

## تغير المناخ: التأثير والتكيف البنى التحتية

حامد عسّاف





## 1. مقدمة

البنى التحتية هي العصب الأساسي الذي تقوم عليه كل أنواع النشاطات البشرية، من منزلية وتجارية وصناعية، في البيئات الحضرية والريفية على حد سواء. وتتمثل أهمّ البنى التحتية في شبكات النقل، وأعمال حماية السواحل، وشبكات مياه الشرب ومياه الصرف، ومنشآت توليد الكهرباء، وخطوط أنابيب النفط والغاز، وهي كلّها عرضة للتأثر بالتغيرات المناخية الداهمة. وعلى رغم أهميّة البنى التحتية، فإن دراسات قليلة أجريت في أنحاء العالم، وأقلّ منها في العالم العربي، لتقدير مخاطر التغير المناخي على البنى التحتية واستقصاء استراتيجيات التكيف. ولذلك فإنّ هذه الدراسة التقديرية مبنية على مراجعة المنشورات التي ظهر معظمها في الدول المتقدمة واستقراء نتائجها قياساً على العالم العربي. ويستند القياس إلى دراسات مختارة حول مناطق مشابهة من حيث المناخ والسمات السطحية الطبيعية والمعالم الحضرية.

جداً وإطالتها إلى تليين الأسفلت وما ينتج عن ذلك من تفسّخ الطرق المرصوفة، وبالتالي تأثر السير عليها وزيادة مخاطر حوادث المرور. كما يمكن أن ينتج عن هذه الأحوال الجوية فُرط تمدد مكونات الجسور وتشوّه العناصر المعدنية كخطوط السكك الحديدية والأجزاء الفولاذية في الجسور. بالإضافة إلى ذلك، فإنّ درجات الحرارة العالية تضعف فعالية أعمال البناء والصيانة وتضاعف المخاطر الصحية المرتبطة بالحرارة العالية والتي يتعرّض لها عمال البناء ومستخدمو وسائل النقل، وتحدّ من الحمولة القصوى للشاحنات والطائرات.

بناءً على عمل المجلس الوطني الأميركي للأبحاث (2008)، حدّد نيومان وبراييس (2009) عدّة مقاييس لتطوير وتعزيز إمكانات التكيف في قطاع النقل. ومن النقاط الوثيقة الصلة بالمنطقة العربية التغييرات في الممارسات العملية للتشغيل والصيانة، واستراتيجيات التصميم، وتخطيط الاستثمارات الرأسمالية، وضبط استخدام الأرض، واعتماد تقنيات وموادّ جديدة، وتطوير قاعدة معلومات وأدوات لدعم القرارات.

وينبغي إدراج الاستعداد لمواجهة الأحوال والأحداث المناخية الشديدة في العمليات العادية مع التشديد على توثيق التعاون مع هيئات إدارة الطوارئ، وينبغي تصميم البنى التحتية، خصوصاً أجزاءها الحساسة، وفقاً لمقاييس أشدّ صرامة. ونظراً لعدم الانتظام في نماذج تأثيرات

تعالج هذه الدراسة أربع فئات من البنى التحتية، هي: النقل، وأعمال حماية السواحل، وشبكات مياه الشرب ومياه الصرف، وأنظمة توليد وإمداد الطاقة. وتستعرض الدراسة آثار التغير المناخي على أنظمة البنى التحتية المذكورة وتبرز الخيارات الممكنة لبناء قدرات التكيف وتعزيزها.

## II. البنية التحتية للنقل

تشمل البنى التحتية للنقل الشبكات، كالطرق والطرق السريعة، والمنشآت والمرافق، كالجسور والموانئ والأنفاق (US National Research Council, 2008). والبنى التحتية للنقل في العالم العربي معرّضة عموماً لأيام طويلة من الحرّ الشديد وللعواصف الرملية والعواصف الرعدية والغبار والرياح الشديدة، وللأمواج العارمة في المناطق الساحلية. ويتوقع أن تزداد هذه الأحوال المناخية حدّةً ويتكرّر حدوثها ويتوسّع انتشارها في ظل التغيرات المناخية المرتقبة.

