

**ريكار**

المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على  
الموارد المائية ومالية تأثر القطاعات الاجتماعية  
والاقتصادية في المنطقة العربية



ويُتَّسم نظام هطول الأمطار في عُمان بطابع موسمي واضح، ويتشكل بفعل المناخ الجاف السائد وتضافر تأثير مسارات العواصف الشتوية، والحمل الحراري الربيعي، والرياح الموسمية التي يتميز بها موسم «الخريف» الخاص بظفار في الجنوب. ففي فصل الشتاء (من كانون الأول/ديسمبر إلى شباط/فبراير)، تجلب الجبهات الهوائية القادمة من البحر الأبيض المتوسط أمطاراً خفيفة ومتقطعة إلى المناطق الشمالية والداخلية.

**المصدر:** بالاستناد إلى بيانات من الإصدار الخامس لإعادة التحليل (ERA5) الصادر عن المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF)، 2023.

## خلاصة عن التوقعات المناخية المستقبلية



درجات  
الحرارة

تشهد عُمان اتجاهًا مطردًا نحو الارتفاع في درجات الحرارة مقارنةً بخط الأساس البالغ 25.4 درجة مئوية، مع زيادة متوقعة في الأجل القريب بنحو 0.85 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) وسيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، واتساع الفارق بين السيناريوهين بوضوح في الأجل المتوسط، مع زيادة متوقعة بنحو 1.55 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و 2.00 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5).



الأيام  
الشديدة  
الحرارة

تشهد عُمان تواترًا مرتفعًا للأيام الشديدة الحرارة، التي تتجاوز درجات الحرارة فيها 40 درجة مئوية، ومن المتوقع أن يؤدي الاحترار في المستقبل إلى زيادة تواتر هذه الأيام واشتداد حرارتها بدرجة كبيرة. وتشير التوقعات إلى زيادة بنحو 13 يومًا في السنة في الأجل القريب في كلا السيناريوهين، ترتفع إلى 23-29 يومًا في السنة بحلول الأجل المتوسط. ومن المتوقع أن تسجل الصحارى الداخلية أكبر الزيادات، في حين تكون الزيادات أقل بكثير على طول ساحل ظفار ذات المناخ المعتدل.



هطول  
الأمطار

يتسم هطول الأمطار في عُمان بقلّة كمياته وطابعه الموسمي الواضح، إذ يبلغ متوسط الهطول في معظم أنحاء البلد 12.2 ملميمتر شهريًا، بينما تتلقى ظفار كميات أكبر بكثير من الأمطار خلال موسم «الخريف». ومن المتوقع أن يسجل متوسط هطول الأمطار زيادةً محدودة، لكنها ملحوظة، تتراوح بين 0.5 و 1.2 ملميمتر شهريًا في الأجل القريب، وبين 1.6 و 2.8 ملميمتر شهريًا بحلول الأجل المتوسط، بالتزامن مع تزايد تقلبات هطول الأمطار.



الجفاف

تبقى فترات الجفاف متماثلة عمومًا من حيث المدة، إلا أن التباين يزداد من سنة لأخرى، فتشهد بعض السنوات فترات أطول من الأيام الجافة المتتالية، بينما تشهد سنوات أخرى فترات أقصر. ويؤكد هذا التباين المتزايد الحاجة إلى وضع استراتيجيات لإدارة الموارد المائية قادرة على التعامل مع فترات الجفاف التي يصعب التنبؤ بها.



هطول  
الأمطار  
الغزيرة

تبقى قيم مؤشر أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد (Rx1day) عند مستويات محدودة عمومًا، بمتوسط يقارب 25 ملميمتر، إلا أنها تتجاوز غالبًا 100 ملميمتر في ظفار، بفعل التأثير القوي للرطوبة القادمة من بحر العرب. وتشير التوقعات إلى زيادات تدريجية في قيم هذا المؤشر، تتراوح بين 0.1 و 1.6 ملميمتر في الأجل القريب، وبين 2.9 و 3.6 ملميمتر في الأجل المتوسط.



التبخّر

تشير التوقعات إلى ارتفاع مطرد في معدل التبخر، بزيادة تتراوح بين 0.6 و 1 ملميمتر شهريًا في الأجل القريب، وبين 1.1 و 2.2 ملميمتر شهريًا بحلول الأجل المتوسط، مدفوعةً بارتفاع درجات الحرارة وازدياد نشاط الدورة الهيدرولوجية.



الجريان  
السطحي

تشير التوقعات إلى زيادات طفيفة في إجمالي الجريان السطحي على مستوى البلد، تتراوح بين 0.1 و 0.2 ملميمتر شهريًا في الأجل القريب، وتصل إلى 0.6 ملميمتر شهريًا بحلول الأجل المتوسط، إلا أن هذه التغيرات المحدودة تخفي زيادة في الجريان السطحي أكثر حدة بكثير على مستوى المناطق.



الرطوبة  
النسبية

من المتوقع أن تزداد الرطوبة النسبية زيادة طفيفة على مستوى البلد، مع زيادات أكثر وضوحًا في المناطق الأكثر تأثرًا بالتغيرات في الرطوبة. وتشير التوقعات للأجل المتوسط في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) إلى أن الزيادات ستتجاوز 1.5 في المائة في كل من الشريط الساحلي الشرقي لظفار (شرق صلالة) والمنحدرات الداخلية لجبال الحجر.

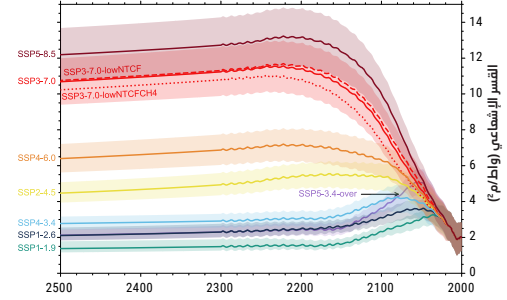


أيام الرياح  
القوية

لا تزال أيام الرياح القوية في عُمان قليلة عمومًا، إلا أن عددها يرتفع كثيرًا في عدة مناطق على طول الساحل الجنوبي لبحر العرب، ومن المتوقع أن تسجل زيادات محلية إضافية تصل إلى 9 أيام في السنة.

## السيناريوهات المناخية

الشكل 3. مجموع القسر الإشعاعي الفعلي في إطار مختلف سيناريوهات مسارات التركيز التمثيلية، 2500-2000



المصدر: مقتبس من IPCC, 2021.

