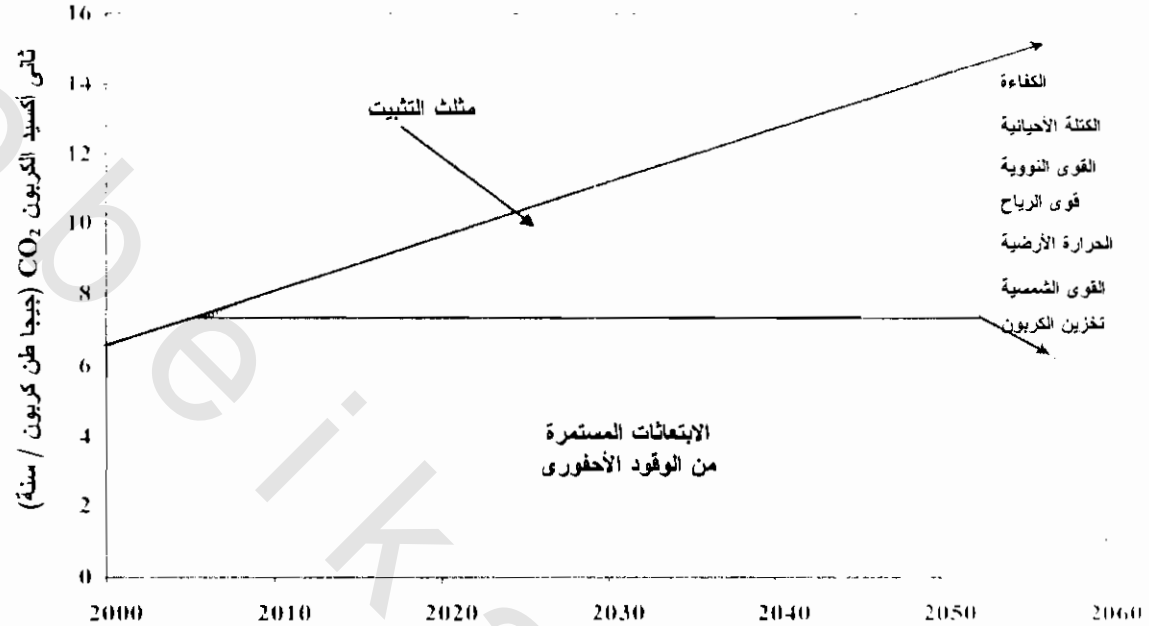
الفصـــل الســـادس
الخيارات السياساتية والتغير التكنولوجى

■ **خيارات سياساتية لتثبيت تركيزات غازات الدفيئة**

أحد مظان التفكير المنهجى المنظم فى سياسات تثبيت تركيزات غازات الدفيئة فى الغلاف الجوى هو ما يتعلق بمفهوم "أوتاد التثبيت" Stabilization Wedges على نحو ما وصفه "باكالا" و "سوكولو" Pacala and Socolow عام ٢٠٠٤ كما يظهر فى الشكل رقم (٣) والصندوق رقم (٢). ففى الشكل رقم (٣) يتبدى الفارق بين ابتعاثات ثانى أكسيد الكربون المتصاعدة وفقاً لسيناريو "الحالة المعتادة" business-as-usual والابتعاثات المثبتة بمقتضى "مثلث التثبيت" stabilization triangle . ويتألف المثلث من "أوتاد تثبيت" تمثل مختلف السياسات التى تتجه نحو هدف التثبيت. وتشدد هذه الهيكلية على أن التثبيت يتطلب، على الأرجح، سياسات عديدة تعمل متراكبة أو متضافرة معاً. فليست توجد سياسة وحيدة لتنهض بحل المشكلة على إنفراد. وينتظر أن يعتمد الحجم الكامن "potential "size لكل وتد wedge على الظروف المحلية والفرص المتاحة – أى إتاحية الطاقات المتجددة (المتجددات) والقوى النووية؛ والفرص القائمة والمرجحة لتحسينات الكفاءة؛ والاستخدام الأكثر رشاداً للطاقة؛ وإمكانات احتجاز الكربون وتخزينه.