يمكن، بشكل عامّ، تصنيف آثار التغير المناخي على قطاع النقل في فئتين، هما: الآثار المتعلقة بالسلامة الإنشائية للبنى التحتية، والآثار المتعلقة بتشغيل البنى التحتية. واستناداً إلى تقرير المجلس الوطني الأميركي للأبحاث (2008)، يمكن تلخيص هذه الآثار على الشكل الوارد في الجدول 1. قد يؤدي الارتفاع المتوقع في حدّة الأيام الحارة

## الجدول 1

## تأثيرات التغييرات المناخية المتوقعة على قطاع النقل

التغيرات المناخية	الأثار على العناصر الإنشائية للبنى التحتية	الأثار على تشغيل البنى التحتية
زيادات في تكرر وشدة الأيام الحارة جداً وموجات الحر.	● فرط تمدد وصلات الجسور والطرق المرصوفة. ● نقص لزوجة الأسفلت مما قد يؤدي إلى تخذد الطرق بفعل أثر الإطارات وإزاحة سطوحها المرصوفة. ● تشوهات العناصر المعدنية بما فيها خطوط السكك الحديدية والأجزاء الفولاذية في الجسور، الخ...	● الحدّ من طاقة الحمولة القصوى للشاحنات والطائرات بفعل ضعف الأسفلت المرصوف. ● الأحوال المناخية الصعبة تحدّ فعالية أعمال البناء والصيانة وتزيد تكاليفها.
ارتفاع مستويات مياه البحر / زيادة ارتفاعات الأمواج.	● غمر عناصر النقل الساحلي، بما فيها الطرق والجسور والمطارات، الخ... ● تآكل وتلف الطرق المرصوفة ودعائم الجسور وقواعدها. ● تعديلات باهظة التكاليف في مرافق الموانئ لمواجهة زيادة المدّ وجيشان الأمواج.	● إغلاق متكرر للطرق الساحلية بسبب جيشان البحر. ● عنف العواصف قد يعطل الأعمال ويشكل مخاطر تهدد المسافرين في المطارات الساحلية (مثل مطاري بيروت والمنامة).
زيادة تكرر وحدة العواصف الرملية والعواصف الرعدية والرياح الشديدة.	● زيادة الأضرار اللاحقة بالطرق والسكك الحديدية والجسور. ● تفاقم مخاطر الانزلاق الصخري والانزلاق الطيني في المناطق الجبلية، مثل لبنان.	● العواصف الرملية الشديدة في أنحاء العالم العربي قد تعيق حركة المرور على الطرق وتزيد تكرار إقفال الطرق واحتمالات وقوع حوادث. ● تعطيل حركة أعمال المطارات.

المصدر: Adapted from the U.S. National Research Council (2008).

تفتح آفاقاً جديدة أمام إدارة تأثيرات التغيير المناخي وتصميم عناصر للبنى التحتية قادرة على تحمل الأحوال المناخية القاسية.

### III . حماية السواحل

التمدد الحراري لمياه البحار وتدفق المياه العذبة من ذوبان الكتل الجليدية والأنهار الجليدية، المصحوب أحياناً بانخساف الأرض في بعض المواقع، سيؤديان حتماً إلى ارتفاع مستوى سطح البحر مع نهاية القرن الحادي والعشرين بما بين 19 و59 سنتيمتراً وفقاً لتقديرات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيير المناخ. وتجدر الإشارة إلى أنّ هذه التقديرات لا تُدخِل في الحسبان "التغييرات الديناميكية السريعة في تسبّل الجليد في المستقبل" وكامل مدى درجات الحرارة "المحتملة" (IPCC, 2007). كما أنّ الدلائل التي ظهرت مؤخراً على ارتفاع متوقع في كميات الماء الناتج من ذوبان الجليد المرتكز على اليابسة، كالغطاء الجليدي في غرينلاند، تشير إلى أنّ ارتفاع مستوى سطح البحر يمكن أن يتراوح في نهاية القرن بين 0,5 و1,4 متر،

التغيير المناخي، يمكن تصميم البنى التحتية بحيث تكون فترة عمرها أقصر وبذلك يسهل إجراء تحسينات هامشية لاكتساب المرونة في التعامل مع الظروف المناخية المتغيرة.