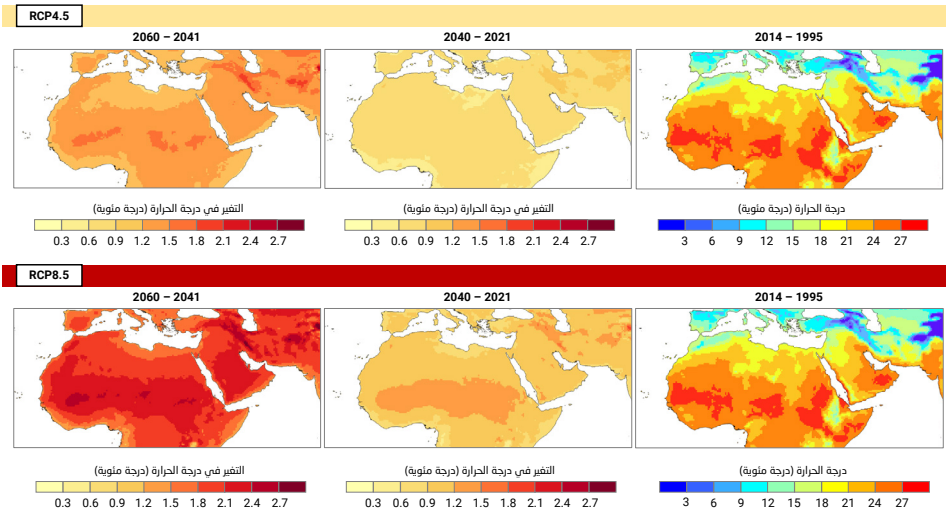
تستند السيناريوهات المناخية التي جرت نمذجتها إلى سيناريوهات المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة (SSPs) الواردة في تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. وتمثل هذه المسارات إطاراً يتألف من عدة سيناريوهات اجتماعية اقتصادية عالمية، تُدمج مع مسارات التركيز التمثيلية (RCPs). وقد استُخدم سيناريوهان لغايات هذا التحليل: سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) وسيناريو الانبعاثات المرتفعة

## لمحة عن المنطقة العربية

أنحاء النطاق العربي ترتفع بمعدل أسرع من المتوسط العالمي. ومن المتوقع أن ترتفع متوسطات درجات الحرارة في الأجل القريب (2021-2040) بمقدار 0.7 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (RCP4.5) و1.1 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5)، وذلك مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) (الشكل 4). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن تصل الزيادة إلى 1.3 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (RCP4.5)، و2 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (RCP8.5)، وذلك مقارنة بالفترة المرجعية.

تشمل الأنشطة الأساسية للمبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار) إعداد توقعات للمناخ المستقبلي مخصصة لنطاق المنطقة العربية. وقد أطلق مشروع التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (CORDEX-MENA) كجزء من مبادرة ريكار بهدف توفير نتائج موحدة للنمذجة المناخية الإقليمية بدقة مكانية تبلغ 50 كيلومتر، وذلك بهدف دعم التعاون الإقليمي في هذا الصدد. وتشير النتائج إلى أن درجات الحرارة في جميع

الشكل 4. متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في النطاق العربي



المصدر: مشروع التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (CORDEX-MENA). إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

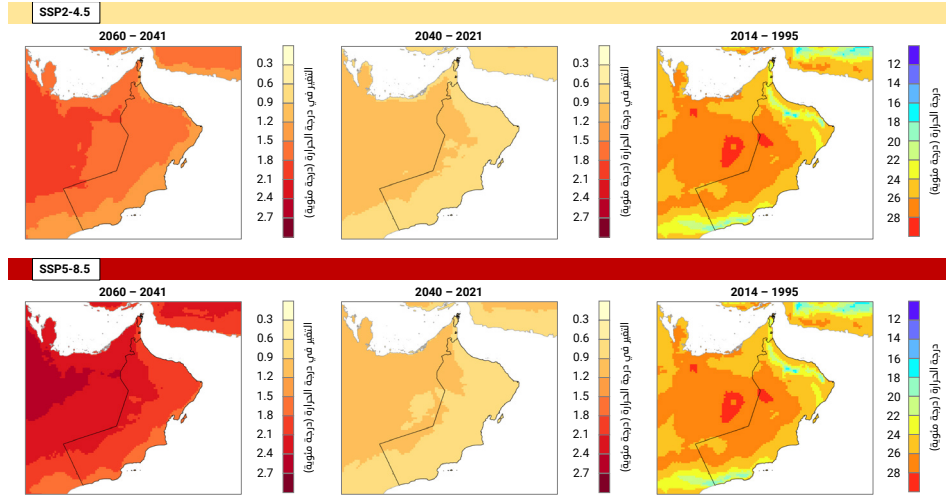


## درجات الحرارة

في الظهور بوضوح أكبر، إذ من المتوقع أن تبلغ الزيادات نحو 1.55 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و2.00 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، ما يعكس تأثيراً قسرياً أقوى لغازات الدفيئة في مسار الانبعاثات المرتفعة. وتتباين شدة الاحترار مكانياً، إذ تسجل أكبر الزيادات في درجات الحرارة في الأحواض الصحراوية الداخلية والمناطق المنخفضة الداخلية، حيث يشتد الاحترار الإشعاعي، وتنخفض الرطوبة، وترتفع تدفقات الحرارة المحسوسة، في حين تشهد المناطق الساحلية والجنوب المتأثر بموسم «الخريف» احتراراً أخف نسبياً، نتيجة الأثر المُخَفَّف الذي يحدثه البحر، والغطاء السحابي الموسمي، وازدياد التبريد بالتبخّر.

تتميز عُمان بمناخ دافئ، إذ بلغ متوسط درجة الحرارة حوالي 25.4 درجة مئوية خلال الفترة المرجعية (1995-2014)، ومن المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة ارتفاعاً كبيراً في كلا السيناريوهين والأجلين الزمنيين. ففي الأجل القريب (2014-2041)، من المتوقع أن يرتفع متوسط درجات الحرارة بنحو 0.85 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) وبنحو 0.84 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، ما يدل على أن الإشارة الأولية إلى الاحترار تتأثر إلى حد كبير بالاحترار الناجم عن الانبعاثات الصادرة مسبقاً والتقلب الداخلي للمناخ (الشكل 5). أما في الأجل المتوسط (2041-2060)، فتبدأ الفروق بين السيناريوهين

