على ذلك، تتوقع بعض النماذج أن ترتفع درجات الحرارة بالتساوي في جميع أنحاء البلاد بينما يشير البعض الآخر إلى أن الزيادة ستكون الأقوى في المناطق الشرقية والجنوبية.
- زيادة في وتيرة موجات الحرارة.
- زيادة لمدة 10 أيام في عدد أيام الجفاف المتتالية من 2040-2070 (ستكون الزيادة الأكبر في منطقة العقبة الجنوبية).
- توقعات بتغير هطول الأمطار بنسب متغيرة للغاية، كما تشير التوقعات أيضًا إلى انخفاض إجمالي يتراوح بين 15-60 في المائة من عام 2011 إلى عام 2099.

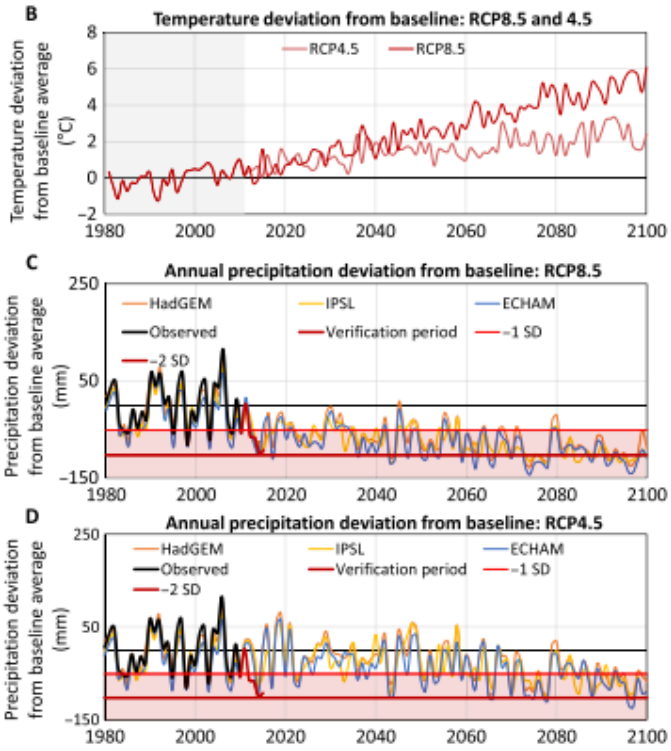
بالنسبة لعمان، تشير بعض النماذج إلى أنه بحلول نهاية القرن، ستزداد سنوات الجفاف (سنوات هطول الأمطار <200 ملم) من مرة كل ثلاث سنوات إلى مرة كل سنتين، وسيكون موسم الجفاف أطول حوالي 30 يومًا، وسيكون الانخفاض في هطول الأمطار ما نسبته 10-15٪ تقريبا، Abdulla, F (2020).

استخدم بلاك Black (2009) نموذجا مناخيا إقليميا لبحث التغيرات في هطول الأمطار في الأردن وإسرائيل في نهاية القرن الواحد والعشرين على جداول زمنية يومية إلى شهرية. وتوقع النموذج أن تصبح هذه المنطقة أكثر جفافًا بشكل ملحوظ في ذروة موسم الأمطار مما يعكس انخفاضا في كل من تواتر ومدة الهطول المطري. أجرى تشينوويث وآخرون Chenoweth et al. (2011) دراسة محاكاة أخرى للفترة 2040-2099 واستنادًا إلى سجلات هطول الأمطار (1961-1990) لمنطقة شرق المتوسط والشرق الأوسط، وجدوا أن هطول الأمطار في الأردن سينخفض بنسبة 17٪ في منتصف هذا القرن وبنسبة 21٪ في نهايته. درس عبد الله وعشتاوي Abdulla, F., & Eshtawi, T (2015)، تأثير تغير المناخ على الجريان السطحي والرواسب وتغذية المياه الجوفية لتجمعات مياه سد الملك طلال باستخدام نموذج أداة تقييم التربة والمياه (SWAT) في ظل سيناريوهات مختلفة. وشملت السيناريوهات: ±20٪ في هطول الأمطار، وزيادة 1 درجة مئوية و2 درجة مئوية و3.5 درجة مئوية في متوسط درجة الحرارة. وأظهرت الدراسة أن الاحترار المناخي يمكن أن يؤثر على الجريان السطحي وإعادة تغذية المياه الجوفية وحمل الرواسب في حوض الزرقاء، والتي ستتأثر أيضا بشكل كبير بالتغيرات في حجم هطول الأمطار.

تهدف الدراسة التي أجراها الحموري Hammouri, N (2009)، إلى تقييم آثار تغير المناخ على الموارد المائية في الأردن من خلال اختيار موقعين للدراسة التفصيلية. وكانت هذه المواقع هي حوض عمان الزرقاء وحوض اليرموك. وتم جمع بيانات الأرصاد الجوية اللازمة وتحليلها لدراسة الوضع الحالي للموارد المائية مع المواقع المختارة. تم استخدام نظام تقييم وتخطيط المياه (WEAP) لمحاكاة الجريان السطحي الناتج عن هطول الأمطار، ومع مراعاة قيم درجة الحرارة. تمت معايرة النتائج التي تم الحصول عليها والتحقق من صحتها مقابل قيم الجريان السطحي المقاسة. ولتقييم تأثير تغير المناخ على الموارد المائية للمواقع المختارة، تم اختبار 13 نموذجا من نماذج الدوران العام (GCMs) لاختيار ثلاثة نماذج تتطابق سجلاتها مع سجلات المناخ الأردني. وكانت النماذج المختارة هي CSIROMK3 وECHAM5OM وHADGEM1. تمت مقارنة نتائج المحاكاة التي تم الحصول عليها من سيناريوهات القاعدة وسيناريوهات نماذج الدوران العام GCM ووجد أن كميات الجريان السطحي الناتجة عن هطول الأمطار ستتأثر بشدة بتغير المناخ. وهذا من شأنه أن يضيف ضغطا آخر على الموارد المائية في الأردن؛ علما بأن الموارد المتاحة حاليا تعاني من الطلب المتزايد نتيجة الديموغرافية ومحدودية هذه الموارد.

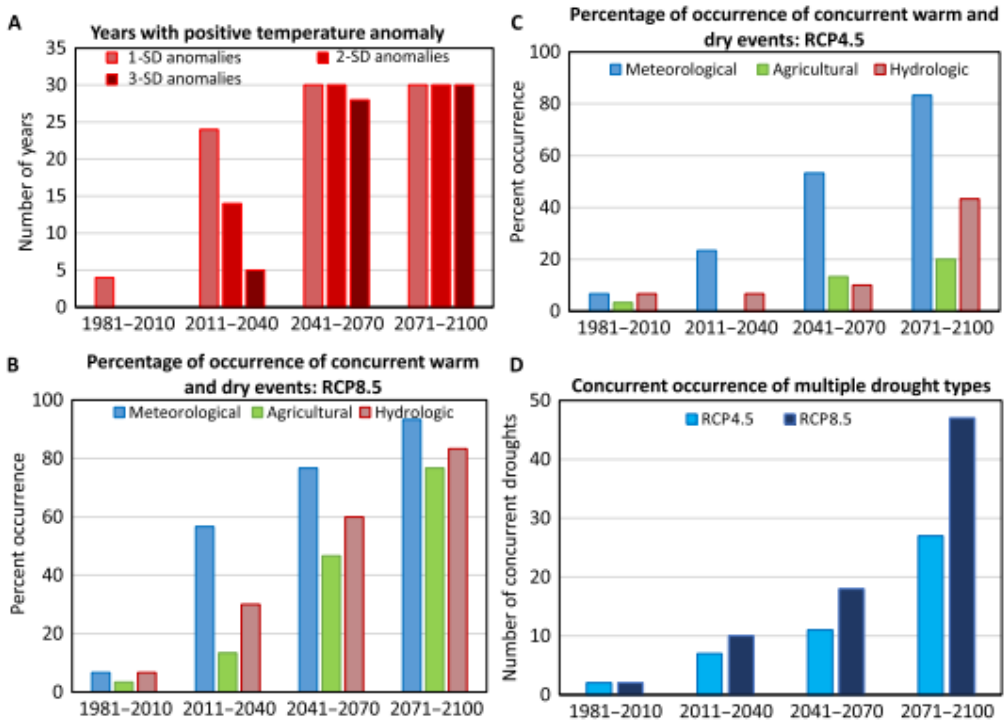
من ناحية أخرى، قام راجسيخار وجورليك Rajsekhar and Gorelick (2017)، بتحليل موارد المياه السطحية في الأردن والطلب على المياه الزراعية خلال عام 2100، مع اعتبار الآثار المشتركة لتغير المناخ وتغير استخدام الأراضي الناجم عن النزاع السوري (الشكل *11*). ومن الجدير بالذكر، أن عمليات المحاكاة المناخية الإقليمية، والموضوعية أخذت كمدخلات في النماذج الهيدرولوجية عالية الاستبانة لتقييم ثلاثة أنواع من الجفاف: الأحوال الجوية (انخفاض هطول الأمطار)، والزراعة (عجز رطوبة التربة)، والهيدرولوجيا (انخفاض التدفق) في ظل السيناريوهات المستقبلية. هذا وتتم مقارنة فترة خط الأساس التاريخية (1981-2010) بالمستقبلية (2011-2100)، مقسمة إلى ثلاث فترات مدة كل منها 30 عاما. وبمقارنة فترة خط الأساس بالفترة 2070-2100، يزداد متوسط درجة الحرارة بمقدار 4.5 درجة مئوية، وينخفض هطول الأمطار بنسبة 30٪، (كما يبين الشكل 12)، ويزداد حدوث أنواع الجفاف المتعددة على نحو كبير كما تزداد وتيرة الأحداث الدافئة والجافة المتزامنة بنسبة 80٪.

نظرا لأن حوض الأزرق هو أحد أهم أحواض المياه الجوفية في الأردن، فقد استخدم الباحث القطارنة Al Qatarneh et al. (2018) تحليل الاتجاهات باستخدام RClimDex لست محطات لهطول الأمطار وتم دراسة محطتين أرصاد جوية للكشف عن آثار تغير المناخ على حوض الأزرق والتنبؤ بها حتى عام 2030. وأظهرت النتائج أن القيمة القصوى الشهرية لمتوسط درجة الحرارة النهارية والليلة الاستوائية، والقيمة القصوى الشهرية لدرجة الحرارة النهارية القصوى، والقيمة القصوى الشهرية لدرجة الحرارة النهارية الدنيا، وتواتر الأيام الباردة، هي مؤشرات ذات دلالة إحصائية لتغير المناخ. إن اتجاه درجة الحرارة القصوى خلال شهر تموز كان هائل، في حين لوحظ اتجاه ضئيل لدرجة الحرارة الدنيا في نفس الشهر. زاد تواتر الأيام التي تجاوزت فيها درجة الحرارة القصوى 38 درجة مئوية وكانت هناك زيادة في الحد الأدنى لعدد قيم درجات الحرارة التي تتجاوز 20 درجة مئوية في السنوات الست وأربعين الماضية. فيما يتعلق بهطول الأمطار، لا يوجد تغيير في إجمالي هطول الأمطار السنوي على منطقة الدراسة خلال فترة الدراسة. أظهرت نتائج محاكاة تأثير تغير المناخ وأثره على التبخر؛ وجود زيادة متوقعة بنسبة 4.74 و5.32٪ في درجات الحرارة لودي البُتم والجنب، على التوالي، خلال الفترة 2013-2030. أظهر تحليل تدفق التيار انخفاضا طفيفا بنسبة 1.51 و1.02٪ لكل وادي، على التوالي.



الشكل 11: تغير المناخ المتوقع في الأردن. (ب) انحراف درجة الحرارة عن متوسط فترة خط الأساس (C) هطول الأمطار السنوي (**D**) الانحراف السنوي لهطول الأمطار عن متوسط فترة خط الأساس لـ RCP4.5. Rajsekhar and Gorelick (2017)

وفي دراسة أخرى أجراها عبد الله Abdulla (2020)، بحثت في الاتجاهات المناخية للعوامل المناخية الهامة في الأردن وخاصة درجة الحرارة وهطول الأمطار، وضعت سيناريوهات خط الأساس (BAU) للمناخ. تم استخدام السلاسل الزمنية لهطول الأمطار ودرجة الحرارة القصوى ودرجة الحرارة الدنيا ومتوسط درجة الحرارة في ثماني محطات مناخية مختارة لتطوير سيناريو خط الأساس BAU والسيناريوهات المناخية المستقبلية في الأردن. كشف تحليل الاتجاهات عن مسارات تناقص واضحة في السلسلة الزمنية لهطول الأمطار لمعظم المحطات، حيث بدأ الانخفاض في هطول الأمطار في عقد الستينيات. في حين أظهرت درجات الحرارة اتجاهات متزايدة، حيث زادت درجة الحرارة الدنيا أكثر من درجة الحرارة القصوى. تم إنشاء سيناريوهات خط الأساس المناخي لدرجة الحرارة القصوى اليومية ودرجة الحرارة الدنيا ومتوسط درجة الحرارة وهطول الأمطار في 8 مواقع في الأردن لفترة 55 عاما منذ 1961-2014 باستخدام بيانات إعادة تحليل NCEP، ونموذج هادلي العام للدوران (HadCM3) ونموذج تقليص الحجم الإحصائي (SDSM). وتم النظر في فترتي السيناريو، وهما الفترة 2050-2065 والفترة 2080-2099. وتشمل التوقعات الأخيرة للتغيرات المناخية العالمية استجابة لزيادة تركيزات غازات الدفيئة في الغلاف الجوي المسؤولة عن الاحترار في الأردن من حوالي 2.5 درجة مئوية إلى 5 درجات مئوية بحلول نهاية القرن. وبالمجمل فإن جميع سيناريوهات التوقعات تشير إلى انخفاض في نطاق هطول الأمطار السنوي من 10٪ إلى حوالي 37٪.



الشكل 12: (أ) عدد السنوات التي بها انحراف إيجابي في درجة الحرارة عن متوسط فترة خط الأساس لـ RCP8.5 (ب) النسبة المئوية لحدوث درجات حرارة عالية وأنواع مختلفة من الجفاف RCP8.5 (ج) النسبة المئوية لحدوث درجات حرارة عالية وأنواع مختلفة من الجفاف RCP4.5 (د) عدد الأحداث التي أدت إلى حدوث متزامن لأنواع متعددة من الجفاف لكل شريحة زمنية مدتها 30 عامًا (Rajsekhar and Gorelick، 2017)

في الأردن تم قياس وحساب تدفقات هطول الأمطار والفيضانات على مدى العقود الستة الماضية التي شهدت كميات هطول الأمطار من جميع النطاقات من الأمطار المنخفضة للغاية إلى العالية للغاية. وقد مكن ذلك سلامة والعبدالات (2020) Salameh, E., & Abdallat، من حساب الجريان السطحي للفيضانات إلى نسب هطول الأمطار لسنوات عديدة. يسمح السجل التاريخي باستخدام حساب الجريان السطحي للفيضانات في مناطق تجمعات المياه المختلفة في الأردن لزيادة أو نقصان هطول الأمطار بنسبة 10٪ و20٪. وتظهر النتائج أن انخفاض هطول الأمطار في الأردن بنسبة 10٪ و20٪ سيؤدي إلى انخفاض بنسبة 26.2٪ و52.8٪ في تدفقات الفيضانات وزيادة هطول الأمطار بنسبة 10٪ و20٪، والذي سيؤدي إلى زيادة تدفقات الفيضانات بنسبة 26.4٪ و56.5٪. وستكون المناطق القاحلة، وخاصة المرتفعات القاحلة في جنوب الأردن، أكثر تأثرًا بهطول الأمطار المتزايد والمتناقص مقارنة بالمناطق الأخرى. ويمكن تفسير ذلك بانخفاض كميات هطول الأمطار ويوضح مدى تعرض هذه المناطق لتغير المناخ. سيؤدي انخفاض هطول الأمطار بنسبة 10٪ إلى انخفاض بنسبة 26٪ في توافر المياه السطحية للري، والذي يبلغ في حالة الأردن حوالي 42 مليون متر مكعب / سنة. وعليه، سينخفض الإنتاج الزراعي المروي بنفس النسبة المئوية 8٪. إذا انخفض هطول الأمطار بنسبة 20٪، وعندها سينخفض الإنتاج الزراعي المعتمد على الري بنسبة 15.4٪.

2-2-2 التنبؤ بارتفاع مستوى سطح البحر SLR

بشكل عام يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر لحدوث العديد من العواقب بما في ذلك التراجع الساحلي مما يؤدي إلى فقدان مساحة الأرض في المنطقة. وهذا بدوره يمكن أن يكون له عواقب اقتصادية واجتماعية خطيرة على الصعيدين المحلي والوطني لأنه يؤثر على جميع المؤسسات الساحلية بما في ذلك السياحة والأنشطة الترفيهية على الشواطئ والصناعات والمراسي، فضلاً عن النظم الإيكولوجية والتنوع البيولوجي. وذكرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) (2013)، أن بعض المناطق الساحلية ستشهد زيادات في مستوى سطح البحر أكثر من المحيطات المفتوحة. على وجه التحديد، بالنسبة لخليج العقبة، ليس من السهل التنبؤ بارتفاع مستوى سطح البحر SLR. لا يوجد حاليا نموذج يمثل/يضع نماذج دقيقة للآثار المتوقعة والمحتملة على الساحل والموائل والأنواع (GEF/UNDP, 2014). وبالإشارة إلى القسم 2-1-3 أعلاه، فإن مستوى سطح البحر

في خليج العقبة يتحكم فيه أساسًا إجهاد الرياح عن بعد، القادمة من البحر الأحمر، والأمواج الداخلية المتولدة في مضيق تيران والترسيب المحلي.

3-2-2 توقعات تغير المناخ

يقدم الجدول التالي ملخصا للآثار التي سيحدثها تغير المناخ على العديد من القطاعات في الأردن، على النحو المحدد في البلاغ الوطني الثالث (GEF/UNDP, 2014). إذ يبين الرسائل الرئيسية التي يمكن استكمالها من عملية الإسقاطات الشاملة لتغير المناخ التي أجريت في تقرير الشركات عبر الوطنية (2014). تشير الاتجاهات الموضحة أدناه إلى المستقبل المتوقع للمناخ في الأردن حتى عام 2100.