يمكن أن يشكّل التخطيط المتكامل للنقل واستخدام الأرض استراتيجية تكيّف فعالة في تخفيف تأثيرات التغيير المناخي، وذلك بتقييد التطوير والسكن في المناطق الشديدة المخاطر. ويمكن تطبيق ذلك على مستوى تخطيط البنى التحتية الجديدة أو إعادة تأهيل البنى التحتية المتضررة من التغيير المناخي. ويتوقع أن يتفاوت مدى نجاح هذا التوجه بين بلد وآخر تبعاً لحجم التطوير المنجز في المناطق المعرضة للخطر، ودرجة التكامل بين الدوائر المسؤولة عن التخطيط، ومدى دعم هذه التغييرات التي قد لا تلاقي الترحيب في كثير من الأوساط الهامة في المجتمع.

نشهد، في الآونة الأخيرة، تطورات تقنية هامة في أساليب المراقبة، وإدارة المعلومات، وأنظمة ونماذج تنفيذ القرارات، وصناعة مواد بناء جديدة. ومن شأن هذه التطورات أن



إحدى هذه الدراسات (El Raey et al., 1999) تقديراً لتأثيرات ارتفاع مستوى سطح البحر على منطقتين ساحليتين كبيرتين في مصر، هما الإسكندرية وبور سعيد، على ضوء الأوضاع الحالية وكذلك في حالات زيادة ارتفاع مستوى سطح البحر بمعدل 0,25 متر و0,5 متر واحد. وتوصلت الدراسة إلى أن هاتين المنطقتين معرضتان لارتفاع مستوى سطح البحر مع احتمال دفع ملايين الناس للنزوح الدائم والتسبب في خسارة بلايين الدولارات في المساكن والمرافق الترفيهية والأصول الصناعية والبنى التحتية في المناطق الحضرية.

وأوردت دراسة (Al-Jeneid et al., 2008) تقييماً لتأثيرات ارتفاع مستوى سطح البحر على جزر البحرين، بافتراض احتمالات الارتفاع 0,5 متر ومتراً واحداً و1,5 متر و3 متر و5 أمتار. وأكدت الاستنتاجات تعرض البحرين للمضرب حتى من جراء أدنى الاحتمالات أي الارتفاع بمقدار نصف متر. ويعود ذلك، بشكل عام، إلى كثافة تركيز السكان والنشاطات التجارية والصناعية في المناطق الساحلية، خصوصاً أن أهم المجمعات الصناعية والتجارية والبنى التحتية، ومنها الطرق الرئيسية والطرق السريعة، موجودة في أراضٍ منخفضة تم تطويرها حديثاً بردم البحر.

من المعضلات التي تواجه واضعي السياسات عند معالجة تأثيرات ارتفاع مستوى سطح البحر إيجاد توازن بين ضخامة حجم الاستثمارات في تطوير وصيانة أعمال

علماء أن بعض الدراسات يُظهر أن الذوبان من الأغشية الجليدية وحدها يمكن أن يسبب ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار مترين. ولن تقتصر أضرار ارتفاع مستوى سطح البحر على إغراق المناطق العالية الإنتاج والمكتظة بالسكان، وإنما هو يزيد حدة جيشان البحر مما يسبب انجراف الشواطئ وتآكل الطبقات الأساسية للطرق وعدم استقرار الجسور ومنشآت الموانئ، بالإضافة إلى أنه يشكل مخاطر جسيمة على سكان السواحل.