ويلخص الصندوق رقم (٢) السياسات المرتبطة بالطاقة التى تعينت بوصفها مساهماً رئيسياً فى تقليص الابتعاثات الكربونية، وهى يمكن تجميعها فى فئات ثلاث: إجراءات كفاءة الطاقة لتقليل استخدام الطاقة على نحو مباشر؛ والتحول عن استخدام الوقود، على الأخص من الفحم إلى الغاز الطبيعى والقوى النووية والمتجددات؛ واحتجاز الكربون المبتعث حالياً من تكنولوجيات الوقود الأحفورى السائدة وتخزينه. وفيما يلى مناقشة موجزة لكل من هذه الفئات.



شكل رقم (٣)- مفهوم أوتاد تثبيت ثانى أكسيد الكربون
(مقتبس من باكالا وسوكولو، ٢٠٠٤)

صندوق رقم 2 – الخيارات الكامنة لخفض الكربون

- **كفاءة الطاقة والاستخدام الرشيد لها:**
  - خفض كثافة الكربون (الابتعاثات/ الناتج المحلى الإجمالى) فى مجمل الاقتصاد.
  - وسائل النقل والمركبات ذات الكفاءة العالية.
  - الاستخدام المحدود للمركبات.
  - المبانى ذات الكفاءة العالية.
  - المحطات الكهربية الكفء الموقدة بالفحم لمجابهة حمل الأساس.
- **التحول عن نوعية الوقود:**
  - إحلال القوى الكهربية بالغاز الطبيعى لحمل الأساس محل القوى الكهربية بالفحم.
- **احتجاز الكربون وتخزينه:**
  - احتجاز ثانى اكسيد الكربون من محطات قوى حمل الأساس.
  - احتجاز ثانى اكسيد الكربون من محطات إنتاج الهيدروجين.
  - احتجاز ثانى اكسيد الكربون من محطات تحويل الفحم إلى وقود مخلق.
  - التخزين الجيولوجى.

obeikandl.com

(تابع) صندوق رقم 2 – الخيارات الكامنة لخفض الكربون

- **الإنشطار النووى:**
  - إحلال القوى النووية محل قوى الفحم.
- **الكهرباء والأنواع المتجددة من الوقود:**
  - قوى الرياح محل قوى الفحم.
  - قوى الفوتوفلطيات محل قوى الفحم.
  - هيدروجين الرياح فى السيارات المدارة بخلايا الوقود محل الجازولين فى السيارات المزيجة.
  - وقود الكتلة الأحيائية محل الوقود الأحفورى.

■ **كفاءة الطاقة وترشيد استخدامها**

ساهمت تحسينات كفاءة الطاقة على نحو كبير فى تقليص الابتعاثات الكربونية، فقد انحدرت كثافة الطاقة لاقتصادات دول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية من ٠,٣١ طن مكافئ نفط/ ١٠٠٠ دولار عام ١٩٧٣ إلى ٠,٢٠ طن مكافئ نفط/ ١٠٠٠ دولار عام ٢٠٠٣، ويرجع ذلك جزئياً إلى إعادة الهيكلة الاقتصادية (الارتحال من التصنيع إلى خدمات أقل كثافة للطاقة)، لكن قدراً كبيراً منه يعود إلى تحسينات الكفاءة على أعقاب صدمات النفط الكبرى خلال السبعينيات. وعلى النطاق العالمى تزيد كثافة الطاقة على نظيرتها فى دول منظمة التعاون الاقتصادى والتنمية بيد أنها انخفضت كذلك منذ عقد الثمانينيات من حوالى ٠,٤٥ إلى حوالى ٠,٣٢٥ طن مكافئ نفط / ١٠٠٠ دولار من الناتج المحلى الإجمالى. ومع ذلك لاتزال توجد فرص جوهرية لتحسينات أعمق فى كثافة الطاقة يتسنى من خلالها تحقيق خفض مستقبلى فى ابتعاثات غازات الدفيئة. ويشدد مجلس الطاقة العالمى (World Energy Council (WEC، ومعه العديد من مراكز بحوث الطاقة فى العالم، على الأهمية الكبرى للتحسينات الإضافية فى كفاءة الطاقة لأجل التنمية المستدامة.

