موجز سياسات #٢٠١٧/٢
شباط/فبراير ٢٠١٧

AUB POLICY INSTITUTE

أيهما الأقل تكلفة في تحلية المياه: الطاقة الشمسية أم الطاقة النووية؟

علي أحمد

د. علي أحمد، مدير برنامج سياسة الطاقة والأمن في الشرق الأوسط، معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية.

رامي بيطار

رامي بيطار، طالب دراسات عليا في برنامج دراسات الطاقة في الجامعة الأميركية في بيروت.

موجز

نظراً لضرورة الاستغناء التدريجي عن الوقود الأحفوري، يقترح عدد من دول المنطقة خططاً تطمح إلى الاستثمار في الطاقة النووية والشمسية لتلبية الطلب المتزايد على الكهرباء والمياه المحلاة. يقدم موجز السياسات هذا تحليلاً مقارناً لتكاليف تحلية المياه بواسطة الطاقتيْن النووية والشمسية في الشرق الأوسط. لقد تبيَّن لنا، من بين كافة تقنيات تحلية المياه وخيارات الطاقة التي تمت دراستها، أن التقنية الأقل تكلفة تنطوي على الاعتماد المزدوج لألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية (Photovoltaic PV) والتناضح العكسي (Reverse Osmosis RO). إلا أنه من الممكن تبرير الجمع بين الطاقة النووية وتقنيات تحلية المياه الحرارية في ضوء عوامل مثل القدرة الإنتاجية العالية للطاقة النووية، ووجود مستويات ملوحة منخفضة، وإمكانية وجود مصدر حراري خارج أوقات حمل الذروة.

الخلاصات الأساسية

- إنَّ الخيار الأقل تكلفة هو استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية كمصدر للطاقة إلى جانب تقنية التناضح العكسي لتحلية المياه (RO).
- تكون تكلفة كل من تقنيَّتيّ تحلية المياه متعددة التأثيرات (MED) وتحلية المياه الومضية متعددة المراحل (MSF) أدنى عند الاقتران بالطاقة النووية مما هي عليه عند الاقتران بالطاقة الشمسية المركزة (CSP).
- يبشر الانخفاض في تكاليف تقنيات الطاقة الشمسية الكهروضوئية بمزيد من التراجع في تكاليف عمليَّتيّ توليد الكهرباء وتحلية المياه عند اقترانهما بأنظمة التناضح العكسي.

يشهد الشرق الأوسط ازدياداً ملحوظاً في استهلاك المياه، ويعود ذلك إلى النمو السكاني والرسوم المدعومة من الدولة. وفي واقع الأمر، تعد مصادر المياه العذبة نادرة في المنطقة، وبالتالي فإنَّ الطلب على المياه المحلاة في ازدياد وعلى وجه الخصوص في دول مجلس التعاون الخليجي. فبحسب معهد الموارد العالمية (WRI)، سيواجه الشرق الأوسط شحاً في المياه وعوزاً شديداً لها بحلول العام ٢٠٤٠؛ حيث أنه من المتوقع في السنة السالف ذكرها أن تعد دول مجلس التعاون الخليجي من بين أكثر عشر دول في العالم عوزاً للمياه.

يكمن الدافع وراء هذه الدراسة المقارنة لعمليَّتي تحلية المياه بواسطة كل من الطاقتيْن النووية والشمسية، في ما تطرحه دول الشرق الأوسط من خطط تطمح إلى تعزيز أمن الطاقة لديها واستبدال اعتمادها على الوقود الأحفوري في العقود القادمة بتوظيفها لإمكانيات ضخمة نابعة من مصادر الطاقتيْن النووية والمتجددة. إلا أنَّ إمكانيات دول الشرق الأوسط الاقتصادية مختلفة، وقد لا يستطيع عدد منها، كالأردن ومصر على سبيل المثال، أن يضمن استدامة الاستثمارات الضخمة في مشاريع البنية التحتية المتعلقة بالطاقة. وبالتالي، قد يتوجب عليها اختيار تقنية معينة دون سواها. وقد تضطر البلدان الغنية بمواردها، مثل دول مجلس التعاون الخليجي، إلى تقليص ميزانياتها بسبب التراجع في عائدات النفط. كما أنه من المحتمل أن تجد هذه الدول نفسها في موضع يتطلب منها ترتيب أولوياتها في مجال استثمارات الطاقة عوضاً عن الشروع في خطة تنويع شاملة.