يمكن أن تكون لهذه التوقعات والتقديرية عواقب خطيرة جداً على العالم العربي، نظراً لكثافة التواجد السكاني والأصول الاقتصادية في المدن الكبرى ضمن المناطق الساحلية، مثل الإسكندرية والدار البيضاء والجزائر وطرابلس (ليبيا) وتونس وبيروت واللاذقية وجدة والبصرة والكويت ودبي. وفي دراسة لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (Nicholls et al., 2008) وقعت الإسكندرية في المرتبة التاسعة بين مدن الموانئ في العالم من حيث السكان المعرضين للخطر (1,33 مليون) والمرتبة السابعة عشرة بالنسبة للأصول المعرضة (28,46 بليون دولار)، ويتوقع أن تكون في المرتبة الحادية عشرة بالنسبة للسكان المعرضين للخطر (4,38 ملايين) والمرتبة العشرين في الأصول المعرضة (563,28 بليون دولار).

وعلى رغم خطورة هذا الوضع، لا توجد سوى دراسات قليلة لتقييم آثار ارتفاع مستوى سطح البحر في المنطقة العربية (مثلاً: AFED, 2008:129-131). وقد تضمنت

تتفاوت من منطقة إلى أخرى. فمنها ما يعتمد غالباً على موارد المياه العذبة المتجددة كما في مصر ولبنان والعراق، ومنها ما يعتمد كلياً على مياه الطبقات الجوفية الأحفورية غير المتجددة وتحلية مياه البحر كما في دول الخليج. وسوف يؤدي التغيير المناخي، مقروناً بالنمو السكاني المفرط وارتفاع مستويات المعيشة، إلى تفاقم حالة ندرة المياه في أنحاء العالم العربي. وتُقدَّر معظم نماذج الدوران العام للمناخ أن شمال أفريقيا والمشرق العربي سوف يعانيان من تناقص متواصل في إجمالي هطول الأمطار بالإضافة إلى ارتفاع درجات الحرارة، وهذا ما سيُنقِص الموارد المائية المتوافرة (Assaf, 2009). علماً أن ارتفاع مستوى سطح البحر سيزيد الضغوط على طبقات المياه الجوفية الساحلية ويسرّع تملحها الحاصل باستمرار، كما في بيروت ومدينة غزة. كذلك يُتوقع أن يتسبب التغيير المناخي في رفع درجات الحرارة في الشتاء في لبنان مما سينقص مقدار تساقط الثلوج، وهذا بدوره سيخفف الاختزان الطبيعي لكتل الثلج.

يمكن تحقيق التكيف مع هذه المتغيرات على أفضل وجه وبشكل مستدام عن طريق الإدارة المتكاملة للعرض والطلب على المياه. وتتضمن إدارة الطلب رفع التوعية العامة بشأن المحافظة على المياه، واستخدام تسعير المياه كأداة حافزة للحد من الاستهلاك، وإعادة تأهيل شبكات المياه لتخفيض الخسائر. وأظهرت الدراسات في الولايات