### الشكل 5. متوسط التغير في درجات الحرارة السنوية في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في عُمان



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

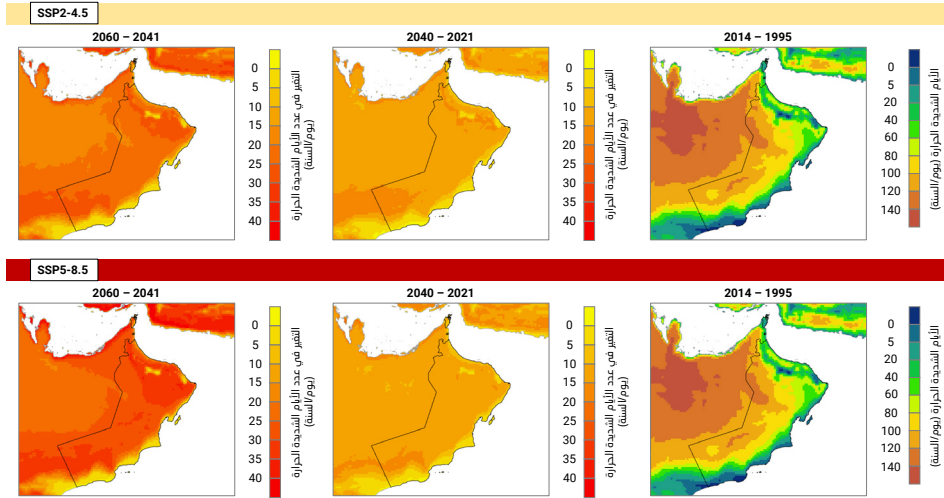


## الأيام الشديدة الحرارة

وتُبرز عمليات الرصد الأخيرة تواتر هذه الأحداث وشِدتها. ففي حزيران/يونيو 2021، شهدت عُمان موجة حر سُجِّلَت خلالها بعض أعلى درجات الحرارة في المناطق الداخلية في السنوات الأخيرة، وصلت إلى 47-49 درجة مئوية في فهود وعبري والبريمي ومحوت عدة مرات، ما يعكس تأثير الحمل الإشعاعي في بداية الموسم على الحرارة الشديدة في المناطق الداخلية قبل ازدياد الرطوبة<sup>1</sup>. وفي تموز/يوليو 2022، ضربت عُمان موجة حر جديدة تجاوزت خلالها درجات الحرارة 40-45 درجة مئوية في المحطات الساحلية، بما في ذلك مطار مسقط الدولي وصحار والرساق، وتراوحت بين 40 و42 درجة مئوية في مسقط لعدة أيام. وأظهرت هذه الموجة المخاطر المتزايدة المرتبطة بالحرارة الساحلية في ظل الرطوبة العالية<sup>2</sup>.

تُعد الأيام الشديدة الحرارة في عُمان، والمُعَرَّفة بأنها الأيام التي تتجاوز فيها درجات الحرارة اليومية القصوى 40 درجة مئوية، أخطر الظروف الحرارية التي يشهدها البلد، لما لها من آثار ماثبة على صحة الإنسان والزراعة والطلب على المياه ونظم الطاقة. وهي ظاهرة طبيعية ومتكررة خلال الموسم الدافئ، لا سيما في الفترة من أيار/مايو إلى أيلول/سبتمبر، وتكون أكثر استمرارية في الصحارى الداخلية، حيث تسهم السماء الصافية والرطوبة المنخفضة والاحترار الإشعاعي القوي في إطالة فترات الحرارة الشديدة. وتشهد المناطق الساحلية عدداً أقل من الأيام التي تتجاوز فيها درجات الحرارة 40 درجة مئوية، إلا أن الرطوبة العالية تزيد من خطورة هذه الحالات على جسم الإنسان. أما ظفار التي تتأثر بموسم «الخريف»، فلا تزال أقل تعرضاً للحرارة الشديدة بفضل الغطاء السحابي المستمر خلال فصل الصيف.

**الشكل 6. متوسط التغير في العدد السنوي للأيام الشديدة الحرارة (مؤشر عدد الأيام الشديدة الحرارة؛ الأيام التي تتجاوز فيها درجة الحرارة القصوى 40 درجة مئوية) في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في عُمان**



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و12.5 يوماً في السنة في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وبحلول الأجل المتوسط، يتباين السيناريوهان، لتبلغ الزيادة المتوقعة 22.7 يوماً في السنة في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و28.8 يوماً في السنة في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، ما يشير إلى تسارع التأثير القسري لغازات الدفيئة مع ارتفاع مستويات الانبعاثات.

ويرتفع مؤشر الأيام الشديدة الحرارة (SU40) في عُمان إلى حد كبير، إذ سجلت متوسطاً بلغ 75 يوماً في السنة خلال الفترة المرجعية، وتجاوز 135 يوماً في السنة بصورة اعتيادية في المناطق الداخلية (الشكل 6). ويبيّن ذلك أن الحرارة الشديدة تُعد سمة مناخية متأصلة في البلد، وليست ظاهرة انحرافية. وتشير التوقعات إلى تفاقم واضح؛ ففي الأجل القريب، من المتوقع أن يزداد عدد الأيام الشديدة الحرارة بمقدار 12.9 يوماً في السنة

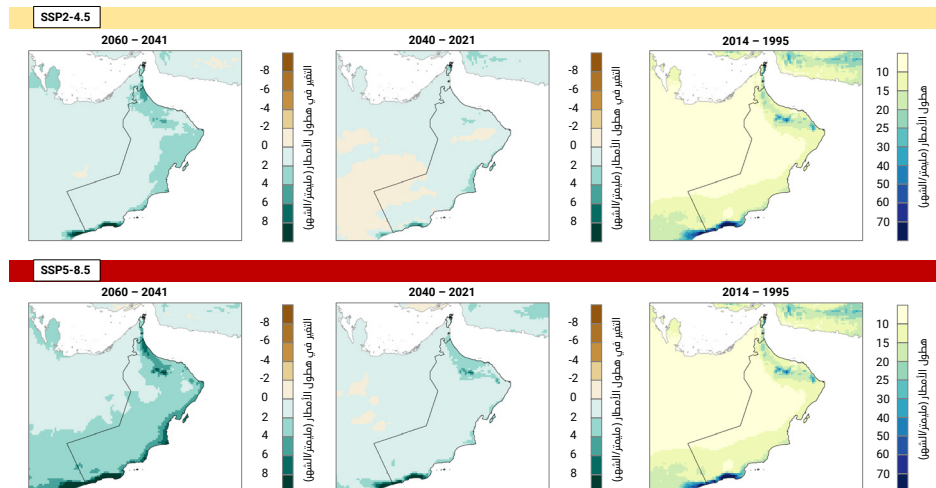


## هطول الأمطار

العواصف الشتوية، والحمل الحراري الربيعي، والرياح الموسمية التي يتميز بها موسم «الخريف» الخاص بظفار في الجنوب.

يُتسم هطول الأمطار في عُمان بطابع موسمي واضح، وتشكل أنماطه بفعل المناخ الجاف السائد والتفاعلات بين مسارات

**الشكل 7. متوسط التغير في هطول الأمطار السنوي في الأجلين القريب (2040-2021) والمتوسط (2060-2041) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في عُمان**



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

الأجواء الأكثر برودة، مع زيادة طفيفة في هطول الأمطار، قبل أن تستعيد الأنظمة الشتوية تأثيرها.

وفي ظل هذا النمط الموسمي، تشير التغيرات المتوقعة إلى زيادة محدودة ولكن ملحوظة في إجمالي الهطول السنوي، بواقع 0.5 ملمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و1.2 ملمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) في الأجل القريب، و1.6 ملمتر شهرياً و2.8 ملمتر شهرياً، على التوالي، في الأجل المتوسط. وهذه الزيادات طفيفة من حيث قيمتها المطلقة، لكنها ذات أهمية في مناخ جاف، وهي تعكس الأنماط المكانية القائمة، إذ تُسجل أكبر الزيادات في جنوب عُمان، في حين تُسجل زيادات أقل في المناطق الشمالية والداخلية. والأهم أن هذه التغيرات تتسق مع التقييم الإقليمي للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ<sup>3</sup> الذي يشير إلى تزايد التباين في هطول الأمطار، إذ من المرجح أن تشهد عُمان تقلبات أكبر بين الفترات المطيرة والجافة. ومن الناحية العملية، يعني ذلك زيادة التباين في الحمل الحراري الربيعي، واشتداد تأثيرات موسم «الخريف» من حين لآخر، واستمرار التعرض لفترات جفاف طويلة، ما يجعل التقلب في هطول الأمطار، وليس التغير في متوسطه فحسب، عاملاً رئيسياً في زيادة المخاطر المرتبطة بالموارد المائية في المستقبل.