تكاليف عملية تحلية المياه بواسطة كل من الطاقتين النووية والشمسية

يرتبط الاقتصاد المقارن لمحطات تحلية المياه بواسطة الطاقتين النووية والشمسية بعدة معايير أساسية في تحليل تكاليف الكهرباء وتحلية المياه. في ما يتعلق بمحطات الطاقة النووية، فإن تكلفة رأس المال تعد المساهم الأول في تكلفة الكهرباء. وفي السياق عينه، على الرغم من أنّ تقنيتيّ الطاقة الشمسية الكهروضوئية والمركزة تستوجبان تكاليف رأس مال مرتفعة، فإنّ تقديرات تكاليف هاتين التقنيتيْن تُشير إلى إمكانية كبيرة في خفضها.

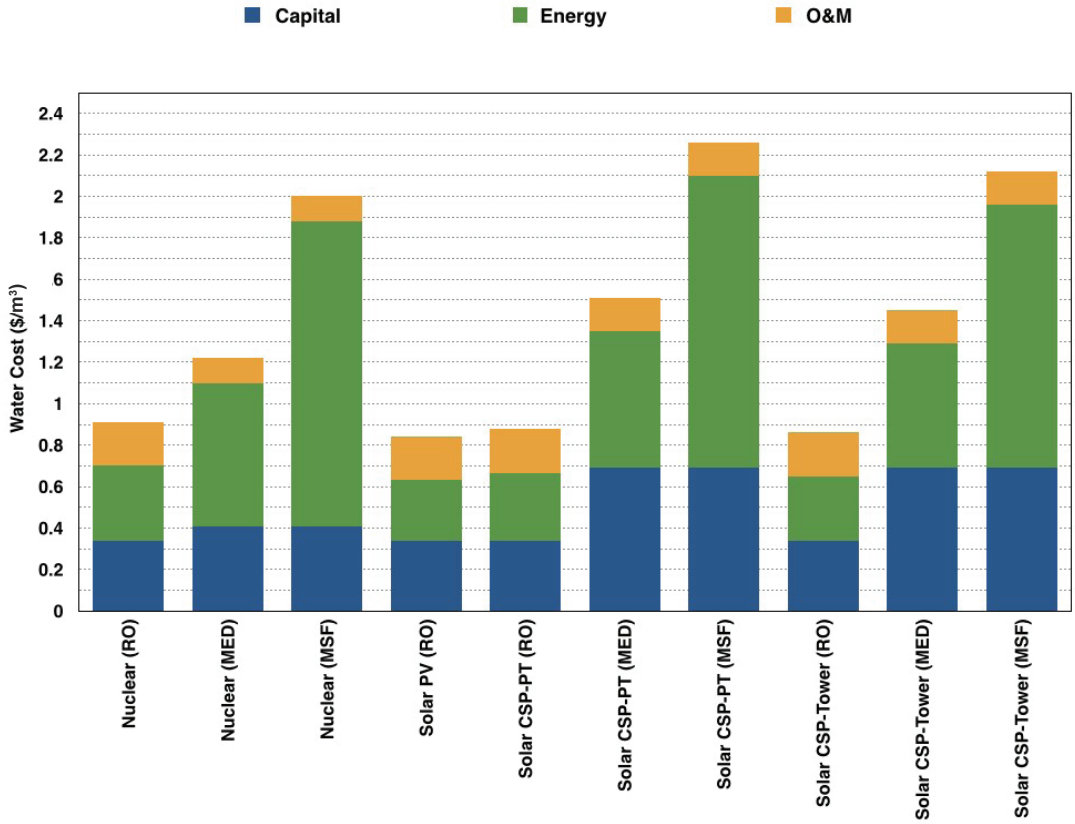
خلافاً للطاقة النووية، تتسم تقنيات الطاقة الشمسية بانعدام تكاليف الوقود وانخفاض تكاليف التشغيل والإدارة. علاوة على ذلك، وبمقارنتها مع تقنية الطاقة النووية، فإن تقنيات الطاقة الشمسية ما تزال غير ناضجة. وهذا أمر مبشر لأنه من المتوقع أن تساوي تكاليف رأس مال الألواح الكهروضوئية في العام ٢٠٣٠ نصف قيمتها الراهنة، إلا أن تكاليف التشغيل والإدارة ستكون قريبة إلى قيمتها الحالية.