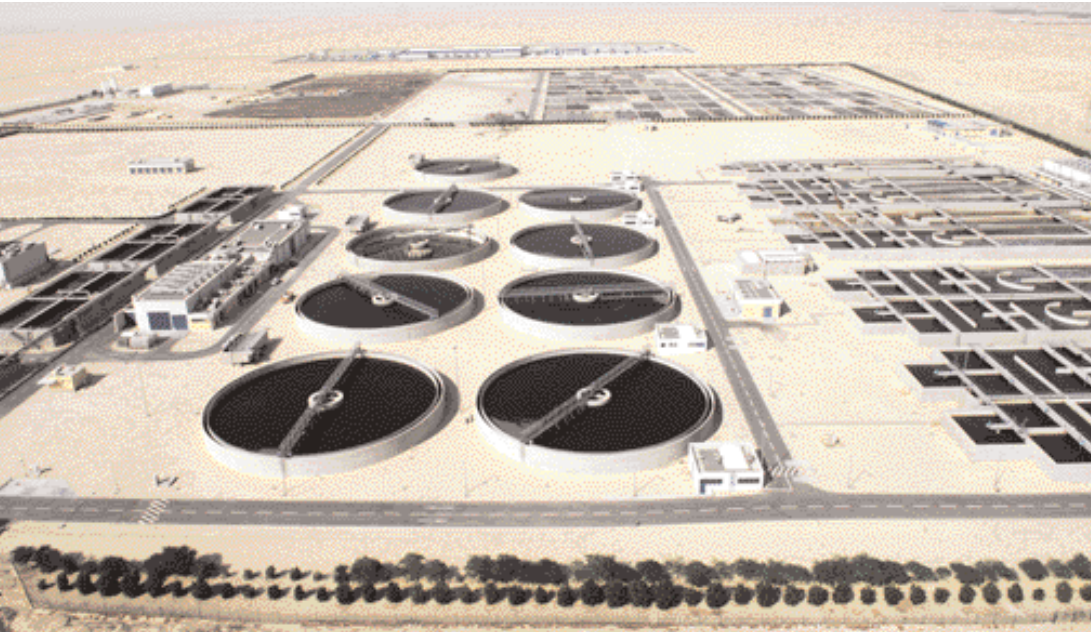
حماية السواحل، من جهة، وصعوبة ضبط وتقليص النمو الحضري والصناعي في المناطق الساحلية، من جهة أخرى. على سبيل المثال، يعتبر أنه من المستحيل اقتصادياً والمدّمراً اجتماعياً نقل ملايين السكان والمرافق الترفيهية والمؤسسات التجارية والصناعية إلى خارج المناطق الساحلية في مصر (El Raey et al., 1999). كما أن من المكلف جداً تطوير برامج شاملة لحماية السواحل على طول الخط الساحلي المصري الشاسع. أما البحرين، التي استثمرت أموالاً طائلة في تطوير المناطق المطوّرة بدم البحر، فلن تجد أمامها سوى خيارات محدودة جداً لتنقل سكان وموارد المناطق التي يُحتمل أن تتضرر إلى داخل البلاد.

وتستعرض دراسة (El Raey et al., 1999) عدّة احتمالات لمشاريع التكيف، منها: تغذية الشواطئ وتعزيز ذلك بمراطم موج، وإنشاء حواجز أمواج، وتعديل وتنظيم استخدام الأراضي، والإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية. يتمثل الخياران الأولان في تدابير إنشائية ذات تكاليف متغيرة، في حين أن تعديل وتنظيم استخدام الأراضي هو عبارة عن تدابير "متساهلة" هادفة إلى إعاقة وكبح التطوير في المناطق المعرضة للخطر. وينصح أصحاب الدراسة باعتماد الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية، وهي تجمع بين استخدام التدابير ونشر التوعية العامة وتعاون المؤسسات وبناء القدرات. وتشدّد على نهج التدابير غير الإنشائية أيضاً دراسة (Kirshen et al., 2008) خلصت إلى أن هذا النهج، بالإضافة إلى كونه مستداماً وملائماً للبيئة، يُعتبر سياسة مرنة ومربحة ومفيدة على جميع الأصعدة.

ويؤكد نيومان وبرابيس (2009) أن من الأجدى اقتصادياً تصميم وتطوير البنى التحتية لحماية السواحل على نطاق جماعي واسع، على رغم أن الهدف الأساسي منها هو حماية الأملاك الخاصة. ويشددان، من ناحية ثانية، على أهمية الجمع بين أعمال حماية السواحل وتنظيم استخدام الأرض، حيث يُضبط توسع تنمية المناطق المعرضة للخطر عبر التوعية العامة أو النظم والقوانين أو زيادة تكاليف التأمين، أو جميع هذه الإجراءات معاً.

