

رِيكَار

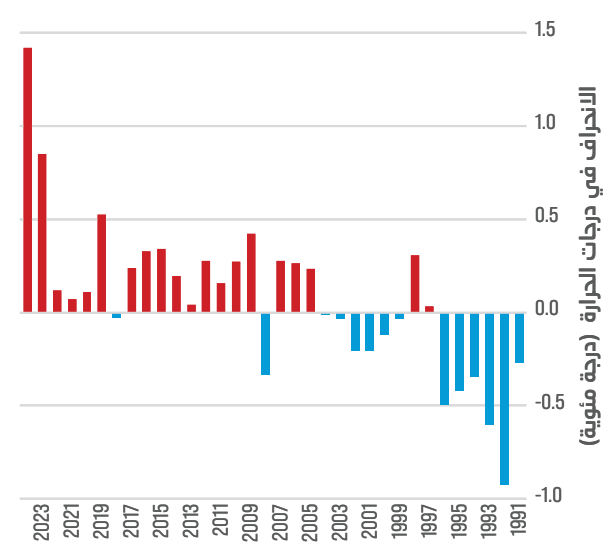
المبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على
الموارد المائية وفائدة آثار الضغوطات الاجتماعية
والاقتصادية في المنطقة العربية



لطالما كانت الأمطار في اليمن موسمية وغير منتظمة، لكن تغّير المناخ صَعَب إمكانية التنبؤ بها (الشكل 2). وفي اليمن موسمين مطيرين: موسم يمتد من آذار/مارس إلى أيار/مايو تهطل فيه أمطار ربيعية خلال فترات زمنية قصيرة، وموسم يمتد من تموز/يوليو إلى أيلول/سبتمبر تهطل فيه أمطار صيفية أكثر غزارة ناتجة عن الرياح الموسمية. فأمطار الربيع تهطل خلال فترات قصيرة، لكنها حيوية للزراعة في المرتفعات الغربية. أما الأمطار الناتجة عن الرياح الموسمية، فتجلب هطولاً غزيراً على المرتفعات الغربية والوسطى. في المقابل، يمتد موسم الجفاف من تشرين الأول/أكتوبر إلى شباط/فبراير، ومن أيار/مايو إلى حزيران/يونيو، لا سيما في المناطق الساحلية والصحراوية.

سجل اليمن، في العقدين الماضيين، ارتفاعاً مطرداً في متوسط درجات الحرارة، ما يعكس اتجاه الاحتباس الحراري الأوسع نطاقاً (الشكل 1). ويشهد المناخ اليمني تقلبات كبيرة، إذ تبقى السهول الساحلية حارة على مدار العام، بمتوسط درجات حرارة قصوى يتراوح بين 30 و35 درجة مئوية؛ وتسجل الصحارى الداخلية بانتظام درجات قصوى في الصيف تتراوح بين 42 و45 درجة مئوية؛ وتكون المرتفعات أكثر برودة، إذ غالباً ما تنخفض فيها درجات الحرارة ليلاً في فصل الشتاء إلى ما دون درجة التجمد. وأدى الاحترار في الفترة الأخيرة إلى رفع درجات الحرارة هذه، فتفاقم الإجهاد الحراري في مختلف المناطق.

الشكل 1. الانحراف السنوي في درجات الحرارة في اليمن
مقارنة بمتوسط الفترة 1991-2020



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

تشير التوقعات في الأجل القصير (2021-2040) إلى ارتفاع في درجات الحرارة يتراوح بين 0.7 و1 درجة مئوية في إطار السيناريوهين، بينما تظهر التوقعات في الأجل المتوسط (2041-2060) ارتفاعاً في درجات الحرارة يتراوح بين 1.3 و1.8 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، وبين 1.6 و2.2 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). ومن المتوقع أن تحدث التغيرات الأكثر وضوحاً في المناطق المنخفضة والساحلية، وذلك بسبب التعرض للحر الشديد وارتفاع منسوب مياه البحر وتقلص المناطق العازلة الطبيعية مقارنةً بالمناطق الجبلية الأكثر ارتفاعاً.



الأيام الحارة

بحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن يشهد وادي حضرموت أكثر من 30 يوماً حاراً إضافياً في السنة، وأن تسجل المناطق شبه الجافة الشمالية أكثر من 200 يوم حار في السنة.



هطول
الأمطار

بحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن يرتفع معدل هطول الأمطار بمقدار 8.9 ملمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، وبمقدار 16.5 ملمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) على طول المنحدرات الغربية والساحل الجنوبي. وفي المناطق شبه الجافة، مثل حضرموت والمهرة، قد يرتفع معدل هطول الأمطار بأقل من 3 ملمتر شهرياً.



الجفاف

تزداد فترات الجفاف طولاً في معظم أنحاء اليمن. وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، تراوح الحد الأقصى لعدد الأيام الجافة المتتالية بين أقل من 57 يوماً في جبال الأطلس وأكثر من 127 يوماً في الصحراء. من المتوقع أن تزداد فترة الجفاف بأكثر من 7 أيام في الأجل القريب وأكثر من 12 يوماً في الأجل المتوسط في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، مقابل تراجعها بما يتراوح بين 2 و4 أيام في المرتفعات الغربية وعلى طول الساحل الجنوبي.



هطول
الأمطار
الغزيرة

تتجاوز المعدلات الإجمالية القصوى لهطول الأمطار المسجلة على مدار 24 ساعة 63 ملمتر على طول السواحل الغربية والجنوبية، ومن المتوقع أن ترتفع بما يتراوح بين 0.6 و4.3 ملمتر في الأجل القريب، وبين 1.7 و6.1 ملمتر في الأجل المتوسط، مع ارتفاعات قصوى تصل إلى 15 ملمتر أو أكثر في الممر الغربي والساحل الجنوبي الشرقي.



التبخّر

يُعد التبخّر من العوامل الرئيسية المسببة لنقص المياه في اليمن. وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، بلغ متوسط التبخر 25 ملمتر شهرياً، ليشكل 77 في المائة من معدل الهطول السنوي. وفي الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن يزداد التبخر بما يتراوح بين 1.4-2.8 ملمتر فقط شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، ليشكل حوالي 70 في المائة من هطول الأمطار.