إنّ نسبة الفائدة عامل آخر من العوامل المؤثرة على تكلفة إنتاج الطاقة. فمن المتوقع أن تحصل دول الشرق الأوسط على نسبة فائدة تتراوح من ٥ إلى ١٠٪. ومن المرجح أن تستفيد البلدان ذات الموارد الغنية، مثل دول مجلس التعاون الخليجي، من نسب فائدة منخفضة، بينما تحصل الدول ذات الإمكانيات المتواضعة والاقتصاد المتدهور، مثل مصر والأردن، على فوائد مرتفعة تقارب وتكاد تتجاوز نسبة الـ١٠٪.

في المجمل، قمنا بدراسة عشرة احتمالات للجمع بين التقنيات التكنولوجية للطاقة وتحلية المياه، مبنية على أربعة مصادر للطاقة وثلاث تقنيات لتحلية المياه. نذكر من بينها الطاقة النووية المقترنة بكل من التناضح العكسي، وتحلية المياه الومضية متعددة المراحل، وتحلية المياه متعددة التأثيرات، والطاقة الشمسية الكهروضوئية المرفقة بالتناضح العكسي فقط، والطاقة الشمسية المركزة المقترنة بكل من التناضح العكسي، وتحلية المياه الومضية متعددة المراحل، وتحلية المياه متعددة التأثيرات. يظهر المستند ا تكلفة تحلية المياه بالدولار الأميركي للمتر المكعب لمختلف احتمالات الجمع بين مصادر طاقة وتقنيات تحلية المياه.

كما هو متوقع، فإن تكلفة الطاقة هي العامل الأول المساهم في تكلفة تحلية المياه، لاسيما عندما يتعلق الأمر بالعمليات الحرارية. ومن بين كافة تقنيات تحلية المياه، تعد تقنية تحلية المياه الومضية متعددة المراحل الأقل تكلفة، تليها تقنية تحلية المياه متعددة التأثيرات، ثم تقنية التناضح العكسي. أما التكاليف الأخرى المرتبطة بالتشغيل والإدارة فتشكل نسبة ضئيلة من التكاليف الإجمالية لتحلية المياه. كما يُعتبر تشغيل وإدارة أنظمة التناضح العكسي الأعلى تكلفة، وذلك بسبب تأثر عمليات التناضح العكسي بالتلوث أكثر من تأثرها بعمليّتي تحلية المياه متعددة التأثيرات وتحلية المياه الومضية متعددة المراحل.

"لقد أثبتت الطاقة النووية أنها أقل تكلفة من الطاقة الشمسية المركزة عند استخدامهما مع تقنية تحلية المياه متعددة التأثيرات."



المستند ا

تكلفة تحلية المياه باستخدام ثنائيات مختلفة (بالدولار الأميركي للمتر المكعب)