#### IV. البنى التحتية لإمدادات الماء وشبكات مياه الصرف

مع أن شبكات إمداد الماء في العالم العربي تعاني عموماً من نقص شديد بسبب ازدياد الطلب وندرة المياه، فإنها



## ٧. البنى التحتية لتوليد الطاقة وإمداداتها

على رغم الأهمية الكبرى المعطاة لقطاع الطاقة كأكبر مصدر لانبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري، فإن تأثير التغير المناخي على شبكات توليد الطاقة وإمداداتها لم يُعطَ اهتماماً مماثلاً في الأبحاث والدراسات. ومن الدراسات البارزة حول تأثيرات التغير المناخي على قطاع الطاقة دراسة تمت بتكليف من البرنامج الأميركي لعلم التغير المناخي (US CCSP, 2007). وتستعرض الدراسة بإيجاز المعلومات المتوافرة حتى الآن حول تأثيرات التغير المناخي على استهلاك الطاقة وتوليدها وإمداداتها في الولايات المتحدة. وفي الفقرات التالية معلومات وردت فيها وكيف تنسحب على الوضع في العالم العربي:

نتيجة للارتفاع المتوقع في درجات الحرارة في الصيف، سوف تزداد الحاجة إلى الطاقة من أجل التبريد، وهي من أكثر البنود كلفة في فواتير الطاقة في معظم البلدان العربية. ومقابل ذلك، ستتنخفض الحاجة إلى الطاقة من أجل التدفئة نتيجة للارتفاع المتوقع في درجات الحرارة شتاءً. غير أن هذا التوفير في طاقة التدفئة سيكون صغيراً جداً بالنسبة للزيادة في طاقة التبريد. هذه الزيادة الصافية في متطلبات الطاقة سوف يعادلها التوفير المكتسب من التطورات التقنية التي ستحسن كفاءة استخدام المعدات المستهلكة للطاقة. ويستهلك جزء كبير من الطاقة في العالم العربي حالياً في أعمال استخراج المياه الجوفية وتحليتها ومعالجتها ونقلها

المتعددة أن فعالية نظام الموارد المائية تتوقف، بشكل عام، على قدرات التخزين وهي عوامل أساسية في استمرار مرونة النظام تحت تأثير التغير المناخي (Kirshen et al., 2006). وتشكل أحواض السدود معظم قدرات التخزين في أنحاء العالم وفي كثير من البلاد العربية التي فيها شبكات أنهار ومنها مصر والمغرب وسوريا والعراق. ويتزايد استخدام طبقات المياه الجوفية لاستغلال الفائض من جريان مياه الأمطار. ولهذا فائدة إضافية هي تخفيض فقدان المياه بسبب التبخر. تجدر الإشارة إلى أن مياه الصرف المعالجة تُعتبر مصدراً هاماً للماء، إذ يمكن أن تغذي منها موارد الماء العذب. وقد استثمرت تونس ومصر مبالغ ضخمة على مرافق معالجة مياه الصرف وشبكات إمداد الماء (EUROMED, 2009).

ويُتوقع أن تكون الزيادة المرتقبة في كثافة هطول الأمطار، بالإضافة إلى انخفاض الكفاية الهيدروليكية الناجمة عن ارتفاع مستوى سطح البحر في المناطق الساحلية، سبباً في تكرار طغح المجاري، مع ما يرافق ذلك من مشكلات صحية، وفي إغراق قنوات السيول والطرق (Infrastructure Canada, 2006). كما أن حالات هطول المطر الكثيف والعواصف الرعدية ترفع الحجم الأقصى وحمولة الترسيبات في محطات معالجة مياه الصرف، مما يؤدي إلى عدم فعالية المعالجة ونقص كفاءة المحطات واحتمال إيقافها. وينبغي إعادة النظر في وضع معايير لعناصر عملية معالجة مياه الصرف، وذلك لجعلها أكثر مرونة تحت تأثير التغير المناخي.



وتخطيط مواجهة العواصف في محطات الطاقة والمصافي، وتكوين احتياطات وقود استراتيجية لمواجهة حالات تعطيل إمدادات الوقود وانقطاع تسليمه (Neumann and Price, 2009).