الجريان
السطحي

من المتوقع أن يزداد الجريان السطحي في مستجمعات المياه الشديدة الانحدار والسريعة الاستجابة في اليمن، بما يتراوح بين أكثر من 2.4 و5.2 ملمتر شهرياً في الأجل القريب، وبين 6.4 و12.8 ملمتر شهرياً في الأجل المتوسط في الساحل الغربي والمرتفعات الغربية والساحل الجنوبي، في حين قد تشهد الأحواض الداخلية تغيرات أكثر محدودية.



الرطوبة
النسبية

من المتوقع أن تسجل الرطوبة النسبية ارتفاعاً طفيفاً، بمتوسط يتراوح بين 0.5 و1.1 في المائة في الأجل القريب، وبين 1 و2.9 في المائة في الأجل المتوسط. وقد تحدث زيادات محلية في الهضبة الجنوبية الداخلية وسهول حضرموت والجوف الداخلية بما يفوق 2 في المائة بسبب ارتفاع الرطوبة الناتجة من بحر العرب والانخفاض الملحوظ في درجات الحرارة ليلاً في هذه المناطق الانتقالية.



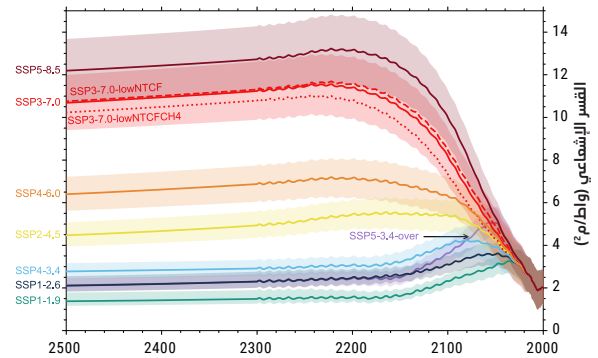
أيام الرياح
القوية

من المتوقع أن يبقى عدد أيام الرياح القوية، التي تتجاوز فيها السرعة القصوى للرياح 10.5 متر/الثانية على حاله. ويعني ذلك أن مستويات التعرض للرياح القوية المرتفعة حالياً قد تستمر، فضلاً عن استمرار تسجيل المناطق الساحلية في غرب عدن لأكثر من 60 يوماً في السنة، واستمرار تأثير رياح الشمال التي تتراوح سرعتها بين 10 و12 متر/الثانية على الجوف. ويؤدي ذلك كله إلى استمرار التعرض للمخاطر المرتبطة بنقل الرمال وتآكل التربة وهبوب الرياح المصاحبة للأعاصير في الأجل المتوسط.

السيناريوهات المناخية

وسيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) (الشكل 3). ويمثل سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) السيناريو المركزي للتخطيط في معظم استراتيجيات التكيف الوطنية وتقييمات المخاطر المالية، وينطوي على مسار تنموي «متوسط»، يتسم باعتدال انبعاثات غازات الدفيئة، واتباع السياسات العامة لمسارات تتوافق مع الاتجاهات العالمية الحالية. أما سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، فيتسم بكثافة استخدام الوقود الأحفوري، ويشار إليه في الوثائق الرسمية بأنه مسار إنمائي يحركه الوقود الأحفوري للوصول بسرعة إلى الأهداف. ويرتكز هذا السيناريو إلى فرضية حدوث نمو اقتصادي سريع يعتمد اعتماداً شبه دائم على استخدام الوقود الأحفوري. وبالاستناد إلى التطورات السياسية والتكنولوجية الأخيرة، يتبين أن فرضيات النمو الهائل الشديد الاعتماد على الوقود الأحفوري ما عادت مدعومة بمخرجات الواقع، ولكن لا يخلو استخدام هذا السيناريو من الفائدة لجهة استكشاف الحدود القصوى للمخاطر المناخية واختبار متانة استراتيجيات التكيف. ولهذا السبب، تستخدم عدة دراسات معنية بتداعيات تغير المناخ سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) وسيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) كمرجعين يمثلان مستقبلاً تكتنفه المخاطر، بمستويات قد تكون متوسطة أو شديدة.

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



المصدر: مقتبس من IPCC, 2021.

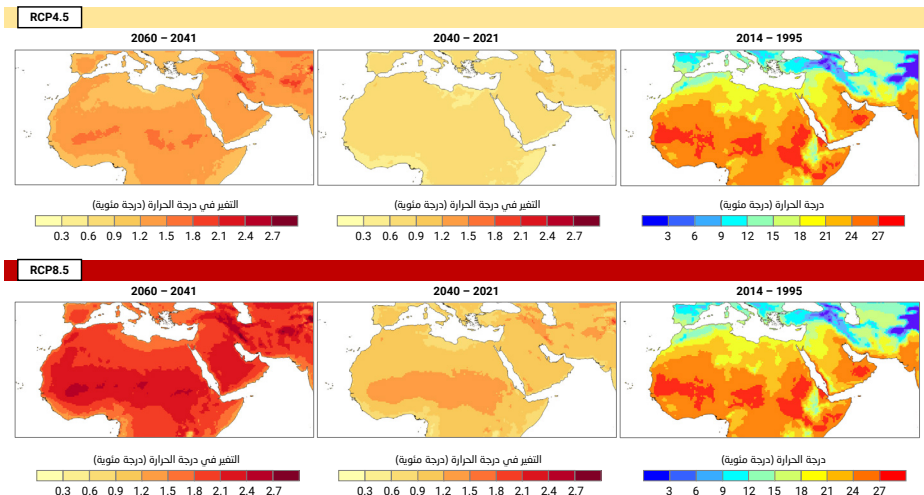
تستند السيناريوهات المناخية التي جرت نمذجتها إلى سيناريوهات المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة (SSPs) الواردة في تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. وتمثل هذه المسارات إطاراً يتألف من عدة سيناريوهات اجتماعية اقتصادية عالمية، تُدمج مع مسارات التركيز التمثيلية (RCPs).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

لمحة عن المنطقة العربية

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 أنحاء النطاق العربي ترتفع بمعدل أسرع من المتوسط العالمي. ومن المتوقع أن ترتفع متوسطات درجات الحرارة في الأجل القريب (2021-2040)

تشمل الأنشطة الأساسية للمبادرة الإقليمية لتقييم أثر تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار) إعداد إسقاطات عن مستقبل المناخ مخصصة لنطاق المنطقة العربية. وقد أطلق مشروع التجربة المنسقة لتقليص النطاقات المناخية الإقليمية لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا (CORDEX-MENA)

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.