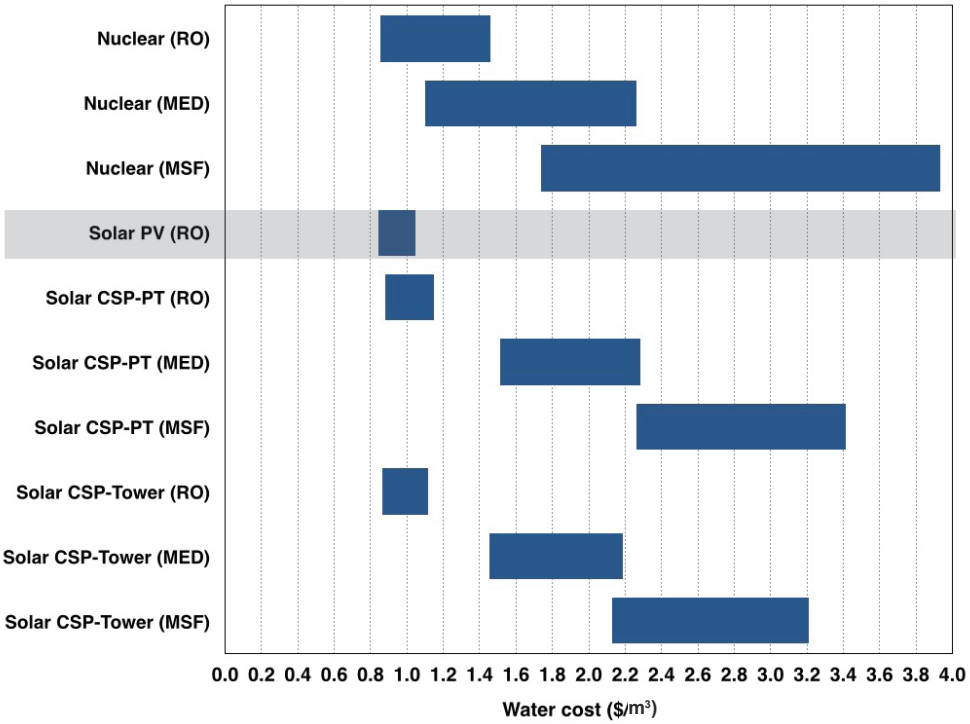
تعد أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية المقترنة بتقنية التناضح العكسي الخيار الأمثل اقتصادياً، حيث تبلغ تكلفة تحلية المياه ٠,٨٥ دولاراً أميركياً للمتر المكعب. وبالمقارنة مع محطة نووية تستخدم تقنية التناضح العكسي لتحلية المياه بتكلفة ٠,٩١ دولاراً أميركياً للمتر المكعب، نجد أن عملية تحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية تنتج مياهاً صالحة للشرب بتكلفة أقل. علاوة على ذلك، يبدو أن الاستخدام المزدوج للطاقة النووية والعمليات الحرارية لتحلية المياه يزيد من تكلفة تحلية المياه. ومع ذلك، تقدم هذه الخيارات إمكانيات الحصول على قدرة أكبر في تحلية المياه.

بالنسبة إلى تقنية تحلية المياه الومضية متعددة المراحل، فإن مصادر الطاقتين النووية والشمسية المركزة لا تعد قادرة على المنافسة اقتصادياً بسبب تكلفة رأس المال العالية لكل من تقنيَّتي الطاقة وتحلية المياه. وتجدر الإشارة إلى أن تكاليف أنظمة الطاقة الشمسية المركزة تتضمن تكاليف القدرة على تخزين الحرارة لمدة أقصاها ست ساعات. وبذلك تبلغ تكاليف رأس المال ٦,٣٠٠ دولار أميركي لكل كيلو واط كهربائي من حوض القطع المكافئ لإنتاج الطاقة الشمسية المركزة (CSP parabolic trough)، و٥,٧٠٠ دولار أميركي لكل كيلو واط كهربائي من البرج الشمسي لإنتاج الطاقة الشمسية المركزة (CSP Tower). من جانب آخر، فإنه يترتب عن الاستخدام المزدوج لتقنية تحلية المياه الومضية متعددة المراحل والطاقة النووية تكلفة رأسمال أقل، بقيمة ٠,٤١ دولاراً أميركياً للمتر المكعب، بالإضافة إلى تكلفة تشغيل وإدارة أقل، تبلغ ٠,١٢ دولاراً أميركياً للمتر المكعب. إلا أنَّ تكلفة الطاقة المرتفعة في الطاقة النووية، والتي تبلغ ١,٤٧ دولاراً أميركياً للمتر المكعب، تجعل التكلفة الإجمالية دولارَيْن أميركيَّيْن (٢,٠٠) للمتر المكعب.