## VI. استنتاجات وتوصيات

من المتوقع أن يؤثر التغيير المناخي، بشكل بالغ، على البنى التحتية في العالم العربي. والبنى التحتية لقطاع النقل معرضة، عموماً، لمخاطر ارتفاع حدة الأيام الحارة وتكرارها، ولتأثيرات العواصف وارتفاع مستوى سطح البحر. كما ستتأثر درجة موثوقية شبكات إمداد الماء بالنقص المرتقب في كميات المياه العذبة والارتفاع في درجات الحرارة. وستكون شبكات مياه الصرف عرضة للتأثيرات السلبية من زيادة هطول الأمطار وارتفاع مستوى سطح البحر. أما توليد الطاقة فسيعيقه ارتفاع درجات حرارة الجو المحيط، بسبب تأثير ذلك على كفاءة التوربينات الغازية وقدراتها وبسبب انتقاص فعالية التبريد في المعامل الحرارية. ولن تكون شبكات توزيع الطاقة ونقلها بمنأى عن مخاطر الانهيار والتعطل نتيجة لتفاقم حدة الأحوال المناخية.

لذلك، فإن أهم ما يُنصح به من أجل تطوير وتعزيز قدرات تكيف البنى التحتية في العالم العربي هو ما يلي: التكامل بين استخدام الأراضي وتصميم البنى التحتية، وإدارة الطلب على الماء والطاقة، وتعزيز مرونة عناصر البنى التحتية لتتحمل التغيير المناخي، وتطوير معايير التصميم والتشغيل لتشمل تأثيرات التغيير المناخي، واستخدام التقنيات الحديثة، وإشراك عامة الناس في اتخاذ القرارات، وزيادة جهود التوعية العامة بشأن مخاطر التغيير المناخي.

وتوزيعها. ولذلك فإن النقص المتوقع في إمدادات الماء العذب نتيجة للتغيرات المناخية وازدياد الطلب في المنطقة سيؤديان احتياجات الطاقة من أجل هذه الأغراض.

ويُتوقع أن يكون للزيادات المقدرة في متوسط درجات حرارة الهواء والماء ومحدودية توافر إمدادات كافية من ماء التبريد تأثيرات على فعالية تشغيل محطات الطاقة وتطوير محطات جديدة. ويتأثر أداء التوربينات الغازية، بشكل خاص، بدرجة الحرارة والضغط في الجو المحيط. فزيادة حرارة الجو 30 درجة مئوية، وهي أمر عادي ضمن التغييرات اليومية في المناطق الصحراوية، يمكن أن تفضي إلى تخفيض الكفاءة ما بين 1 و2 في المئة وإنقاص قدرة خرج الطاقة 20-25 في المئة. وبما أن هذه النتائج هي ذات بعد واحد، فإن للزيادات الطفيفة أيضاً تأثيرات بالغة على الفعالية والإنتاج (Davcock et al., 2004). وبالتالي يُتوقع أن يؤدي ارتفاع درجات الحرارة العامة إلى زيادة إجمالي إنتاج الطاقة وتكاليف الإنتاج. وسيشكل ارتفاع حرارة المياه معوقات للمعامل الحرارية.

كما يُتظر أن تؤثر التغييرات المناخية سلباً على البنى التحتية للطاقة المتجددة، فانخفاض جريان الأنهار سوف يُنقص إنتاج الطاقة الهيدروكهربية. وهذا مهم، بشكل خاص، بالنسبة لبلدان مثل مصر وسوريا والعراق التي تتمتع بطاقات هيدروكهربية. وستؤثر التغييرات في أحوال الرياح سلباً على أداء وموثوقية محطات طاقة الرياح الحالية وتلك المُزمع إنشاؤها. أما إنتاج الطاقة الشمسية فهو سريع التأثير بالتغييم الذي يُتظر أن يزداد في أنحاء المنطقة.