على أن تحسينات الكفاءة–على الجانب الآخر– قد قلّصت من الإمكانات التى يمكن أن توجه لأولئك الذين يعانون "فقر الطاقة" energy poverty، فهم لا يستطيعون أن يستخدموا كهرباء أقل إذا لم يكن لديهم شيئاً يبدأون به، و"وصل غير المتصلين"، كأولوية مسلم بها للتنمية المستدامة، سيزيد بالضرورة من استخدامهم للطاقة. غير أن الأمل لايزال معقوداً على أن تفوز التنمية فى الأخذ بميزة الفرص المولدة من خلال الوثبات التكنولوجية (ومثالها فى غير مجال الطاقة هو شبكات التليفون المحمول) فتمكن الدول النامية بالتالى من القفز عبر العديد من المراحل التكنولوجية الأقل كفاءة التى اختبرتها الدول الصناعية لعالم اليوم، وأن تفوز التنمية كذلك فى

الأخذ بالمزايا الحاضرة للتكنولوجيات والتصميمات والإمكانات الكفء المحدثة للمجتمع بما فيها وتخطيط مجالات وأمكنة الإنتاج والأعمال .

■ **ترحيل مزيج الطاقة إلى نوعيات الوقود الأقل تكثيفاً للكربون** ساعد النمو الأسرع كذلك في نوعيات الوقود الأقل تكثيفاً للكربون less carbon intensive على تجنب زيادات كبيرة في الابتعاثات الكربونية، وبعض هذا بسبب التحول عن بعض نوعيات الوقود fuel switching، غير أن الكثير من النمو الأسرع في أنواع الوقود الأقل تكثيفاً للكربون جاء نتيجة الاستثمارات الجديدة في هذا الاتجاه. ورغم ذلك فالمنحى الكلي العالمي بطيء وليس متوافقاً ولا ثابتاً عبر مناطق العالم المختلفة. ففي دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية انخفضت كثافة الكربون للطاقة الأولية بنسبة ١٦% خلال الفترة من عام ١٩٧١ حتى عام ٢٠٠٢، وذلك بمتوسط تقليص سنوي بلغ ٠,٥٦% فقط (IEA ، ٢٠٠٤)، وانخفضت في الدول ذات الاقتصادات الانتقالية بنسبة ١٤% خلال الفترة الزمنية ذاتها، لكنها زادت في الدول النامية بنسبة ٣٢%. ولكون الدول الصناعية تحتاز النصيب الأكبر من الاستخدام العالمي للطاقة استمر التغير الكربوني الإجمالي العالمي فيما بين ١٩٧١ و ٢٠٠٢ في اتجاه الخفض، لكنه الخفض الذي لم يتجاوز في مجمله ١٠% فقط، أو لم يتعد متوسطه السنوي ٠,٣٣% فقط. على أن عديداً من الفرص لا تزال قائمة للتحول عن الوقود المكثف للكربون، وتعزيز النمو الأسرع في استخدام التكنولوجيات خفيضة الكربون كالمتجددات والقوى النووية. على أن محدداً قسرياً ضاغطاً واحداً مُهمّاً يتبدى في هذا السياق ألا وهو قطاع النقل الذي يتوقع له أن ينمو، على الخصوص، على نحو سريع في الدول النامية الكبيرة كالصين والهند. وتنتج القوى المائية، وقوى الرياح والشمس، والقوى النووية حالياً الكهرباء فقط، حيث لا تغطي الكهرباء سوى أقل من ١% من احتياجات قطاع النقل العالمي من الطاقة (EIA، ٢٠٠٥). وحتى يمكن لهذه التكنولوجيات أن تساهم على نحو جوهري في تقليص الابتعاثات الكربونية المستقبلية الصادرة عن قطاع النقل، فإن تحسينات جسيمة ستكون مطلوبة سواء في المركبات الكهربية والمزيجة أو في مركبات خلايا الوقود التي تستخدم الهيدروجين وأنواع الوقود المخلق الأخرى خفيضة الكربون المنتجة بواسطة المتجددات والقوى النووية.

■ **احتجاز الكربون وتخزينه** خلص تقرير خاص بشأن احتجاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وتخزينه (IPCC ، ٢٠٠٥) إلى أن هذا الخيار من الممكن أن يساهم على نحو رئيسي في خفض ابتعاثات الكربون. فتكنولوجيات "الاحتراق القبلي" (أو المتقدم) Pre-combustion و"الاحتراق البَعْدي" (أو المتأخر) Post-combustion لاقتناص ثاني أكسيد الكربون هي بالفعل مجدية اقتصادياً economically feasible تحت ظروف معينة، وهي حالياً تحت الاستخدام الفعلي. وتخزين ثاني اكسيد الكربون في حقول النفط والغاز

العميقة، وفى التكوينات الجيولوجية الملحية، هو كذلك مجد اقتصاديا بمشارطات خاصة. وفى المقابل لا يزال التخزين المحيطى وتأثيراته الإيكولوجية فى مرحلة البحث العلمى، كما فى حالة التخزين خلال تفاعل ثانى أكسيد الكربون مع الأكاسيد المعدنية metal oxides لإنتاج كربونات carbonates مستقرة قابلة للتصريف النهائى.