ففي فصل الشتاء (من كانون الأول/ديسمبر إلى شباط/فبراير)، تجلب الجبهات الهوائية القادمة من البحر الأبيض المتوسط أمطاراً خفيفة ومتقطعة إلى المناطق الشمالية والداخلية، وتسهم بقدر محدود في إجمالي الهطول السنوي. ويُعدّ فصل الربيع (من آذار/مارس إلى نيسان/أبريل) أكثر الفصول مطراً في عُمان، باستثناء ظفار، ويتميز بزخات غزيرة خلال فترات قصيرة، ناجمة عن العواصف الحملية والأنظمة الجوية الانتقالية. وبحلول أوائل الصيف (من أيار/مايو إلى حزيران/يونيو)، يتراجع هطول الأمطار، ويُعزى ذلك أساساً إلى بقايا الحمل الحراري السابقة للرياح الموسمية، لا سيما في جنوب عُمان. ويظهر تباين حاد في أواخر الصيف (من تموز/يوليو إلى أيلول/سبتمبر)؛ فبينما تصبح معظم أنحاء البلد حارة وجافة في ظل ظروف شبه مدارية مستقرة، تشهد ظفار موسم «الخريف»، وهو نظام رياح موسمية محلي يؤدي إلى هطول أمطار خفيفة بصورة متواصلة، وتكوّن ضباب كثيف، وتغطية الجبال بالسحب. وينتج عن ذلك هطول كمية أمطار أكبر بكثير مقارنة بسائر أنحاء عُمان، بحيث يتجاوز إجمالي هطول الأمطار الشهري خلال موسم «الخريف» 70 ملمتر، مقارنة بالمتوسط السنوي المرجعي الوطني البالغ 12.2 ملمتر (الشكل 7). أما فصل الخريف (من تشرين الأول/أكتوبر إلى تشرين الثاني/نوفمبر)، فيمثل بداية العودة التدريجية إلى



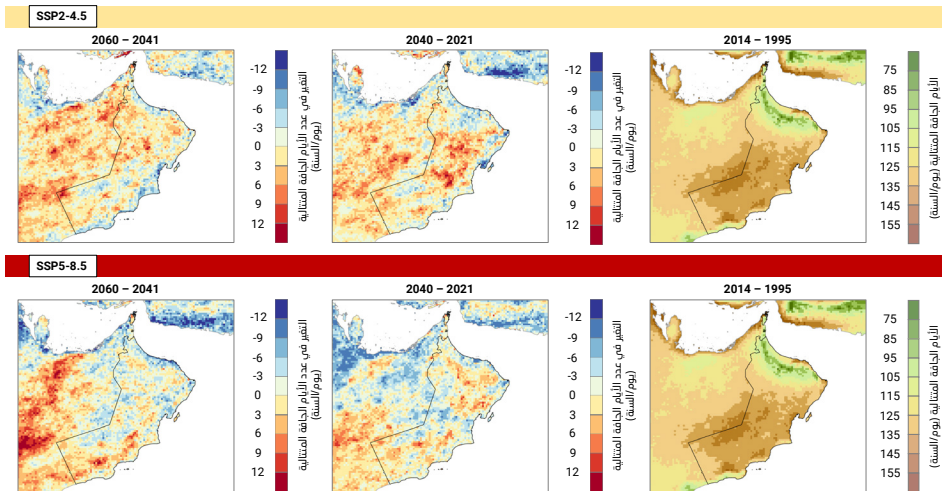
## الجفاف (عدد الأيام الجافة المتتالية)

الحملية خلال فترات قصيرة في الربيع، وجفاف واسع النطاق في أوائل الصيف، والتباين الواضح بين الشمال والجنوب المرتبط بموسم «الخريف» في أواخر الصيف.

وتظهر تباينات مكانية واضحة في عدد الأيام الجافة المتتالية في مختلف أنحاء عُمان. إذ تشهد الصحارى الداخلية والسهول

تعكس الأيام الجافة المتتالية في عُمان المناخ الجاف السائد، إذ بلغ متوسطها خلال الفترة المرجعية نحو 130 يوماً في السنة (الشكل 8). وتشير هذه القيمة المرجعية إلى فترات طويلة خالية من الأمطار في معظم أنحاء البلد، ما يعكس الديناميات الموسمية ذاتها التي تحكم هطول الأمطار، والمتمثلة في النشاط المحدود للجبهات الهوائية في الشتاء، وهطول وابل من الأمطار

الشكل 8. متوسط التغير في أقصى عدد سنوي للأيام الجافة المتتالية في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في عُمان



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

وتشير التوقعات إلى تغير طفيف في عدد الأيام الجافة المتتالية في إطار مساري الانبعاثات، ما يدل على أن المدة المعتادة لفترات الجفاف ستظل متماثلة عموماً. ومع ذلك، من المتوقع أن يزيد التباين من سنة لأخرى، بحيث تشهد بعض السنوات فترات جفاف أطول بشكل ملحوظ، وأخرى فترات أقصر. ويعكس ذلك النمط الأوسع على مستوى المناطق، إذ يتبين أنه على الرغم من محدودية التغيرات في متوسط هطول الأمطار، تؤدي زيادة التقلب في الفترات المطيرة والجافة إلى تفاقم عدم اليقين في إدارة الموارد المائية والتخطيط لمواجهة الجفاف.

الشمالية أطول فترات الجفاف المتواصلة، بفعل صفاء السماء، وقوة الهبوط الهوائي، وضعف الحمل الحراري. وعلى النقيض من ذلك، تشهد ظفار، التي تتفرد بتأثرها بموسم «الخريف»، فترات جفاف أقصر بكثير في أواخر الصيف، حيث تؤدي الأمطار الخفيفة المتواصلة والضباب والغطاء السحابي إلى قطع فترات الجفاف الطويلة. ورغم ازدياد تقلب الأحوال الجوية خلال فصلي الربيع والخريف الانتقاليين، تبقى فترات الجفاف الطويلة سمة بارزة في معظم أنحاء البلد.