لقد أثبتت الطاقة النووية أنها أقل تكلفة من الطاقة الشمسية المركزة عند استخدامهما مع تقنية تحلية المياه متعددة التأثيرات. كما أنّه يترتب عن تقنية تحلية المياه متعددة التأثيرات المقترنة بالطاقة النووية نفس تكاليف رأس المال والتشغيل والإدارة المترتبة عن محطة تحلية المياه الومضية متعددة المراحل، حيث تبلغ ٠,٤١ و٠,١٢ دولاراً أميركياً للمتر المكعب على التوالي. وبما أن تقنية تحلية المياه متعددة التأثيرات أقل استهلاكاً للطاقة من تقنية تحلية المياه الومضية متعددة المراحل، فإن تكلفة الطاقة لا تبلغ في الوقت الراهن سوى ٠,٦٨ دولاراً أميركياً للمتر المكعب، مما يجعل الطاقة النووية الخيار الأقل تكلفة من بين الخيارات الثلاثة، مع تكلفة مياه بقيمة ١,٢٢ دولاراً أميركياً للمتر المكعب.

يُظهر المستند ٢ نطاق تكاليف عملية تحلية المياه بالدولار الأميركي للمتر المكعب باستخدام تقنيات تحلية المياه والطاقة المختلفة. حيث تم تمثيل كل ثنائي ضمن نطاق يبيّن أقصى وأدنى تكلفة محتملة لتحلية المياه باستخدام التقنية المعنية. إنَّ قيمة التكلفة الدنيا مبنية على معدلات فائدة وتكاليف رأس مال منخفضة وفترات بناء قصيرة، بينما ترتكز القيمة القصوى على تقديرات محافظة، فيها معدلات فائدة مرتفعة ومدة بناء طويلة. والأهم من ذلك، يظهر المستند أن تقنية التناضح العكسي التي تعمل على ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية هي التقنية الأقل تكلفة لإنتاج مياه صالحة للشرب. وفي الحقيقة، لا تتعدى التكلفة القصوى لاستخدام ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية معدل تكلفة تقنية التناضح العكسي بواسطة الطاقة النووية.

”تقنية التناضح العكسي التي تعمل على ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية هي التقنية الأقل تكلفة لإنتاج مياه صالحة للشرب.“



المستند ٢

نطاق التكاليف المترتبة عن عملية تحلية المياه بواسطة مصادر مختلفة من الطاقة مقترنة بتقنيات مختلفة للتحلية (بالدولار الأميركي للمتر المكعب)

الخلاصة

يهدف ملخص السياسات هذا إلى تزويد صناع القرار في الشرق الأوسط ببيانات موثوقة حول الاقتصاد المقارن لتحلية المياه بواسطة الطاقتين الشمسية والنووية. بعد دراسة عشرة احتمالات قائمة على أربعة مصادر للطاقة وثلاث تقنيات لتحلية المياه، وجدنا أن الخيار الأقل تكلفة هو الازدواج بين تقنية ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية وتقنية التناضح العكسي. فتكلفة المياه في محطة تعمل على تقنية التناضح العكسي المقترن بألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية تبلغ ٠,٨٥ دولاراً أميركياً للمتر المكعب، بينما تبلغ هذه التكلفة في محطة نووية مقترنة بالتقنية ذاتها ٠,٩١ دولاراً أميركياً للمتر المكعب.

من جانب آخر، أثبتت كل من تقنيَّتي تحلية المياه متعددة التأثيرات والومضية متعددة المراحل بأنهما أقل تكلفة عند الازدواج بينهما وبين الطاقة النووية عوضاً عن الطاقة الشمسية المركزة. تبلغ تكلفة تقنية تحلية المياه متعددة التأثيرات بواسطة الطاقة النووية ١,٢٢ دولاراً أميركياً للمتر المكعب، بينما ترتفع تكلفة هذه التقنية عند اقترانها ببرج الطاقة الشمسية المركزة أو الحوض ذي القطع المكافئ للطاقة الشمسية المركزة إلى ١,٤٥ و١,٥٢ دولاراً أميركياً للمتر المكعب على التوالي.

أما بالنسبة إلى تقنية تحلية المياه الومضية متعددة المراحل، فتبلغ تكلفتها عند اقترانها بالطاقة النووية دولارَيْن أميركيَّيْن (٢,٠٠) للمتر المكعب. ترتفع هذه التكلفة عند الازدواج بين هذه التقنية وبرج الطاقة الشمسية المركزة (٢,١٣ دولاراً أميركياً للمتر المكعب) أو بينها وبين الحوض ذي القطع المكافئ للطاقة الشمسية المركزة (٢,٢٦ دولاراً أميركياً للمتر المكعب).