وتكمن الفرصة الكبرى لاحتجاز الكربون وتخزينه -كى يساهم على نحو فعال فى تخفيف التغير المناخى- فى قطاع القوى الكهربية. وترتئى الدراسات التى جرى تقييمها فى تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) أن أسعار ثانى أكسيد الكربون المحتجز فى حدود تقريبية بين ٢٥-٣٠ دولاراً للطن قد تبتدع حوافز جاذبة لانتشار هذا الخيار المهم على نحو واسع. وقُدِّر الإمكان التقنى technical potential لتخزين الكربون على اتساع العالم بحوالى ٢٠٠٠ جيجا طن* من ثانى أكسيد الكربون (٥٤٥ جيجا طن كربون) على أقل تقدير للوسع التخزينى فى التكوينات الجيولوجية. ويقارن ذلك بالابتعاثات المرتبطة بالطاقة فى العالم الآن التى تبلغ فى إجماليها حوالى ٦,٤ جيجا طن كربون سنوياً، منها حوالى ٢,٩ جيجا طن ترتبط أصلاً بتوليد الكهرباء.

أما الكمون (أو الإمكان) الاقتصادى economic potential فهو بالضرورة أقل من الإمكان التقنى، ومن بين أسبابه العديدة لدواعى الاعتبارات البيئية، فرص التخزين فى المواضع غير الميسرة، والصعوبة العملية المرتبطة باقتناص الكربون من مصادر عديدة ومتفرقة - على سبيل المثال من الأنابيب الخلفية للمركبات السيارة (الأوتوموبيلات). ورغم ذلك ففى كل السيناريوهات التى أجريت بشأن تثبيت تركيزات غازات الدفيئة فى الغلاف الجوى، التى تم فحصها ومراجعتها لدى إعداد تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC ، أسفر تضمين محفظة تخفيف الابتعاثات الكربونية خيار احتجاز الكربون وتخزينه عن خفض تكاليف تثبيت تركيزات ثانى أكسيد الكربون بمقدار ٣٠% أو أكثر على مرّ القرن الحادى والعشرين .

التغير التكنولوجى

يقدم القرن الحادى والعشرين وعداً بأكثر الأسواق انفتاحاً وتنافسية وعولمية فى التاريخ الإنسانى كله.. وبأسرع مسيرة للتغيرية التكنولوجية قاطبة. فإذا ما تعين على التكنولوجيا أن تبقى وتزهو فى هذا القرن تصبح التجددية المستمرة عند ئذ أمراً جوهرياً. ولذا فتكنولوجيا الإمداد بالطاقة (من التنقيب عن النفط إلى الخلايا الشمسية)، وتكنولوجيا نقل وتوزيع الطاقة، وتكنولوجيا الاستخدام النهائى للطاقة، يتوقع لها جميعاً أن تتحسن على نحو جوهرى .

* جيجا طن = ألف مليون طن

ويبدو من الأرجح أن يعانى القسم الأعظم من المفاعلات النووية الجديدة فى المدى القريب تحسينات ارتقائية فى التصميمات الراهنة. أما فى المدى البعيد فالتصميمات الأكثر تجددية التى تنطوى على تغيرات راديكالية فى الوقت ذاته –وتقدم وعداً باهراً بأزمنة تشييد أقصر إلى حد بعيد وتكاليف رأسمالية أقل كثيراً– قد تساعد فى توطيد أركان عصر جديد للقوى النووية. وهنالك بالفعل الآن عدة تصميمات تجددية فى المدى الصغير (أقل من ٣٠٠ ميجاوات) إلى المتوسط (٣٠٠ إلى ٧٠٠ ميجاوات) من مفاعلات القوى. وكما تمت الإشارة إليه فيما يلى بعد ربما تكون مثال هذه التصميمات جاذبة لدخول القوى النووية إلى الدول النامية ووصولها للأمكنة البعيدة .