الجدول 3: ملخص الآثار القطاعية لتغير المناخ في الأردن **(GEF/UNDP, 2014)**

الاتجاه	التفاصيل
مناخ أكثر دفئًا	جميع النماذج تتقارب من أن درجة الحرارة سوف تزداد. بالنسبة للفترة 2070-2100، يمكن أن يصل متوسط درجة الحرارة وفقا ل RCP 4.5 إلى +2.1 درجة مئوية [+1.7 درجة مئوية إلى +3.2 درجة مئوية] و +4 درجة مئوية [3.8 درجة مئوية -5.5 درجة مئوية] وفقا ل RCP8.5
مناخ جفاف	بالمقارنة مع التقرير الوطني الثاني SNC التي استخدمت نتائج CMPI3، فإن نتائج CMPI5 إلى جانب النماذج المناخية الإقليمية في CORDEX تعطي اتجاها أكثر اتساقا نحو مناخ أكثر جفافا. في الفترة 2070-2100، يمكن أن ينخفض هطول الأمطار المتراكم بنسبة 15٪ (- 6٪ إلى 25٪) في RCP 4.5، بنسبة -21٪ (9٪ إلى - 35٪) في RCP 8.5. وسيكون الانخفاض أكثر وضوحا في الجزء الغربي من البلد.
صيف أكثر دفئًا وخريف وشتاء أكثر جفافًا	سيكون الاحترار أكثر أهمية في الصيف. إذ يتوقع أن يكون الانخفاض في هطول الأمطار أكثر أهمية في الشتاء والخريف منه في الربيع، وعلى سبيل المثال، ستنخفض القيمة المتوسطة لهطول الأمطار - 35٪ في خريف عام 2100
المزيد من موجات الحر	يكشف تحليل القيم الشهرية لدرجات الحرارة في الصيف والتباين بين السنوات أنه يمكن تجاوز بعض العتبات. وعلى الرغم من أن هذه التوقعات متشائمة، ولكنها محتملة لأشهر الصيف التي يتوقع أن تبلغ متوسط درجات الحرارة القصوى للبلد بأكمله ما يتجاوز 42-44 درجة مئوية.
المزيد من الجفاف، وتوازن مائي متناقض	سيزيد الحد الأقصى لعدد أيام الجفاف المتتالية في النموذج المرجعي إلى أكثر من 30 يوما للفترة 2070-2100. وعلى النقيض من ذلك، لا تزال القيم السنوية تظهر سنوات ممطرة غزيرة محتملة في نهاية القرن. وستعوض السنوات الممطرة (جزئيا) حالات الجفاف الأكثر شدة في سياق انخفاض عام في هطول الأمطار. سوف يزيد التبخر. هذا ويُتوقع أن تقل فرص حدوث الثلوج بقوة. وهذا من شأنه أن يعقد إدارة المياه.
لا يوجد اتجاه لهطول الأمطار الغزيرة أو الرياح	عدد الأيام التي تشهد أمطارا غزيرة (أكثر من 10 ملم) لا يتطور بشكل كبير ولا السرعة القصوى للرياح أو اتجاه الرياح

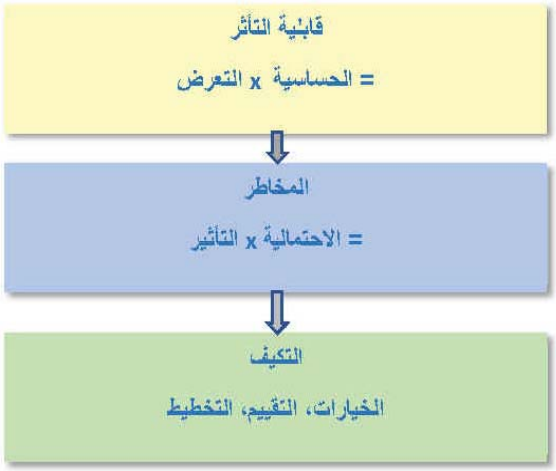
3 تقييم قابلية التأثر بمخاطر المناخ

3-1 المقدمة

يتزايد الشعور بآثار تغير المناخ العالمي في جميع أنحاء العالم. يؤثر ارتفاع درجات الحرارة وتغير أنماط هطول الأمطار وذوبان الأنهار الجليدية والتربة دائمة التجمد على النظم الإيكولوجية والمجتمعات البشرية بطرق مختلفة. وفي حين يتوقع أن يخلق تغير المناخ فرصًا جديدة في بعض أجزاء العالم، فمن المتوقع أيضا أن يسبب أزمات كبيرة. ويتوقف مدى تأثير حجم التغيرات المناخية التي تؤثر على نظام معين على مقدار تعرضها للمؤثر ويعرف (بالتعرض)، وخصائص النظام (الحساسية)، وقدرة الأفراد والنظم الإيكولوجية على التعامل مع الآثار الناتجة من هذه التغيرات (القدرات التكيفية للنظام). وتُعد هذه العوامل الثلاثة عوامل تحدد قابلية التأثر بالمخاطر المناخية.

يعد تقييم مدى التأثر بتغير المناخ أمرًا هامًا لتحديد المخاطر التي يشكلها تغير المناخ وتوفير معلومات لتحديد الإجراءات اللازمة للتكيف مع هذه الآثار. ومن جهة أخرى، يُمكّن الممارسين وصناع القرار من تحديد المناطق والقطاعات والفئات الاجتماعية الأكثر تأثراً. وهذا بدوره يعني تطوير وتنفيذ خيارات التكيف مع تغير المناخ التي تستهدف سياقات محددة.

ويمكن تلخيص منهجية إجراء تقييم لمدى التأثر بتغير المناخ ومخاطره في ثلاث خطوات مفصلة أدناه (الشكل 13).

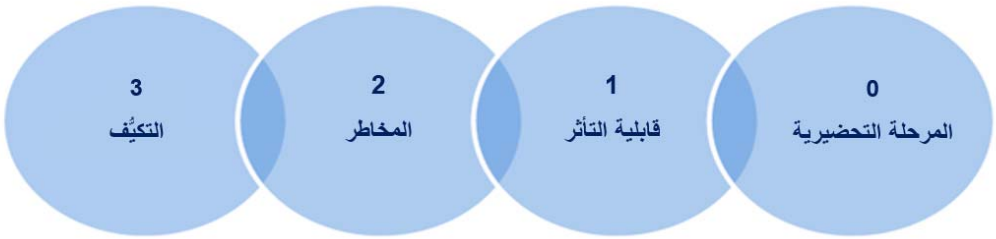


الشكل 13: الخطوات الرئيسية في تقييم المخاطر

فيما يلي تفاصيل كل خطوة من هذه الخطوات / المهام:

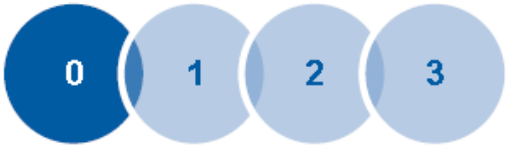
- **المهمة 1: القابلية للتأثر:** النظر في المخاطر المناخية التي يكون المشروع أكثر عرضة لها نتيجة لمكوناته وموقعه؛
- **المهمة 2: المخاطر:** النظر في احتمال وشدة المخاطر المناخية التي تؤثر على المشروع؛
- **المهمة 3: التكيف:** تحديد وتقييم خيارات التكيف ودمج الإجراءات المناسبة في المشروع، بهدف زيادة قدرة المشروع على الصمود والتكيف مع تغير المناخ.

يمكن أن يسبق المهام المذكورة أعلاه اختيارياً **المهمة 0 التحضير.** والهدف من هذه المهمة التمهيدية هو وضع الأسس اللازمة للتقييم، وفهم خلفية المشروع، وكيفية تنفيذ المنهجية، ومن ينبغي أن يشارك فيها. وسيعني تحديد هذه المعلومات في البداية أن التقييم محدد النطاق بشكل كاف ومناسب للغرض (الشكل 14).



الشكل 14: مراحل تقييم مخاطر المناخ وقابلية التأثر به

2-3 المهمة 0-التحضير



الهدف من هذه المهمة هو وضع الأسس للتقييم وضمان نطاقه بشكل كاف.

أولاً، من المهم أن يكون هناك فهم جيد للمشروع المقترح وهدفه، بما في ذلك جميع الأنشطة الإضافية اللازمة لدعم تطوير المشروع وتشغيله.

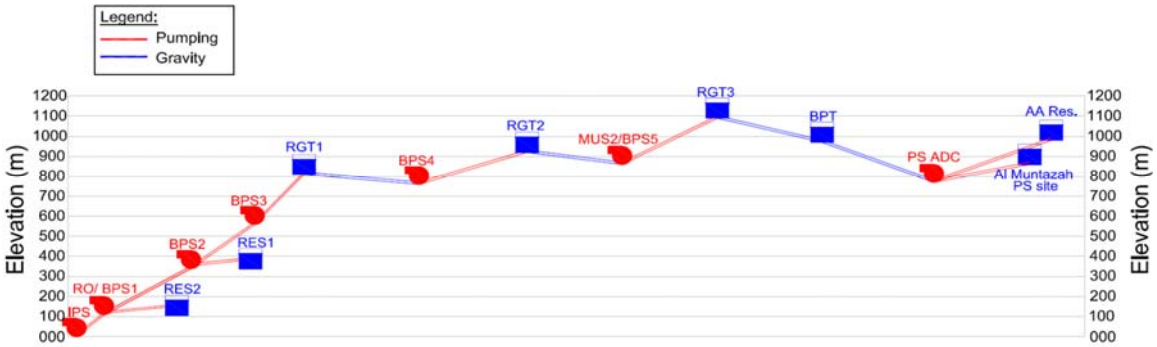
ووفقًا للأسس المرجعية، سيقوم هذا المشروع بمعالجة مياه البحر المستخرجة من خلال التناضح العكسي ونقل المياه المحلاة من خليج العقبة، وتوفير المياه الصالحة للشرب إلى العقبة وعمان ومدن أخرى على طول مسار خط الأنابيب.

سيوفر مشروع العقبة-عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP ذو السعة 300 مليون متر مكعب سنويًا (مليون متر مكعب/سنة) من المياه الصالحة للشرب لتلبية الطلب المتوقع على المياه لعام 2025.

ينقسم المشروع إلى مكونات المشروع الرئيسية التالية (CDM Smith/USAID, 2020):

- الأعمال البحرية: يتكون هذا المكون من أنظمة المأخذ ومنفذ التصريف بما في ذلك أبراج سحب مياه البحر، وخطوط أنابيب نقل مياه البحر إلى محطة السحب والضخ (IPS)، (التي تحتوي على مصافي)، وخط (أنابيب) لنقل مياه البحر إلى محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي (RO). وتشمل الأعمال البحرية خزان المحلول الملحي في محطة تحلية المياه وخطوط أنابيب المحلول الملحي لنقله من خزان المحلول الملحي إلى نظام توليد الطاقة الكهرومائية إلى ناشرات تصريف المياه الخارجة في خليج العقبة.
- محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي (RO): تتكون من مرافق لإنتاج المياه المحلاة، بما في ذلك المعالجة المسبقة، والتناضح العكسي (RO)، واستعادة الطاقة، والمعالجة اللاحقة، والتعقيم، ومن ثم توصيلها إلى مجرى خزانات مياه المعالجة. وتشمل المحطة جميع أنظمة تخزين وجرعات المواد الكيميائية المرتبطة بها، ومرافق وهياكل معالجة المياه والأعمال المدنية المرتبطة بها، ومرافق الدعم، والمعدات الميكانيكية، والأنابيب والصمامات، وأجهزة القياس والتحكم (I&C) للأعمال البحرية، ومحطة تحلية المياه، والأنظمة الكهربائية المرتبطة بها.
- خط أنابيب النقل من محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي (RO) إلى خزاني أبو علندا والمنتزه الحاليين: يتكون هذا من جميع الأعمال المرتبطة بحوالي 420 كيلومترا من خط الأنابيب في اتجاه مجرى خزانات المياه المعالجة في محطة تحلية المياه وحتى نقاط التسليم في أبو علندا والمنتزه الحاليين الخزانات. وسيتراوح قطر خط الأنابيب من 84 إلى 90 بوصة

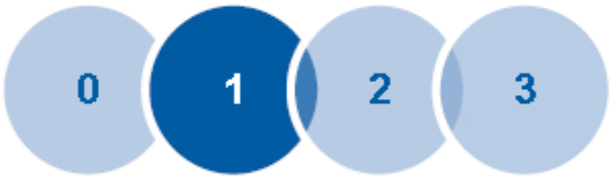
على طول مسار خط الأنابيب، وستضخ سلسلة من محطات الضخ المياه المعالجة من ارتفاع 100 إلى 985 م كما يبين الشكل 15.



الشكل 15: الملامح التخطيطية لمشروع العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP

- محطات الضخ والخزانات على طول خط أنابيب نظام النقل: وتشمل هذه المحطات خزان المياه المعالجة ومحطة تقوية ضخ المياه المعالجة الأولية (BPS1) التي تلي محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي (RO)، وخمس محطات لاحقة لتقوية الضخ وهي على التوالي (BPS2, BPS3, BPS4, Mudawarra PS [MUS2/BPSS], Abu Alanda [PS AA])، وخمسة خزانات تجميع وهي على التوالي (RGT1، RGT2، RGT3، BPT)، بما في ذلك جميع الأعمال المدنية المرتبطة بها، من مرافق الدعم والمعدات الميكانيكية والأنابيب والصمامات وأجهزة القياس والتحكم والإنتاج والأنظمة الكهربائية منخفضة الجهد.

3-3 المهمة 1-تقييم الحساسية/قابلية التأثر



الهدف من هذه المهمة هو فهم المخاطر المناخية التي قد يكون المشروع عرضة لها، وفحص المخاطر داخل أو خارج تقييم المخاطر الأكثر تفصيلاً.

يُنظر إلى قابلية التأثر للمشروع بمزيج من منظورين: 1) مدى حساسية مكونات المشروع من المخاطر المناخية (الحساسية)، و2) احتمال حدوث هذه المخاطر في موقع المشروع الآن وفي المستقبل (التعرض). ويمكن تقييم هذين المنظورين بالتفصيل بشكل مستقل أو النظر فيهما معًا. يعتمد ترتيب هاتين المهمتين الفرعيتين على وقت إجراء التقييم في دورة تطور المشروع، وفي الواقع غالبًا ما يتم القيام به بالتوازي. وفي حال أن كان موقع المشروع معروفًا بالفعل، فيمكن استبعاد بعض المخاطر المناخية الخاصة بالموقع داخل أو خارج نطاق التعرض، بينما إذا تم اختيار تقنية المشروع بالفعل، يمكن مراعاة بعض المخاطر المناخية المحددة ذات الصلة عند إجراء تحليل الحساسية.

الحساسية × التعرض = قابلية التأثر

ووفقًا للأسس المرجعية، ينطوي مفهوم مشروع العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه AAWDC على تطوير البنية التحتية، الموجودة بالكامل على أراضي الأردن، بدءًا من ساحل البحر الأحمر الجنوبي في العقبة عند المنطقة الصناعية وانتهاءً في العاصمة عمان. وينطوي المشروع على ما يلي:

- استخراج وضخ مياه البحر من الجزء الجنوبي الأردني من خليج العقبة بالبحر الأحمر بالقرب من المجمع الصناعي لشركة مناجم الفوسفات.
- تحلية مياه البحر في العقبة (300 مليون متر مكعب / سنة).
- نقل النفايات السائلة المالحة إلى خليج العقبة.

- (د) نقل المياه العذبة (250 مليون متر مكعب سنويا) إلى العقبة وعمان ومحافظات أخرى عبر خط أنابيب ناقل رئيسي وخطوط أنابيب التجميع الجانبية وسلسلة من محطات تقوية الضخ وخزانات التجميع. ولم يتم بعد تحديد وجهة الخمسين مليون متر مكعب المتبقية في السنة.

عند النظر في تغير المناخ، تظهر التغيرات الرئيسية في العوامل المناخية التالية (يشار إليها أيضا باسم المحركات المناخية الأولية):

- **درجة الحرارة** - التغيرات في متوسط درجات الحرارة وتواتر وحجم درجات الحرارة القصوى؛
- **هطول الأمطار** (المطر والثلوج وما إلى ذلك) - التغيرات في متوسط هطول الأمطار وتواتر وحجم أحداث هطول الأمطار الشديدة؛
- **مستوى سطح البحر** – التغير في مستوى سطح البحر النسبي؛
- **سرعات الرياح** - التغيرات في متوسط سرعات الرياح والحد الأقصى لسرعات الرياح؛
- **الرطوبة** – التغيرات في كمية بخار الماء في الغلاف الجوي؛ و
- **الإشعاع الشمسي** – التغيرات في الطاقة الشمسية

1-3-3 تحديد المخاطر المناخية المحتملة

ينبغي تحديد حساسية المشروع إزاء مجموعة المخاطر المناخية. يقدم الجدول التالي وصفًا موجزًا لكل نوع من المخاطر المناخية بالإضافة إلى المخاطر الأخرى المتصلة بالمناخ، والتي سيتم النظر فيها بالمشروع المحدد.

الجدول 4: تحديد المخاطر المتصلة بالمناخ

الرقم	المخاطر	الوصف	درجة صلة المخاطر بالمشروع
1	متوسط زيادة درجة حرارة الهواء	الزيادات في متوسط درجات الحرارة بمرور الوقت	√
2	زيادة درجات الحرارة القصوى وموجات الحر	التغيرات في تواتر وشدة فترات درجات الحرارة المرتفعة، بما في ذلك موجات الحر (فترات درجات الحرارة القصوى والدنيا المرتفعة للغاية)	√
3	متوسط تغير هطول الأمطار	اتجاهات هطول الأمطار بمرور الوقت إما بالزيادة أو النقصان (المطر والثلوج والبرد، وما إلى ذلك)	
4	التغير الشديد في هطول الأمطار	التغيرات في تواتر وشدة فترات هطول الأمطار الغزيرة أو غيرها من الأمطار	√
5	توافر المياه	الوفرة النسبية أو نقص المياه	√
6	درجة حرارة الماء	التغيرات في درجة حرارة المياه السطحية والجوفية	
7	الفيضانات (الساحلية والنهرية)	فيضانات البحر أو من الأنهار	√
8	درجة حرارة مياه البحر	التغيرات في متوسط درجة حرارة مياه سطح البحر	√
9	الارتفاع النسبي في مستوى سطح البحر	المخاطر الناجمة عن ارتفاع درجات حرارة البحر (توسيع حجم المياه) وذوبان الصفائح الجليدية والأنهار الجليدية	√
10	هبوب العواصف	ارتفاع غير طبيعي لمنسوب مياه البحر الناتج عن هبوب العواصف، بالإضافة إلى المد والجزر الفلكي المتوقع	√

الرقم	المخاطر	الوصف	درجة صلة المخاطر بالمشروع
11	التدخل الملحي	نقل المياه المالحة إلى طبقات المياه الجوفية العذبة، مما قد يؤدي إلى تلوث مصادر مياه الشرب وحدوث عواقب أخرى	√
12	ملوحة المحيطات	التغيرات في تركيزات الملح في مياه البحر	√
13	درجة الحموضة في المحيط	تحمض المحيطات	√
14	تآكل الساحل	تآكل الأرض وإزالة رواسب الشاطئ أو الكثبان الرملية عن طريق حركة الأمواج، أو تيارات المد والجزر، أو تيارات الأمواج، أو الصرف الصحي، أو الرياح العاتية	√
15	تآكل التربة	عملية إزالة ونقل التربة والصخور عن طريق التجوية وفقدان الكتل أثر التيارات والأنهار الجليدية والأمواج والرياح والمياه الجوفية.	√
16	عدم الاستقرار الأرضى / الانهيارات الأرضية / الانهيارات الثلجية	الانهيار الأرضى: عبارة عن انزلاق كتلة من المواد إلى أسفل التل بفعل الجاذبية، وغالبًا ما يساعدها الماء عندما تكون المادة مشبعة	
17	ملوحة التربة	التغيرات في محتوى الملح في التربة	
18	متوسط سرعة الرياح	التغيرات في متوسط سرعات الرياح بمرور الوقت	√
19	سرعة الرياح القصوى	زيادة في القوة القصوى لهبوب الرياح	√
20	العواصف (المسارات والشدة)	التغيرات في موقع العواصف وتواترها وشدتها	
21	الرطوبة	التغيرات في كمية بخار الماء في الغلاف الجوي	
22	الجفاف	مرور فترات طويلة من هطول الأمطار المنخفضة على نحو غير طبيعي، مما يؤدي إلى نقص المياه	√
23	العواصف الترابية	عاصفة من الرياح القوية والهواء المليء بالغبار	
24	حرائق الغابات	حرائق غير مرغوب فيها وغير مخطط لها ومدمرة مثل حرائق الغابات وحرائق الشجيرات والمراعي	
25	جودة الهواء	زيادة تركيزات الملوثات محليًا، بما فى ذلك حوادث الضباب الدخاني	√
26	تأثير جزيرة الحرارة الحضرية	المدن أو المناطق الحضرية التى هى أكثر دفئا بكثير من المنطقة الريفية المحيطة بها، الناجمة عن ارتفاع امتصاص الطاقة الشمسية من قبل المواد في المنطقة الحضرية، مثل الأسفلت	
27	طول موسم النمو	التغيرات في المواسم التي تنمو خلالها أنواع معينة من النباتات، إما لفترة أطول أو أقصر	

الرقم	المخاطر	الوصف	درجة صلة المخاطر بالمشروع
28	الإشعاع الشمسي	الطاقة المنبعثة من الشمس من تفاعل الاندماج النووي الذي يخلق طاقة كهرومغناطيسية	
29	موجات الصقيع	فترات طويلة من درجات الحرارة شديدة البرودة	√
30	ضرر الانجماد	قد يتسبب الانجماد والذوبان المتكرران في تلف الإجهاد للهياكل مثل الخرسانة	
31	ذوبان التربة الصقيعية	ذوبان التربة المتجمدة بشكل دائم	

تتوافق الخلايا الرمادية الظاهرة في الجدول أعلاه مع المخاطر المناخية ذات الصلة بمشروع العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه AAWDC.