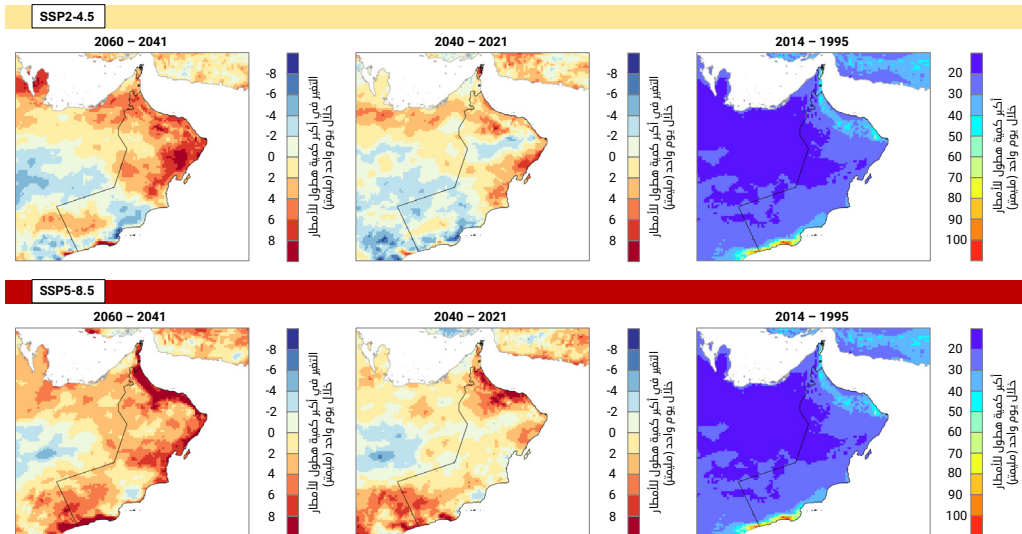


## هطول الأمطار الغزيرة (أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد)

ويُظهر مؤشر أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد (مؤشر Rx1day) في عُمان أن معظم أنحاء البلد تشهد حالات من هطول الأمطار الغزيرة خلال فترات قصيرة بمستويات محدودة نسبياً، إذ بلغ المتوسط الوطني نحو 25 ملمتر خلال الفترة المرجعية (1995-2014) (الشكل 9). ومع ذلك، تتجاوز كمية هطول الأمطار في ظفار غالباً 100 ملمتر، نظراً إلى تفردها في التأثر بالرطوبة القادمة من بحر العرب والأنظمة المدارية التي تمر بها من حين لآخر. وتشير التوقعات المستقبلية إلى تزايد تدريجي في مؤشر Rx1day، إذ تتراوح الزيادات المتوقعة في الأجل القريب بين 0.1 ملمتر في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و1.6 ملمتر في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، وترتفع إلى 2.9 و3.6 ملمتر، على التوالي، بحلول الأجل المتوسط. ورغم أن هذه الزيادات طفيفة مقارنة بحالات هطول الأمطار الغزيرة القائمة، فهي تشير إلى اتجاه نحو اشتداد أكبر على طول الساحل الشمالي وظفار وجنوب الشرقية، وهي مناطق معرضة أصلاً بدرجة كبيرة لهطول أمطار غزيرة خلال فترات قصيرة.

تُعد أحداث هطول الأمطار الأكثر غزارة على مدار 24 ساعة في عُمان نادرة، لكنها قد تتسبب في اضطرابات بالغة، وتحدث عندما تنقل أنظمة جوية غير عادية وواسعة النطاق رطوبة كثيفة إلى بيئة تتسم بطبيعتها بالجفاف. وقد أسهمت تاريخياً ثلاثة عوامل رئيسية في حدوث أشد حالات الهطول اليومي غزارةً، هي الأعاصير المدارية، والأمطار الحملية الغزيرة خلال فترات قصيرة، والجبهات الهوائية الاستثنائية التي تؤثر في الساحل الشمالي. وفي العقود الأخيرة، برز إعصاران كان أثرهما استثنائياً. ففي حزيران/يونيو 2007، تسبب إعصار غونو في هطول أمطار غزيرة على طول الساحل الشرقي، حيث بلغت كميات الهطول المسجلة 610 ملمتر خلال 24 ساعة<sup>4</sup>. وفي حزيران/يونيو 2010، تسبب إعصار فيت في هطول أمطار غزيرة، إذ سُجِّل 488 ملمتر خلال 48 ساعة في شمال شرق عُمان<sup>5</sup>. ومؤخراً، تسببت جبهات هوائية استثنائية في نيسان/أبريل 2024 في هطول كمية أمطار تجاوزت 100 ملمتر خلال 24 ساعة في شمال عُمان، في واحدة من أشد حالات الهطول المطري غير المرتبطة بالأعاصير التي سُجِّلَت في المنطقة<sup>6</sup>.

الشكل 9. متوسط التغير في أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد (مؤشر Rx1day) سنوياً في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في عُمان



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

## التبخّر

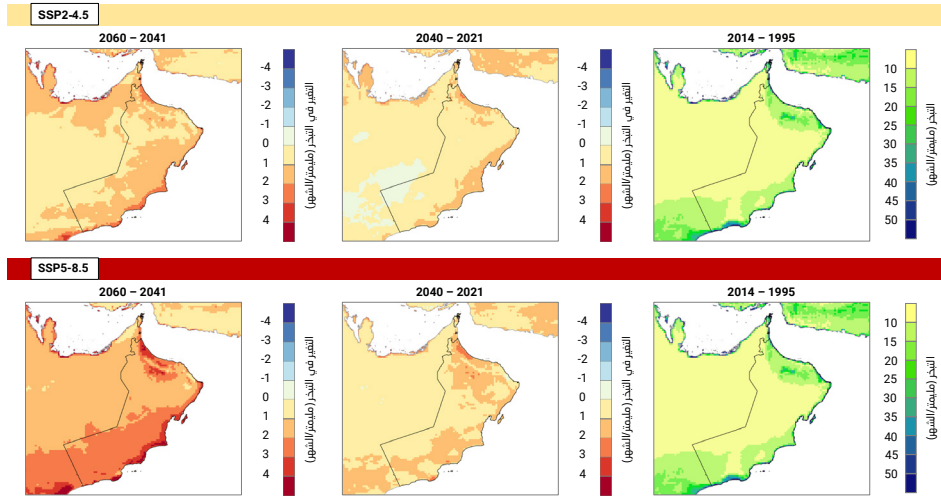
شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، لترتفع في الأجل المتوسط إلى 1.1 ملمتر شهرياً و2.2 ملمتر شهرياً، على التوالي. وقد تبدو هذه الزيادات محدودة، لكنها ذات أهمية كبيرة في بيئة جافة تكون فيها المياه المتاحة محدودة أصلاً.

وينبغي النظر إلى هذه التغيرات في سياق الزيادات المتزامنة في كل من درجات الحرارة وكميات هطول الأمطار. فارتفاع درجات الحرارة يزيد من قدرة الغلاف الجوي على سحب الرطوبة بالتبخّر، ما يؤدي إلى فقدان أكبر للرطوبة من التربة والغطاء النباتي والخزانات. وفي الوقت نفسه، تؤدي الزيادات المتوقعة في هطول الأمطار، لا سيما في ظفار والساحل الشمالي وجنوب الشرقية، إلى زيادة كمية المياه الداخلة إلى النظام، إلا أن الرطوبة الإضافية قد تتبخر بوتيرة أسرع في ظل الظروف الأشد حرارة. وينتج عن ذلك توازن مائي أكثر ديناميكية وأقل قابلية للتنبؤ، إذ تقابل الزيادات الطفيفة في هطول الأمطار جزئياً بزيادة في التبخّر، ما يعزز الحاجة إلى التخطيط الدقيق في إدارة الموارد المائية في ظل مناخ أخذ في الاحترار.