ستشهد تكاليف تصنيع الألواح الكهروضوئية انخفاضاً تدريجياً في ظل تطور تقنية الطاقة الشمسية، مما سيخفّض من تكاليف رأس المال وبالتالي من تكلفة توازي الكهرباء وتكاليف تحلية المياه في المحطات العاملة على الطاقة الشمسية. وأخيراً، قد يثبت الازدواج بين الطاقة الشمسية وتقنية تحلية المياه بأنه أقل تكلفة من محطات تحلية المياه العاملة على الطاقة النووية.

المراجع

Ahmad A, Ramana MV, Too costly to matter: Economics of nuclear power for Saudi Arabia, Energy (2014), http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.03.064.

Ali Ahmad & Ryan Snyder (2016) Iran and multinational enrichment in the Middle East, Bulletin of the Atomic Scientists, 72:1, 52-57.

Budischak, C., Sewell, D., Thomson, H., Mach, L., Veron, D., & Kempton, W. (2012). Cost-minimized combinations of wind power, solar power and electrochemical storage, powering the grid up to 99.9% of the time.225, 60-74.

Kim, H. S., & Cheon, H. (2012). Thermal coupling of HTGRs and MED desalination plants, and its performance and cost analysis for nuclear desalination. Desalination, 17-22.

برنامج سياسة الطاقة والأمن

تم إطلاق برنامج سياسة الطاقة والأمن في معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية في الجامعة الأميركية في العام ٢٠١٦ كمنصة شرق أوسطية متعددة الاختصاصات من أجل معاينة سياسات الطاقة والأمن وتقديم المعلومات لها والتأثير عليها، وذلك على الصعيدين الإقليمي والعالمي. يقوم البرنامج بالرصد الدقيق للتحديات التي تواجه الانتقال نحو مصادر الطاقة البديلة والفرص المتاحة في هذا المضمار، مع التركيز على الطاقة النووية والشرق الأوسط. وتم تأسيس البرنامج بفضل هبة أولية مقدمة من مؤسسة جون وكاثرين ماك آرثر من أجل دراسة آفاق الطاقة النووية في الشرق الأوسط وقدرتها على تعزيز التعاون الإقليمي كوسيلة للتعامل مع المخاوف الأمنية المرتبطة بانتشار الطاقة النووية.

معهد عصام فارس للسياسات العامّة والشؤون الدوليّة في الجامعة الأميركيّة في بيروت

يسعى معهد عصام فارس للسياسات العامّة والشؤون الدوليّة، في الجامعة الأميركيّة في بيروت، إلى تيسير الحوار وإثراء التفاعل بين الجامعيين المتخصصين والباحثين وبين واضعي السياسات وصانعي القرار في العالم العربي بصفة خاصة. ويعمل على إشراك أهل المعرفة والخبرة في المنظمات الدولية والهيئات غير الحكومية وسائر الفاعلين في الحياة العامة. كما يهتم، من خلال الدراسات والأنشطة، بتعزيز النقاش المفتوح حول جملة من القضايا العامة والعلاقات الدولية وبصياغة الاقتراحات والتوصيات المناسبة لرسم السياسات أو إصلاحها.

معهد السياسات بالجامعة الأميركية في بيروت (معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية)
الجامعة الأميركية في بيروت
صندوق البريد ١١-٠٢٣٦
رياض الصلح / بيروت ٢٠٢٠ ١١٠٧ لبنان

مبنى معهد عصام فارس
الجامعة الأميركية في بيروت
+٩٦١-١-٣٥٠٠٠٠ الخط الداخلي: ٤١٥٠
+٩٦١-١-٧٣٧٦٢٧
ifi@aub.edu.lb
www.aub.edu.lb/ifi
aub.ifi
@ifi_aub

AUB American University of Beirut الجامعة الأميركية في بيروت
Issam Fares Institute for Public Policy and International Affairs
معهد عصام فارس للسياسات العامة والشؤون الدولية