2-3-3 تحليل الحساسية

تعد المشاريع عرضة لأنواع مختلفة من المخاطر المناخية المختلفة. استنادًا إلى المعلومات التي تم جمعها في المهمة 0 حول سياق المشروع. من الممكن فهم كيفية عمل المشروع، ومدى أهمية المشروع داخل شبكته أو نظامه الأوسع، وبالتالي المخاطر الأكثر صلة.

ينبغي تقييم حساسية خيارات المشروع للأخطار المتصلة بالمناخ من خلال منظور المواضيع الرئيسية الأربعة التي تشمل المكونات الرئيسية للمشروع، وهي على النحو التالي:

- الأعمال البحرية (أبراج المأخذ وخطوط الأنابيب، وخط أنابيب التصريف وموزع الناشر) بالقرب من محطة سحب وضخ المياه IPS البحرية.
- محطة تحلية المياه.
- خط أنابيب النقل من محطة تحلية المياه إلى الخزانات الحالية.
- محطات الضخ والخزانات على طول خط أنابيب نظام النقل.

تم تنفيذ تحليل الحساسية من خلال الخطوات التالية:

- تحديد مكونات المشروع المعروضة في إطار عنصر حساسية العمود، وتشمل الأعمال البحرية، ومحطة تحلية المياه، وخط أنابيب النقل من محطة تحلية المياه إلى الخزانات الحالية؛ ومحطات الضخ والخزانات على طول خط أنابيب نظام النقل.
- المخاطر المتعلقة بالمناخ التي تم تحديدها في الجدول 4.
- ترتيب الحساسية بشكل منفصل لكل عنصر من العناصر المختلفة للمشروع في مقياس من الحساسية العالية والمتوسطة والمنخفضة، على التوالي، بالاعتماد على تقدير الخبراء، كما يرد في الجدول 5.

الجدول 5: مصفوفة الحساسية لمشروع AAWDCP

المخاطر المتعلقة بالمناخ[3]																											
مكون الحساسية	متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1)	حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2)	أحداث هطول الأمطار الغزيرة (4)	توافر المياه (5)	الفيضانات (الساحلية والفيضانات) (7)	درجة حرارة مياه البحر	ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر (9)	العواصف (10)	تسرب المحلول	ملوحة المحيطات	درجة الحموضة في	تآكل السواحل (14)	تآكل التربة (15)	متوسط سرعة الرياح	أقصى سرعة الرياح	الجفاف (22)	جودة الهواء (25)	موجات الصقيع (29)
الأعمال البحرية																			
محطة تحلية المياه																			
خط الأنابيب																			
محطات الضخ والخزانات																			
حساسية المناخ	منخفض							معتدل				عالٍ							

[3] يشير الرقم بين قوسين إلى خطر المناخ الذي قد يؤثر على المشروع على النحو الوارد في الجدول 4.

الملاحظات:
حساسية عالية: قد يكون للمتغيرات المناخية /المخاطر المناخية تأثير كبير على الأصول والعمليات والمدخلات والمخرجات ووسائل النقل.
حساسية متوسطة: قد يكون للمتغيرات المناخية /المخاطر المناخية تأثير طفيف على الأصول والعمليات والمدخلات والمخرجات ووسائل النقل.
حساسية منخفضة: للمتغيرات المناخية /المخاطر المناخية ليس له أي تأثير.

تقدم الجداول التالية توضيحًا يفسر تقييم الحساسية لكل عنصر من مكونات المشروع الأربعة.

الجدول 6: مصفوفة الحساسية للأشغال البحرية

مخاطر المناخ	الحساسية	التفسير
متوسط زيادة درجة حرارة الهواء	منخفض	غير متوفر
تسجيل درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة)	منخفض	
أحداث هطول الأمطار الغزيرة	منخفض	الأمطار الغزيرة تسبب انقطاع إمدادات الطاقة. قد يتم تقليل سعة الخدمة أو إيقافها.
توافر المياه	منخفض	قد يحدث تسريب من الأنابيب التي تحمل المحلول الملحي عالي التركيز خارج المحطة، أو تحت الأرض مما يسبب أضرارًا لطبقات المياه الجوفية اعتمادًا على الظروف الجيولوجية المحلية.
الفيضانات	معتدل	قد تتلف خطوط الأنابيب أثناء حدوث الفيضانات.
درجة حرارة مياه البحر	معتدل	ارتفاع درجات الحرارة يقلل من مستوى الأكسجين المذاب (DO) في مياه البحر. وعليه، يمكن أن يكون الانخفاض الكبير في مستويات الأكسجين المذاب DO سامًا لبعض الأنواع البحرية. يزيد التلوث الحراري من نشاط اللافقاريات البكتيرية والمائية التي بدورها ستقلل من الأكسجين المذاب DO. عادة ما تكون درجة حرارة المياه السائلة المالحة الناتجة عن عمليات التحلية الحرارية حوالي 1 درجة مئوية فوق درجة حرارة مياه التغذية.
ارتفاع نسبي في منسوب سطح البحر	منخفض	يمكن أن يؤدي الارتفاع الكبير في مستوى منسوب سطح البحر، خاصة مع ارتفاع المد والجزر وارتفاع العواصف إلى دخول مياه البحر إلى المكون الكهربائي لمحطة ضخ السحب.
هبوب العواصف	معتدل	ستتغير شدة العواصف وترددتها نتيجة لتغير المناخ مما يتسبب في زيادة مستويات المياه القصوى وارتفاعات الأمواج. ويمكن أن يؤثر ذلك على سلامة خطوط الأنابيب المغمورة بالمياه التي قد تنجرف بعيدًا بسبب التيارات القوية ما لم يتم وضعها وتثبيتها بشكل فعال في قاع البحر.
التدخل الملحي	منخفض	غير متوفر

مخاطر المناخ	الحساسية	التفسير
ملوحة المحيطات	معتدل	التصريف المركز (للمحلول الملحي) المرتفع في الملوحة وقد يحتوي على تركيزات منخفضة من المواد الكيميائية. يمكن أن تؤثر خصائص التركيز هذه تأثيرا سلبيًا على الموائل البحرية والبيئة المائية المستقبلة ما لم يتم منع أو إزالة المواد الكيميائية المخففة والمعالجة بشكل صحيح أو إزالتها قبل التصريف.
درجة الحموضة في المحيط	معتدل	يمكن أن يؤدي تكييف المياه بحمض الكبريتيك (H2SO4) بالرقم الهيدروجيني 7-6.5 وجرعات مساعدات التخثر (البوليمرات) إلى تعزيز عملية التخثر (في المعالجة المسبقة لتحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO) وكان هذا الأمر شائعًا في الماضي، ولكن الاتجاه إلى تجنبه أصبح سائدًا في السنوات الأخيرة. المخاوف البيئية المتعلقة باستخدام حمض الكبريتيك لتعديل الرقم الهيدروجيني في عملية المعالجة المسبقة تكمن في تقليل قلوية المحلول الملحي ودرجة حموضته، مما قد يؤثر لاحقًا على قلوية منطقة التصريف ورقمها الهيدروجيني. وعلى الرغم من حقيقة أن البحر المفتوح هو نظام طبيعي ذو قدرات تخزين مؤقت عالية يمكن أن تستوعب الآثار الناتجة عن التصريفات الحمضية، إلا أن التأثير طويل الأجل للحد من قلوية التصريفات إلى الأنواع البحرية المحلية غير معروف خاصة بالنسبة لمنطقة مرجانية غنية جدًا. والجدير بالذكر أن الجرعة الحمضية قبل المعالجة بالتناضح العكسي RO المتوخاة من قبل المشروع منخفضة. قد يتأثر الرقم الهيدروجيني في موقع التصريف أيضا عندما يتم خلط المحاليل الحمضية أو الأساسية المستخدمة لتنظيف أغشية المحلول الملحي دون تحييد مسبق. عند استخدام إضافات التنظيف (EDTA، والمبيدات الحيوية، والمنظفات، واستخدام المواد الكيميائية الأخرى المسجلة)، أو مواد كيميائية عضوية (مثل حمض الخليك)، عندها لا يمكن تحييد النفايات السائلة الناتجة عن عملية التنظيف من الداخل CIP المستهلكة بشكل كامل.
تآكل السواحل	منخفض	غير متوفر
تآكل التربة	منخفض	غير متوفر
متوسط سرعة الرياح	منخفض	استند تصميم منافذ المحلول الملحي إلى ظروف "ثابتة" وهي أسوأ سيناريو من حيث التخفيفات المحققة. سوف تعزز التيارات تخفيف المحلول الملحي. سيتأثر الهيكل المغمور بوجود تيارات قوية.
سرعة الرياح القصوى	منخفض	
جفاف	منخفض	غير متوفر
جودة الهواء	منخفض	غير متوفر
موجات الصقيع	منخفض	المعدات داخل هيكل السحب عرضة للتأثر بدرجات الحرارة الباردة الشديدة.

الجدول 7: مصفوفة الحساسية لمحطة تحلية المياه

مخاطر المناخ	الحساسية	التفسير
متوسط زيادة درجة حرارة الهواء	معتدل	ستكون هناك حاجة إلى كمية إضافية في المستقبل للطلب على المياه في المناطق الحضرية بما فيها من التكاليف المرتبطة بها (المالية والاجتماعية والاقتصادية والبيئية).
حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة)	معتدل	
أحداث هطول الأمطار الغزيرة	منخفض	قد يتسبب هطول الأمطار الغزيرة في انقطاع إمدادات الطاقة. قد يتم تقليل سعة الخدمة أو إيقافها.
توافر المياه	عالٍ	يمكن أن تؤثر الزيادة في الطلب على المياه على العملية والإدارة العامة للموقع.
الفيضانات	عالٍ	يمكن أن تؤدي الزيادة في العواصف والفيضانات إلى: (أ) إلحاق أضرار بالمباني وإغلاق الموقع، (ب) زيادة حالات الجريان السطحي للنفايات والركام، (ج) تغيير في تكلفة وتوافر التغطية التأمينية.
درجة حرارة مياه البحر	منخفض	يؤدي تشغيل محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO بدرجات حرارة مرتفعة إلى زيادة خطر تلوث غشاء التناضح العكسي RO
ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر	عالٍ	محطات تحلية المياه هي مرافق كثيفة الاستهلاك للطاقة يمكن أن يؤدي استخدامها للكهرباء إلى كميات كبيرة من انبعاثات غازات الدفيئة، مما يساهم في التأثير على تغير المناخ مثل تحمض المحيطات وفقدان الموائل بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر.
هبوب العواصف	معتدل	ستتغير شدة العواصف وترددتها نتيجة لتغير المناخ مما يتسبب في زيادة مستويات المياه القصوى وأضرار العواصف، وخطر الفيضانات من الوديان المحيطة وفشل الدفاع.
التدخل الملحي	منخفض	غير متوفر
ملوحة المحيطات	منخفض	قد يؤدي تصريف السائل الملوحي ذو تركيزات عالية، أو ما ينجم عن تصريف المواد الكيميائية منخفضة التركيز، إلى إحداث مشاكل للموائل البحرية والبيئات المائية المستقبلة.
درجة الحموضة في المحيط	معتدل	يمكن أن يؤدي تكييف المياه بحمض الكبريتيك (H2SO4) بالرقم الهيدروجيني 7-6.5 وجرعات مساعدات التخثر (البوليمرات) إلى تعزيز عملية التخثر (في المعالجة المسبقة لتحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO) وكان هذا الأمر شائعًا في الماضي، ولكن الاتجاه إلى تجنبه أصبح سائدًا في السنوات الأخيرة. المخاوف البيئية المتعلقة باستخدام حمض الكبريتيك لتعديل الرقم الهيدروجيني في عملية المعالجة المسبقة تكمن في تقليل قلوية المحلول الملحي ودرجة حموضته، مما قد يؤثر لاحقًا على قلوية منطقة التصريف ورقمها الهيدروجيني. وعلى الرغم من حقيقة أن البحر المفتوح هو نظام طبيعي ذو قدرات

مخاطر المناخ	الحساسية	التفسير
		تخزين مؤقت عالية يمكن أن تستوعب الآثار الناتجة عن التصريفات الحمضية، إلا أن التأثير طويل الأجل للحد من قلوية التصريفات إلى الأنواع البحرية المحلية غير معروف خاصة بالنسبة لمنطقة مرجانية غنية جدًا. والجدير بالذكر أن الجرعة الحمضية قبل المعالجة بالتناضح العكسي RO المتوخاة من قبل المشروع منخفضة. قد يتأثر الرقم الهيدروجيني في موقع التصريف أيضا عندما يتم خلط المحاليل الحمضية أو الأساسية المستخدمة لتنظيف أغشية المحلول الملحي دون تحييد مسبق. عند استخدام إضافات التنظيف (EDTA، والمبيدات الحيوية، والمنظفات، واستخدام المواد الكيميائية الأخرى المسجلة)، أو مواد كيميائية عضوية (مثل حمض الخليك)، عندها لا يمكن تحييد النفايات السائلة الناتجة عن عملية التنظيف من الداخل CIP المستهلكة بشكل كامل.
تآكل السواحل	منخفض	غير متوفر
تآكل التربة	معتدل	يمكن أن يتسبب انجراف التربة الناجم عن أعمال الحفر في تصريف الرواسب إلى المجاري المائية التي تؤثر على النباتات والحيوانات المائية ما لم تتم إدارتها بشكل صحيح.
متوسط سرعة الرياح	منخفض	غير متوفر
سرعة الرياح القصوى	منخفض	يمكن لطاقة الرياح، إذا استخدمت لتوليد الطاقة، أن تسهم في الحد من غازات الدفيئة، ولكنها ستؤدي أيضا إلى استقرار تكلفة الكهرباء.
الجفاف	معتدل	ستؤثر فترات الجفاف المتكررة والمكثفة على القدرة على استيعاب النمو، وتلبية احتياجات مستخدمي المياه، وتوفير العمليات والخدمات البلدية الأساسية.
جودة الهواء	عال	تساهم زيادة استهلاك الطاقة بشكل غير مباشر في انبعاثات الهواء من محطات توليد الطاقة. يمكن أن يكون لملوثات الهواء هذه تأثير ضار على الصحة العامة.
موجات الصقيع	منخفض	غير متوفر

الجدول 8: مصفوفة الحساسية لخط أنابيب النقل

مخاطر المناخ	الحساسية	التفسير
متوسط زيادة درجة حرارة الهواء	عال	درجة الحرارة العالية تؤدي إلى تدهور المواد المستخدمة في البنية التحتية والمعدات. قد يتم تسريع تقادم البنية التحتية والمعدات. وهذا قد يتطلب إصلاح أكثر تواترا وميزانيات صيانة أعلى.
تسجيل درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة)	عال	

مخاطر المناخ	الحساسية	التفسير
أحداث هطول الأمطار الغزيرة	منخفض	قد يتسبب هطول الأمطار الغزيرة في انقطاع إمدادات الطاقة. وعلاوة على ذلك، قد يتم تقليل سعة الخدمة أو إيقافها.
توافر المياه	منخفض	غير متوفر
الفيضانات	عالٍ	سيعبر خط أنابيب الشركة المقترح تقاطع وادي اليُتم الرئيسي وسيمر على طول ضفة الوادي لمسافة 5 كيلومترات تقريبا (الشكل 8). على الرغم من الانخفاض في معدلات تدفق الذروة التي قد تحققها سدود تخفيف الفيضانات، إلا أن خطر الفيضانات لغرض هذه الدراسة لا يزال يعتبر مرتفعًا.
درجة حرارة مياه البحر	منخفض	غير متوفر
ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر	منخفض	غير متوفر
هبوب العواصف	منخفض	انهمار الفيضانات عند نقاط الدخول في نظام التوزيع، مثل إطلاق الهواء سيفجر الصمامات.
التدخل الملحي	منخفض	غير متوفر
ملوحة المحيطات	منخفض	غير متوفر
درجة الحموضة في المحيط	منخفض	غير متوفر
تآكل الساحل	عالٍ	يمكن أن يؤدي تآكل الساحل إلى تلف نظام خطوط أنابيب النقل.
تآكل التربة	عالٍ	يمكن أن يؤدي تآكل التربة إلى تلف نظام نقل المياه.
متوسط سرعة الرياح	منخفض	يمكن أن تؤدي التغيرات في سرعة الرياح إلى تعطيل نظام التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات SCADA بسبب تلف الهوائي.
سرعة الرياح القصوى	منخفض	يمكن أن تتسبب سرعة الرياح القصوى في تعطيل SCADA بسبب تلف هوائي الاستقبال.
جفاف	منخفض	غير متوفر
جودة الهواء	منخفض	غير متوفر
موجات الصقيع	منخفض	قد تتلف الأنابيب أو المفاصل بسبب تجمد التربة. هذا وقد تتشقق الأنابيب أو قد يحدث تسرب بالتوصيلات، مما يؤدي إلى فقدان المياه. قد تتطلب البنية التحتية إصلاحات أكثر تواترا وميزانيات صيانة أعلى.