(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.

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



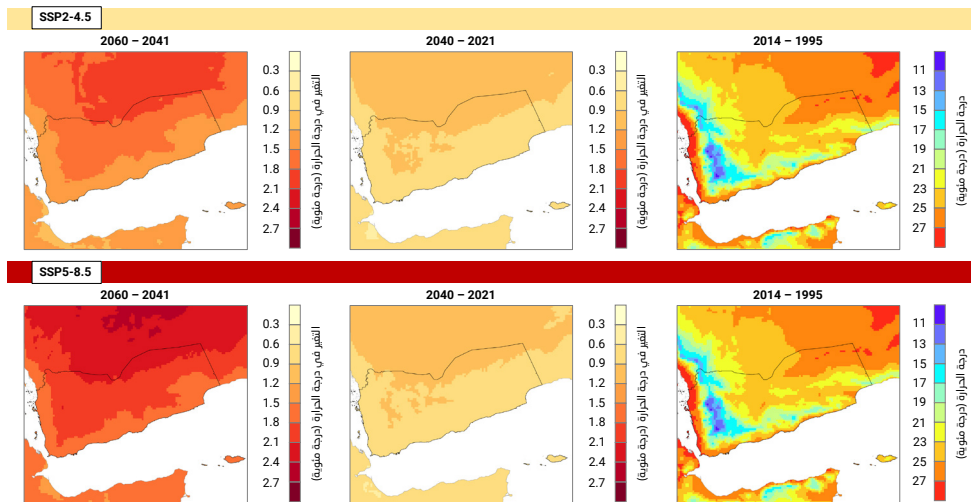
درجات الحرارة

وتُظهر التوقعات المناخية المستقبلية اتجاهاً مستمراً نحو ارتفاع درجات الحرارة في جميع المناطق. وفي الأجل القريب (2021-2040)، تتراوح الزيادات بين 0.7 و1 درجة مئوية في إطار كل من سيناريوهي الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) والمرتفعة (SSP5-8.5). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن يتفاقم الاحترار، بزيادات تتراوح بين 1.3 و1.8 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، وبين 1.6 و2.2 درجة مئوية في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). ومن المتوقع أن تظهر التغيرات الأكثر وضوحاً في المناطق المنخفضة والساحلية، وذلك بسبب التعرض للحر الشديد وارتفاع منسوب مياه البحر وتقلص المناطق العازلة الطبيعية مقارنةً بالمناطق الجبلية الأكثر ارتفاعاً وبرودة. ونتيجة الظروف الجغرافية، تتعرض هذه المناطق بشدة لارتفاع درجات الحرارة ومخاطر مرتبطة بالمناخ.

التباين في درجات الحرارة شديد التأثير بتنوع الجغرافيا والتضاريس والدوران الجوي في اليمن. وتسجل المناطق الصحراوية المنخفضة والمناطق الساحلية، التي تتسم بانخفاض ارتفاعها وتعرضها الشديد لأشعة الشمس ومحدودية الغطاء النباتي فيها، أقصى درجات حرارة. في المقابل، تسود ظروف مناخية أكثر برودة في المرتفعات، حيث تحدث تقلبات موسمية أكثر حدة بسبب ارتفاع التضاريس فيها ومناخها الذي يتدرج من شبه مداري إلى معتدل.

وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، بلغ متوسط درجة الحرارة السنوي في اليمن حوالي 22.4 درجة مئوية. وتُظهر الخرائط المناخية لهذه الفترة تباينات حادة: فالمناطق الساحلية والصحراوية تتأثر بمناخات مدارية وشبه جافة، بينما يسود مناخ أكثر اعتدالاً في المناطق الجبلية (الشكل 5).

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



المصدر: تجميع المؤلفين.

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



الأيام الحارة

مؤشر الأيام الحارة تبايناً مكانياً كبيراً (الشكل 6). وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، شهدت المناطق شبه الجافة في الشمال والشرق الأيام الحارة الأكثر تواتراً، بما يتجاوز 180 يوماً في السنة، ما يعكس الظروف القارية الجافة. في المقابل، سجلت المرتفعات،

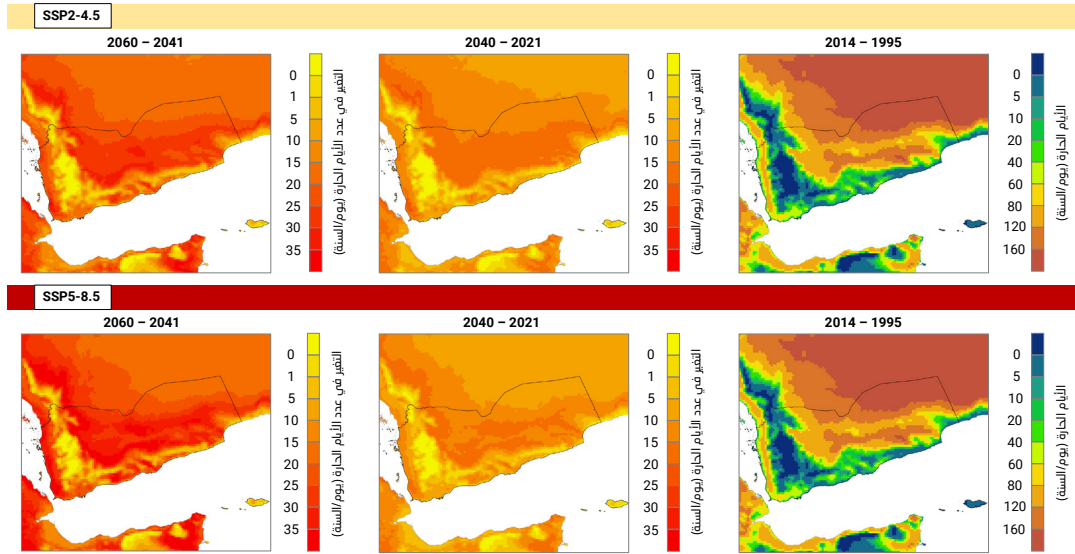
تتواتر الأيام الحارة، التي تتجاوز فيها درجة الحرارة القصوى اليومية 35 درجة مئوية، وتسود على نطاق واسع في اليمن. وقد تفرض درجات الحرارة التي تتجاوز هذه العتبة ضغطاً كبيراً على الزراعة والموارد المائية وسبل العيش، في حين يُظهر