يُعد معدل التبخّر في عُمان مرتفعاً بطبيعته، نظراً إلى شدة الإشعاع الشمسي، وانخفاض الرطوبة، واستمرار الهبوط الهوائي في معظم أنحاء البلد. وخلال الفترة المرجعية، بلغ متوسط التبخّر الشهري نحو 11.1 ملمتر، إلا أن القيم كانت أعلى بوضوح في المناطق الساحلية، حيث يسهم الهواء البحري الدافئ في زيادة تدفق الرطوبة، وفي المرتفعات الشمالية، حيث تؤدي الرياح القوية والتضاريس المرتفعة إلى زيادة قدرة الغلاف الجوي على سحب الرطوبة بالتبخّر (الشكل 10). وتنعكس هذه الأنماط الخصائص المناخية المائية العامة للبلد، وتحديدًا محدودية هطول الأمطار، ووفرة أشعة الشمس، وشبوع صفاء السماء، وهي عوامل تهيئ لفقدان سريع للرطوبة من التربة والمساحات المائية المكشوفة.

وتشير التوقعات إلى ارتفاع مطرد في معدل التبخّر، بما يعكس ارتفاع درجات الحرارة والتغيرات في توازن الرطوبة في الغلاف الجوي. ففي الأجل القريب، تتراوح الزيادات بين 0.6 ملمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و1.0 ملمتر

الشكل 10. متوسط التغير في التبخر السنوي في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في عُمان



المصدر: تجميع المؤلفين.

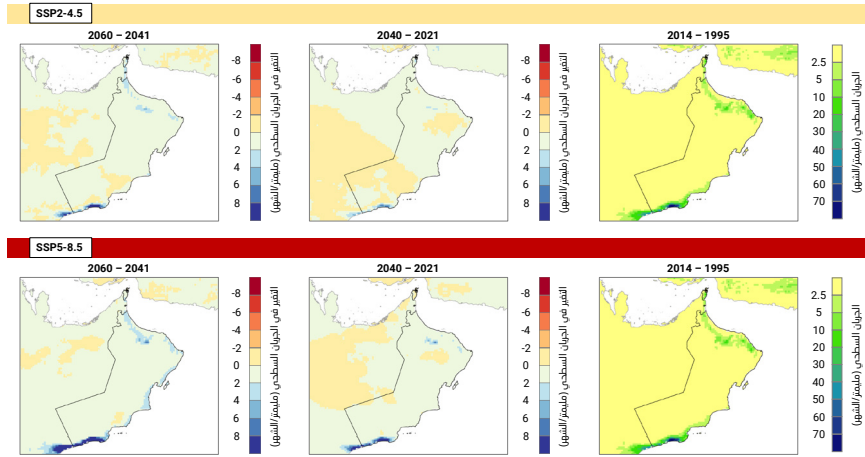
إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

## الجريان السطحي

لكنه شديد الغزارة. وترتبط هذه الخصائص الهيدرولوجية ارتباطاً وثيقاً بنظام الأفلاج، الذي يعتمد على تغذية بطيئة ومنظمة للمياه الجوفية. فعندما تتسرب مياه الأمطار تدريجياً إلى باطن الأرض، تتجدد طبقات المياه الجوفية وتعمل قنوات الأفلاج بكفاءة. أما عندما يصبح الجريان السطحي سريعاً للغاية، ينخفض معدل التسرب، وقد تتضرر القنوات جراء الفيضانات الومضية أو تراكم الرواسب.

يُعد إجمالي الجريان السطحي في عُمان محدوداً جداً بطبيعته، إذ بلغ متوسطه نحو 1.9 ملمتر شهرياً خلال الفترة المرجعية، وهو ما يعكس بيئة تتسرب فيها معظم مياه الأمطار إلى باطن الأرض، بدلاً من تكوين جريان سطحي دائم. ويكون الجريان السطحي أعلى بقليل في المناطق الشمالية الأكثر انحداراً وفي ظفار، حيث تؤدي الرطوبة الموسمية والأنظمة المدارية العرّضية إلى حدوث جريان قصير الأجل

## الشكل 11. متوسط التغير في الجريان السطحي السنوي في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في عُمان



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

المرتفعة (SSP5-8.5)، ما يشير إلى زيادة كبيرة في تدفق المياه فوق سطح الأرض في منطقة معرضة أصلاً لهطول الأمطار الغزيرة. وقد تؤدي هذه الزيادة إلى تفاقم مخاطر الفيضانات الوميضية، وتراجع تغذية المياه الجوفية نتيجة تسارع تدفق المياه فوق سطح الأرض، وزيادة تعرية التربة، وانتقال الرواسب عبر الأودية. وقد تكون لهذه التغيرات آثار سلبية على نظام الأفلاج، إذ قد يؤدي ارتفاع معدل الجريان السطحي إلى إلحاق الضرر بالقنوات، وتعطيل تنظيم تدفق المياه، والإخلال بالترشح البطيء للمياه، وهو ما تعتمد عليه استدامة أنظمة الري التقليدية.

وتشير التوقعات المستقبلية إلى زيادة تدريجية في إجمالي الجريان السطحي. ففي الأجل القريب، تتراوح الزيادات بين 0.1 مليمتراً شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و0.2 مليمتراً شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، لترتفع بحلول الأجل المتوسط إلى 0.6 مليمتراً شهرياً في كلا السيناريوهين (الشكل 11). ورغم محدودية هذه الزيادات على مستوى البلد ككل، من المتوقع حدوث تغيرات أكبر بكثير في بعض المناطق. فعلى طول ساحل ظفار، تتجاوز الزيادة المتوقعة 20 مليمتراً شهرياً في الأجل المتوسط في إطار سيناريو الانبعاثات

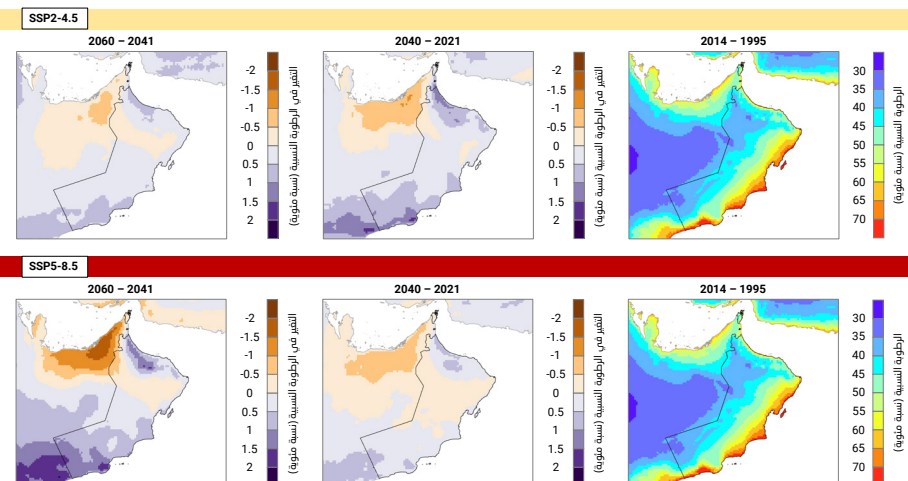


## الرطوبة النسبية

درجات الحرارة. وقد بلغ متوسط الرطوبة النسبية خلال الفترة المرجعية نحو 47 في المائة، إلا أن نسباً أعلى تُسجل على طول