الجدول 9: مصفوفة الحساسية لمحطات الضخ والخزانات

مخاطر المناخ	الحساسية	التفسير
متوسط زيادة درجة حرارة الهواء	معتدل	تؤدي درجة الحرارة العالية إلى تدهور المواد المستخدمة في البنية التحتية ومعدات محطات الضخ. قد يتم تسريع تقادم البنية التحتية والمعدات. ومن جهة أخرى، قد يتطلب ذلك إصلاح أكثر تواترًا وميزانيات صيانة أعلى.
حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة)	معتدل	
أحداث هطول الأمطار الغزيرة	معتدل	فقدان طويل لإمدادات الطاقة في محطات الضخ، وعدم قابلية تشغيل المعدات.
توافر المياه	منخفض	غير متوفر
الفيضانات	معتدل	قد تؤدي فيضانات الشوارع بعد هطول الأمطار إلى إغراق محطات الضخ وإتلاف المعدات الكهربائية.
درجة حرارة مياه البحر	منخفض	غير متوفر
ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر	منخفض	غير متوفر
هبوب العواصف	منخفض	قد تتلف المعدات أو تفقد أثناء اشتداد العاصفة.
التدخل الملحي	منخفض	غير متوفر
ملوحة المحيطات	منخفض	غير متوفر
درجة الحموضة في المحيط	منخفض	غير متوفر
تآكل السواحل	منخفض	غير متوفر
تآكل التربة	معتدل	يزيد غياب الغطاء النباتي من خطر تآكل التربة والفيضانات المفاجئة والانهيارات الأرضية.
متوسط سرعة الرياح	منخفض	يمكن أن تؤدي التغيرات في سرعة الرياح إلى تعطيل نظام التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات SCADA بسبب تلف الهوائي.
سرعة الرياح القصوى	منخفض	يمكن أن تتسبب هبوب الرياح بالسرعة القصوى في تعطيل نظام التحكم الإشرافي وتحصيل البيانات SCADA بسبب تلف الهوائي.
الجفاف	منخفض	غير متوفر
جودة الهواء	منخفض	غير متوفر
موجات الصقيع	منخفض	تشمل المباني والمرافق الأكثر عرضة للعواصف الشتوية الشديدة، والتي لدها وحدات وظيفية ومعدات يمكن أن تتأثر بدرجات الحرارة الباردة.

تقييم التعرض للمخاطر المتصلة بالمناخ

بمجرد تحديد عوامل الحساسية التي تؤثر على المشروع، فإن الخطوة التالية هي تقييم تعرض المشروع وأصوله للمخاطر المناخية في المواقع التي سينفذ فيها المشروع في ضوء المناخ الأساسي والمستقبلي.

الجدول 10 أدناه تعرض المشروع للمناخ الأساسي والمناخ المستقبلي، هذا ويتضمن الجدول 11 التفسيرات ذات الصلة المتعلقة بتقييم التعرض.

تقييم التعرض للمناخ الأساسي والمناخ المستقبلي

الجدول 10: تقييم التعرض للمناخ الأساسي والمستقبلي لمشروع العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه مشروع العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP

المخاطر المتعلقة بالمناخ[4]																			
جدول التعرض	متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1)	حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2)	أحداث هطول الأمطار الغزيرة (4)	توافر المياه (5)	الفيضانات (الساحلية والفيضانات) (7)	درجة حرارة مياه البحر (8)	ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر (9)	العواصف (10)	تسرب المحلول الملحي (11)	ملوحة المحيطات (12)	درجة الحموضة في المحيط (13)	تآكل السواحل (14)	تآكل التربة (15)	متوسط سرعة الرياح (18)	أقصى سرعة الرياح (19)	الجفاف (22)	جودة الهواء (25)	موجات الصقيع (29)
التعرض للمناخ الحالي																			
التعرض للمناخ المستقبلي																			
أعلى الدرجات، الحالية + المستقبلية																			
حساسية المناخ	منخفض									معتدل				عالٍ					

الملاحظات:

حساسية عالية: قد يكون للمتغيرات المناخية /المخاطر المناخية تأثير كبير على الأصول والعمليات والمدخلات والمخرجات ووسائل النقل.

حساسية متوسطة: قد يكون للمتغيرات المناخية /المخاطر المناخية تأثير طفيف على الأصول والعمليات والمدخلات والمخرجات ووسائل النقل.

حساسية منخفضة: للمتغيرات المناخية /المخاطر المناخية ليس له أي تأثير.

[4] يشير الرقم بين قوسين إلى خطر المناخ الذي قد يؤثر على المشروع على النحو الوارد في الجدول 4.

الجدول 11: تفسير التعرض للمناخ الأساسي والمستقبلي لمشروع العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه (AAWDCP)

المتغيرات والمخاطر المناخية	الترتيب حسب التعرض للمناخ الأساسي	الترتيب حسب التعرض للمناخ المستقبلي	التفسير
متوسط زيادة درجة حرارة الهواء	معتدل	معتدل	بالنسبة للفترة 2070-2100، يمكن أن يصل متوسط درجة الحرارة وفقا لمسارات التركيز التمثيلية RCP 4.5 إلى +2.1 درجة مئوية [+1.7 درجة مئوية إلى +3.2 درجة مئوية] و +4 درجة مئوية [3.8 درجة مئوية -5.5 درجة مئوية] وفقا لمسارات التركيز التمثيلية RCP8.5.
تسجيل درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة)	معتدل	معتدل	يتبع اتجاه الزيادة القصوى في درجة الحرارة نفس المظهر الجانبي لمتوسط درجة الحرارة.
تغير شديد في هطول الأمطار	معتدل	معتدل	في الفترة 2070-2100، يمكن أن ينخفض هطول الأمطار المتراكم بنسبة 15٪ (- 6٪ إلى 25٪) ليسجل حسب مسارات التركيز التمثيلية RCP 4.5، بنسبة -21٪ (9٪ إلى - 35٪) أي حسب مسارات التركيز التمثيلية RCP 8.5.
توافر المياه	معتدل	معتدل	انخفاض هطول الأمطار، والاقتران مع زيادة درجة الحرارة، سيؤدي إلى انخفاض في احتياطيات المياه.
الفيضانات	عالٍ	عالٍ	على الرغم من أن انخفاض هطول الأمطار سيقلل من وتيرة الفيضانات في البلاد، إلا أن منطقة المشروع تخضع إلى منطقة الفيضانات وتعرض المشروع يتميز بأنه مرتفع (الحالي والمستقبلي) وفقا لدراسة UNWFP (2019) (كما الشكل 8).
درجة حرارة مياه البحر	منخفض	منخفض	لن يكون لدرجة حرارة مياه البحر أي تأثير على المشروع. هذا وسيتم تصريف المحلول الملحي المرفوض مرة أخرى في البحر في درجة حرارة مياه البحر المحيطة. ومن الجدير بالذكر أنه لم يتم الإبلاغ عن أي زيادة في درجة حرارة مياه البحر في خليج العقبة. بل على العكس من ذلك، تشير العديد من المقالات إلى قدرة البحر الأحمر وخليج العقبة على الصمود أمام آثار تغير المناخ. حتى لو حدثت بعض الزيادة الطفيفة في درجة حرارة مياه البحر بسبب تغير المناخ، فإن تأثيرها على المشروع سيكون ضئيلا.

المتغيرات والمخاطر المناخية	الترتيب حسب التعرض للمناخ الأساسي	الترتيب حسب التعرض للمناخ المستقبلي	التفسير
ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر	منخفض	منخفض	من غير المتوقع أن يحدث ارتفاع في مستوى سطح البحر في خليج العقبة، مما يكون لهذا الارتفاع عواقب كالتراجع الساحلي وفقدان مساحة الأرض في حده الأدنى. لم يتأثر مستوى سطح البحر في خليج العقبة تاريخيًا وعلى الأرجح سيستمر كذلك، ثابتاً في استجابته لمؤثر الرياح عن بعد، والذي من غير المرجح أن يتغير بشكل كبير.
هبوب العواصف	منخفض	منخفض	وفقا ل Drews (2015) (كما يشير الشكل 9) إلى أن منطقة المشروع لا تنتمي إلى منطقة العواصف الشديدة.
التدخل الملحي	منخفض	منخفض	قد يكون الخطر الوحيد لتسرب المياه المالحة إلى منسوب المياه الجوفية مرتبطًا بالمحلول الملحي الذي تم تصريفه. ومع ذلك، يتم النظر في هذا بعناية في التصميم.
ملوحة المحيطات	معتدل	معتدل	تُعد مياه خليج العقبة متوازنة مع مياه البحر الأحمر بفعل التبادل عبر مضيق تيران. تعتبر المياه العليا في خليج العقبة أعلى في الملوحة من مياه البحر الأحمر. سيؤدي تصريف المياه المالحة إلى ارتفاع صغير موضعي في الملوحة (أي 2٪ فوق المحيط على بعد 100 متر من الناشر) الذي يتبدد بسرعة في خليج العقبة لعمقه الممتاز ويتوازن في نهاية المطاف مع البحر الأحمر. ولا يتوقع حدوث تراكم كبير للملوحة. ومع ذلك، فإن تقييم التعرض، الاحترازي، يعتبر هذا الأثر متوسطًا.

المتغيرات والمخاطر المناخية	الترتيب حسب التعرض للمناخ الأساسي	الترتيب حسب التعرض للمناخ المستقبلي	التفسير
درجة الحموضة في المحيط	منخفض	منخفض	تسببت الزيادة السريعة في ثاني أكسيد الكربون CO2 في الغلاف الجوي في امتصاص المحيطات والبحار لكميات أكبر على نحو متزايد منها. هذه العملية تخل بالتوازن الكيميائي الموجود مسبقًا للبحار، مما يؤدي إلى تغيير البحار لحالتها الكيميائية وتغيير درجة الحموضة في المحيط. وبحلول عام 2100، وفي ظل سيناريوهات الانبعاثات المتوسطة، من المتوقع أن ينخفض الرقم الهيدروجيني للمحيطات بمقدار 0.3 وحدة من وحدات الأس الهيدروجيني عن مستوياته فيما قبل 100 عام. وبالتالي فإن هذه المؤشر له تأثير طفيف في المناخ الحالي والمستقبلي.
تآكل الساحل	معتدل	معتدل	من غير المرجح أن يحدث ارتفاع في مستوى سطح البحر في خليج العقبة. ومع ذلك، يتم إعطاء تقييم احترازي متوسط التعرض.
تآكل التربة	معتدل	معتدل	يؤدي ارتفاع درجة الحرارة والجفاف لفترات طويلة إلى التصحر وتآكل التربة.
متوسط سرعة الرياح	منخفض	منخفض	لا يتوقع أن يتغير متوسط سرعة الرياح أو اتجاه الرياح في المنطقة بشكل كبير في المناخ الحالي أو في المستقبل.
سرعة الرياح القصوى	منخفض	منخفض	وفقا للتوقعات المستقبلية، لا يتوقع حدوث تغيير كبير في سرعة الرياح القصوى.
الجفاف	معتدل	معتدل	سيزيد الحد الأقصى لعدد أيام الجفاف المتتالية إلى أكثر من 30 يوما للفترة 2070-2100. ولن يكون للتعرض إلى الجفاف تأثير مباشر على المشروع. ومع ذلك، سيؤدي ذلك إلى زيادة الحاجة إلى المياه المعاد تدويرها والمحلاة. وبما أن الأردن لا يملك موارد بحرية سوى خليج العقبة، فقد يلزم بناء المزيد من المشاريع على المنطقة الساحلية المحدودة والمزدحمة بالفعل في العقبة.
جودة الهواء	معتدل	معتدل	يتضمن المشروع استهلاكًا كبيرًا للطاقة وبالتالي انبعاثات كبيرة في محطات الطاقة إلى مستوى قد يؤثر على جودة الهواء.

المتغيرات والمخاطر المناخية	الترتيب حسب التعرض للمناخ الأساسي	الترتيب حسب التعرض للمناخ المستقبلي	التفسير
موجات الصقيع	منخفض	منخفض	وفقا لسيناريوهات التنبؤ، لا يتوقع أن تزداد موجات الصقيع (المناخ الأساسي والمستقبلي).

3-3-3 تقييم قابلية التأثر

يتم حساب قابلية التأثر (V) على النحو التالي:

قابلية التأثر= التعرض x الحساسية (V = S x E)

حيث S هي درجة الحساسية التي يمتلكها الأصل، وE درجة التعرض للظروف المناخية الأساسية / التأثيرات الثانوية.

يعرض الجدول التالي مصفوفة تصنيف قابلية التأثر بكل خطر متعلق بالمناخ يمكن أن يؤثر على المشروع بالنسبة لكل من المناخ الأساسي والمناخ المستقبلي على كل محور من محاور مكونات المشروع الأربعة (الأعمال البحرية، ومحطة تحلية المياه، وخطوط الأنابيب، والخزانات ومحطات الضخ). وتجدر الإشارة إلى أن الأخطار المتصلة بالمناخ التي لا تنطبق على كل عنصر من عناصر المشروع غير مدرجة في مصفوفات تصنيف قابلية التأثر أدناه (كما يشير الجدول 4).

توضح الجداول التالية تحليل قابلية التأثر لكل محور من محاور المناخ الأساسي والمستقبلي.

الجدول 12: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر بالأعمال البحرية - المناخ الأساسي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	9,15,18,19,29	1,2,4,5,11,14,22,25	
	متوسط	8,12,13	10	7
	عال			

قابلية التأثر

منخفض
متوسط
عال

الجدول 13: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر بالنسبة للأعمال البحرية - المناخ المستقبلي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	9,15,18,19,29	1,2,4,5,11,14,22,25	
	متوسط	8,12,13	10	7
	عال			

قابلية التأثر

منخفض
متوسط
عال

الجدول 14: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر الأعمال البحرية - المناخ الأساسي + المناخ المستقبلي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	9,15,18,19,29	1,2,4,5,11,14,22,25	
	متوسط	8,12,13	10	7
	عال			

قابلية التأثر

منخفض
متوسط
عال

الجدول 15: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر بالمناخ الأساسي لمحطة تحلية المياه

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	8,9,12,18,19,29	4,11,14	9
	متوسط	13,15	1,2,10,22	
	عال		5,25	7

قابلية التأثر

منخفض
متوسط
عال

16 الجدول 16: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر لمحطة تحلية المياه - المناخ المستقبلي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	8,9,12,18,19,29	4,11,14	9
	متوسط	13,15	1,2,10,22	
	عال		5,25	7

قابلية التأثر

منخفض
متوسط
عال

الجدول 17: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر لمحطة تحلية المياه - المناخ الأساسي + المناخ المستقبلي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	8,9,12,18,19,29	4,11,14	9
	متوسط	13,15	1,2,10,22	
	عال		5,25	7

قابلية التأثر

منخفض
متوسط
عال

الجدول 18: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر لخط الأنابيب - المناخ الأساسي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	8,9,12,13,18,19,29	4,5,10,11,22,25	
	متوسط			
	عال	15	1,2,14	7

قابلية التأثر
منخفض
متوسط
عال

الجدول 19: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر لخط الأنابيب - المناخ المستقبلي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	8,9,12,13,18,19,29	4,5,10,11,22,25	
	متوسط			
	عال	15	1,2,14	7

قابلية التأثر
منخفض
متوسط
عال

الجدول 20: مصفوفة تصنيف قابلية التأثر لخط الأنابيب بالمناخ الأساسي + المناخ المستقبلي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	8,9,12,13,18,19,29	4,5,10,11,22,25	
	متوسط			
	عال	15	1,2,14	7

قابلية التأثر
منخفض
متوسط
عال

الجدول 21: مصفوفة تصنيف قابلية تأثر خزانات ومحطات الضخ - بالمناخ الأساسي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	8,9,12,13,18,19,29	5,10,11,14,22,25	
	متوسط	15	1,2,4	7
	عال			

قابلية التأثر
منخفض
متوسط
عال

الجدول 22: مصفوفة تصنيف قابلية تأثر خزانات ومحطات الضخ - بالمناخ المستقبلي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	8,9,12,13,18,19,29	5,10,11,14,22,25	
	متوسط	15	1,2,4	7
	عال			

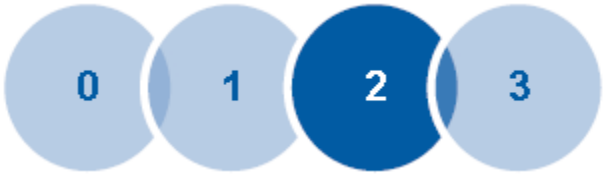
قابلية التأثر
منخفض
متوسط
عال

الجدول 23: مصفوفة تصنيف قابلية تأثر خزانات ومحطات الضخ – بالمناخ الأساسي + المناخ المستقبلي

الحساسية	التقييم	التعرض		
		منخفض	متوسط	عال
	منخفض	8,9,12,13,18,29	5,10,11,14,22,25	
	متوسط	15	1,2,4	7
	عال			

قابلية التأثر
منخفض
متوسط
عال

4-3 المهمة 2-تقييم المخاطر



الهدف من هذه المهمة هو النظر في احتمال وشدة كل خطر يؤثر على نجاح المشروع.

سيتم تقييم المخاطر مع الأخذ بعين الاعتبار الصيغة التالية.

الاحتمالية × الشدة = الخطر

1-4-3 الاحتمالية (تحليل الاحتمالات)

يبحث هذا الجزء من تقييم المخاطر في مدى احتمال حدوث المخاطر المناخية المحددة خلال جدول زمني معين (عمر المشروع). يُعد المقياس المستخدم للتحليل المحدد هو مقياس يتراوح بين 5 مستويات (نادر، غير مرجح، ممكن، محتمل، وشبه مؤكد)، كما يوضح ذلك الجدول 24.

الجدول 24: مقياس تقييم احتمالية المخاطر المؤثرة على المشروع

1	2	3	4	5
نادر	غير مرجح	ممكن	محتمل	شبه مؤكد
احتمالية الحدوث غير مرجحة بشدة	بالنظر إلى الممارسات والإجراءات الحالية، من غير المرجح أن يقع هذا الحادث	وقع حادث في بلد / بيئة مماثلة	من المرجح أن يقع الحادث	من المحتمل جدًا أن يحدث الحادث، ربما عدة مرات
فرصة الحدوث 5٪	20 % فرصة الحدوث	فرصة الحدوث 50٪	فرصة الحدوث 80%	فرصة الحدوث 95٪

لتنفيذ مصفوفة تقييم المخاطر المذكورة أعلاه للمكونات الأربعة للمشروع، فإن المخاطر الأساسية المتعلقة بالمناخ التي ينبغي مواصلة دراسة احتمالية حدوثها، هي تلك التي لديها مستوى ضعيف أو متوسط، وأكثر تحديدًا تشمل ما يلي:

- بالنسبة لعنصر الأعمال البحرية، يتم فحص ما يلي: متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1) تسجيل درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2) وأحداث هطول الأمطار الشديدة (4) وتوافر المياه (5) والفيضانات (الساحلية والنهرية) (7) ودرجة حرارة مياه البحر (8) وارتفاع العواصف (10) والتسريب الملحي (11) وملوحة المحيطات (12) ودرجة الحموضة في المحيط (13) وتآكل السواحل (14) والجفاف (22) وجودة الهواء (25).
- بالنسبة لمكون محطة تحلية المياه، يتم فحص ما يلي: متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1) تسجيل درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2) أحداث هطول الأمطار الشديدة (4) توافر المياه (5) الفيضانات (الساحلية والنهرية) (7) هبوب العواصف (10) تسرب المياه المالحة (11) درجة الحموضة في المحيطات (13) تآكل السواحل (14) تآكل التربة (15) الجفاف (22) جودة الهواء (25).
- بالنسبة لمكون خط الأنابيب، يتم فحص ما يلي: متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1) حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2) أحداث هطول الأمطار الشديدة (4) توافر المياه (5) الفيضانات (الساحلية والنهرية) (7) هبوب العواصف (10)، تسريب المحلول الملحي (11) تآكل السواحل (14) تآكل التربة (15) الجفاف (22) جودة الهواء (25).
- بالنسبة لمكون الخزانات ومحطات الضخ، يتم فحص ما يلي: متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1) تسجيل درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2) التغير الشديد في هطول الأمطار (4) توافر المياه (5) الفيضانات

(الساحلية والنهرية) (7) هبوب العواصف (10) تسرب المياه المالحة (11) تآكل السواحل (14) تآكل التربة (15) الجفاف (22) جودة الهواء (25)، كما يعرضها الجدول أدناه.