تبقى درجات الحرارة دون عتبة 35 درجة مئوية، مقابل زيادات ملحوظة في المناطق الأخرى. وفي الأجل القريب (2021-2040)، قد يسجل وادي حضرموت أكثر من 18 يوماً حاراً إضافياً في السنة، مقارنةً بالفترة المرجعية، وأكثر من شهر إضافي من الأيام الحارة في السنة بحلول الأجل المتوسط (2041-2060). أما المناطق شبه الجافة الشمالية، فقد تسجل أكثر من 200 يوم حار في السنة.

مثل صنعاء، أقل من 20 يوماً حاراً في السنة، إذ تنخفض درجات الحرارة فيها لارتفاعها عن سطح البحر. وعادةً ما تشهد عدن، التي تعد من أكثر المدن الساحلية حرارةً في اليمن، ما بين 50 و90 يوماً حاراً في السنة، إذ سجل مطارها درجة حرارة قصوى بلغت 39.6 درجة مئوية في آب/أغسطس 2012.

وتشير التوقعات المستقبلية إلى استمرار هذا التباين المكاني. وفي المناطق الأكثر ارتفاعاً، من المتوقع أن

الشكل 6. متوسط التغير في العدد السنوي للأيام الحارة (مؤشر عدد الأيام الحارة: الأيام التي تتجاوز فيها درجة الحرارة القصوى 35 درجة مئوية) في الأجلين القريب (2021-2040) والمتوسط (2041-2060) مقارنةً بالفترة المرجعية (1995-2014) في اليمن



المصدر: تجميع المؤلفين.

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



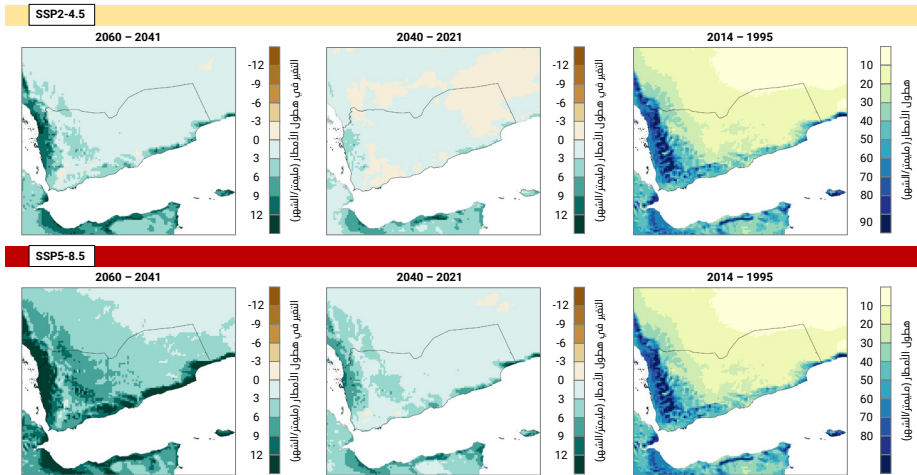
هطول الأمطار

والساحل الجنوبي، ويرتبط ذلك بهبوب رياح موسمية قوية ناتجة من بحر العرب والمحيط الهندي (الشكل 7). وفي الأجل القريب (2021-2040)، من المتوقع أن تتجاوز الزيادات في هطول الأمطار 3.2 ملمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، و6.9 ملمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن يصل معدل الارتفاع إلى 8.9 ملمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، وإلى 16.5 ملمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وقد تشهد المناطق شبه الجافة، مثل وادي حضرموت والمهرة، زيادات طفيفة تقل عن 3 ملمتر شهرياً، مع امتداد دوران الرياح الموسمية إلى الداخل. ومع ذلك، قد تترافق هذه الزيادات بتقلبات أكبر وظواهر مناخية أكثر تطرفاً، ما يسفر عن عواصف شديدة تتخللها فترات جفاف طويلة.

الأمطار في اليمن موسمية وتتنوع على نحو غير متساو. ومعظم أراضي اليمن جافة، يقل فيها معدل الأمطار السنوية عن 100 ملمتر، في حين تتلقى المرتفعات الغربية ما بين 400 و800 ملمتر من الأمطار، تتركز في موسمين مطيرين: موسم يمتد من آذار/مارس إلى أيار/مايو تهطل فيه أمطار ريفية خلال فترات زمنية قصيرة، وموسم يمتد من تموز/يوليو إلى أيلول/سبتمبر تهطل فيه أمطار أكثر غزارة ناتجة عن الرياح الموسمية الجنوبية الغربية. وتعد السهول الساحلية مثل تهامة وعدن والحديدة، شديدة الجفاف، تتلقى أمطاراً متفرقة خلال فترات زمنية قصيرة، في حين تبقى الهضبة الشرقية والصحراء (مرأب والمهرة) شديدي الجفاف. ومعظم الأمطار التي تتلقاها جزيرة سقطرى، المتأثرة بأنماط الدوران في المحيط الهندي، هي الأمطار الناتجة عن الرياح الموسمية الصيفية.

وتشير التوقعات المستقبلية إلى زيادة عامة في معدل هطول الأمطار، لا سيما على طول المنحدرات الغربية

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



المصدر: تجميع المؤلفين.