وتلتمس التصميمات المتقدمة تحسيناتها الراهنة فى مجالات ثلاثة رئيسية:

١. فيما يتعلق بالتخفيضات المنتظرة فى التكلفة، تؤكد بعض التصميمات على التطويرات الإضافية للاستراتيجيات المبرهنة أو المجربة، أى إحراز اقتصاديات الحجم economics of scale من خلال الوحدات الأكبر، والجداول الزمنية الأقصر للتشييد باستخدام النظم الموديولية أو المنمطة، ومعالجة قضايا الترخيص مبكراً، والتقييس standardization، والتشييد فى سلاسل متتابعة، والبناء متعدد الوحدات، وتقوية المشاركة المحلية.

وتؤكد تصميمات أخرى على استراتيجيات التقليص الجديد (أو المضاف) للتكلفة، بما فى ذلك اقتصاديات الإنتاج التسلسلى economics of series production، وتعزيز دقة الأكواد accuracy of codes وقواعد البيانات للتخلص من الإفراط التصميمى، وتطوير مكونات "ذكية" "smart" components للكشف عن الصدوع الابتدائية (فى مهدها)، وتقليل الاعتماد على التزيدات التصميمية والتعددية المكلفة، والإفادة باستخدام أكبر لنظم الأمان السالبة passive safety systems، والتطوير الأعمق لتحليلات الأمان الأرجحية (الاحتمالية) probabilistic safety analysis التى تدعم تبسيط محطة القوى plant simplification، واتخاذ القرارات التنظيمية المفعمة بالمعلوماتية عن مظان المخاطر ومعالجتها، واستخدام مكونات أقل من تلك التى تتطلب إماميات الدرجة (الرتبة) النووية nuclear grade standards، وإحراز كفاءات حرارية أعلى.

٢. تتضمن تعزيزات الأمان مستودعات مائية ضخمة (فى حالات المفاعلات المبردة بالماء)، وكثافات أقل للقوى الكهربية، ومعاملات مفاعلية* سالبة large negative reactivity coefficients، ونظم أمان تزيدية

* مفاعلية reactivity = قياس مدى ابتعاد المفاعل النووى عن القيم الحرجة.

ومتنوعة redundant and diverse ذات عولية عالية مبرهنة ومجربة، ونظم تبريد وتكثيف سالبة passive cooling and condensing systems.

٣. وتغطى معاوقة الانتشار النووى الإجراءات الذاتية الجوهرية المتضمنة فى مختلف التصميمات المتقدمة فيما يتعلق بالتكوين الكيميائى للمادة النووية – كتلتها وحجمها، مجالها الإشعاعى، تولد الحرارة منها، ومعدل الإنتاج الذاتى التلقائى للنيوترونات، ودرجة تعقد التعديلات أو التحويرات أو التكيفات اللازمة لاستخدام مرفق مدنى (المحطة النووية) ومادة مدنية (الوقود النووى) لإنتاج الأسلحة ، والسمات التصميمية التى تحد الوصول إلى المادة النووية.

وتجرى حاليا جهود تصميمية مهمة بشأن مفاعلات الماء الخفيف المتقدمة الكبيرة Large Advanced Light Water Reactors فى كل من الأرجنتين والصين والاتحاد الأوربى وفرنسا وألمانيا واليابان وجمهورية كوريا والاتحاد الروسى والولايات المتحدة الأمريكية. وتعمل كل من كندا والهند على تطوير التصميمات المتقدمة لمفاعلات الماء الثقيل Advanced Heavy Water Reactors، كما تتطور التصميمات المتقدمة للمفاعلات المبردة بالغاز Advanced Gas Cooled Reactors فى كل من الصين وفرنسا واليابان وجمهورية كوريا والاتحاد الروسى وجنوب أفريقيا والولايات المتحدة الأمريكية. وقد اكتملت فى جنوب أفريقيا مراجعات التصميم والأمان لوحدة إظهارية (بيانية) قدرة ١٦٥ ميجاوات من مفاعل المهد الحصوى الموديولى عالى الحرارة Pebble Bed Modular High Temperature Reactor (PBMR)، وتجرى حاليا مراجعة التراخيص اللازمة. كذلك تتقدم جهود التنمية والتطوير بشأن المفاعلات السريعة المبردة بالفلز (المعدن) المائع Liquid Metal Cooled Fast Reactors فى كل من الصين وفرنسا والهند واليابان وجمهورية كوريا والاتحاد الروسى.