الجدول 25: الترتيب الاحتمالي لجميع مكونات المشروع

المخاطر المتعلقة بالمناخ[5]																					
نوع المشروع	الاحتمالية	متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1)	حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2)	أحداث هطول الأمطار الغزيرة (4)	توافر المياه (5)	الفيضانات (الساحلية والفيضانات)	درجة حرارة مياه البحر (8)	ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر	العواصف (10)	تسرب المحلول الملحي (11)	ملوحة المحيطات (12)	درجة الحموضة في المحيط (13)	تآكل السواحل (14)	تآكل التربة (15)	متوسط سرعة الرياح (18)	أقصى سرعة الرياح (19)	الجفاف (22)	جودة الهواء (25)	معدات الصقيع (29)
العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP	الأعمال البحرية																				
	محطة تحلية المياه																				
	خط الأنابيب																				
	محطات الضخ والخزانات																				

يقدم الجدول 26 والجدول 27 تفسير الترتيب الاحتمالي حسب الأخطار المرتبطة بالمناخ.

الجدول 26: تفسير الترتيب الاحتمالي للأعمال البحرية ومحطة تحلية المياه

المتغيرات والمخاطر المناخية	ترتيب الاحتمالي للأعمال البحرية	الترتيب الاحتمالي لمحطة تحلية المياه	التفسير
متوسط زيادة درجة حرارة الهواء	شبه مؤكد	شبه مؤكد	تحتوي الأعمال البحرية ومحطات تحلية المياه على الكثير من الأماكن الضيقة. يجب على العمال دخول تلك الأماكن الضيقة لتنفيذ بعض المهام مثل إزالة النفايات أو إصلاح التسرب أو التعقيم. سيكون من الصعب أداء هذه المهام تحت درجة حرارة عالية.
حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة)	محتمل	محتمل	كما هو موضح أعلاه.
تغير شديد في هطول الأمطار	غير متوفر	غير متوفر	من المتوقع ألا يحدث أي تغيير في زيادة كثافة هطول الأمطار في منطقة المشروع.

[5] يشير الرقم بين قوسين إلى خطر المناخ الذي قد يؤثر على المشروع على النحو الوارد في الجدول 4.

المتغيرات والمخاطر المناخية	ترتيب الاحتمالي للأعمال البحرية	الترتيب الاحتمالي لمحطة تحلية المياه	التفسير
توافر المياه	نادر	نادر	على الرغم من أنه من المتوقع أن ينخفض هطول الأمطار، إلا أنه لن يؤدي إلى انخفاض في احتياطيات المياه.
الفيضانات	محتمل	شبه مؤكد	على الرغم من أن انخفاض هطول الأمطار سيقلل من وتيرة الفيضانات في البلاد، إلا أن منطقة المشروع تنتمي إلى منطقة حدوث الفيضانات وتعرض المشروع لمؤثراتها يصنف بالمرتفع (المناخ الأساسي والمستقبلي) وفقا لدراسة UNWFP (2019)، كما يشير (الشكل 8).
درجة حرارة مياه البحر	غير متوفر	غير متوفر	المحلول الملحي الذي تم تفريغه لن يزيد من درجة حرارة مياه البحر.
ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر	محتمل	محتمل	من المتوقع أن يحدث ارتفاع مستوى سطح البحر في خليج العقبة، مما سيترتب عليه العديد من العواقب بما في ذلك التراجع الساحلي مما يؤدي إلى فقدان مساحة الأرض في منطقة صغيرة من خليج العقبة.
هبوب العواصف	نادر	نادر	قد يؤدي فشل التصريف أثناء العواصف إلى تصريف المياه المالحة في خليج العقبة.
التدخل الملحي	غير متوفر	غير متوفر	إذا وصلت المياه المالحة إلى محطة ضخ المدخل والبنية التحتية لمحطة تحلية المياه، فلن تسبب أي ضرر للمعدات لأنها مصممة لتحمل هذا التعرض.
ملوحة المحيطات	محتمل	محتمل	من المتوقع أن تزداد التغيرات في تركيزات الملح في مياه البحر نتيجة للتخلص من المحلول الملحي الذي يؤثر على النباتات والحيوانات المائية.
درجة الحموضة في المحيط	محتمل	محتمل	تسببت الزيادة السريعة في ثاني أكسيد الكربون CO2 في الغلاف الجوي في امتصاص المحيطات والبحار لكميات أكبر على نحو متزايد منها. هذه العملية تخل بالتوازن الكيميائي الموجود مسبقًا للبحار، مما يؤدي إلى تغيير البحار لحالتها الكيميائية وتغيير درجة الحموضة في المحيط. وبحلول عام 2100، وفي ظل سيناريوهات الانبعاثات المتوسطة، من المتوقع أن ينخفض الرقم الهيدروجيني للمحيطات بمقدار 0.3 وحدة من وحدات الأس الهيدروجيني عن مستوياته فيما قبل 100 عام. وبالتالي فإن هذه المؤشر له تأثير طفيف في المناخ الحالي والمستقبلي.
تآكل السواحل	محتمل	محتمل	زيادة ارتفاع مستوى سطح البحر يمكن أن يؤدي إلى تآكل السواحل.

المتغيرات والمخاطر المناخية	ترتيب الاحتمالي للأعمال البحرية	الترتيب الاحتمالي لمحطة تحلية المياه	التفسير
تآكل التربة	غير متوفر	محتمل	يؤدي ارتفاع درجة الحرارة والجفاف لفترات طويلة إلى التصحر وتآكل التربة.
متوسط سرعة الرياح	ممكن	غير متوفر	استند تصميم منافذ المحلول الملحي إلى ظروف "ثابتة" وهي أسوأ سيناريو من حيث التخفيفات المحققة. سوف تعزز التيارات تخفيف المحلول الملحي. قد تتأثر الهياكل المغمورة بالمياه في وجود تيارات قوية ما لم يتم تثبيتها بشكل صحيح.
سرعة الرياح القصوى	ممكن	غير متوفر	كما هو موضح أعلاه.
الجفاف	غير متوفر	غير متوفر	لن تؤثر فترات الجفاف المتكررة والمكثفة على القدرة على تلبية احتياجات مستخدمي المياه وتوفير العمليات والخدمات البلدية الأساسية.
جودة الهواء	نادر	محتمل	تخلق مضخات ومعدات رفع مياه البحر في محطة تحلية المياه مصدرًا للضوضاء المحمولة جوا التي تؤثر على وسائل الراحة في الحي.
موجات الصقيع	غير متوفر	نادر	تشمل المباني والمرافق الأكثر عرضة للعواصف الشتوية الشديدة تلك التي لديها أولويات لإزالة الثلوج وإعادة الوصول إليها، والتي قد تتعرض لخطر الحمل الثلجي الإضافي الذي يؤثر على سلامة المباني، حيث تمتلك وحدات وظيفية ومعدات بناء يمكن أن تتأثر بدرجات الحرارة الباردة.

الجدول 27: تفسير الترتيب الاحتمالي لمحطات الضخ وخطوط الأنابيب والخزانات

المتغيرات والمخاطر المناخية	الترتيب الاحتمالي لخط الأنابيب	الترتيب الاحتمالي للخزانات ومحطات الضخ	التفسير
متوسط زيادة درجة حرارة الهواء	شبه مؤكد	شبه مؤكد	تحتوي محطات خطوط الأنابيب والضخ على الكثير من المساحات الضيقة. يجب على العمال دخول تلك الأماكن الضيقة لتنفيذ بعض المهام مثل إزالة النفايات أو إصلاح التسرب أو التعقيم. سيكون من الصعب أداء هذه المهام تحت درجة حرارة عالية.
حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة)	محتمل	محتمل	كما هو موضح أعلاه.
تغير شديد في هطول الأمطار	غير متوفر	غير متوفر	ومن المتوقع ألا يحدث أي تغيير في زيادة كثافة هطول الأمطار في منطقة المشروع.

المتغيرات والمخاطر المناخية	الترتيب الاحتمالي لخط الأنابيب	الترتيب الاحتمالي للخزانات ومحطات الضخ	التفسير
توافر المياه	محتمل	نادر	إن أحداث هطول الأمطار الأكثر تواترا المقترنة بعدم القدرة على تخزين الكميات المتزايدة من المياه تعرض المجتمع لخطر يرتبط بتوافر المياه.
الفيضانات	شبه مؤكد	محتمل	على الرغم من أن انخفاض هطول الأمطار سيقلل من وتيرة الفيضانات في البلاد، إلا أن منطقة المشروع تنتمي إلى منطقة فيضانات وتعرض المشروع لهذا الخطر مرتفع (المناخ الأساسي والمستقبلي) وفقًا لدراسة برنامج الأمم المتحدة العالمي للأغذية United Nations (2019) World Food Programme (UNWFP) (الشكل 8).
درجة حرارة مياه البحر	غير متوفر	غير متوفر	درجة حرارة مياه البحر لن تؤثر على هذه المكونات 2.
ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر	نادر	غير متوفر	الارتفاع النسبي لمستوى سطح البحر عند نقاط الدخول في نظام النقل، مثل إطلاق الهواء ستفجر الصمامات.
هبوب العواصف	نادر	نادر	الفيضانات في محطات الضخ ونقاط الدخول في نظام النقل، مثل إطلاق الهواء ستفجر الصمامات وتتلف المعدات.
التدخل الملحي	غير متوفر	نادر	إذا وصلت المياه المالحة إلى البنية التحتية لمحطة الضخ، فسوف تسبب أضرارا جسيمة للمعدات غير المصممة لتحمل هذا التعرض. من وجهة نظر النظام، ستؤدي هذه الآثار المتوقعة إلى انخفاض الكفاءة التشغيلية وقد تؤدي إلى فشل التصميم.
ملوحة المحيطات	غير متوفر	غير متوفر	لن تؤثر ملوحة المحيطات على مكونات 2 هذه من المشروع.
درجة الحموضة في المحيط	غير متوفر	غير متوفر	لن يؤثر الرقم الهيدروجيني للمحيط على مكونات 2 هذه للمشروع.
تآكل السواحل	نادر	غير متوفر	يمكن أن يؤدي تآكل السواحل إلى تلف نظام خطوط أنابيب النقل.
تآكل التربة	نادر	نادر	يؤدي ارتفاع درجة الحرارة والجفاف لفترات طويلة إلى التصحر وتآكل التربة.
متوسط سرعة الرياح	غير متوفر	غير متوفر	لا يتوقع أن يتغير متوسط سرعة الرياح أو اتجاه الرياح في المنطقة بشكل كبير في الحاضر أو في المستقبل.
سرعة الرياح القصوى	غير متوفر	غير متوفر	وفقا للتوقعات المستقبلية، لا يتوقع حدوث تغيير كبير في سرعة الرياح القصوى.

المتغيرات والمخاطر المناخية	الترتيب الاحتمالي لخط الأنابيب	الترتيب الاحتمالي للخزانات ومحطات الضخ	التفسير
الجفاف	غير متوفر	غير متوفر	لن يؤثر الجفاف على مكونات 2 هذه للمشروع.
جودة الهواء	غير متوفر	محتمل	تخلق المضخات مصدر ضوضاء محمول جوا يؤثر على وسائل الراحة في الحي
موجات الصقيع	نادر	نادر	تشمل المباني والمرافق الأكثر عرضة للعواصف الشتوية الشديدة تلك التي لديها أولويات لإزالة الثلوج وإعادة الوصول إليها، والتي قد تتعرض لخطر الحمل الثلجي الإضافي الذي يؤثر على سلامة المباني، حيث تمتلك وحدات وظيفية ومعدات بناء يمكن أن تتأثر بدرجات الحرارة الباردة.

2-4-3 الشدة (تحليل الأثر)

يبحث هذا الجزء من تقييم المخاطر فيما سيحدث إذا حدث خطر المناخ المحدد، وما هي العواقب المتوقعة إزاء ذلك. سيتم تقييم هذا بمقياس الشدة لكل خطر ويمكن أن يشار إليه أيضا باسم حجم المؤثر. يشير الجدول 28 لمقياس تقييم شدة (تحليل الأثر) لكل خطر مناخي.

الجدول 28: مقياس تقييم شدة العواقب

1	2	3	4	5
طفيف	ثانوي	معتدل	رئيسي	كارثي
الحد الأدنى من التأثير الذي يمكن تخفيفه من خلال النشاط العادي.	حدث يؤثر على تشغيل المشروع العادي، مما يؤدي إلى تأثيرات محلية ذات طبيعة مؤقتة.	حدث خطير يتطلب إجراءات إضافية لإدارته، مما يؤدي إلى تأثيرات معتدلة.	حدث حاسم يتطلب اتخاذ إجراءات استثنائية، مما يؤدي إلى آثار كبيرة أو واسعة النطاق أو طويلة الأجل.	حدث كارثي مصحاب لاحتمال أن يؤدي وقوعه إلى إغلاق أو انهيار في الأصول / الشبكة، مما يسبب في ضرر كبير وآثار واسعة النطاق على المدى الطويل.

ولتنفيذ مصفوفة تقييم المخاطر للمكونات الأربعة للمشروع، فإن المخاطر الأساسية المتصلة بالمناخ التي ينبغي مواصلة دراستها فيما يتعلق بالخطورة، هي نفسها التي تم فحصها فيما يتعلق بالاحتمالات. سيتم فحص ما يلي:

- بالنسبة لعنصر الأعمال البحرية، يتم فحص ما يلي: متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1) تسجيل درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2) وأحداث هطول الأمطار الشديدة (4) وتوافر المياه (5) والفيضانات (الساحلية والنهرية) (7) ودرجة حرارة مياه البحر (8) وارتفاع العواصف (10) والتسريب الملحي (11) وملوحة المحيطات (12) ودرجة الحموضة في المحيط (13) وتآكل السواحل (14) والجفاف (22) وجودة الهواء (25).
- بالنسبة لمكون محطة تحلية المياه، يتم فحص ما يلي: متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1) تسجيل درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2) أحداث هطول الأمطار الشديدة (4) توافر المياه (5) الفيضانات (الساحلية

والنهرية) (7) هبوب العواصف (10) تسرب المياه المالحة (11) درجة الحموضة في المحيطات (13) تآكل السواحل (14) تآكل التربة (15) الجفاف (22) جودة الهواء (25).

- بالنسبة لمكون خط الأنابيب، يتم فحص ما يلي: متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1) حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2) أحداث هطول الأمطار الشديدة (4) توافر المياه (5) الفيضانات (الساحلية والنهرية) (7) هبوب العواصف (10)، تسريب المحلول الملحي (11) تآكل السواحل (14) تآكل التربة (15) الجفاف (22) جودة الهواء (25).
- بالنسبة لمكون الخزانات ومحطات الضخ، يتم فحص ما يلي: متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1) تسجيل درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2) التغير الشديد في هطول الأمطار (4) توافر المياه (5) الفيضانات (الساحلية والنهرية) (7) هبوب العواصف (10) تسرب المياه المالحة (11) تآكل السواحل (14) تآكل التربة (15) الجفاف (22) جودة الهواء (25)، كما يشير الجدول **Error! Reference source not found.**.

الجدول 29: ترتيب الخطورة بالنسبة لمكونات المشروع

المخاطر المتعلقة بالمناخ[6]																					
نوع المشروع	الشدة	متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1)	حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك	أحداث هطول الأمطار	توافر المياه (5)	الفيضانات (الساحلية	درجة حرارة مياه البحر (8)	ارتفاع نسبي في مستوى	العواصف (10)	تسريب المحلول الملحي	ملوحة المحيطات (12)	درجة الحموضة في المحيط	تآكل السواحل (14)	تآكل التربة (15)	متوسط سرعة الرياح (18)	أقصى سرعة الرياح (19)	الجفاف (22)	جودة الهواء (25)	موجات الصقيع (29)
العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP	الأعمال البحرية																				
	محطة تحلية المياه																				
	خط الأنابيب																				
	محطات الضخ والخزانات																				

يعرض الجدول 30الجدول 31، تفسير ترتيب الشدة حسب الأخطار المرتبطة بالمناخ.

الجدول 30: تفسيرات تصنيف الشدة للأعمال البحرية لمحطة تحلية المياه الثانية

[6] يشير الرقم بين قوسين إلى خطر المناخ الذي قد يؤثر على المشروع على النحو الوارد في الجدول 4.

المتغيرات والمخاطر المناخية	ترتيب الشدة للأعمال البحرية	التفسير	ترتيب الشدة لمحطة تحلية المياه	التفسير
متوسط زيادة درجة حرارة الهواء	غير مهم	لا يؤثر متوسط الزيادة في درجة حرارة الهواء بشكل كبير على درجة حرارة الماء بما يتجاوز القيم التي تضر بوظيفة الأعمال البحرية.	غير مهم	لا يؤثر متوسط الزيادة في درجة حرارة الهواء بشكل كبير على درجة حرارة المياه بما يتجاوز القيم التي تضر بأنشطة محطة تحلية المياه.
تسجيل درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة)	غير مهم	لا تؤثر حالات درجة حرارة الهواء القصوى بشكل كبير على درجة حرارة الماء بما يتجاوز القيم التي تضر بوظيفة الأعمال البحرية.	ثانوي	إن وضع وحدات محطة تحلية المياه في مكان مفتوح غير محمي يمكن أن يؤثر عليها جراء الزيادة في درجة الحرارة مما يجعل المحطة أكثر حساسية لهذا الخطر المناخي.
تغير شديد في هطول الأمطار	غير متوفر	لن يؤثر التغير الشديد في هطول الأمطار على هذا المكون.	غير متوفر	لن يؤثر التغير الشديد في هطول الأمطار على هذا المكون.
توافر المياه	غير متوفر	لن يؤثر توافر المياه على العملية.	غير متوفر	لا يمكن أن يحدث أي تأثير في عملية محطة تحلية المياه بسبب انخفاض كميات المياه المتاحة.
الفيضان	غير مهم	لن تؤثر الفيضانات بشكل كبير على قيم الهياكل المغمورة بالمياه بما يؤثر على وظيفة الأعمال البحرية.	رئيسي	نظرا لأن منطقة المشروع تنتمي إلى منطقة فيضانات وبالنظر إلى انخفاض هطول الأمطار وفقًا للتوقعات المستقبلية، يمكن وصف هذا التأثير على أنه ثانوي.
درجة حرارة مياه البحر	غير متوفر	المحلول الملحي الذي تم تفريغه لن يزيد من درجة حرارة مياه البحر.	غير متوفر	المحلول الملحي الذي تم تصريفه لن يزيد من درجة حرارة مياه البحر.
ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر	غير مهم	سيؤثر الجريان السطحي المحتمل لمياه البحر على محطة ضخ المياه وسحبها، ولكن الاستجابة تعتبر ضئيلة.	غير متوفر	لن يؤثر الجريان السطحي المحتمل لمياه البحر على محطة تحلية المياه لأن موقع المحطة يقع على بعد +100 متر من محطة تحلية المياه.