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



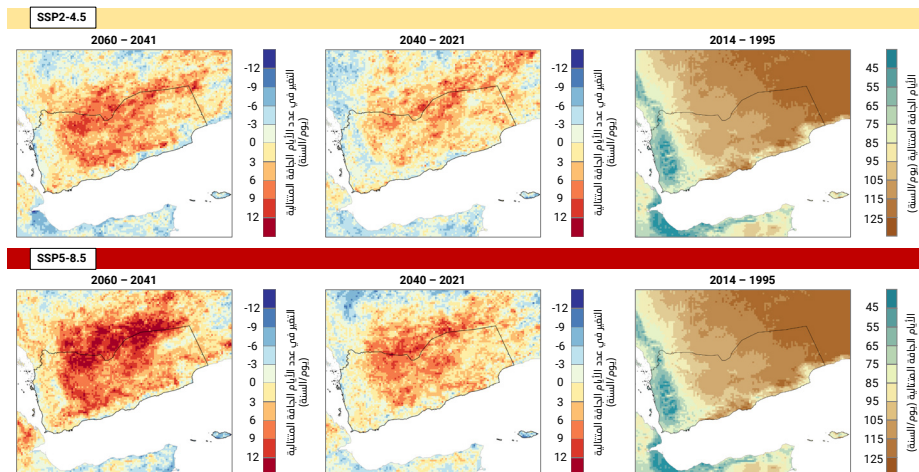
الجفاف (عدد الأيام الجافة المتتالية)

وأكثر من 127 يوماً في الشرق (الشكل 8). ومن المتوقع أن تشهد غالبية المناطق فترات جفاف أطول، باستثناء الممر الممتد بين المرتفعات الغربية والساحل الجنوبي. وبحلول الأجل القريب (2040-2021)، من المتوقع أن يزداد عدد الأيام الجافة المتتالية بمقدار 7 أيام أو أكثر، مقابل انخفاض يتراوح بين 2 و4 أيام في المرتفعات الغربية وعلى طول الساحل الجنوبي. وبحلول الأجل المتوسط (2060-2041)، من المتوقع أن تزداد فترات الجفاف الأطول بما يتراوح بين 9 أيام و12 يوماً، لا سيما في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، مقابل انخفاض بما يتراوح بين 2 و3 أيام في المرتفعات الغربية وعلى طول الساحل الجنوبي.

يعود تعرّض اليمن الطويل الأمد للجفاف إلى تباين حاد في هطول الأمطار، إلا أن قابلية التأثير هذه قد تفاقمت في العقود الأخيرة بسبب الاستخراج المكثف للمياه الجوفية، وتجزئة إدارة المياه، والنمو السكاني السريع، والاعتماد الكبير على الزراعة البعلية. وتُظهر التحليلات الهيدرولوجية على المدى البعيد زيادة ذات دلالة إحصائية في نقص الماء على المستوى الوطني على مدى نحو ثلثي قرن، ما يشير إلى أن الجفاف في اليمن ليس ظاهرة عابرة، بل سمة هيكلية لنظام المياه¹.

وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، تراوح عدد الأيام الجافة المتتالية في السنة بين أقل من 57 يوماً في الممر الغربي

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



المصدر: تجميع المؤلفين.

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



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

إلى سيول وميضية أكثر تواتراً وشدة، وزيادة الجريان السطحي في الأودية وتآكل التربة، فضلاً عن ارتفاع المخاطر التي تهدد المستوطنات والبنية التحتية الواقعة على المنحدرات الشديدة والسهول الفيضية. وتتعرض هذه المناطق أيضاً على نحو متزايد لتأثيرات الأعاصير والرطوبة الناتجة من بحر العرب.

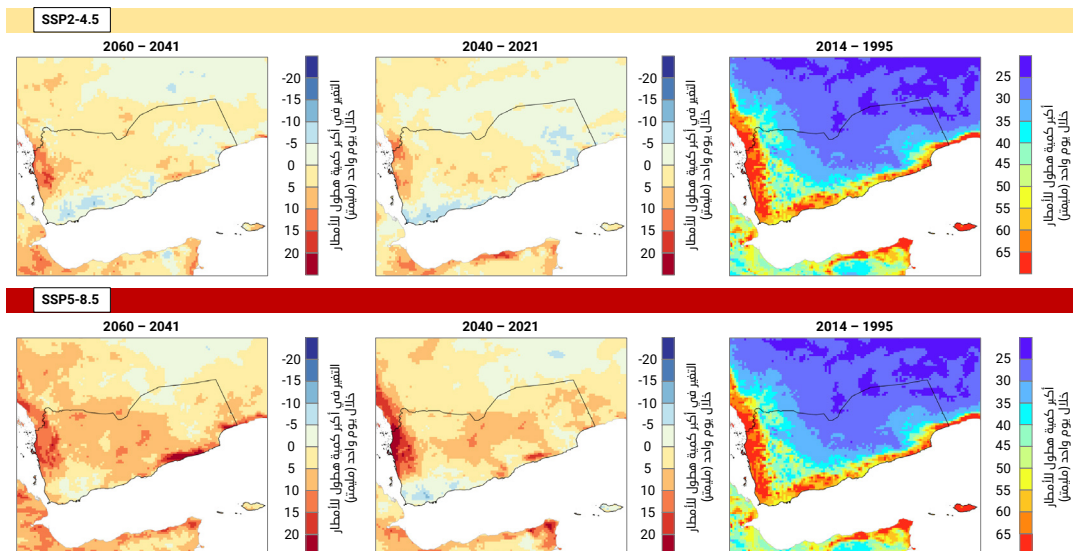
وعلى طول الساحل الجنوبي الشرقي، يشير ارتفاع أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد إلى تحول نحو أمطار ساحلية أكثر غزارة، ما قد يؤدي إلى زيادة تواتر الفيضانات في المناطق الحضرية والساحلية، بما يتجاوز قدرة شبكات الصرف الصحي على استيعابها، وإلحاق أضرار بالطرق والموانئ والمجتمعات السكنية الواقعة في المناطق المنخفضة. وتقع هذه المناطق بالقرب من مسار الأعاصير في بحر العرب، حيث خلّفت عواصف تشمل «تشابالا» (2015) و«ميغ» (2015) آثاراً جسيمة.