تتحدد الرطوبة النسبية في عُمان بفعل التباين الواضح بين المناطق الساحلية والداخلية، واستمرار الهبوط الهوائي، وارتفاع

## الشكل 12. متوسط التغير في المعدل السنوي للرطوبة النسبية في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في عُمان



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

الشرقي لظفار، تتجاوز الزيادة المتوقعة 1.5 في المائة في الأجل المتوسط في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، ويظهر نمط مماثل في المنحدرات الداخلية لجبال الحجر.

ولهذه الزيادة في الرطوبة النسبية في هذه المناطق آثار عديدة. ففي ظفار، يؤدي ارتفاع الرطوبة إلى زيادة الإجهاد الحراري خلال الموسم الدافئ، ويسهم في زيادة تواتر تشكل الضباب والسحب المنخفضة، وقد يطيل مدة احتباس الرطوبة عقب أحداث هطول الأمطار الغزيرة. أما في المرتفعات الشمالية، فقد يجعل ارتفاع الرطوبة الأجواء الليلية أكثر إزعاجاً، ويعزز تكوّن الندى، ويحد من كفاءة التبريد بالتبخّر. وتشير هذه التغيرات مجتمعة إلى تحول تدريجي نحو ظروف أكثر رطوبة في المناطق الساحلية والمرتفعة الأكثر تأثراً بالتغيرات في الرطوبة، بما لذلك من آثار على راحة الإنسان والزراعة وإدارة المخاطر.

ساحل بحر العرب وفي المرتفعات الشمالية، حيث تسمح درجات الحرارة المنخفضة ليلاً والارتفاع الجوي الناتج عن التضاريس بتراكم الرطوبة بسهولة أكبر. وتعكس هذه الأنماط الخصائص المناخية المائية العامة للبلد، إذ تتسم المناطق الداخلية بالجفاف وانخفاض مستويات الرطوبة، في حين تشهد المناطق الساحلية والجبلية زيادة في حمل الرطوبة والتقلبات اليومية.

وتشير التوقعات المستقبلية إلى زيادات طفيفة في الرطوبة النسبية على مستوى البلد. ففي الأجل القريب، من المتوقع أن تبلغ الزيادة 0.2 في المائة في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و0.4 في المائة في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، بينما تبلغ في الأجل المتوسط 0.1 و0.4 في المائة، على التوالي (الشكل 12). ورغم محدودية هذه التغيرات، فهي تخفي زيادات محلية أكثر وضوحاً. ففي الشريط الساحلي

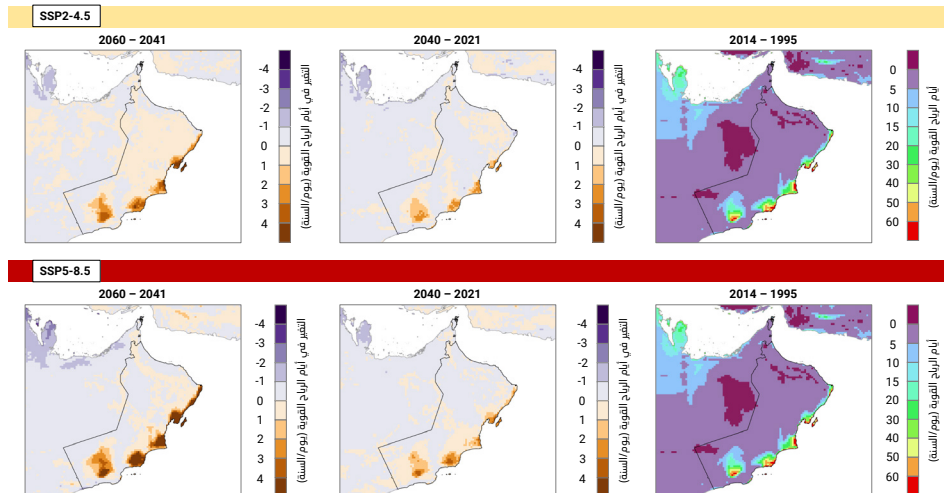
## أيام الرياح القوية

ومن غير المتوقع أن تحدث التغيرات في عدد أيام الرياح القوية أثراً يُذكر على مستوى البلد ككل. إلا أنه يُتوقع حدوث زيادات محلية في المناطق الأربع نفسها، تصل إلى 9 أيام في السنة بحلول الأجل المتوسط في سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وقد تعكس هذه الزيادات تغيرات في مسارات التيارات الناتجة عن التضاريس، والتيارات الهوائية الساحلية النفاثة، وحالات تدرج الضغط الجوي في ظل مناخ آخذ في الاحترار.

وتتسق هذه الزيادات المتفرقة مع التغيرات المتوقعة في نشاط الأعاصير المدارية، والتي تشير إلى استمرار التعرض لأحداث الرياح الشديدة على طول الساحل الجنوبي لعُمان. ويمكن للأعاصير القادمة من بحر العرب أن تولّد رياحاً قوية تمتد إلى مناطق داخلية بعيدة عن الساحل، كما أن الزيادات الطفيفة

تُعَدّ أيام الرياح القوية في عُمان، التي تُعرّف بأنها الأيام التي تتجاوز فيها السرعة القصوى اليومية للرياح 10.5 متر في الثانية، نادرة عموماً، إذ بلغ متوسطها على مستوى البلد نحو 4.8 أيام في السنة خلال الفترة المرجعية (الشكل 13). ومع ذلك، تسجل عدة مناطق على الساحل الجنوبي لبحر العرب قيماً أعلى بكثير، تتجاوز 60 يوماً في السنة. وتشمل هذه المناطق المنطقة الواقعة مباشرة إلى الداخل من السهل الساحلي الشرقي لظفار، والساحل الأوسط لبحر العرب، والخط الساحلي الجنوبي الشرقي، والجزء الشمالي الشرقي لساحل بحر العرب. وتقع كل من هذه المناطق ضمن بيئة محلية متميزة تتأثر باتجاه الساحل، والتضاريس المحلية، والتفاعل بين الحرارة الداخلية والكتل الهوائية البحرية، ما ينتج عنه رياح قوية تتركز في مناطق محددة بدلاً من أن تمتد على نطاق المنطقة بأكملها.