المتغيرات والمخاطر المناخية	ترتيب الشدة للأعمال البحرية	التفسير	ترتيب الشدة لمحطة تحلية المياه	التفسير
هبوب العواصف	غير متوفر	لن تؤثر العواصف على الأعمال البحرية.	معتدل	ستتغير شدة العواصف وترددتها نتيجة لتغير المناخ مما يتسبب في زيادة مستويات المياه وحدوث خطر الفيضانات من الوديان المحيطة وبالتالي فإن ذلك قد يتسبب بفشل الدفاع.
التدخل الملحي	غير متوفر	إذا وصلت المياه المالحة إلى محطة ضخ المياه المسحوبة، فلن تسبب أي ضرر للمعدات لأنها مصممة لتحمل هذا التعرض.	غير متوفر	إذا وصلت المياه المالحة إلى البنية التحتية لمحطة تحلية المياه، فإنها لن تسبب أي ضرر للمعدات لأنها مصممة لتحمل هذا التعرض.
ملوحة المحيطات	معتدل	من المتوقع أن تزداد التغيرات في تركيزات الملح في مياه البحر نتيجة للتخلص من المحلول الملحي الذي يؤثر على النباتات والحيوانات المائية.	معتدل	من المتوقع أن تزداد التغيرات في تركيزات الملح في مياه البحر نتيجة للتخلص من المحلول الملحي الذي يؤثر على النباتات والحيوانات المائية.
درجة الحموضة في المحيط	معتدل	من المتوقع أن تتبدل التغيرات في درجة الحموضة جراء الملح الموجود في مياه البحر نتيجة للتخلص من المحلول الملحي الذي يؤثر على النباتات والحيوانات المائية.	معتدل	من المتوقع أن تتبدل التغيرات في درجة الحموضة جراء الملح الموجود في مياه البحر نتيجة للتخلص من المحلول الملحي الذي يؤثر على النباتات والحيوانات المائية.
تآكل الساحل	غير مهم	يعتمد تآكل السواحل على ارتفاع مستوى سطح البحر. انظر أعلاه.	غير مهم	يعتمد تآكل السواحل على ارتفاع مستوى سطح البحر. انظر أعلاه.
تآكل التربة	غير متوفر	لن يؤثر تآكل التربة على هذا المكون.	غير مهم	التلوث الموضعي المحتمل للتربة أو شبكات المياه الجوفية/السطحية والآثار الضارة المحتملة على النباتات والحيوانات
متوسط سرعة الرياح	غير مهم	يمكن أن يؤثر متوسط سرعة الرياح على العملية ولكن استجابة الشدة تعتبر ضئيلة.	غير متوفر	متوسط سرعة الرياح لن يؤثر على هذا المكون.

المتغيرات والمخاطر المناخية	ترتيب الشدة للأعمال البحرية	التفسير	ترتيب الشدة لمحطة تحلية المياه	التفسير
سرعة الرياح القصوى	غير مهم	يمكن أن تؤثر سرعة الرياح القصوى على العملية ولكن استجابة الشدة تعتبر ضئيلة.	غير متوفر	لن تؤثر سرعة الرياح القصوى على هذا المكون.
الجفاف	غير متوفر	لن يؤثر الجفاف على هذا المكون.	معتدل	ستؤثر فترات الجفاف المتكررة والمكثفة على القدرة على استيعاب النمو، وتلبية احتياجات مستخدمي المياه، وتوفير العمليات والخدمات البلدية الأساسية.
جودة الهواء	غير مهم	يمكن أن تؤثر جودة الهواء على العملية ولكن استجابة الشدة تعتبر ضئيلة.	معتدل	احتمال الإفراط في إنتاج غازات الدفيئة
موجات الصقيع	غير متوفر	موجات الصقيع لن تؤثر على هذا المكون.	ثانوي	استخدام الهياكل الخرسانية تقلل من تأثير هذا الخطر المناخي.

الجدول 31: تفسيرات تصنيف الشدة على خط الأنابيب ومحطات الضخ والخزانات

المتغيرات والمخاطر المناخية	ترتيب الخطورة لخط الأنابيب	التفسير	ترتيب الخطورة لمحطات الضخ والخزانات	التفسير
متوسط زيادة درجة حرارة الهواء	غير مهم	يؤدي وضع خط أنابيب نقل المياه تحت الأرض إلى حمايته من الزيادة التدريجية في درجة حرارة السطح.	غير مهم	لا يؤثر متوسط الزيادة في درجة حرارة الهواء بشكل كبير على درجة حرارة الماء بما يتجاوز القيم الضارة بالخزانات ومحطات الضخ.
حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة)	غير مهم	يؤدي وضع خط أنابيب نقل المياه تحت الأرض إلى حمايته من الزيادة الشديدة في درجة حرارة السطح.	غير مهم	لا تؤثر حالات درجة حرارة الهواء القصوى بشكل كبير على درجة حرارة الماء بما يتجاوز القيم الضارة بالخزانات ومحطات الضخ.
تغير شديد في هطول الأمطار	غير متوفر	لن يؤثر التغير الشديد في هطول الأمطار على هذا المكون.	غير متوفر	لن يؤثر التغير الشديد في هطول الأمطار على هذا المكون.
توافر المياه	غير متوفر	توافر المياه لن يؤثر على هذا المكون	غير متوفر	توافر المياه لن يؤثر على هذا المكون

المتغيرات والمخاطر المناخية	ترتيب الخطورة لخط الأنابيب	التفسير	ترتيب الخطورة لمحطات الضخ والخزانات	التفسير
الفيضانات	معتدل	يؤدي وضع خط أنابيب نقل المياه تحت الأرض إلى عواقب معتدلة نتيجة للفيضانات.	معتدل	نظرا لحقيقة أن منطقة المشروع تنتمي إلى منطقة فيضانات وبالنظر إلى انخفاض هطول الأمطار وفقا للتوقعات المستقبلية، يمكن وصف التأثير بأنه معتدل.
درجة حرارة مياه البحر	غير متوفر	درجة حرارة مياه البحر لن تؤثر على هذا المكون.	غير متوفر	درجة حرارة مياه البحر لن تؤثر على هذا المكون.
ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر	غير متوفر	لن يؤثر الارتفاع النسبي في مستوى سطح البحر على هذا العنصر	غير متوفر	لن يؤثر الارتفاع النسبي في مستوى سطح البحر على هذا العنصر
هبوب العواصف	غير مهم	قد تحدث العواصف عند نقاط الدخول لخط أنابيب النقل مثل إطلاق الهواء التي تفجر الصمامات تلواً لذلك.	غير مهم	قد تصل العواصف إلى البنية التحتية لمحطة الضخ وتسبب أضرارًا للمعدات إذا لم تكن مصممة لتحمل هذا التعرض. ومن وجهة نظر النظام، ستؤدي هذه الآثار المتوقعة إلى انخفاض الكفاءة التشغيلية.
التدخل الملحي	غير متوفر	لن يؤثر تسريب المحلول الملحي على هذا المكون.	غير متوفر	لن يؤثر تسريب المحلول الملحي على هذا المكون.
ملوحة المحيطات	غير متوفر	لن تؤثر ملوحة المحيطات على هذا المكون.	غير متوفر	لن تؤثر ملوحة المحيطات على هذا المكون.
درجة الحموضة في المحيط	غير متوفر	لن يؤثر الرقم الهيدروجيني للمحيط على هذا المكون.	غير متوفر	لن يؤثر الرقم الهيدروجيني للمحيط على هذا المكون.
تآكل السواحل	غير متوفر	لن يؤثر تآكل السواحل على هذا المكون.	غير متوفر	لن يؤثر تآكل السواحل على هذا المكون.
تآكل التربة	غير مهم	يؤدي وضع خط أنابيب نقل المياه تحت الأرض إلى عدم وجود عواقب سلبية نتيجة لتآكل التربة.	غير مهم	التلوث الموضعي المحتمل للتربة أو شبكات المياه الجوفية/السطحية والآثار الضارة المحتملة على النباتات والحيوانات
متوسط سرعة الرياح	غير متوفر	متوسط سرعة الرياح لن يؤثر على هذا المكون	غير متوفر	متوسط سرعة الرياح لن يؤثر على هذا المكون

المتغيرات والمخاطر المناخية	ترتيب الخطورة لخط الأنابيب	التفسير	ترتيب الخطورة لمحطات الضخ والخزانات	التفسير
سرعة الرياح القصوى	غير متوفر	لن تؤثر سرعة الرياح القصوى على هذا المكون	غير متوفر	لن تؤثر سرعة الرياح القصوى على هذا المكون
الجفاف	غير متوفر	الجفاف لن يؤثر على هذا العنصر	غير متوفر	الجفاف لن يؤثر على هذا العنصر
جودة الهواء	غير متوفر	جودة الهواء لن تؤثر على هذا المكون	معتدل	احتمال الإفراط في إنتاج غازات الدفيئة
موجات الصقيع	غير مهم	يؤدي وضع خط أنابيب نقل المياه تحت الأرض إلى عدم وجود عواقب سلبية نتيجة لموجات الصقيع.	ثانوي	الهياكل الخرسانية تقلل من تأثير هذا الخطر المناخي.

3-4-3 تقييم المخاطر

بعد تقييم شدة واحتمال حدوث كل خطر، يمكن تحديد مستوى أهمية كل خطر محتمل من خلال مزج العاملين. يعرض الجدول 32 النموذج الذي اتبع من أجل إعداد مصفوفة المخاطر مع مراعاة الترتيب الاحتمالي والشدة المقترحة في الأقسام السابقة.

الجدول 32: مصفوفة المخاطر

	احتمال	نادر	غير مرجح	ممكن	محتمل	شبه مؤكد
الشدة		1	2	3	4	5
غير مهم	1	1	2	3	4	5
ثانوي	2	2	4	6	8	10
معتدل	3	3	6	8	12	15
رئيسي	4	4	8	12	16	20
كارثي	5	5	10	15	20	25

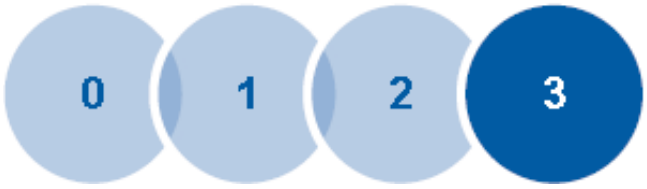
مخاطر لا تذكر
مخاطر
منخفضة
مخاطر متوسطة
مخاطر عالية
المخاطر
القصوى

الجدول 33 تحليل تقييم المخاطر من خلال الجمع بين إمكانية (الاحتمالية) وشدة (التأثير) لأياً من المخاطر المتعلقة بالمناخ وتأثيرها على مكونات المشروع الأربعة.

الجدول 33: مصفوفة المخاطر بناءً على مؤشرات الاحتمالية والشدة الخاصة بمخاطر المناخ المكتشفة

المخاطر المتعلقة بالمناخ[7]																					
نوع المشروع	مكون المشروع	متوسط زيادة درجة حرارة الهواء (1)	حدوث درجات الحرارة القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة) (2)	أحداث هطول الأمطار الغزيرة (4)	توافر المياه (5)	الفيضانات (الساحلية والفيضانات)	درجة حرارة مياه البحر (8)	ارتفاع نسبي في مستوى سطح البحر	العواصف (10)	تسرب المحلول الملحي (11)	ملوحة المحيطات (12)	درجة الحموضة في المحيط (13)	تآكل السواحل (14)	تآكل التربة (15)	أقصى سرعة الرياح (19)	متوسط سرعة الرياح (18)	الجفاف (22)	جودة الهواء (25)	موجات الصقيع (29)
العقبة - عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP	الأعمال البحرية	5	4		1	4		4	1		12	12	4		3	3		1	
	محطة تحلية المياه	5	8		1	20		4	3		12	12	4	4			3	12	2
	خط أنابيب	5	4		4	12		1	1					1					1
	محطات الضخ والخزانات	5	4		1	12			1	1				1				12	2

5-3 المهمة 3-التكيف



إذا خلص تقييم المخاطر إلى أن هناك مخاطر كبيرة على المشروع جراء تغير المناخ، فيجب إدارة هذه المخاطر وخفضها إلى مستوى مقبول. إذ ينبغي اقتراح وتقييم إجراءات التكييف بما يوائم كل خطر هام يتم تحديده.

حدد التحليل السابق أن المخاطر المناخية المحتملة ذات المستوى العالي، هي المخاطر التي يمكن أن تؤثر على الأعمال البحرية والتي تكمن في ملوحة المحيطات ودرجة الحموضة.

فيما يتعلق بمحطة تحلية المياه، فإن الخطر المناخي المحتمل، ومتوسط المخاطر على المحطة يكمن بارتفاع درجات الحرارة للحدود القصوى (بما في ذلك موجات الحرارة). أما بالنسبة للمخاطر المناخية المحتملة ذات المستوى العالي، فقد تم تحديد بملوحة المحيطات ودرجة الحموضة، ونوعية الهواء. وتم تحديد الفيضانات على أنها أشد المخاطر المناخية التي قد تؤثر على محطة تحلية المياه.

من ناحية أخرى، كشف تقييم المخاطر، بأن الفيضانات هي الخطر المناخي المحتمل، والوحيد المقدر بمستوى عال من المخاطر التي يمكن أن يؤثر على مكون خط الأنابيب في المشروع.

[7] يشير الرقم بين قوسين إلى خطر المناخ الذي قد يؤثر على المشروع على النحو الوارد في الجدول 4.

أما بالنسبة لمحطات الضخ والخزانات، فقد تم تحديد الفيضانات ونوعية الهواء كخطر مناخي محتمل، وذو مستوى عال من المخاطر التي تحتاج إلى إجراءات التكيف.

وبوجه عام، كثيرا ما تنطوي خيارات التكيف على مزج الخيارات الإنشائية وغير الإنشائية. ويشمل الخيار الأول إدخال التعديلات المطلوبة على تصميم أو مواصفات الأصول المادية والهياكل الأساسية، أو اعتماد حلول بديلة أو محسنة. ويشمل الخيار الأخير تحسين برامج الرقابة أو الاستجابة لحالات الطوارئ، وتدريب الموظفين وزيادة أنشطة نقل المهارات، ووضع أطر استراتيجية أو مؤسسية لتقييم مخاطر المناخ، ووضع حلول مالية مثل التأمين ضد فشل سلسلة التوريد أو الخدمات البديلة.

تم تحديد درجات الحرارة المرتفعة كخطر على عمليات محطة تحلية المياه بسبب التأثير المحتمل على موظفي المحطة، ويوصى بأن يفكر مديرو المحطة في وضع سياسة لإدارة هذا الخطر. وينبغي أن تنظر السياسة في إجراءات إدارة المخاطر التي يتعرض لها العمال، مثل:

- التوقف عن العمل أو العمل في نوبات الحر أثناء درجات الحرارة المرتفعة جدا
- التأكد من أن الموظفين لديهم معدات الحماية الشخصية المناسبة مثل القبعات والقمصان ذات الأكمام الطويلة والنظارات الشمسية والواقيات من الشمس.
- توفير مناطق مكيفة الهواء للعمال الذين يسعون للحصول على التبريد من الحرارة إذا لزم الأمر؛ و
- ضمان حصول الموظفين على المياه الصالحة للشرب.

هناك حاجة إلى استراتيجيات تكيف فعالة ضد مخاطر الفيضانات لمحطة تحلية المياه وخطوط الأنابيب ومحطات الضخ والخزانات، والتي تجمع بين البنية التحتية للحماية من الفيضانات والحلول القائمة على الطبيعة وخطط تمويل المخاطر لإدارة الفيضانات وتخفيف آثارها الاقتصادية (Jongman، 2018). يتطلب التكيف الفعال لمخاطر الفيضانات المتزايدة اتباع منهج متنوع من التدخلات، والتي قد تشمل إجراءات الحماية الإنشائية من الفيضانات، وأنظمة الإنذار المبكر، وتخطيط الأراضي مع مراعاة المخاطر، والحلول القائمة على الطبيعة، والحماية الاجتماعية، وأدوات تمويل المخاطر (Aerts et al.، 2014).

عادة ما تكون إجراءات الحماية المادية من الفيضانات، مثل وحدات الأغلاق والسدود، فعالة من حيث التكلفة في المناطق ذات التركيزات السكانية والأصول العالية (Ward et al.، 2014). ومع ذلك، تتطلب أعمال الحماية هذه استثمارات رأسمالية هائلة للبناء والصيانة، والتي غالبا ما يكون الزخم السياسي والميزانيات الحكومية معدومة بالنسبة لها. وبالإضافة إلى ذلك، أظهرت البحوث في مجال الهيدرولوجيا الاجتماعية أن زيادة الحماية من الفيضانات يمكن أن يعطي إحساسا زائفا بالأمن وقد يعزز التنمية في هذه المناطق المعرضة للفيضانات. ومع ذلك، في حين أن النظام الناتج قد يكون له مخاطر أقل بشكل عام، فإن الآثار المحتملة لحدث طوفان السد يمكن أن تكون آثاره كارثية (Ciullo et al.، 2017).

في الآونة الأخيرة، تتحول الحكومات بشكل متزايد إلى الطبيعة لإدارة الفيضانات (Temmerman et al.، 2013). وتشمل هذه الحلول القائمة على الطبيعة توسيع السهول الفيضية الطبيعية، وحماية الأراضي الرطبة وتوسيعها، والاستثمار في المساحات الخضراء الحضرية للحد من الجريان السطحي. بالإضافة إلى الحد بشكل فعال من مخاطر الفيضانات، يمكن أن يكون للحلول القائمة على الطبيعة مجموعة واسعة من الآثار الإيجابية على الحفاظ على النظام الإيكولوجي وتخزين الكربون وتعزيز السياحة والعمالة المحلية. وكثيرا ما يتطلب تنفيذ المنهج الطبيعي أيضا مشاركة مختلف للجهات المعنية، مما يساعد على إذكاء الوعي وبناء الآراء الأكثر توافقية.

يتميز الساحل الأردني لخليج العقبة بهياكل الشعاب المرجانية الصخرية التي تتخللها الوديان الممتدة من الجبال المحيطة. هذه الوديان جافة معظم العام، ولكنها قد تشهد أحد أحداث الفيضانات المفاجئة سنويًا. أنشأت سلطة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة نظاما من السدود لحصاد مياه الأمطار والحد من تأثير الفيضانات على التطورات الساحلية والموائل.