وتشير الزيادات في أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد في وسط اليمن، بالتزامن مع ارتفاع عدد الأيام الجافة المتتالية، إلى نمط يتمثل في فترات جفاف أطول تخللها أمطار أكثر غزارة خلال يوم واحد، ما يفاقم خطر السيول الوميضية من دون أن يرفع بالضرورة توفر المياه. وقد يؤدي هذا التأثير المشترك إلى حدوث فيضانات أكثر تدميراً، وانخفاض في معدل تسرب المياه إلى التربة، وتفاقم الجفاف، إذ تتحول نسبة أكبر من الأمطار الغزيرة إلى جريان سطحي سريع، ما يحدّ من إمكانية تغذية المياه الجوفية.

تتميز الأمطار الغزيرة في اليمن بأنها تهطل خلال فترات زمنية قصيرة لكن بغزارة شديدة، لا سيما في المرتفعات الغربية، حيث تزيد التربة الجافة والتضاريس الشديدة الانحدار من خطر حدوث فيضانات وميضية. وفي آب/أغسطس 2024، أسفرت العواصف الشديدة على نحو استثنائي عن هطول أمطار بلغت 120 ملمتر في يوم واحد، فيما اقترب إجمالي الأمطار في خلالها من 300 ملمتر، ما تسبب بفيضانات مميتة في الثلث الغربي من البلد، بما في ذلك الحديدة وحجة وصعدة وتعز ومأرب². وتظهر نماذج المناخ التاريخية للفترة المرجعية (1995-2014) أن أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد تجاوزت 63 ملمتر على طول السواحل الغربية والجنوبية.

ومن المتوقع أن يشهد هطول الأمطار الغزيرة. وبحلول الأجل القريب (2021-2040)، من المتوقع أن ترتفع أكبر كمية هطول للأمطار خلال يوم واحد بمقدار 0.6 ملمتر في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، وبمقدار 4.3 ملمتر في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن تصل الزيادات إلى 1.7 ملمتر في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) وإلى 6.1 ملمتر في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، مع تسجيل بعض المناطق، ولا سيما الممر الغربي والساحل الجنوبي الشرقي، زيادات بمقدار 15 ملمتر أو أكثر. وقد تؤدي زيادة المعدلات الإجمالية لهطول الأمطار في يوم واحد على طول الساحل الغربي وفي المرتفعات

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 اليمن



المصدر: تجميع المؤلفين.

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



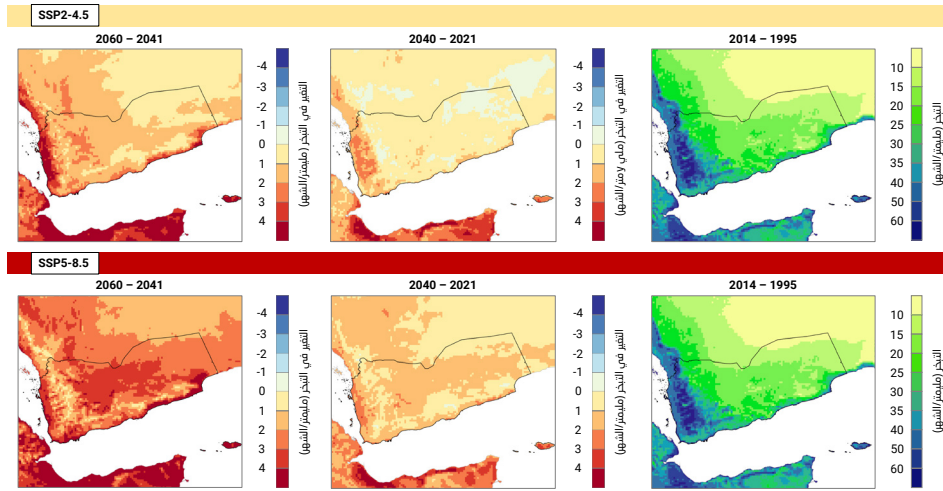
التبخّر

شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و1.2 ملليمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن يسجل معدل التبخر ارتفاعاً إضافياً يصل إلى 1.4 ملليمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، وإلى 2.8 ملليمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). ومن المتوقع أن يؤدي ارتفاع قدرة الغلاف الجوي على سحب الرطوبة بالتبخّر إلى استمرار هيمنة التبخر على التوازن المائي في اليمن، إذ تعود حصة كبيرة من الأمطار إلى الغلاف الجوي بدلاً من أن تتمكن من زيادة رطوبة التربة وتغذية المياه الجوفية وزيادة الجريان السطحي.

يُعد التبخر من العوامل الرئيسية المساهمة في الجفاف الطويل الأمد في اليمن. وتتأثر الهيدرولوجيا في البلد بارتفاع درجات الحرارة والجفاف الشديد والفقدان السريع للمياه من الغلاف الجوي، ليصبح التبخر المسار الرئيسي لفقدان المياه، وهو ما يسهم في النقص المزمّن في المياه. وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، بلغ متوسط التبخر 25 ملليمتر شهرياً، ليشكل 77 في المائة من إجمالي الهطول.

ومن المتوقع أن يزداد التبخر مع اشتداد الاحترار في وسط وشرق وجنوب اليمن (الشكل 10). وبحلول الأجل المتوسط (2041-2060)، من المتوقع أن يبلغ معدل الارتفاع 0.4 ملليمتر

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



المصدر: تجميع المؤلفين.