**الشكل 13. متوسط التغير في العدد السنوي لأيام الرياح القوية (بسرعة تزيد على 10.5 متر في الثانية) في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنة بالفترة المرجعية (1995-2014) في عُمان**



المصدر: تجميع المؤلفين.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

أحوال البحر، والضغط على البنية التحتية، متفاوتة مكانياً، وأن تتركز على امتدادات محددة من الساحل الجنوبي، بدلاً من توزيعها بصورة متجانسة في جميع أنحاء المنطقة.

في نشاط الرياح السائد قد تزيد من حدة آثار هذه الأعاصير. وبالنتيجة، يُرجح أن تكون المخاطر المستقبلية المرتبطة بالرياح، مثل تعرية السواحل، وتحريك الغبار، واضطراب

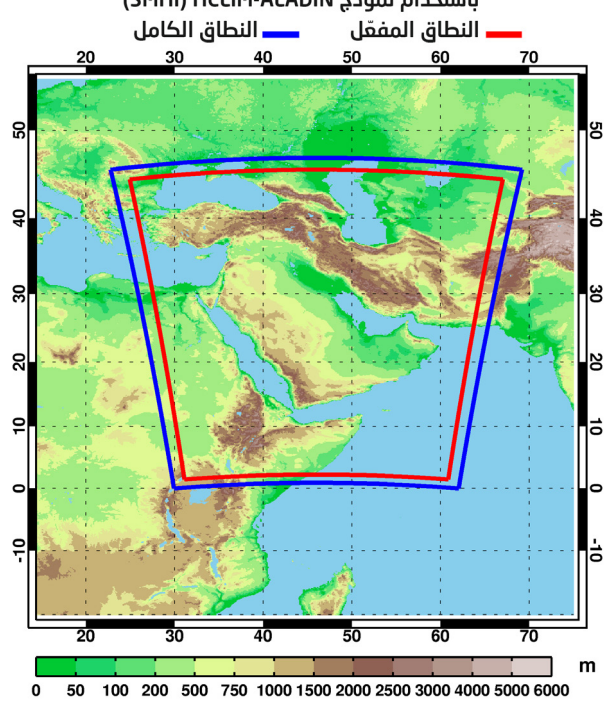
## نبذة عن التوقعات المناخية

أقُبست البيانات التاريخية المتعلقة بالظروف المناخية لدرجات الحرارة وهطول الأمطار (الشكلان 1 و2) من الإصدار الخامس لإعادة التحليل (ERA5) الصادر عن المركز الأوروبي للتنبؤات الجوية المتوسطة المدى (ECMWF). والغرض من الإصدار الخامس من إعادة التحليل هو إجراء عملية إعادة بناء متسقة من الناحية الفيزيائية للظروف الجوية السابقة، ويُستخدَم على نطاق واسع كخط أساس مرجعي لتقييمات المناخ الإقليمية.

واستُمدت التوقعات المناخية الواردة في هذا التحليل من نتائج النمذجة المناخية الإقليمية التي طُورت لنطاق المشرق في إطار مبادرة ريكار<sup>7</sup> (الشكل 14). وقد قُلصت دقة النماذج إلى شبكة بدقة 10 كيلومتر، وتستخدم مجموعة مكونة من ستة نماذج مناخية عالمية (GCMs). ويشمل النطاق بلدان المشرق في المنطقة العربية، وشبه الجزيرة العربية، وشمال شرق أفريقيا، ما يتيح إجراء تقييم متسق لأنماط الدوران على نطاق واسع، وللتدرجات الإقليمية، وللعمليات المناخية الدقيقة المتصلة بتحليل الآثار والتكيف. عند تفسير الخرائط، تجدر الإشارة إلى أن الفترة المرجعية التاريخية المستخدمة في محاكاة نطاق المشرق قد تختلف عن منتجات إعادة التحليل ومجموعات البيانات الرصدية، حيث إن خطوط الأساس مستمدة مباشرة من النماذج المناخية. وهذه الاختلافات متوقعة وتعكس الفرق المنهجي بين الدراسات المناخية القائمة على النماذج والسجلات المقيدة بالبيانات الرصدية. ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات على موقع ريكار.

### الشكل 14. نطاق المشرق

ريكار - نطاق المشرق باستبانة مكانية قدرها 10 كم (MSH-10)، باستخدام نموذج HCLIM-ALADIN (SMHI)



المصدر: SMHI and ESCWA, forthcoming.

إخلاء مسؤولية: الحدود والأسماء الموضحة والتسميات المستخدمة في هذه الخرائط لا تعني إقراراً أو قبولاً رسمياً من قبل الأمم المتحدة.

## المراجع

- Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store (2019). CORDEX regional climate model data on single levels. Accessed on 12 May 2025.
- Copernicus Climate Change Service, Climate Data Store (2023). Complete ERA5 global atmospheric reanalysis.
- Directorate General of Meteorology, Civil Aviation Authority (2021). Summer heat advisory: 7-12 June 2021. Accessible via the Civil Aviation Authority Meteorology Portal: <https://www.caa.gov.om>.
- Directorate General of Meteorology, Civil Aviation Authority (2022). Monthly climate summary – July 2022. Accessible via the Civil Aviation Authority Meteorology portal: <https://www.caa.gov.om>.
- Fritz, H.M., and others (2010). Cyclone Gonu storm surge in Oman. Estuarine, Coastal and Shelf Science.
- Haggag, M., and Badry, H. (2012). Hydrometeorological Modeling Study of Tropical Cyclone Phet in the Arabian Sea in 2010. Atmospheric and Climate Sciences.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021). Sixth Assessment Report Working Group I – The Physical Science Basis – Regional fact sheet: Asia.
- Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI) and United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) (forthcoming). "Future climate projections for the Mashreq region under the intermediate and high emissions scenarios". E/ESCWA/CL1. CCS/2026/RICCAR/Technical report.19.
- United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) and others (2017). Arab Climate Change Assessment Report – Main Report. Beirut. E/ESCWA/SDPD/2017/RICCAR/Report.
- World Weather Attribution (2024). Heavy precipitation hitting vulnerable communities in the UAE and Oman becoming an increasing threat as the climate warms.

## الحواشي

1. Directorate General of Meteorology, Civil Aviation Authority, 2021.
2. Directorate General of Meteorology, Civil Aviation Authority, 2022.
3. IPCC, 2021.
4. Fritz and others, 2010.
5. Haggag and Badry, 2012.
6. World Weather Attribution, 2024.
7. SMHI and ESCWA, forthcoming.



رؤيتنا: طاقات وابتكار، ومنطقتنا استقرار وعدل وازدهار

رسالتنا: بشفَع وعزم وعقل: نبتكر، ننتج المعرفة، نقدّم المشورة، نبني التوافق، نواكب المنطقة العربية على مسار خطة عام 2030.

يداً بيد، نبني غداً مشرقاً لكلّ إنسان.

[www.unescwa.org](http://www.unescwa.org)



E/ESCWA/CL1.CCS/2026/RICCAR/Factsheet/0man - 2600342A

إخلاء مسؤولية: الآراء الواردة في هذه الوثيقة لا تعبر بالضرورة عن آراء الصندوق العربي أو حكومة السويد.