وكما ذكر من قبل، فإن خط أنابيب مشروع العقبة – عمان لتحلية ونقل المياه المقترح سيعبر تقاطع وادي اليُتم الرئيسي وسيمر على طول ضفة الوادي لمسافة 5 كيلومترات تقريبًا. وعلى الرغم من الانخفاض في معدلات التدفق القصوى التي قد تحققها سدود تخفيف الفيضانات، إلا أن خطر الفيضانات لغرض هذه الدراسة لا يزال يعتبر مرتفعًا، وبالتالي يتطلب تصميما دقيقا وبناء قويا، بما في ذلك الدراسات الاستقصائية وإجراءات الحماية من التعرية الجوية، بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر: الإنشاء دون عمق التعرية، والحماية من أثار التعرية، وما إلى ذلك.

تم تصميم رؤوس شفط المأخذ لتقليل آثار الشد والاصطدام - من أجل تقليل تقييد الكائنات الحية واصطدامها من مأخذ مياه البحر، حيث يضمن تصميم رؤوس شفط المأخذ سرعة شفط بطيئة تبلغ 0.15 م / ثانية، مقارنة بالتيارات البحرية المحيطة العادية. وهذه السرعة بطيئة بما يكفي للسماح لجميع الكائنات الحية المتنقلة تقريبا (مثل الأسماك والقشريات الكبيرة) بالسباحة بعيدًا عن المأخذ وتجنب الاصطدام، فضلا عن التقليل إلى أدنى حد من احتمال تقييد الكائنات الحية الصغيرة المنجرفة (العوالق وبيض الأسماك واليرقات). ولذلك، لا يتوقع حدوث خسائر إيكولوجية كبيرة ناجمة عن سحب أو محاصرة هذه الأنواع.

يمكن أن تلعب الملوحة ودرجة الحموضة، دوراً رئيسيًا بسبب تصريف المحلول الملحي للأعمال البحرية ومحطة تحلية المياه، كما تعتبر مهمة لتحديد وفرة وتوزيع أنواع النباتات والحيوانات. بالنسبة لمشروع العقبة – عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP، تم تنفيذ نمذجة تشتت المحلول الملحي، مما يدل على أن نظام ناشر التصريف المصمم جيدا يمكن أن يحقق تشتت للمحلول الملحي يتراوح ما بين 1.3 و2٪ فوق المحيط على بعد 100 متر من الناشرات. ومن المتوقع أن يوفر تشتت أقل من 2 في المائة حماية للنباتات والحيوانات المحلية خارج منطقة الاختلاط. يوصي فريق تقييم الأثر البيئي والاجتماعي (ESIA) بإجراء اختبار سمية النفايات السائلة الكاملة على المدى الطويل من قبل مطور المشروع أثناء بناء المصنع والتشغيل المبكر للمصنع كأداة رصد لتأكيد الآثار السامة الفعلية للمحلول الملحي على الأنواع المحلية المختارة والمفحوصة في منطقة التصريف (أي التخفيف الوقائي لعدم وجود تأثير ملحوظ على النباتات والحيوانات خارج منطقة الخلط التي يبلغ طولها 100 متر).

ينتج عن محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي (SWRO) تصريف المحلول الملحي أنظف وأقل اضطرابًا بيئيًا مقارنةً بالمحلول الملحي الناتج عن محطات التحلية الحرارية، حيث لا توجد زيادة كبيرة في درجة حرارة المحلول الملحي (فقط 0.5 إلى 1 درجة مئوية)، ولا يوجد تصريف للمعادن الثقيلة مثل النحاس من أنابيب المبادلات الحرارية، كما لا توجد مضادات رغوة ومضادات تكلس (لا يوجد كبريتات الكالسيوم المحتملة). كما أصبح المحلول الملحي من أكبر محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO، وأكثر نظافة على مدى السنوات العشرين الماضية بسبب الخبرة المتزايدة في تشغيل مرافق محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO باستخدام أغشية الترشيح العضوية المصنوعة من البولي أميد. إذ يبلغ متوسط جرعات تخثر الحديد المستخدمة أقل من 1mg /0.5mg - l/ l ، ونادرًا ما تستخدم الآن جرعات الحمض ومساعدات البوليمر للتخثر، والجرعات المضادة للتكلس في أغشية التناضح العكسي RO؛ نظرا لاستخدام البرمجيات التي تتوقع الكميات المطلوبة من المواد المضادة للتكلس، وبالتالي يتم تحديد الجرعة وفقاً لها.

يرى فريق تقييم الأثر البيئي والاجتماعي (ESIA) أن النظرة التحوطية مناسبة بالنسبة لنوع النفايات التي تولدها محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO والتي يمكن السماح بتصريفها في البحر. كما يجب أن تكون منشأة تحلية المياه قابلة للتشغيل وأن تحافظ على توافر المحطة. ويتجلى المبدأ التحوطي في توصيات المشروع الرئيسية بتضمينه للبنود الواردة أدناه:

أ) يجب أن ينتشر المحلول الملحي المرفوض عالي الملوحة بسرعة كبيرة في مياه البحر المحيطة في منطقة خلط صغيرة. يجب أن تكون الملوحة على مسافة 100 متر من الناشرين أقل من أو تساوي 2٪ (حوالي 0.8 جزء في المليون) فوق سطح المحيط. ويتحقق ذلك من خلال تصميم ناشرات التصريف برقم فرود Froude ≥ 20. ومع ذلك، لا يمكن تحديد الآثار طويلة الأجل لتصريف المياه المالحة المستمرة وأثرها على التقسيم الطبقي للمياه دون نمذجة مخصصة طويلة الأجل.

ب) عند وضع معيار مراقبة المواد السائلة القابلة للتصريف ينبغي أن يكون قطر منفذ موزع الهواء (do) ما مقداره 3.5mg/l لتحقيق التخفيف المطلوب من الناشرات، وعندها سيعود المحلول الملحي عبر قطر المنفذ بسرعة كبيرة إلى المستويات المحيطة على مسافة قصيرة من الناشرات (أقل من 100 متر).

ج) يجب أن يكون المحلول الملحي نظيفا كيميائيا. وينبغي عدم تصريف المواد الكيميائية أو الأيونات، التي لا توجد بالفعل في مياه البحر المحيطة المستخرجة، إلى خليج العقبة ما لم يكن هناك بديل عملي لمرفق محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO قابل للتشغيل.

د) سيتم تصريف المحلول الملحي على عمق مياه يبلغ حوالي 50 مترا (وعلى الأقل بعمق 35 مترا بناء على النمذجة) عند منحدر وحوالي 40 مترا أعمق من المأخذ. لذلك، من غير المرجح التعرض للتسرب الملحي من خلال إعادة تدوير المحلول الملحي في أبراج المأخذ. تم التحقق من ذلك عن طريق النمذجة الميدانية التي أجراها فريق تقييم الأثر البيئي والاجتماعي ESIA.

هـ) لا ينبغي تفريغ أي غشاء تناضح عكسي RO يتلف جراء تنظيف المواد الكيميائية العضوية أو المبيدات الحيوية أو مصادر الفوسفور / النيتروجين المغذية مع المحلول الملحي. وفي حالة استخدام هذه المواد الكيميائية في المشروع، ينبغي معالجتها إما في الموقع أو خارج الموقع. يمكن السماح بتصريف الأحماض والقواعد البسيطة المستخدمة في تنظيف الأغشية مع المحلول الملحي بعد التحييد.

و) يجب معالجة المواد الصلبة التي تتم إزالتها بواسطة المعالجة المسبقة لمياه البحر والمعالجة اللاحقة وتنظيف الأغشية بواسطة التنظيف من الداخل (CIPs) في محطة لإزالة المواد الصلبة، ولا بد من وجود مرفق لمعالجة الحمأة ونزح المياه من المواد الصلبة للتخلص منها خارج الموقع ككعكة حمأة. يمكن بعد ذلك خلط المواد التي تستوفي شروط التعكر المحددة مع المحلول الملحي للتخلص منه وتصريفه.

ز) أوصى فريق تقييم الأثر البيئي والاجتماعي (ESIA) بالحد النهائي المناسب لتصريف الأنابيب للحديد والكلور المتبقي (بقيمة صفرية) وأن يتم تحديد نسب التعكر والأكسجين المذاب والرقم الهيدروجيني في مرحلة تصميم العملية.

وأثناء بناء المأخذ ومنفذ التصريف، من المتوخى تعزيز الحماية البيئة البحرية، واتخاذ الإجراءات الرئيسية التالية:

- تقليل حفر قاع البحر إلى الحد المطلوب لضمان استقرار أنبوب المأخذ وأنبوب التصريف (أي الحد الأدنى من الخندق على قاع الحصى).
- دفن أنابيب المأخذ والتصريف بالكامل فقط في منطقة ركوب الأمواج.
- استخدام ستائر الطمي لتقليل تأثير التعكر الناتج عن التجريف.
- نقل الشعاب المرجانية التي تقع في مسار خطوط أنابيب السحب والتصريف حيث يكون ذلك آمنا للغواصين للقيام بذلك.

وفيما يتعلق بجودة الهواء، تتمثل إحدى الطرق للحد من البصمة الكربونية لتحلية مياه البحر في استخدام المصادر المتجددة، مثل الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح، لتوليد الكهرباء اللازمة لتشغيل المحطة. ومن شأن اشتراط قيام محطات جديدة لتحلية مياه البحر باستخدام مصادر الطاقة المتجددة فقط؛ أن يقلل من انبعاثات غازات الدفيئة غير المباشرة المتصلة بالطلب الكبير على الطاقة في محطات تحلية المياه. وإذا أدى هذا الشرط إلى زيادة الطلب على الطاقة المتجددة، فإنه يمكن أن يكون أيضا حافزًا للاستثمار في المزيد من إنتاج الطاقة المتجددة.

فيما يلي تقنيات التكيف الأخرى التي يمكن اعتمادها بعد بدء العمليات:

<u>الأرضية:</u>

- استهلاك الطاقة بالحد الأدنى (محطة توليد الكهرباء التي تعمل بالغاز الطبيعي أو الطاقة المتجددة).
- عزل الصوت واستخدام الحد الأدنى من الإضاءة الخارجية.
- استهلاك الحد الأدنى من المواد الكيميائية العملية – واتباع إجراءات السلامة للنقل والتخزين والمناولة، وحاويات النفايات الصلبة والتخلص من مدافن النفايات المصرح بها.
- وضع خطوط الأنابيب تحت الأرض.

<u>البحرية:</u>

- استخدام أبراج السحب المغمورة بالمياه لاستخراج مياه البحر، وهو إلى حد بعيد الحل الأكثر شيوعا ومثبتا لمحطات تحلية المياه بالتناضح العكسي SWROs. وبالنسبة لمشروع العقبة – عمان لتحلية ونقل المياه (AAWDC)، من المتوخى استخدام ثلاثة أبراج للسحب. يوصى بأن تكون سرعة البرج بوجود المصفاة < = s/0.15m (سرعة شفط بطيئة لمنع الاصطدام) مع تشغيل جميع أبراج السحب الثلاثة بسعة قصوى.
- ستكون نافذة برج المأخذ > = 3 أمتار فوق قاع البحر لتقليل تقييد الرمال / الطمي من قاع البحر. وستكون نافذة المأخذ > = 5 أمتار تحت مستوى مياه البحر للحد من التقييد المحتمل للتلوث العائم، وخاصة الهيدروكربونات. وسيكون من الإجراءات التخفيفية الإضافية المتعلقة بالحماية من انسكابات الهيدروكربونات؛ تركيب نظام للكشف عن النفط والإنذار به في محطة سحب وضخ المياه IPS؛ حيث يتم إغلاق المحطة لاحقا عند الوصول إلى مستوى التنبيه المحدد، وتثبيت حاجز عائم حول أبراج المأخذ.

- من أجل التحكم في الحشف الكبير لأنابيب السحب البحرية، ثبت أن استخدام الكاشطات الميكانيكية المصنعة من حلقات البولي يوريثين تعمل بفعالية كبيرة لمشاريع تحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO في الخضيرة وعسقلان في إسرائيل. لا تتطلب هذه الطريقة استخدام الكلورة، وبالتالي لا تولد أي كمية من ثلاثي هالوميثان (THMs) ليتم تصريفه إلى خليج العقبة.
- استخدام مصفاة متنقلة ذاتية التنظيف لجمع الركام في نظام المأخذ ومنفذ التصريف، والتخلص من مخلفاتها في مواقع التخلص من النفايات المصرح بها.
- تركيب نظام التصريف بناشرات نفاثة عالية السرعة لزيادة التخفيف الأولي وتقليل تركيز المحلول الملحي إلى المستويات المحيطة.
- الحد من تصريف المياه المالحة من خلال النظر في 2 سيناريوهات استرداد الطاقة (42٪ و45٪).
- الحد من استخدام المواد الكيميائية في هذه العملية.
- المعالجة الأرضية للنفايات السائلة ذات الغسيل العكسي (المعالجة المسبقة واللاحقة والتنظيف من الداخل CIPs) لإزالة المواد الصلبة قبل الخلط مع المحلول الملحي للتخلص من السقوط.
- استخدام مواد كيميائية صديقة للبيئة (مثل مضادات الترسيب الخالية من النيتروجين والفوسفور، إذا كان من المقرر استخدام مضادات الترسفور بناء على اختبار تجريبي).

يُعد الرصد البيئي أمر ضروري، وبالتالي، لوضع شروط خط الأساس قبل وبعد بدء الإنشاء، ينبغي على المطور أن يقوم بإجراء الرصد التشغيلي في مشروع العقبة – عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP، وأن يشمل ما يلي:

- إجراء مسح لقياس الأعماق الخاص بالمشروع.
- إجراء التنميط الرأسي لعمود الماء من خلال الموصلية (الملوحة) - درجة الحرارة - العمق (CTD) في موقع الناشر المقترح وعلى بعد 100 متر من الناشرات وفي موقع التحكم المحيط.
- إجراء مسح للأنواع البحرية من خلال تسجيل الفيديو تحت الماء وتحديد الأنواع / رسم الخرائط التي تتكرر شهريا أثناء تصميم المشروع، وتكرار الأجراء بعد الانتهاء من الإنشاء لتحديد ظروف خط الأساس "الجديدة" في المسار الميداني القريب لعمود المحلول الملحي.
- إجراء مسح لعينات جودة المياه مع التركيز على الملوحة ودرجة الحرارة والمواد المغذية (كالأمونيا NH_3 والفوسفات بالقرب من المصادر التي يشتبه في تلوثها).
- إجراء مراقبة مستمرة للتعكر ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة والأكسجين المذاب (DO) والتوصيلية / الملوحة خلال مراحل التصميم والإنشاء، من خلال تكوين عوامة مراقبة (في موقع السحب المقترح).

وعلاوة على ذلك، ينبغي أن تشمل إجراءات التكيف على المستوى الوزاري التدريب وزيادة الوعي وبناء القدرات فيما يتعلق بتغير المناخ:

- تشجيع الوعي العام وتغيير السلوك من خلال العمل مع الشبكات القائمة.
- بناء الإرادة السياسية للتصدي لتغير المناخ في إدارة المياه.
- رفع مستوى الوعي العام حول توفير المياه، والقضايا المتعلقة بالمياه، وإدارة المياه. تدريب الخبراء في قطاع المياه لكتابة مقترحات ناجحة للوصول إلى مؤسسات المناخ الدولية.

في غضون السنوات العشرين المقبلة، تشير التقديرات إلى أن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ستصبح معتمدة بشكل كبير على تكنولوجيا تحلية المياه لتوفير إمدادات المياه المستدامة بحيث ستكون هناك حاجة إلى ما لا يقل عن 50,000 خبير تقني إضافي من مختلف المستويات المهنية لخدمة صناعة تحلية المياه Ghaffour, N (2009).

يحتاج إنشاء محطات تحلية المياه وصياغتها وتنفيذها إلى هياكل تنظيمية لإدارة الأنشطة المطلوبة على المستوى الحكومي وكذلك داخل المرافق والصناعة والبحث والتطوير والمؤسسات التعليمية المعنية. ويلزم توزيع المهام والوظائف والمسؤوليات فيما بين المنظمات المعنية. وستكون مهمة هذه المنظمات هي ضمان تصميم محطات تحلية المياه وتصنيعها، وبنائها، وتشغيلها، وتدويرها.

يجب أن يكون لدى أي بلد يفكر في برنامج لتحلية المياه سياسة وطنية للطاقة والمياه تحدد أهداف الخطط الوطنية للطاقة والمياه (2001) Al-Mutaz وينبغي أن تشمل الجوانب الرئيسية التي يتعين أن تعالجها السياسة الوطنية للطاقة والمياه ما يلي:

- تحسين استقلال الطاقة.
- تنمية موارد الطاقة، والمياه المحلية، وبنيتها التحتية، وتوزيعها.
- العمل على الإدارة المثلى لإمدادات الطاقة والمياه.
- السعي لتوفير إمدادات مستقرة وآمنة من الطاقة والمياه.
- تلبية توقعات الطلب على الطاقة والمياه.
- تسعير الطاقة والمياه.

يجب أن يشمل تحليل بنية المياه الجوانب التالية:

- استهلاك المياه من قبل القطاعات المختلفة.
- إنتاج المياه وتوافرها وإمكانات المصدر.
- هيكل تكلفة المياه العذبة المنتجة أو المعالجة والموردة.

الهدف من هذا التحليل هو تحديد الاتجاهات في تكوين استهلاك المياه ومصادر المياه وتكاليفها. ومن أجل وضع سياسة وطنية للمياه، يلزم إجراء دراسة استقصائية لتوفير معرفة معقولة عن الموارد المائية المتاحة والمحتملة للبلد. وينبغي أن تنظر الدراسة الاستقصائية في تلبية الاحتياجات الوطنية من المياه من الموارد الطبيعية واستصلاح المياه.

في عام 2016، وضع الأردن استراتيجيته الوطنية للمياه 2016-2025 في وثيقة وطنية متعددة القطاعات، حيث ركزت على بناء قطاع مرن يستند إلى نهج موحد لتنمية شاملة لقطاع المياه الاجتماعي والاقتصادي والبيئي (MWI، 2016). هذا وكان الهدف الأساسي لهذه الاستراتيجية الوطنية للمياه هو الإدارة المستدامة للمياه والصرف الصحي لجميع الأردنيين. ولتحقيق هذا الهدف، يغطي هذا البرنامج بشكل أساسي أهداف المنهج الوطني لقطاع المياه من خلال المجالات الرئيسية الخمسة التالية:

1- الإدارة المتكاملة للموارد المائية؛
2- إدارة خدمات المياه والصرف الصحي والصرف الصحي؛
3- توفير المياه لأغراض الري والطاقة والاستخدامات الأخرى؛
4- الإصلاح المؤسسي؛ و
5- إدارة ورصد المعلومات القطاعية.

عرضت الاستراتيجية بفصلها الأخير، ضرورة معالجة القضايا الشاملة للتكيف مع تغير المناخ على وجه السرعة؛ ومعالجة موارد المياه العابرة للحدود / المشتركة؛ وتنسيق قطاع المياه والصرف الصحي؛ وإقامة الشراكة بين القطاعين العام والخاص؛ ودراسة الأبعاد الاقتصادية للمياه. وتشدد الاستراتيجية الوطنية للمياه أيضا على زيادة استخدام مصادر المياه غير التقليدية مثل مياه الصرف الصحي المعالجة ومياه البحر المحلاة لسد النقص في الإمدادات. تعد المشاريع مثل توسيع معالجة مياه الصرف الصحي في السمرة ومشروع الناقل الوطني لمياه البحر الأحمر - البحر الميت مكونات مهمة في هذه الاستراتيجية (Van den Berg et al.، 2019).