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



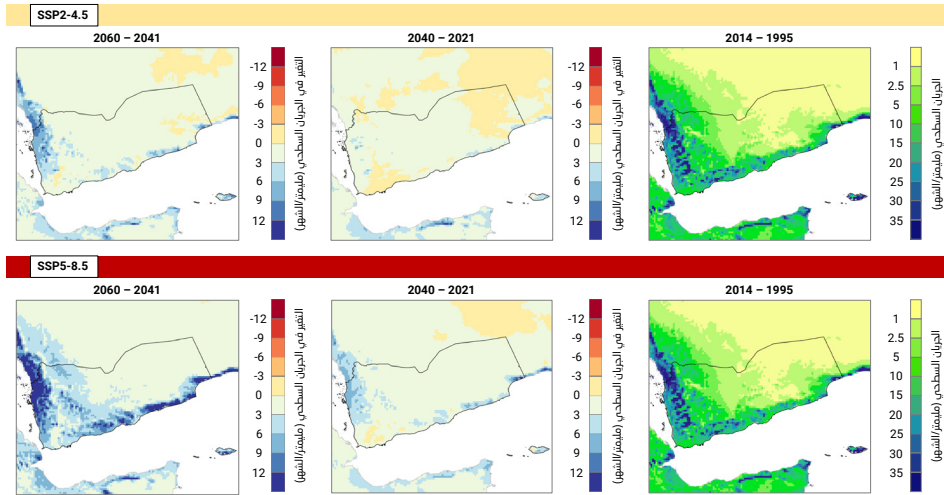
الجريان السطحي

الغربية والساحل الجنوبي (الشكل 11). وتعكس هذه الزيادات أمطاراً أكثر غزارة وتواتراً، ما يزيد الجريان السطحي في المناطق التي سرعان ما توجه المنحدرات شديدة فيها المياه نحو الأودية. وفي الأجل القريب (2021-2040)، من المتوقع أن تتجاوز الزيادات في هذه المناطق 2.4 ملليمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، و5.2 ملليمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5)، لترتفع أكثر إلى 6.4 ملليمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، و12.8 ملليمتر شهرياً في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) بحلول الأجل المتوسط (2041-2060). في المقابل، تشهد الأحواض الداخلية والهضاب تغيرات أقل، بينما يواصل ارتفاع معدل التبخر المستمر وجفاف التربة الحد من توليد الجريان السطحي.

الجريان السطحي في اليمن سريع ومتقطع، وذلك نتيجة للتضاريس الشديدة الانحدار والأمطار الغزيرة لفترات قصيرة، في ظل الارتفاع الشديد في قدرة الغلاف الجوي على سحب الرطوبة بالتبخّر. وتؤدي هذه الظروف إلى فيضانات يرتفع منسوب مياهها على نحو مفاجئ، ثم تنحسر بسرعة، ما يترك كمية قليلة من المياه المتاحة لتغذية المياه الجوفية واستمرار الجريان المائي. وتشكل المرتفعات الغربية المصدر الرئيسي للجريان السطحي، إذ تؤدي العواصف الحملية الشديدة والمتفرقة، إلى جانب المنحدرات الشديدة، إلى توليد جريان سطحي يفوق متوسطه 35 ملليمتر شهرياً في الفترة المرجعية (1995-2014).

ومن المتوقع أن يزداد الجريان السطحي، وأن تُسجل معدلات الارتفاع القصوى على طول الساحل الغربي والمرتفعات

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



المصدر: تجميع المؤلفين.

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

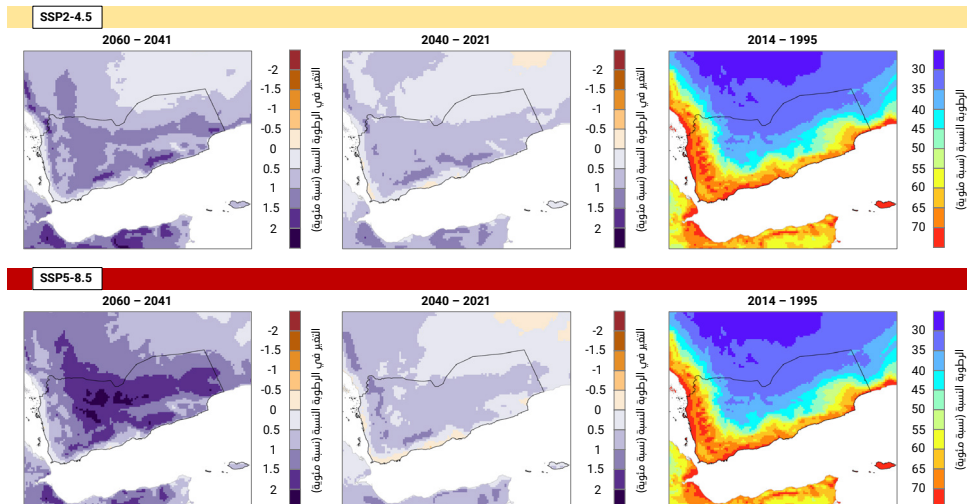


الرطوبة النسبية

ومن المتوقع أن ترتفع نسبة الرطوبة النسبية في جميع أنحاء اليمن. وقد يصل متوسط الزيادات إلى 0.5 في المائة في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5)، و1.1 في المائة في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) بحلول الأجل القريب (2040-2021)، وإلى 1 في المائة في إطار سيناريو الانبعاثات المعتدلة (SSP2-4.5) و2.9 في المائة في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5) بحلول الأجل المتوسط (2060-2041) (الشكل 12).

تعكس الرطوبة النسبية في اليمن الحر الشديد، والتباين الحاد بين المناطق الساحلية والداخلية، والتقلبات اليومية الملحوظة. وتُعد السواحل الغربية والجنوبية الأكثر رطوبة جراء قربها من البحر، في حين تشهد المرتفعات الغربية رطوبة معتدلة. وفي المناطق الأكثر ارتفاعاً، تؤدي درجات الحرارة المنخفضة ليلاً إلى ارتفاع معدل الرطوبة النسبية، حتى عندما تسجل القيم انخفاضاً حاداً في النهار. وفي المناطق الداخلية، تنخفض نسبة الرطوبة النسبية مع سيطرة الكتل الهوائية الحارة والجافة على الهضبة الوسطى والشرقية.

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



المصدر: تجميع المؤلفين.

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

العرب إلى الداخل، وتكون أكثر برودة في الليل، ما يزيد من انحراف الرطوبة النسبية مقارنة بالمناطق المحيطة. وفي هذه المناطق، قد تتجاوز الزيادة في الرطوبة النسبية 2 في المائة بحلول الأجل المتوسط، في إطار سيناريو الانبعاثات المرتفعة (SSP5-8.5). وتبدو هذه التغيرات صغيرة من الناحية العددية، إلا أنها ملحوظة نظراً إلى ما يترتب عليها من آثار على الإجهاد الحراري، وتكوّن الضباب والندى، والاحتفاظ بالرطوبة المرتبطة بالأعاصير.

ومن المناطق التي تشهد زيادات محلية ملحوظة في الرطوبة الهضبة الجنوبية الداخلية والسهول الداخلية الممتدة بين حضرموت والجوف. والهضبة الجنوبية شديدة التأثر بانتقال الرطوبة بالرياح، إذ يقترن تدفق الرطوبة القوية من بحر العرب بانخفاض ملحوظ في درجات الحرارة ليلاً، ما يؤدي إلى ارتفاع كبير الرطوبة النسبية مقارنة بالسهل الساحلي المجاور والهضبة الداخلية الجافة. وبالمثل، توجّه المناطق الانتقالية بين حضرموت والجوف الهواء الرطب من بحر



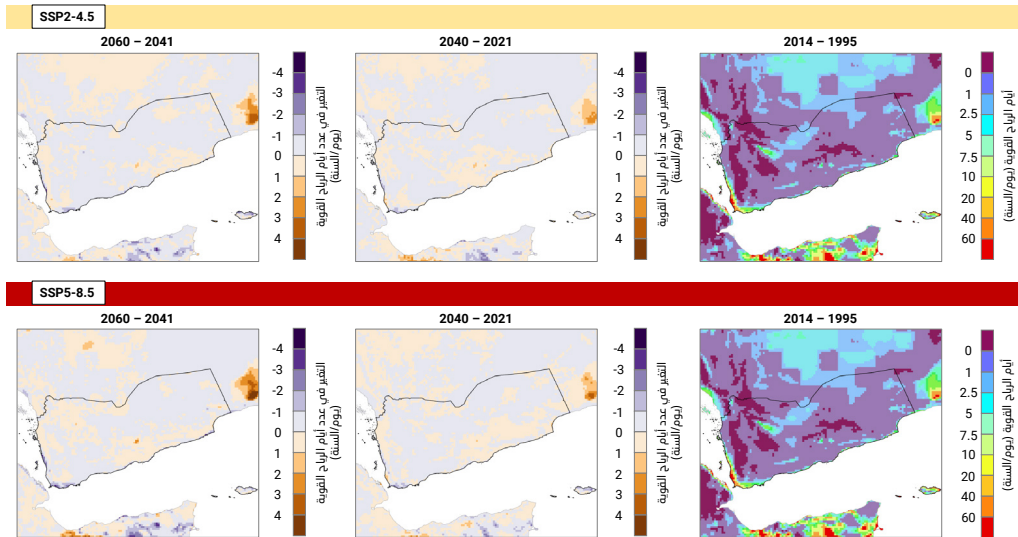
أيام الرياح القوية

الشمالية التي تتراوح سرعتها بين 10 و12 متر/الثانية على منطقة الجوف (الشكل 13).

وتبقى التغيرات المتوقعة في عدد أيام الرياح القوية قريبة من الصفر، ما يشير إلى أن مستويات التعرض الحالية قد تستمر في هذه المناطق التي تواجه أصلاً مستويات تعرض مرتفعة للغاية. ونتيجةً لذلك، من المتوقع أن تستمر المخاطر المرتبطة بنقل الرمال وتآكل التربة وهبوب الرياح المصاحبة للأعاصير في الأجل المتوسط في إطار سيناريوهي الانبعاثات.

أيام الرياح القوية، التي تتجاوز فيها السرعة القصوى اليومية للرياح 10.5 متر/الثانية، تنتج عن أعاصير في بحر العرب وعن أنظمة الرياح الإقليمية القوية. وعندما تتفاعل هذه الأنظمة مع التضاريس الشديدة الانحدار، قد يؤدي توجيه الرياح بفعل التضاريس إلى تعزيز الرياح في المناطق الداخلية، ما يفاقم المخاطر المرتبطة بالظواهر الساحلية، ونقل الرمال، والسيول المفاجئة. وفي الفترة المرجعية (1995-2014)، تركزت معظم أيام الرياح القوية في المناطق الساحلية، ولا سيما غرب عدن، التي سجلت أكثر من 60 يوماً في السنة، في حين أثرت الرياح

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 اليمن



المصدر: تجميع المؤلفين.

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

نبذة عن التوقعات المناخية

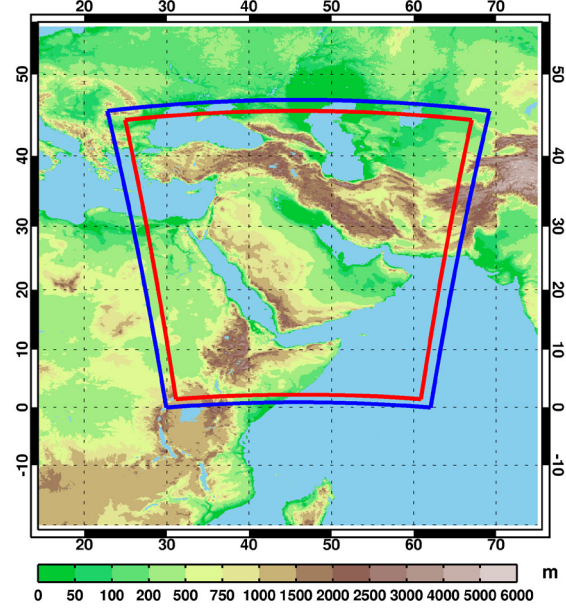
الإصدار الخامس من إعادة التحليل هو إجراء عملية إعادة بناء متسقة من الناحية الفيزيائية للظروف الجوية السابقة، ويُستخدَم على نطاق واسع كخط أساس مرجعي لتقييمات المناخ الإقليمية.

اقتُبست 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

واستُمدَّت التوقعات المناخية الواردة في هذا التحليل من نتائج النمذجة المناخية الإقليمية التي طُورت لنطاق المشرق في إطار مبادرة ريكار³ (الشكل 14). وقد قلّصت 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 إنّ 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 (SMHI) HCLIM-ALADIN
النطاق المفصل النطاق الكامل



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

ACAPS Analysis Hub, Middle East (2024). "Yemen – Impacts of 2024 heavy rains".

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](#).

Gadain, H., and Libanda, B. (2023). "Agricultural water deficit trends in Yemen". Atmosphere.

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.

الحواشي

1. Gadain and Libanda, 2023.
2. ACAPS, 2024.
3. SMHI and ESCWA, forthcoming.



رؤيتنا: طاقات وابتكار، ومنطقتنا استقرار وعدل وازدهار

رسالتنا: بشعف 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

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

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