ويعتبر استكمال الجهود التطويرية فى مبادرتين دوليتين رائدتين تختص أولاهما بالمنتدى الدولى للجيل الرابع من المفاعلات، وتتعلق الثانية بالمشروع الدولى للوكالة الدولية للطاقة الذرية بشأن المفاعلات النووية التجددية Innovative Nuclear Reactors ودورات الوقود بمثابة خطوتين متقدمتين كبريين على النطاق الدولى لتعزيز التجددية والابتكار .

والبحث مستمر كذلك فى تعظيم مقاومة الانتشار النووى لبعض دورات الوقود، ويتم فى الوقت ذاته التوجه نحو تقليص حجم النفايات النهائية وسميتها الكامنة. ومثال هذه الدورة للوقود من شأنها أن تمنع أى فصل للبلوتونيوم، وربما "تحرق" "BURN" البلوتونيوم والأكتينيدات actinides الأخرى لتعزلها وتقصيها عن النفايات النووية الناتجة.

وتهتم العديد من الدول النامية، على الخصوص، بتطوير تصميمات المفاعلات التجارية Commercial Reactors الأصغر من تلك المفاعلات المعروضة فى السوق فى الوقت الراهن، إذ تقلل المفاعلات الأصغر ولاشك من الاستثمارات الأولية وتكاليف هياكل البنية الأساسية المصاحبة، كما تتوافق على نحو أفضل مع الشبكات الكهربية المحدودة فى كثير من الدول النامية. وهنالك العديد من التصميمات فى مراحل مختلفة من التطوير، فلقد تقدم معهد بحوث الطاقة النووية الكورى للحصول على ترخيص بناء طراز أولى لمفاعل منظومى تكاملى موديولى متقدم System Integrated Modular Advanced Reactor (SMART) خُمسى المقياس (الحجم) one-fifth scale قدرة ٦٥ ميجاوات "يشارك توليد" (cogenerates) الكهرباء مع نزع ملوحة (إعذاب) ماء البحر فى عملية واحدة مزدوجة. وفى الاتحاد الروسى تم بالفعل ترخيص بناء محطة قوى نووية فى سيفيرود فينسك Severodvinsk عام ٢٠٠٧ للإنتاج المشترك للكهرباء والماء العذب بواسطة مفاعل محمول على صندل بحرى عائم قدرة ٣٠٠ ميجاوات (حرارى) (MWth) طراز KLT-40S، كما تم التخطيط لمفاعل جنوب أفريقيا ذى القدرة الإجمالية ١٦٥ ميجاوات (PBMR) للإظهار البيانى بكامل مقياسه (حجمه) بحلول عام ٢٠١٢.

ويقع عدد من التصميمات ذات المقياس الصغير والمتوسط للمفاعلات Small and Medium Size Reactor (SMR) فى فئة "المفاعلات التى لايعاد تزويدها بالوقود فى الموقع" Reactors without on-site Refuelling، وهى مفاعلات صممت للإحلال النادر غير المتواتر (كل ٥-٢٥ سنة) لحوافظ الوقود المحتواة على نحو متقن بطريقة تعاوق التحول النوعى التلقائى للوقود النووى. وتتضمن هذه الفئة المفاعلات المصنعة معمليا المزودة بالوقود factory fabricated & fuelled reactors. والتوقع العام هو أن الدولة الموردة قد تستبقى كافة مسئوليات الطرف النهائى للوقود المستنفد والنفايات. وتشمل المزايا الكامنة: احتمالية تكاليف التشييد الأقل بمنشأة مكررسة فى دولة المورد، والتكاليف الاستثمارية الأقل والمخاطر الأدنى للمشترى، خاصة إذا تم تأجير المفاعل بديلاً عن شرائه، والالتزامات المقلصة تجاه إدارة الوقود المستنفد والنفايات، وإمكانية المستوى الأعلى من الضمان والوثوقية فى انعدام الانتشار النووى للمجتمع الدولى.

وقد تركزت جهود البحث والتنمية كذلك فى استخدامين غير كهربيين للقوى النووية لهما ارتباط خاص بالتنمية المستدامة: نزع ملوحة مياه البحر وإنتاج الهيدروجين.

إن ما يقدر بحوالى ١,١ بليون نسمة فى العالم الآن يفتقرون المدخل إلى المياه النظيفة، ومن المتوقع بحلول عام ٢٠٢٥ أن يعيش حوالى ١,٨ بليون نسمة فى أنحاء العالم أجمع فى مناطق تعانى من ندرة خطيرة فى المياه

(UNCSD*، ٢٠٠٥). ويعتبر الترشيد الأفضل للمياه، وإدارة المياه، والتحكم فى التلوث، واستخلاص المياه واستعادتها مجتمعة جزءاً من الحل للشح المنتظر فى المياه، ومثله كذلك المصادر الجديدة للماء العذب، بما فيها نزع ملوحة ماء البحر، حيث توطدت على نحو مكين تكنولوجيات إعذاب المياه منذ منتصف القرن العشرين، وانتشرت على نحو واسع فى الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وقد تزايدت الاستطاعة (القدرة) التشغيلية لمحطات نزع ملوحة المياه على نحو مطرد منذ عام ١٩٦٥ حيث بلغت فى يوليو ٢٠٠٤ ما يربو على ٢٥ مليون متر٣/يوم على المستوى العالمى. ورغم أن ما يقل عن ٠,١% من هذه السعة التشغيلية تنتج بالقوى النووية فقد أمكن لليابان أن تراكم ما يربو على ١٤٣ مفاعل-سنة من خبرة إعذاب المياه، كما راكمت كازاخستان ٢٦ مفاعل-سنة قبل إحالة مفاعل أكتاو السريع Aktau fast reactor إلى الاستيداع عام ١٩٩٩.

وينشط حالياً عدد من الدول ذات الخبرة النووية، والمواقع الساحلية، والإمدادات المحدودة من الماء العذب، والعدد المتنامى من السكان، و/أو المصادر الناضبة من الوقود الأحفورى فى تطوير النزع النووى لملوحة مياه البحر. فالهند -على سبيل المثال- تنتقل حالياً إلى التشغيل الكامل لمحطتها النووية الإظهارية (البيانية) فى كالباكام فى تاميل نادو Kalpakkam, Tamil Nadu حيث تنزع الملوحة باستخدام التناضح* العكسى reverse osmosis لسنوات عديدة خلت، بينما يُجَدْوَل إعذاب المياه باستخدام عملية التقطير الوميضى متعدد المراحل multi-stage flash process ليبدأ عام ٢٠٠٦. وفى عام ٢٠٠٤ قامت الهند بتشغيل محطة تبخير منخفض الحرارة low temperature evaporation plant بمفاعل سايروس CIRUS البحثى ذى الماء الثقيل فى ترومباى Trombay باستخدام الحرارة العادمة من المهدئ moderator لإنتاج ماء ذى جودة عالية من مياه البحر. وقد أنهى معهد بحوث الطاقة الذرية الكورى Korean Atomic Energy Research Institute تصميم مفاعل منظومى تكاملى موديولى متقدم (SMART) ريادى (تجريبى) بوحدة لإعذاب المياه، وتقدم فى عام ٢٠٠٥ للحصول على ترخيص التشييد. وبدأت باكستان التشييد فى عملية ازدواج محطة للتقطير متعدد المراحل multi-stage distillation plant بمفاعل الماء الثقيل المضغوط Pressurized Heavy Water Reactor الموجود فى محطة القوى النووية بكراتشى، وذلك لأغراض الإظهار/البيان العملى. ويقام فى الصين حالياً نظام اختبار test system فى معهد تكنولوجيا الطاقة النووية والجديدة Institute of Nuclear and New Energy Technology لفحص صلاحية البارامترات الحرارية-الهيدرولية thermal-hydraulic parameters لعملية التقطير متعدد الأثر multi-effect distillation process والتحقق منها وإثباتها والمصادقة

(*) UNCSD = لجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة
(*) التناضح osmosis = ارتشاح غشائى.

عليها. وفى مصر تمت جدولة تشييد وحدة اختبار test facility للتناضح العكسى السابق للحرارةpre-heat reverse osmosis لتدخل الخدمة عام ٢٠٠٧.

أما بؤرة التركيز الثانية فى البحوث الجارية للاستخدام غير الكهربى للقوى النووية فتقع فى دائرة إنتاج الهيدروجين. وحتى بلوغ الدرجة التى تصبح فيها خلايا الوقود fuel cells التى تستعمل الهيدروجين وقوداً لها شائعة الاستخدام فى قطاع النقل – وفى تطبيقات أخرى تتراوح من التليفونات المحمولة إلى محطات القوى الكهربية الكبرى القائمة بذاتها – فإن إنتاج الهيدروجين قد يتيح للطاقة النووية أن تفى بنصيب أكبر بكثير من احتياجات العالم من الطاقة عما تستطيعه الآن من خلال توليد الكهرباء منفردة. ومقارنة بالطريقة السائدة اليوم لإنتاج الهيدروجين، ألا وهى التقويم البخارى للغاز الطبيعى، فإن الهيدروجين المنتج نووياً يمكن أن يضيف كذلك كلاً من تقليص ابتعاثات غازات الدفيئة والحفاظ على الغاز الطبيعى لاستخدامات أخرى ذات أولوية .

وقد يتخذ الإنتاج النووى للهيدروجين مسارين اثنين: الإليكتروليةeiectrolysis، والفصل الثرموكيميائى thermo-chemical (الحرارى – الكيميائى) للماء. وتستخدم الإليكترولية الكهرباء لفصل الماء إلى مكونيه الأساسيين: الهيدروجين والأكسجين، وتعتبر حالياً هى المسار الأكثر مباشرة، حيث توجد تكنولوجيا الإليكترولية الآن متاحة على نحو تجارى.

أما المسار الثانى – الفصل الثرموكيميائى للماء – فلا يزال ينتظر التطبيق على المقياس التجارى وهو يقرن الحرارة من مفاعل نووى عالى الحرارة بمحفزات كيميائية للوصول إلى فصل أكثر كفاءة للماء إلى هيدروجين وأكسجين. وتعتبر الدورة المرتكزة على الكبريت sulphur والأيودين iodine حالياً هى الطليعة الرائدة بين العديد من الدورات الثرموكيميائية التى درست على مدى العشرين سنة الماضية؛ وهى تحت التطوير الآن فى الوكالة القومية الإيطالية للتكنولوجيات الجديدة والطاقة والبيئة Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment (ENEA) والوكالة اليابانية للطاقة الذرية Japan Atomic Energy Agency (JAEA) وجهات أخرى.

وتتطلب الدورات الثرموكيميائية التى تمت دراستها درجات حرارة بين ٧٠٠ و٩٥٠ درجة مئوية، أى أعلى إلى درجة أكبر من تلك التى تلحق بالمفاعلات النووية المتاحة تجارياً. وعديد من تصميمات المفاعلات التى بمستطاعها إنتاج الحرارة المتضمنة فى العملية فى هذا المدى مشمولة بالفعل فى البحوث المذكورة أعلاه بما فيها مفاعل المهد الحصوى الموديولى عالى الحرارة (PBMR) فى جنوب أفريقيا، والمفاعل ذى الحرارة العالية جداً .. مفاعل الملح المصهور molten salt reactor ، والمفاعل السريع المبرد بالغاز.

■ **تعزيز المستدامية**

أحد الأهداف الرئيسية للتنمية المستدامة هو توصيل الطاقة، خاصة الطاقة الكهربية، إلى ربع سكان العالم الذين لا يحظون بها حتى يومنا هذا. والكثير من التركيز على الطاقة فى سياق أعمال لجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة قد انصب على توسيع المدخل للطاقة، وإمدادات الطاقة، فى الدول النامية.. أى "وصل غير المتصلين" "connecting the unconnected"، على الأخص خلال كهربة الريف rural electrification. ويبدو أن الوعد الأفضل لبعض فقراء الريفيين ربما يكون ذاك الذى تقدمه المتجددات خارج الشبكة، كما أن جهوداً إضافية تبدو جوهرية لإدراك هذا الوعد بأسرع ما يكون، وبأرحب ما يمكن. **على أن مزيج الطاقة يتعين أن يتضمن، للآخرين، وفقراء الحضر، واحتياجات المدن المليونية المتنامية، التوليد الكبير المركزى للقوى الكهربية لمقابلة الطلب المركزى الكبير عليها، وهنا تستطيع القوى النووية أن تقدم مساهمتها الكبرى.**

إن التنمية المستدامة هى دليل متطور للأرصدة المتنامية والخيارات المفتوحة – وليست دليلاً لفقدانها القهرى.. وبالنظر إلى المبدأ الذى طرحه جدول أعمال القرن الحادى والعشرين Agenda 21 عن "المسئوليات المتكافئة ولكن المتباينة" equal but differentiated responsibilities فإن تلك الدول القادرة والمعتزمة لديها على الخصوص دوراً حاسماً لتؤديه فى الاحتفاظ بخيار القوى النووية مفتوحا وجاذبا.