وهناك حاجة ماسة إلى بناء القدرات على مختلف المستويات: المشغلون، والمعلمون، والأكاديميون، والإدارة. ويتطلب تحقيق هذا الهدف بذل جهود تدريبية محددة في مجال تقنيات تحلية المياه لتشمل المبادئ والممارسات والتشغيل والصيانة والتصميم وإدارة الموارد البشرية فضلا عن البحث والتطوير. إن برنامج بناء القدرات هذا ضروري ليس فقط لتجهيز وتحسين محطة تحلية المياه الجديدة، ولكن أيضا لتطوير تقنيات مستدامة جديدة.

يجب أن يتم التدريب من قبل مدربين محترفين مؤهلين تأهيلا عاليا ويجب أن يشمل الأنشطة التالية:

- تعليمات صفية في الجوانب النظرية للتقنيات والتدريب العملي على معالجة المياه.
- ضبط المؤشرات مثل: نوعية المياه المنتجة وكميتها وملوحة مياه التغذية من أجل محاكاة أي سيناريو قد يحدث أثناء تشغيل محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO.

- المعالجة الفعلية في ظل ظروف التشغيل الحقيقية باستخدام معدات المعالجة المثبتة في مشروع العقبة – عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP.
- القدرة على التعامل مع مشاكل مثل الهجوم الكيميائي، والتحجيم والنفايات بتقنيات استكشاف الأخطاء وإصلاحها.
- التعلم المكثف من خلال التدرب على أجهزة إضافية ونقاط أخذ العينات في كل مرحلة من مراحل عملية معالجة المياه.
- إجراء امتحان رسمي لاختبار كفاءة المتدربين.
- منح الشهادات عند الانتهاء بنجاح من الدورة.

قدم معهد التعليم في مجال المياه Delft IHE قبل افتتاح أول محطة لتحلية المياه في العقبة في عام 2017، دورة مكثفة لمدة 4 أيام حول تصميم وتشغيل وصيانة أنظمة محطة تحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO لما يقارب 25 مهندسا وعالما من مختلف المنظمات (سلطة المياه الأردنية (WAJ)، سلطة الأغوار الأردنية، وشركة البوتاس العربية المحدودة. (كيمابكو)، ومياه العقبة، والجامعة الأردنية، والاكواتريت) في محطة العلوم البحرية التابعة للجامعة الأردنية في العقبة (IHE-UN، 2017).

كانت هذه الدورة الأولية والتدريب الإضافي المقرر جزءا من مشروع ندرة المياه في الشرق الأوسط (SCARCE) الممول في إطار "الشراكة العالمية للمياه والتنمية" الهولندية. كما وفر المشروع (تحلية المياه وإعادة استخدام المياه في الشرق الأوسط)، المعدات والتعليمات المتخصصة لموظفي محطة العلوم البحرية وسلطة المياه الأردنية WAJ حتى يتمكنوا من إجراء اختبارات جودة المياه اللازمة لمراقبة وتشغيل أنظمة تحلية المياه القائمة على الأغشية التناضحية. وعلاوة على ذلك، إنشاء قاعدة بيانات لجودة مياه البحر للمساعدة في ضمان التشغيل السلس لمحطة تحلية المياه بالتناضح العكسي SWRO وتوفير معلومات عن مجالات مختلفة تشمل مؤشر كثافة الطمي، ومؤشر النفايات المعدل، ومستوى ثلاثي فوسفات الأدينوسين، والكربون العضوي القابل للاستيعاب، وقياسات جزيئات البوليمر الخارجي الشفافة في مياه البحر (IHE-UN، 2017). يمكن استخدام نتائج التجربة التعليمية من هذا التدريب في مشروع العقبة – عمان لتحلية ونقل المياه AAWDCP بالإضافة إلى المزيد من الدورات التدريبية المصممة خصيصا لهذا المشروع.

بشكل عام، ومن خلال افتراض اتباع معايير تصميم متينة، من المتوقع أن توفر الميزات الهيكلية والكهربائية والميكانيكية لمشروع مشروع العقبة – عمان لتحلية ونقل المياه AAWDC درجة عالية من المرونة لإدارة مخاطر المناخ ومن المتوقع أن يتم تقليل ترتيب المخاطر النسبي. ستظل الزيادات في كل من حجم وتواتر الظواهر المناخية الشديدة، كما هو موضح في الأقسام السابقة، تشكل خطرًا على الهياكل والأسطح والمعدات. بيدَ أنه من المتوقع في المقام الأول أن يؤدي ذلك إلى زيادة الحاجة إلى الاستجابة للأخطار فضلاً عن إصلاح وصيانة الأصول والنظم. وسيؤثر تغير المناخ أيضا على البيئة التشغيلية لمحطة تحلية مياه التناضح العكسي ومحطات الضخ؛ وستحتاج هذه المرافق إلى توفير أنظمة تبريد (تكييف هواء) كافية لتوفير بيئة عمل مناسبة.

وبالنظر إلى أن مشروع العقبة – عمان لتحلية ونقل المياه AAWDC المراد شراؤه من قبل مطور الإنشاء والتشغيل والنقل BOT، يلاحظ أن إجراءات التكيف هذه عادة ما تكون جزءا من عملية تقييم التصميم الهندسي التفصيلي وتكلفة الإنشاء أو روتين التشغيل والصيانة المعتاد للبنية التحتية لتحلية المياه ونقلها. لذلك، سيتم تفصيل هذه الإجراءات وتقدير تكاليفها في مرحلة لاحقة من التصميم التفصيلي كعناصر مكونة للاستثمار في النفقات الرأسمالية وما يترتب على ذلك من عمليات للنفقات التشغيلية OMEX لمكونات المشروع الأولية.

وبشكل قاطع، يمكن تحسين قدرة مكونات المشروع الرئيسية على التكيف مع تغير المناخ من خلال:

- **التخفيف من الأثر البيئي** - تحديد الإجراءات اللازمة للحد من تأثير المشروع على البيئة الأوسع نطاقًا التي من المتوقع أن تتفاقم بسبب تغير المناخ (أي استخدام معدات موفرة للطاقة).

- **مراعاة إسقاطات التغييرات المناخية في المستقبل** - بالنظر إلى مستوى عدم اليقين في إسقاطات تغير المناخ في المستقبل، من المهم أيضا إدراج إسقاطات تغير المناخ في التصاميم. وعلاوة على ذلك، يفترض أن الجدوى المالية والاقتصادية للمشروع قد أدرجت إجراءات للتكيف مع تغير المناخ، وينبغي استكشاف تكاليف وفوائد أي إجراءات تكيف إضافية في مرحلة التصميم التفصيلي لمكونات المشروع الأولية.

- **الإنشاء المرن** - من المرجح أن تكون مواقع الإنشاء عرضة لتقلب المناخ الحالي والمستقبلي والظواهر الشديدة، كما هو مذكور في هذا التقرير. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي تقلب المناخ والتطرف إلى تفاقم آثار الإنشاء على البيئة

الأوسع. إن اتباع مدونات ممارسات البناء المناسبة والالتزام بخطة الإدارة البيئية للأنشاء (CEMP) سيساعد على تقليل مخاطر الآثار الكبيرة. كما سيعمل على تعزيز وتنفيذ خطة الاستجابة للطوارئ (ERP) ومن ثم تقليل المخاطر التي تتعرض لها الأصول والأشخاص.

- **مراجعة معايير التصميم واختيار المواد** - تم إجراء التقييم المقدم في هذا التقرير على افتراض أن معايير التصميم الحالية متينة لمواجهة مخاطر المناخ، وخاصة الظروف المناخية القصوى. وينبغي أن يراعي اختيار المواد والتصميم المناسبين المخاطر التي يمثلها تغير المناخ والكيفية التي يمكن للمناخ التأثير فيها على مدى العمر التصميمي لمكونات المشروع الأولية، بالإضافة إلى التكلفة والجدوى والمساهمة في نتائج إجراءات التكيف. ولا ينبغي أن يقتصر ذلك على معايير التصميم لأن هذه المعايير، عن غير قصد، قد تجعل مكونات المشروع الأساسية عرضة للخطر على المدى الطويل.

- **إدارة / صيانة الأصول** المرنة - يجب مراجعة ممارسات تشغيل وصيانة الأصول المرتبطة بمكونات المشروع الأساسية من قبل مطور المشروع لمراعاة مخاطر المناخ والتغيرات في هذه المخاطر بمرور الوقت. ستوفر صيانة الهياكل والأسطح درجة من المرونة في مواجهة مخاطر المناخ. وتتيح هذه الأنشطة أيضا الفرصة لتقييم قابلية التأثر والآثار وإجراء تحسينات كجزء من نظم الصيانة أو التعديل أو الاستبدال. ويمكن القيام بتعديل الإجراءات الرامية إلى الحد من الضعف أثناء أنشطة إدارة الأصول/الصيانة.

- **إجراءات الاستدامة الأوسع نطاقا** – إن تنفيذ مبادرات لدعم الاستدامة الأوسع نطاقا التي تعمل أيضا على تحسين مرونة المشروع في المناخ. على سبيل المثال، استخدام مصادر الطاقة المتجددة؛ من شأنه أن يقلل من الاعتماد المتبادل للمشروع على البنية التحتية الأوسع للطاقة، مما سيوفر درجة عالية من المرونة في مواجهة الآثار المناخية الإقليمية التي قد تؤثر على البنية التحتية للطاقة في المنطقة.

- **الرصد والتقييم** - نظرا لمستوى عدم اليقين في إسقاطات تغير المناخ في المستقبل، من المهم ضمان رصد إجراءات المرونة/التكيف وقيام مطور المشروع بإجراء التقييم. وفي المقام الأول، يمكن أن يدعم ذلك تحسين الإجراءات القائمة، ولكنه قد يساعد أيضا على ضمان إمكانية استخلاص الدروس من إجراءات الإدماج في المشاريع المقبلة.

4 المراجع

- Abdulla, F. (2020). 21st century climate change projections of precipitation and temperature .in Jordan. Procedia Manufacturing, 44, 197-204
- Abdulla, F., & Eshtawi, T. (2015). Climate change effect on sediment yield at King Talal Dam .(7)(Jordan). Civil Environ Res, 7
- Aerts, J. C., Botzen, W. W., Emanuel, K., Lin, N., De Moel, H., & Michel-Kerjan, E. O. (2014). .Evaluating flood resilience strategies for coastal megacities. Science, 344(6183), 473-475
- Al Adaileh, H., Al Qinna, M., Barta, K., Al-Karablieh, E., Rakonczai, J., & Alobeiaat, A. (2019). A drought adaptation management system for groundwater resources based on combined .drought Index and vulnerability analysis. Earth Systems and Environment, 3(3), 445-461
- Alawad, K. A., Al-Subhi, A. M., Alsaafani, M. A., Alraddadi, T. M., Ionita, M., & Lohmann, G. (2019). Large-scale mode impacts on the sea level over the Red Sea and Gulf of Aden. .Remote Sensing, 11(19), 2224
- Al-Mutaz, I. S. (2001). The continued challenge of capacity building in desalination. .Desalination, 141(2), 145-156
- Al Qatarneh, G. N., Al Smadi, B., Al-Zboon, K., & Shatanawi, K. M. (2018). Impact of climate change on water resources in Jordan: a case study of Azraq basin. Applied water science, .8(1), 50
- Al-Qudah, K. A., & Smadi, A. A. (2011). Trends in maximum daily rainfall in marginal desert environment: signs of climate change. American Journal of Environmental Sciences, 7(4), .331-337
- Al-Taani, A. A., Batayneh, A., Mogren, S., Nazzal, N., Ghrefat, H., Zaman, H., & Elawadi, E. (2013). Groundwater quality of coastal aquifer systems in the eastern coast of the Gulf of .Aqaba, Saudi Arabia. Journal of Applied Science and Agriculture,8(6), 768-778
- Black, E. (2009). The impact of climate change on daily precipitation statistics in Jordan and .Israel. Atmospheric Science Letters, 10(3), 192-200
- CDM Smith/USAID (2020). Jordan Water Infrastructure. USAID Contract No. AID-OAA-I-15-00047, Order: 72027818F00002. Task 1-Aqaba Amman Water Desalination and Conveyance .Project. Draft – Desalination Plant Conceptual Design Report
- Chenoweth, J., Hadjinicolaou, P., Bruggeman, A., Lelieveld, J., Levin, Z., Lange, M. A., ... & Hadjikakou, M. (2011). Impact of climate change on the water resources of the eastern Mediterranean and Middle East region: Modeled 21st century changes and implications. .(6)Water Resources Research, 47
- Church, J. A., & White, N. J. (2011). Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. .Surveys in geophysics, 32(4), 585-602
- Christidis, N., Stott, P.A., Brown, S., Hegerl, G.C., Cesars, J. (2005). Detection of changes in temperature extremes during the second half of the 20th century. Geophyscial Research .Letters 32: L20716. doi: 10.1029/2005GL023885
- Ciullo, A., Viglione, A., Castellarin, A., Crisci, M., & Di Baldassarre, G. (2017). Socio-hydrological modelling of flood-risk dynamics: comparing the resilience of green and .technological systems. Hydrological sciences journal, 62(6), 880-891

- Dahamsheh, A., & Aksoy, H. (2007). Structural characteristics of annual precipitation data in Jordan. Theoretical and Applied Climatology, 88(3-4), 201-212.
- Drews, C. (2015). Directional storm surge in enclosed seas: the Red Sea, the Adriatic, and Venice. Journal of Marine Science and Engineering, 3(2), 356-367.
- Ghaffour, N. (2009). The challenge of capacity-building strategies and perspectives for desalination for sustainable water use in MENA. Desalination and Water Treatment, 5(1-3), 48-53.
- Ghanem, A. A. (2011). Climatology of the areal precipitation in Amman/Jordan. International journal of climatology, 31(9), 1328-1333.
- GEF/UNDP (2014). Jordan's Third National Communication on Climate Change.
- Hamdi, M. R., Abu-Allaban, M., Elshaieb, A., Jaber, M., & Momani, N. M. (2009). Climate change in Jordan: a comprehensive examination approach. American Journal of Environmental Sciences, 5(1), 740-750.
- Hammouri, N. (2009). Assessment of climate change impacts of water resources in Jordan. International Exhibition on Green Energy & Sustainability for Arid Regions & Mediterranean Countries (ICEGES).
- Hammouri, N., & El-Naqa, A. (2007). Drought assessment using GIS and remote sensing in Amman-Zarqa basin, Jordan. Jordan J Civ Eng, 1(2), 142-152.
- Harvey, N., & Nicholls, R. (2008). Global sea-level rise and coastal vulnerability. Sustainability Science, 3(1), 5-7.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2013). In: Stocker TF D, Qin, G.K., Plattner, M., Tignor, S.K., Allen, J., Boschung, A., Nauels, Y., Xia, V., Bex and P.M. Midgley (Eds.), Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jongman, B. (2018). Effective adaptation to rising flood risk. Nature communications, 9(1), 1-3.
- Matouq, M., El-Hasan, T., Al-Bilbisi, H., Abdelhadi, M., Hindiyeh, M., Eslamian, S., & Duheisat, S. (2013). The climate change implication on Jordan: A case study using GIS and Artificial Neural Networks for weather forecasting. Journal of Taibah University for Science, 7(2), 44-55.
- Ministry of Foreign Affairs of the Netherlands (2018). Climate Change Profile: Jordan.
- MoE/UNEP DTU (2016). TNA-Project-Jordan, Report I, Technology Needs Assessment.
- Monismith, S. G., & Genin, A. (2004). Tides and sea level in the Gulf of Aqaba (Eilat). Journal of Geophysical Research: Oceans, 109(C4).
- MWI (2004). Environmental and Social Assessment: Disi-Mudawarra to Amman Water Conveyance System.
- MWI (2016). National Water Strategy 2016-2025.
- Nicholls, R. J., & Klein, R. J. (2005). Climate change and coastal management on Europe's coast. In Managing European Coasts (pp. 199-226). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Rajsekhar, D., & Gorelick, S. M. (2017). Increasing drought in Jordan: Climate change and cascading Syrian land-use impacts on reducing transboundary flow. Science advances, 3(8), .e1700581
- .RICCAR (2017). Arab Climate Change Assessment Report – Executive Summary
- Sada, A. A., Abu-Allaban, M., & Al-Malabeh, A. (2015). Temporal and spatial analysis of climate change at Northern Jordanian Badia. Jordan Journal of Earth and Environmental .(2)Sciences, 7
- Salameh, E., & Abdallat, G. (2020). The Impacts of Climate Change on the Availability of Surface Water Resources in Jordan. Journal of Geoscience and Environment Protection, .8(10), 52
- Seneviratne, S.I., Donat, M., Mueller, B., Alexander, L.V. (2014). No pause in the increase of hot temperature extremes. Nature Climate Change 4: 161-163. doi:10.1038/nclimate2145
- Shehadeh, N., & Ananbeh, S. (2013). The impact of climate change upon winter rainfall. .American Journal of Environmental Sciences, 9(1): 73-81
- Smadi, M. M. (2006). Observed abrupt changes in minimum and maximum temperatures in .Jordan in the 20th century. Am. J. Environ. Sci, 2(3), 114-120
- SWIM (2014). Regional Assessment of Past Droughts & flood episodes and their .management in selected SWIM-SM PCS (Tunisia, Jordan and Palestine)
- Temmerman, S., Meire, P., Bouma, T. J., Herman, P. M., Ysebaert, T., & De Vriend, H. J. (2013). Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. Nature, 504(7478), .79-83
- United Nations Development Program (UNDP) (2010). Disaster risk management profile for .Aqaba Special Economic Zone
- UN-IHE (2017). Seawater desalination in Jordan begins with training by IHE Delft. Available at: https://www.un-ihe.org/news/seawater-desalination-jordan-0
- United Nations World Food Programme (UNWFP) (2019). Flood hazard map for Jordan. /Available at: https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000106848/download
- UNISDR (2013). The United Nation Office for Disaster Risk Reduction, Country Disaster Statistics. Available at: https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp?countrycode=jor&continue=y
- USAID (2011). Improved Drainage and Flood Control for the Aqaba Special Economic Zone Authority (ASEZA), Volume 1: Final Flood Protection Master Plan for Wadi Yutum and .Adjacent Coastal Wadis, December 2011.Study implemented by CDM International, Inc
- .USAID (2017). Climate Change Risk Profile: Jordan
- Van den Berg, C., Triche, T., & Dirioz, A. O. (2019). Status of Water Sector Regulation in .Jordan. Status of Water Sector Regulation in the Middle East and North Africa, 55
- Ward, P. J., Jongman, B., Aerts, J. C., Bates, P. D., Botzen, W. J., Loaiza, A. D., ... & Winsemius, H. C. (2017). A global framework for future costs and benefits of river-flood protection in .urban areas. Nature climate change, 7(9), 642-646
- World Bank (2020). Climate Change Knowledge Portal. Available at: https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data