ويمكن أن تؤدي الزيادة المتوقعة في الأحداث المناخية الحادة إلى إغراق أبراج وخطوط نقل الطاقة، وتعطيل محطات الطاقة والمصافي. كما أنها قد تؤثر سلباً على نقل إمدادات الوقود بالشاحنات والسفن، الأمر الذي يضر، بشكل غير متناسب، المناطق النائية والدول الصغيرة التي لا تملك موارد طاقة محلية مثل لبنان. ويشار إلى أن كثيراً من محطات الطاقة في العالم العربي قائمة في أماكن لا تعلق سوى بضعة أمتار عن سطح البحر، مما يجعلها معرضة بشدة لمخاطر التلف بسبب ارتفاع مستوى سطح البحر أو جيشان الأمواج.

بالإمكان تعزيز قدرات التكيف في البنى التحتية للطاقة باتباع نهج تكاملي يستخدم التطورات التكنولوجية لتحسين كفاءة محطات التوليد، وإدارة الطلب، ولا مركزية توليد الطاقة لتوزيع مخاطر التغيير المناخي على مساحات أكبر،

## المراجع

- Al-Jeneid, S., Bahnassy, M., Nasr, S. and El Raey, M. (2008). 'Vulnerability assessment and adaptation to the impacts of sea level rise on the Kingdom of Bahrain'. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 13(1):87-104.
- Assaf, H. (2009). Climate Change: Potential Impact on Water Resources in the Middle East and Adaptation Options. Research and Policy Memo #2, *Research and Policy Forum on Climate Change and Environment in the Arab*, Issam Fares Institute for Public Policy and International Affairs, American University of Beirut (AUB), Lebanon.
- Davcock, C., R. DesJardins, and S. Fennell (2004). "Generation Cost Forecasting Using On-Line Thermodynamic Models". Proceedings of Electric Power, March 30-April 1, 2004, Baltimore, MD.
- El Raey, M., K. Dewidar, and M. El Hattab (1999). 'Adaptation to the impacts of sea level rise in Egypt'. *Climate Research*, CR Special issue 6, Inter Research, 12(2, 3):117-128.
- EUROMED (2009). Identification and Removal of Bottlenecks for Extended Use of Wastewater for Irrigation or for other Purposes.
- Infrastructure Canada (2006). *Adapting Infrastructure to Climate Change in Canada's Cities and Communities: A Literature Review*. Ottawa, ON: Infrastructure Canada, Research & Analysis Division.
- Kirshen, P., R. Matthias, and W. Anderson (2008). 'Interdependencies of urban climate change impacts and adaptation strategies: a case study of Metropolitan Boston USA'. *Climatic Change*. 86:105-122.
- Kirshen, P., M. Ruth, and W. Anderson (2006). 'Climate's Long-term Impacts on Urban Infrastructures and Services: The Case of Metro Boston'. In *Regional Climate Change and Variability: Impacts and Responses*, edited by M. Ruth, K. Donaghy, and P. Kirshen. Northampton, MA: Edward Elgar, 190-252.
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Scientific Basis, Summary for Policymakers* - Contribution of Working Group I to the IPCC Fourth Assessment Report 2007.
- Neumann, J.E., and J.C. Price (2009). Adapting to climate change, the public policy response - public infrastructure, Resources for the Future (RFF).
- Nicholls, R.J., S. Hanson, C. Herweijer, N. Patmore, S. Hallegatte, J. Corfee-Morlot, J. Chateau, and R. Muir-Wood (2008). Ranking Port Cities with High Exposure and Vulnerability to Climate Extremes: Exposure Estimates. OECD Environment Working Papers, No. 1. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, Environment Directorate.
- U.S. CCSP (2007). Synthesis and Assessment Product
- 4.5, Effects of Climate Change on Energy Production and Use in the United States. Washington, DC: U.S. Climate Change Science Program (CCSP).
- U.S. National Research Council (2008). Potential impacts of climate change on U.S. transportation. / Committee on Climate Change and U.S. Transportation, Transportation Research Board and Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies.