الفصل الثانى
الطاقة النووية

أولا- اقتصاديات الطاقة النووية

لاتختلف محطة نووية لتوليد الكهرباء عن محطة حرارية تدار بالفحم أو بالغاز أو بالسوائل النفطية إلا من حيث أن التفاعل النووى يكون المصدر الحرارى المستخدم فى توليد البخار الذى يدير توربينات توليد الكهرباء. ويستخلص الوقود النووى عادة من اليورانيوم Uranium الذى يوجد فى الطبيعة بنسبة ١-٤ أرطال لكل طن من المادة الخام المستخرجة (الركاز). وتتكون تلك المادة من نظيرين أحدهما اليورانيوم ٢٣٥ الذى يقبل الانشطار المتسلسل Fissile isotope باستخدام الجيل الحالى من المفاعلات. ولاتزيد نسبة تركز هذا النظير فى المادة الخام عن ٠,٧% ولذلك يلزم رفع فاعليته، أى تخصيبه Enrichment، برفع نسبة التركز إلى نحو ٥% حتى يصلح كوقود نووى. ونظراً لارتباط عملية التخصيب بإنتاج السلاح النووى، فقد حرصت الدول النووية الكبرى على الاحتفاظ بها تحت إشراف أو رقابة دولية لضمان عدم انتشار الاسلحة النووية؛ ذلك لأن صنع سلاح نووى يتطلب استخدام يورانيوم ذى خصوبة مرتفعة أو استخدام البلوتونيوم Plutonium الذى يمكن استخلاصه من الوقود النووى قبل أو بعد استخدامه. ووجه الخطورة بالنسبة للبلوتونيوم ان العالم لم يتوصل بعد لوسيلة يمكن بها إبطال صلاحيته لصنع السلاح النووى.

وتعتبر الطاقة النووية من الصناعات المرتبطة بالمجتمع الدولى، وذلك خلافاً للصناعات التى تعتبر محلية بطبيعتها؛ اذ يشارك فى إقامة الطاقة النووية ومراقبة تشغيلها، وفى مساندتها أو معارضتها، عوامل دولية ينبغى أن تؤخذ فى الاعتبار عند إعداد دراسات جدواها.

وقد تلقى المفاعل النووى دفعة قوية نتيجة لارتفاع أسعار النفط خلال النصف الثانى من السبعينيات، مما شجع الدول النووية الكبرى وغيرها على التوسع فى برامجها النووية، فشهدت الثمانينيات فيضاً من المفاعلات النووية التى استغرقت إقامتها فترة طويلة. غير أن اقتصاديات الطاقة النووية لم تلبث أن انتكست، إذ كان من الصعب خلال السنوات الأولى لإنشاء المفاعلات

obeikandl.com

النووية وضع تقدير سليم للنفقات والتكاليف على مدى فترة تزيد على ٤٠ عاماً وهى العمر الافتراضى للمفاعل آنذاك، وإن كان قد تقرر فى الآونة الأخيرة مد هذا العمر الافتراضى إلى ٦٠ عاماً فى كثير من الدول النووية. كذلك لم تقدر بدقة، فى ذلك الوقت، نفقات التخلص من المفاعل بعد توقفه وخروجه من الخدمة Decommissioning بما فى ذلك التخلص من هيكلة غير المنقول. فلما ظهر، مع مضى الوقت وبصورة أكثر واقعية، حجم وخطورة تلك المشكلة، ارتفعت تقديرات التكلفة كثيراً فوق ما كان مقدرا فى بداية ازدهار الطاقة النووية.

من ناحية أخرى، أدت المعارضة الجماهيرية المتزايدة، وخاصة بعد وقوع حوادث نووية جسيمة مثل حادث ثرى ميل أيلاند TMI فى الولايات المتحدة عام ١٩٧٩ وحادث تشير نوبل فى الإتحاد السوفييتى عام ١٩٨٦، إلى انكماش خطط الطاقة النووية فى الدول التى اقبلت عليها، فأخذ البعض يتمهل فى تنفيذها وقام البعض بتجميد أو الغاء برامجه النووية بالكامل. وقد ساعد على ذلك الانكماش انهيار أسعار النفط منذ ١٩٨٦، وهو بديل أقل تكلفة وأكثر أمانا.

غير أن قدرة أوبك الإنتاجية المغلقة (وهى ما تمثل القدرة الاحتياطية للنفط ويؤثر حجمها فى أسعاره) لم تلبث أن تآكلت نتيجة لارتفاع صادراتها خلال الفترة ١٩٨٦-٢٠٠٣ من نحو ١٥ مليون برميل يوميًا (ب/ى) إلى ٢٩ مليون ب/ى، وكذلك ارتفاع الاستهلاك المحلى فى دول أوبك من ٣,٤ مليون ب/ى على ٦,٤ مليون ب/ى. إضافة إلى ذلك، فقد عجزت الاستثمارات النفطية عن توسيع القدرة الإنتاجية للنفط، نتيجة لتآكل أسعاره وتقلص عائداته فى صورتيها الأسمية والحقيقية*.

على تلك الخلفية، قفز النمو الاقتصادى العالمى خلال الفترة ٢٠٠٣-٢٠٠٧ قفزة غير مسبوقة، فقفز معه الطلب العالمى على النفط من ٧٨ مليون ب/ى إلى ٨٥ مليون ب/ى. بذلك اختل التوازن بين الطلب المتزايد على النفط وإمداداته التى تقلصت قدرتها الاحتياطية المغلقة – وهى من أهم محددات السعر – إلى نحو ٢ مليون ب/ى أغلبها نفط ثقيل فى السعودية، ويصعب تسويقه لضعف الطلب عليه.

* انظر فى موضوع أسعار النفط دراستنا "**التحديات والمخاطر المحيطة بالبترول والغاز فى مصر والشرق الأوسط**"، المكتبة الأكاديمية، يناير ٢٠١٠.

وقد اقترن بهذا الاختلال فى آليات السوق Market fundamentals (وأهم عناصرها العرض والطلب والتخزين والقدرة الإنتاجية الاحتياطية) ما أثارته السياسة الأمريكية من عواصف جيوسياسية بحجة "**الحرب ضد الإرهاب**" واستخدمتها لاحتلال العراق ومساندة الإبادة الإسرائيلية الوحشية للشعب الفلسطينى، إضافة إلى عوامل المضاربة المحمومة على النفط، والتى تنشط فى ظل التقلبات الحادة للأسعار. بذلك قفز سعر النفط من ٢٨ دولارا عام ٢٠٠٣ إلى ذروة تجاوزت ١٤٠ دولاراً فى يوليو ٢٠٠٨، ومن ثم استردت الطاقة النووية جاذبيتها من جديد. وإذا كان سعر النفط قد تراجع بعد الذروة، إلا أن اقتراب النضوب النهائى للنفط، والذى أكدته دراسات عديدة أحدثها ما كشفت عنه فى أغسطس ٢٠٠٩ دراسة الوكالة الدولية للطاقة IEA، يمكن أن يرجح اتجاه أسعار النفط للارتفاع ثانية، وهو ما يساند الانتعاشة النووية.

وقد مرت اقتصاديات الطاقة النووية منذ منتصف الخمسينيات بمراحل عديدة ومازالت للآن غير مستقرة تماما. ويرجع عدم استقرارها إلى عوامل عديدة من أهمها أن جانبا كبيرا من التكلفة لا تتضح معالمه بدقة إلى عندما ينتهى العمر الإنتاجى للمفاعل، الذى كان يتراوح حول ٤٠ عاما ثم صارت الدول النووية تميل لإطالته إلى ٦٠ عاماً. وتتفوق المحطة النووية على المحطات الحرارية التى تدار بمصادر الطاقة الحفرية (زيت وغاز وفحم) من حيث انخفاض تكلفة الوقود، ولكنها تختلف عنها من حيث ارتفاع التكلفة الرأسمالية للمفاعل النووى، والتى تتفاوت أيضاً تبعاً لعناصر عديدة مثل: حجم المفاعل، ونوعه، وموقعه، وما إذا كان الموقع يضم وحدة نووية أو أكثر، وهو ما يخضع بالضرورة لحجم الطلب على الكهرباء. فتكلفة وحدة كبيرة من حجم ١٣٠٠ ميجاوات (ميجا = مليون) قد لا تزيد بأكثر من ٥٠-٧٥% عن تكلفة وحدة حجمها نصف هذا الحجم. كذلك قد تنخفض تكلفة الوحدة الثانية فى حالة المحطات المزدوجة بنحو ١٠-١٥% عن تكلفة الوحدة الأولى. ومن هنا اتجهت الصناعة فى الولايات المتحدة إلى التكتل بالاندماج، على أساس أن من يدير عدداً كبيراً من المفاعلات يكون أعلى كفاءة وأقل كلفة.

كذلك تتفاوت التكلفة تبعاً للشركة القائمة بالمشروع وما إذا كانت تتلقى دعما حكوميًّا، وأيضا تبعا لطول أو قصر المدة التى يستغرقها إقامة المفاعل.

فبناء بعض المفاعلات قد يستغرق ٦ سنوات وبعضها يستغرق عشرة أعوام أو أكثر يتحمل المشروع خلالها نفقات إضافية أهمها الفائدة المدفوعة على الاستثمارات التى لا تحقق عائدًا أثناء تلك الفترة.

ولا تحقق الطاقة النووية أعلى عائد لها، اقتصاديًا وفنيًا، إلا إذا استخدمت لمواجهة حمل الأساس Baseload، وهو الحد الأدنى من الطاقة الكهربائية التى تستهلك على مدار الساعة، وتستلزم استمرار تشغيل المفاعل بكامل قدرته دون توقف (باستثناء فترات الصيانة الدورية). وكان المتوقع إذا استخدمت الطاقة النووية لمواجهة حمل الاساس ألا يقل معامل السعة Capacity or load factor عن ٨٠% فى المتوسط. (ويقصد بمعامل السعة حجم الكهرباء التى تولد فعلا خلال فترة التشغيل الفعلى على مدار العام، منسوبًا إلى حجم ما كان يمكن توليده لو ظل المفاعل يعمل دون انقطاع). ومن مقتضى انخفاض معامل السعة ارتفاع تكلفة وحدة الكهرباء المنتجة (الكيلووات ساعة)، إذ توزع التكلفة الرأسمالية (وهى الأهم فى المفاعلات النووية) على عدد أقل من الوحدات المولدة فيرتفع نصيب كل وحدة من تلك التكلفة. وكان معامل السعة حتى مطلع التسعينيات لا يتجاوز ٦٣% فى المتوسط (مرجحًا بحجم التوليد فى دول نووية رائدة)، غير أن عام ٢٠٠١ شهد بلوغ هذا المعامل نحو ٧٧% فى مجموعة الدول الصناعية المتقدمة، كما حققت الولايات المتحدة ٨٩%.

وتتسم اقتصاديات المفاعلات النووية بمعالم خاصة منها أن التكلفة الرأسمالية تمثل أهم عناصر التكلفة الكلية، وتتأثر بمعدل الخصم (الفائدة) أو معدل الربح الذى تحدده الجهة القائمة بالمشروع بالنسبة لاستثماراتها؛ ذلك لأن فترة التحضير والبناء فى دولة مثل مصر قد لاتقل عن ١٢ سنة، يجرى خلالها الإنفاق الرأسمالى دون عائد. وفى ظروف تتسم باللايقين Uncertainty على امتداد فترة طويلة، يغلب ان ترتفع خلالها درجة المخاطرة بالنسبة للطاقة النووية، ويرتفع معها بالضرورة معدل الخصم والتكلفة الكلية بالتبعية.

وكما يتضح من الجدول (٥) الذى يوضح التكلفة الفنية Technical cost للمفاعلات النووية فى بعض الدول الصناعية عام ٢٠٠٠، فإن التكلفة الرأسمالية لوحدة انتاجية حجم كيلووات فى مفاعل نووى بحجم جيجاوات (١٠٠٠ ميجاوات)، فى دولة مثل إسبانيا، تقدر بنحو ٢٥٠٠ دولار (على أساس

معدل فائدة ٥%) وبنحو ٣٠٠٠ دولار (على أساس معدل فائدة ١٠%). والأرجح ان تلك التكلفة قد ارتفعت الآن عما كانت عليه قبل عشر سنوات.

أما التكلفة الرأسمالية لوحدة مقارنة فى محطة تدار بتقنية الدورة المركبة للغاز الطبيعى Combined cycle gas technology (CCGT)، فإنها تتراوح فى الوقت الحاضر بين ٥٥٠-٦٥٠ دولاراً فقط.

جدول (٥): تقدير التكلفة فى مفاعلات الطاقة النووية فى بعض الدول الصناعية عام ٢٠٠٠.

الدولة	نوع المفاعل	حجم المفاعل ميجاوات MW	نفقة التشغيل سنت/kWh	التكلفة الرأسمالية (دولار لكل كيلووات قدرة منتجة (Capacity) وبافتراض	
				فائدة ٥%	فائدة ١٠%
كندا	Candu	١٣٣٠		٢١٣٩	٢٣٨٤
كندا	Candu	١٧٦٢	٠,٨	١٨٧٨	٢٠٥٣
فنلندا	BWR	١٠٠٠	١,٥	٢٥١٦	٢٦٧٢
فرنسا	BWR	١٤٦٠	١,٥	١٩٨٨	٢٢٨٠
اليابان	BWR	١٣٠٣	٣,٢	٢٨٤٨	٣١٤٦
كوريا الجنوبية	BWR	١٠٠٠	١,٤	١٩٢٤	٢٢٦٠
اسبانيا	BWR	١٠٠٠	١,٩	٢٥٤٠	٢٩٥٧

Candu = مفاعل كندى ذو مواصفات خاصة.

BWR = Boiling-water reactor مفاعل الماء المغلى.

PWR = Pressurized-water reactor مفاعل الماء المضغوط.

كذلك تتأثر اقتصاديات المفاعل النووى تبعاً لطول العمر الإنتاجى للمفاعل الذى أخذت الدول الصناعية الغربية ودول أوراسيا Eurasia (ومنها روسيا) تتجه إلى مده لنحو ٦٠ عاماً متأثرة بالتحسينات التقنية التى استحدثت، وهو ما يصب فى صالح الطاقة النووية؛ إذ يرتفع الإنتاج الإجمالى للمفاعل على مدى عمره ومن ثم تنخفض تكلفة الوحدة من الكهرباء المولدة وتتحسن اقتصادياته.

وفى مقابل ارتفاع التكلفة الرأسمالية فى المفاعلات النووية، فإن تكلفة الوقود تنخفض فيها كثيرًا عنها فى المحطات الحرارية، إذ تمثل تكلفة اليورانيوم نحو ٥% من التكلفة الكلية فى محطة نووية، وترتفع إلى ١٥% بعد التخصيب والتصنيع. أما تكلفة الغاز فى محطة CCGT فتبلغ نحو ٧٥% من إجمالى التكلفة. وفى عام ٢٠٠٦ تراوحت تكلفة الوقود النووى بين ٤٠-٦٠ سنتا أمريكيا لكل مليون Btu، بينما تراوحت تكلفة الوقود فى محطة غازية CCGT بين ٥-٧ دولارات لكل مليون Btu (كيلوات/ساعة kWh = ٣٤١٢ Btu).

ووفقًا لسيناريو أعد عام ٢٠٠٦ ويفترض معدلاً مرتفعًا للخصم، حيث تتراوح التكلفة الكلية لتوليد الكهرباء نوويا بين ٦,٨ – ٨,١ سنت أمريكى لكل كيلووات ساعة، تصبح الطاقة النووية منافسة لمحطة تستخدم الغاز الطبيعى عندما يستقر سعر الغاز فى المدى الطويل فوق ٦,٦٠ دولارا لكل مليون وحدة حرارية بريطانية Btu. ويوجد سيناريوهات أخرى تتوقع تحسن اقتصاديات الطاقة النووية بحيث تنخفض فيها التكلفة.

ومن ناحية أخرى، تلعب نفقات الحماية من التلوث دورًا مهمًّا فى مقارنة النفقات النووية بنظيرتها فى المحطات الحرارية. فنفقات حماية البيئة من مبتعثات غازات الاحتباس الحرارى، وخاصة غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2، تساند القوة التنافسية للطاقة النووية. ففى أوروبا والولايات المتحدة حيث يعتبر الفحم أهم مصادر الوقود فى توليد الكهرباء، تؤدى اضافة ١٠ دولارات للتخلص من طن مبتعثات الكربون إلى جعل الطاقة النووية منافسة للفحم فى توليد الكهرباء. وفى دول الاتحاد الأوروبى يبلغ متوسط تلك التكلفة، وفقاً لنظام تجارة المبتعثات EU Emission Trading Scheme نحو ١٨,٣ يورو للطن فى عام ٢٠٠٥ (وهو ما يعادل ٢٣ دولارا وقتها).

فى مقابل تلك الميزة التى تعمل لصالح الطاقة النووية، تتحمل تلك الطاقة بتكلفة الحماية من المواد المشعة والنفايات النووية أثناء تشغيل المفاعل النووى وبعد خروجه من الخدمة، مع العلم بأن درجة الخطورة تتزايد مع زيادة حجم المفاعل ومع طول فترة استخدامه. كذلك يأتى فى جانب سلبيات الطاقة النووية حاجتها إلى نفقات باهظة للدفاع عن مواقعها عسكريا خلافا للمحطات الحرارية التى لا تحتاج لمثل تلك النفقات.

obeikandl.com

ويعتبر التنميط فى بناء المفاعلات النووية Standardization، الذى تستخدمه فرنسا، ويطلق عليه "نظام القافلة" لتماثل وحداته، أفضل اقتصاديا من النموذج المتفرد Unique design المستخدم فى الولايات المتحدة وبريطانيا، ويقوم على التفرد فى التصميم تبعا لاختلاف الموقع والشركة القائمة بالمشروع. ولذلك ينبغى ان يأخذ المشروع المصرى هذه النقطة فى الاعتبار فيدقق فى اختيار النموذج الذى سيعتمد عليه ويحاول تعميق الخبرة المصرية المحدودة عددا بحيث يمكن استبدال خبير بخبير فى النموذج الموحد دون معوقات. وقبل هذا وبعده لا ينبغى تحت أى اعتبار قبول نظام "**تسليم مفتاح**" أو استبعاد موقع "**الضبعة**".

ثانيا – الاعتبارات الدولية المرتبطة بالطاقة النووية

يرتبط بالطاقة النووية، فى إقامتها وتشغيلها وفى مساندتها أو معارضتها، مشكلات دولية ينبغى أن تؤخذ فى الاعتبار عند إعداد دراسات جدواها، كما ينبغى أن تكون جزءا من الثقافة النووية التى تتسلح بها الجماهير لإدراك ما يرتبط بها من مشكلات سياسية، على نحو ما يحدث فى حالة إيران التى تفرض عليها الحكومات الغربية، بقيادة الولايات المتحدة، عقوبات متصاعدة نتيجة لقيامها بتخصيب اليورانيوم، وتهدد بفرض المزيد من العقوبات، بعد أن قامت إيران بإقامة مصنع ثان للتخصيب ثارت حوله ضجة سياسية كبيرة أثناء انعقاد الجمعية العامة للأمم المتحدة (سبتمبر ٢٠٠٩)، والتى شارك فيها رئيسا الولايات المتحدة وإيران أوباما ونجاد*.

ويأتى فى مقدمة تلك المشكلات تزايد القلق الدولى حول مخاطر انتشار الأسلحة النووية Proliferation risks، نتيجة للتوسع فى استخدام التقنيات المرتفعة الخطورة، مثل تخصيب اليورانيوم الذى يصبح صالحًا لصنع قنبلة ذرية إذا ارتفعت خصوبته فوق درجة معينة، ومثل البلوتنيوم الذى يستخلص من الوقود النووى ويصلح بعد تصنيعه للاستخدام فى المفاعلات النووية لتوليد الكهرباء، كما يصلح لصنع قنبلة ذرية، ولم يتوصل الإنسان بعد لإبطال صلاحيته فى صنع القنبلة.

* أنظر دراستنا "**كيف يواجه النفط الايرانى العقوبات الغربية الأمريكية**"، مجلة "شئون عربية"العدد ١٤٣ خريف ٢٠١٠.

ومن هنا صارت الدول الراغبة فى استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية تخضع للالتزامات التى تفرضها عليها اتفاقيات حظر انتشار الأسلحة النووية وغيرها من القيود. ويتخذ هذا القيد وجهًا محليًا يعبر عنه باحتجاج المواطنين فى أغلب الدول على إقامة المفاعلات النووية لما تحمله من مخاطر التلوث النووى، كما يأخذ هذا القيد صورة دولية تتمثل فى إخضاع من يدخل تلك الصناعة لرقابة دولية تباشرها الوكالة الدولية للطاقة الذرية International Atomic Energy Agency (IAEA). ومن ثم لا تملك الدولة كامل الحرية فى مقدرات تلك الصناعة، وإنما عليها أن ترضى المجتمع الدولى بفتح كافة جوانبها لتلك الرقابة.

كذلك يعتبر الحصول على الوقود النووى مشكلة دولية. فبعض الخبراء يؤكدون ان احتياطيات اليورانيوم متوافرة بدرجة كافية، وإنها لاتتركز فى مجموعة صغيرة من الدول، كما هو الحال بالنسبة للنفط والغاز، وإنما تتوزع بصورة معقولة بين دول العالم، ومن ثم فإنها لا تمثل عائقًا أمام استخدام المفاعلات النووية. بينما يؤكد البعض وجود دلائل قوية على أن إمدادات اليورانيوم يمكن ان تنضب فى وقت مبكر، مثلها مثل احتياطيات النفط والغاز. فوكالة الطاقة الدولية IEA؛ إذ تؤكد أن احتياطيات اليورانيوم المؤكدة تعتبر كافية إلى ما بعد عام ٢٠٣٠، إلا أنها تعود فتقول إنه يلزم توفير استثمارات كبيرة لتكثيف البحث عن اليورانيوم ولتوسيع قدرات تصنيعه وتحويله إلى "الكعكة الصفراء" Yellow cake التى تستخدم كوقود للمفاعلات. ويستخلص من الدراسات المتاحة أن الرؤية المتفائلة بالنسبة لاحتياطيات اليورانيوم بنيت على أساس التوسعات المتوقعة داخل الدول، التى تستخدم بالفعل الطاقة النووية (٣١ دولة)، ولا يدخل فى حسابها التوسعات، التى تنتج عن دخول دول نامية فى تلك الصناعة.

ولعل مما يؤكد اتجاه موارد اليورانيوم نحو التضوب أن التحول إلى الطاقة النووية فى ظل ارتفاع اسعار النفط خلال الفترة ٢٠٠٤-٢٠٠٧ قد أدى إلى الضغط على أسواق اليورانيوم، فاستمرت أسعاره فى الارتفاع بحيث بلغت فى عام ٢٠٠٦ نحو ٧٢ دولاراً للرطل، وهو ما يعادل ٩ أمثال ما كانت عليه تلك الأسعار عند تدنيها التاريخى عام ٢٠٠٠. ومن هنا يتبين ان مصر التى لا تملك

من اليورانيوم ما يغطى احتياجاتها عند تنفيذ البرنامج النووى، لابد أن تلجأ للأسواق العالمية (وربما للدولة التى ستتعاقد معها على تنفيذ البرنامج واحتكاره) لتغطية العجز فى الوقود النووى، وذلك فى وقت تكون احتياطياتها من النفط والغاز قد تآكلت نتيجة للزيادة المتسارعة فى الاستهلاك المحلى والتصدير.

أما تشجيع الدول الصناعية الغربية، بقيادة الولايات المتحدة، لبعض الدول النامية "الصديقة" كى تقبل على تبنى الطاقة النووية، فهو ليس خالصا لوجه الله، وإنما يدخل فيه جانب مهم من مصالح الدول الغربية. فهى من ناحية تستهدف الانفراد بأكبر نصيب من احتياطيات النفط والغاز، والتى يعتبر استخدامها أكثر أمانا وأوفى بتلبية الاستخدامات المتنوعة للطاقة وأهمها النقل والمواصلات البرية والبحرية والجوية التى لاتصلح فيها الطاقة النووية. ومن ناحية أخرى، فان أكثر من ٧٠% من تكاليف المفاعلات النووية يذهب إلى الدول الصناعية التى تمتلك المقاليد التقنية لتلك الصناعة سواء من حيث المعدات والأجهزة Hardware أم من حيث الوقود وخبرة التشغيل Operation.

وبالإضافة لهذه المكاسب، فإن الدول الصناعية الغربية لاتخشى على تأمين احتياجاتها من الطاقة النووية اذ تملك مقوماتها الأساسية، ومتى تعارضت احتياجاتها من تلك المقومات مع احتياجات الدول النامية فإن الأفضلية ستكون لاحتياجاتها هى.

مع ذلك، توجد محاولات لإخضاع الوقود النووى لاتفاقيات دولية متعددة الأطراف تضمن توزيع إمداداته فيما بين الدول بصورة عادلة وخاضعة لرقابة وكالة الطاقة الذرية IAEA. ومن ذلك قيام الرئيس الروسى السابق بوتن بتقديم مقترح لهذه الوكالة يقضى بإنشاء "نظام يعتمد على اقامة مراكز عالمية لتقديم خدمات دورة الوقود النووى، بما فى ذلك التخصيب، على أساس غير متحيز وتحت إشراف الوكالة الدولية".

وقد دعم هذا الاقتراح من جانب عدد من الدول الأعضاء بالوكالة للتأكيد على ضرورة إقامة نظام دولى متعدد الأطراف، يضمن توفير الوقود المخصب لجميع الدول المستخدمة للطاقة النووية على قدم المساواة وبشكل عادل، وخاصة فى ظروف انقطاع موارده نتيجة لأزمات سياسية. وكانت تلك المقترحات تستهدف إقامة هذا النظام فى خطوة واحدة، إلا أن المؤتمر الذى

عقدته الوكالة لمناقشتها – ضمن أمور أخرى – ارتأى أن إقامة هذا النظام فى إطار دولى متكامل وقابل للبقاء فى الأجل الطويل Viable ينطوى على مشكلات معقدة، وهو مايتطلب إقامته على مراحل، سواء بالنسبة للوقود النووى المنخفض التخصيب، أم بالنسبة لإدارة شئون الوقود المستهلك Spent fuel.

وقد اتجهت بعض الدول الصناعية المتقدمة، تحسبًا لنضوب احتياطيات اليورانيوم، إلى تطوير المفاعل المولد السريع Fast breeder reactor، وهو مفاعل يرفع كفاءة الوقود المستخدم بنحو ٦٠-٧٠ مرة مثل الجيل الحالى من المفاعلات الحرارية. غير أن تقنيات هذا المفاعل ما زالت أكثر تعقيدا وأشد خطورة، وبصفة خاصة نتيجة لاعتماده فى دورة التبريد على الصوديوم السائل وهو مبرد مشع شديد الخطورة. ونتيجة لما وقع من حوادث فى هذا المفاعل قامت اليابان بإغلاق مفاعلها Monju كما أغلقت فرنسا مفاعلها Super-Phenix وصارت تعتمد على مفاعلات صغيرة لمواصلة التجارب. كذلك أوقفت بريطانيا وألمانيا برامجها لتطوير هذا المفاعل. ومن ناحية أخرى، فإن اعتماد هذا المفاعل على البلوتنيوم كوقود، وهو من أهم مكونات السلاح النووى، ولا يوجد ما يبطل صلاحيته فى صنع القنبلة، يجعل التوسع فى استخدامه منطوياً على مخاطر انتشار الأسلحة النووية. ومن هنا يلقى هذا المفاعل معارضة شرسة. وتكاد الدراسات المتاحة تجمع على أن ذلك المفاعل لن يدخل الخدمة على مستوى تجارى خلال المستقبل المنظور.

ثالثا – مخاطر النفايات النووية المشعة

يرتبط بالطاقة النووية، بالإضافة للمشكلات الدولية التى سبق تناولها، مخاطر بيئية ينبغى ان يحسب حسابها أثناء إقامة وتشغيل المحطات النووية. من أهم تلك المشكلات احتمال تسرب المياه أو المواد المشعة، أو وقوع حوادث كبرى أخطرها ذوبان المفاعل Meltdown، مما يتسبب فى خسائر بشرية ومادية جسيمة تفوق ما وقع فى حادثى ثرى ميل ايلاند فى الولايات المتحدة وتشرنوبل فى الاتحاد السوفييتى.

غير أن ثمة دلائل قوية على أن درجة الأمان التقنى قد تحسنت بدرجة كبيرة منذ التسعينيات، وذلك كما يبدو مما ينشره الاتحاد الدولى لمشغلى الطاقة النووية World Association of Nuclear Operators. لكن يلاحظ أن تلك التحسينات لم تتحقق فى جميع المواقع بنفس الدرجة وإنما تعثرت فى بعضها،

وما زالت الفجوة كبيرة بين الحالات التى ارتفعت فيها التحسينات وتلك التى ما زالت فى أدنى المستويات. ولعل مما يدعو للتفاؤل فى هذا المجال أن وكالة الطاقة الذرية قد نجحت، بالتعاون مع ٢٨ دولة من أعضائها، فى تطوير نظام دولى لتحديث المفاعلات النووية ودورات الوقود International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO)، وهو نظام من شأنه توفير أساليب متقدمة لمعاونة الدول أعضاء الوكالة فى تقييم واختيار أفضل نظم التطوير والتحديث Innovative nuclear systems (INS).

وإذ يستغرق التحلل الكامل لبعض المواد المشعة المستخدمة فى التوليد النووى آلاف السنين، فإن تلك الصناعة تثير مشكلات بيئية خطيرة، من أهمها كيفية التخلص من نفايات الوقود المشعة Nuclear waste والتى قد يستمر خطرها الإشعاعى لآلاف السنين.

ومن المخلفات النووية ما يمكن الاستغناء عنه نهائيا، بينما يظل بعضها صالحا لإعادة الاستخدام كوقود بعد معالجته باستخدام تقنيات متقدمة، ومن ثم يلزم تخزينها مؤقتا لاسترادها عند الحاجة إليها. وفى انتظار نتائج البحوث المكثفة لحل مشكلة الدفن النهائى للمخلفات النووية، عملت الدول على توفير أماكن تسمح بالدفن المؤقت لعدة سنوات فى التجاويف الأرضية العميقة المستقرة جيولوجيا. ومن مقتضى عدم حل مشكلة دفن الوقود المستهلك دفنا نهائيا والاحتفاظ به فى موقع المفاعل أن تلك المواقع قد تمتلئ، قبل أن ينقضى عمر المفاعل الإنتاجى بسنوات مما يحتم غلقه كما حدث فى ألمانيا عام ٢٠٠٠.

وتتفاوت مواقف الدول من حيث معالجة النفايات المشعة، فالبعض يعاود تصنيع الصالح منها ويعيد استعماله كوقود نووى فيما يسمى "دائرة وقود مغلقة"، كما يقوم بتخزين الباقى تخزينًا مؤقتًا؛ انتظارا لاتخاذ قرار نهائى بشأنها مستقبلاً. ويضم هذا الفريق فرنسا والمملكة المتحدة وروسيا واليابان والصين والهند. وتستهدف فرنسا إعداد تجاويف أرضية مستقرة جيولوجيا تسمح بالدفن المؤقت يبدأ العمل فيها بحلول ٢٠١٥ لكى تصبح صالحة للتخزين اعتبارا من ٢٠٢٥.

أما الولايات المتحدة والسويد وفنلندا، فقد اختارت أسلوب التخلص مباشرة من تلك النفايات وتخزينها نهائيًا فيما يسمى "دائرة وقود مفتوحة". وتقوم تلك الدول بإعداد وتطوير برامج لإقامة الأماكن الصالحة لاستقبال تلك النفايات حيث يتوقع أن يبدأ تشغيل بعضها بحلول عام ٢٠٢٠. وكان بوش، الرئيس

السابق للولايات المتحدة، قد أصدر فى فبراير ٢٠٠٢ أول قرار ببناء مدفن صناعى للنفايات النووية فى جبال Yucca، كما بلغ المدفون مؤقتا فى الولايات المتحدة حتى عام ٢٠٠٢ نحو ٤٠ ألف طن تزداد سنويًا بنحو الفى طن. ولا يوجد للآن مدفن جيولوجى Geological repository صالح للدفن النهائى غير مدفن Waste Isolation Pilot (WIPP) فى الولايات المتحدة، غير أنه لايستقبل غير النفايات المرتبطة بالأسلحة النووية دون النفايات الناتجة من مفاعلات الطاقة النووية فى القطاع المدنى.

وقد بلغ حجم الوقود النووى المستهلك على المستوى العالمى حتى نهاية عام ٢٠٠٤ نحو ٢٨٠ ألف طن من المواد المعدنية الثقيلة Heavy metal، ويتزايد بمعدل ١٠,٥ آلاف طن سنويا. وقد تم للآن إعادة تصنيع واستخدام نحو ثلث تلك النفايات ومازالت المخازن المؤقتة تضم نحو ١٩٠ ألف طن. ويؤكد أنصار الطاقة النووية أن الخبرة المكتسبة عبر ٥٠ عاما من التعامل مع النفايات النووية تشير إلى أن أماكن التخزين المؤقت، الرطبة والجافة، سوف تكون قادرة على استيعاب الكميات المتزايدة منها إلى أن يتسنى توفير إمكانيات الدفن النهائى لكل النفايات المشعة.

أما بالنسبة للدول النامية حديثة العهد بالطاقة النووية، فإن أغلبها لم يتخذ موقفا نهائيا من تلك النفايات، انتظارا لما تسفر عنه الجهود الدولية لتحديد أفضل الوسائل للتخلص منها.

وبالنسبة لمصر التى يتوقع أن يبدأ تشغيل أول مفاعل نووى فيها بحلول ٢٠٢٠ وان يمتد عمره لمدة ٦٠ سنة حتى ٢٠٨٠ كما تشير الاتجاهات الحديثة فى أعمار المفاعلات، فإن طول المدة يخلق مشكلات عديدة ينبغى الانتباه لها من الآن والعمل على إدخالها فى دراسات الجدوى الفنية والاقتصادية. ففى خلال تلك المدة الطويلة يتوقع أن يتغير جوهريا أكثر المعايير التى تبنى عليها تلك الدراسات فى الوقت الحاضر. ومن هذا المنطلق ينبغى أن تحسب بدقة جميع المتغيرات الداخلة فى المشروع، فنيًا واقتصاديًا، والاحتمالات المتوقعة لتغيرها. ومن ذلك، كما ذكرنا، ان الدول الرائدة فى هذا المجال لم تقدر بدقة منذ البداية نفقات التخلص من المفاعل بعد توقفه وخروجه من الخدمة، بما فى ذلك تفكيكه والتخلص من هيكلة غير المنقول ودفن موقعه ودفن النفايات المشعة القابلة للنقل وغيرها. فلما ظهر، مع مضى الوقت، وبصورة أكثر واقعية، حجم

وخطورة تلك المشكلات، ارتفعت تقديرات التكلفة كثيرا فوق ما كان متوقعا فى البداية.

ومن ناحية أخرى، فإن اقتصاديات المشروع تقوم على توزيع النفقات الرأسمالية على عدد وحدات الكهرباء التى يتم توليدها على امتداد عمر المفاعل معبرا عنها بالكيلووات ساعة، ومن هنا يلزم الاستعانة بالخبرة المكتسبة فى الدول التى سبقتنا فى هذا المجال للتعرف على النمط الإنتاجى لنوع المفاعلات التى سيقع عليها الاختيار وحساب تكلفة الوحدة على هذا الأساس. ويجب التحذير ضد العادات السيئة التى صاحبت بعض المشروعات، إذ تبدأ بحماس ثم تتراخى فى التنفيذ، وهو ما ينعكس فى زيادة التكلفة لتراكم الفوائد.

ومرة ثانية نعيد التنبيه إلى أهمية دراسة أسلوب التنميط فى بناء المفاعلات النووية، الذى تتماثل وحداته Standardization وتستخدمه فرنسا بنجاح؛ إذ يساعد على تعميق الخبرة وتطويرها بالعدد المحدود من الخبراء المصريين كما يسمح بإحلال خبير محل آخر فى النموذج الموحد بسهولة. وقبل هذا وبعده، لا ينبغى تحت أى اعتبار قبول نظام "تسليم مفتاح"، الذى يحول دون اكتساب الخبرة النووية وتوطينها فى مصر.

.ويدخل فى نطاق المتغيرات التى ينبغى ان تحسب آثارها بدقة اختيار مواقع المفاعلات المزمع إقامتها، وتفضيل الاعتبارات الاقتصادية والفنية للمفاعل النووى على ما عداها من اعتبارات سياحية أو ما يثار حول موقع "الضبعة" الذى بذل فى اختياره واختباره الكثير من الجهد والمال على امتداد سنوات عديدة. وتشير تصريحات وزير الكهرباء إلى أن الموقع يعاد تقييمه، وأن النتيجة سوف تظهر قريباً، فلعلها تأتى بريئة من شبهة التحيز ضد الموقع، حتى لا يهدر المال والوقت فى اختيار موقع جديد قد يكون أقل صلاحية وأكثر كلفة.

رابعاً – مستقبل الطاقة النووية

كان المتوقع ان ينكمش استخدام الطاقة النووية على المستوى العالمى، نظراً لمخاطرها وانخفاض أسعار النفط والغاز الطبيعى إلى مستويات متدنية منذ انهيارها عام ١٩٨٦، وهما مصدران للطاقة أقل كلفة وأكثر أمانا. ومن مقتضى هذا الاتجاه أن تخرج من الخدمة المفاعلات النووية القديمة دون أن

يحل محلها جديد، وخاصة تلك التى أقيمت فى الدول الصناعية الغربية عقب ارتفاع أسعار النفط فى منتصف السبعينيات. وبالفعل بدأ بعض الدول الأوروبية فى الإغلاق التدريجى للمفاعلات النووية مثل بلجيكا وهولندا وألمانيا وإسبانيا والسويد وأيرلندا، كما توقف البعض عن التوسع فى الطاقة النووية باستثناء فرنسا وفنلندا وبريطانيا التى مازالت تستثمر وتتوسع فيها. وتوجد دول أوروبية أخرى ليس لديها مفاعلات أو استغنت عنها ومنها إيطاليا والبرتغال والنمسا والدانمارك واليونان ولوكسمبورج. وبذلك لم تعد الطاقة النووية تعتبر المصدر الرئيسى لتوليد الكهرباء إلا فى ٨ دول أوروبية، وتمثل أكثر من نصف الكهرباء المولدة فى أربع دول وهى فرنسا وبلجيكا وليتوانيا وجمهورية السلوفاك.

غير أن الكثير من الدول أخذ يعيد النظر فى موقفه من الطاقة النووية ويشجع الإقبال عليها؛ نتيجة لارتفاع الطلب العالمى على الكهرباء، مقترنا بالقلق المتزايد حول غازات الاحتباس الحرارى، وأهمها ثانى أكسيد الكربون CO_2، ثم اقتراب مصادر النفط والغاز من بداية رحلة النضوب النهائى، مع ارتفاع أسعارها فى قفزة كبيرة خلال السنوات الأخيرة وتوقع استمرار ارتفاعها عبر المستقبل المنظور.

ويجرى توليد الكهرباء النووية فى ٣١ دولة تدير ٤٣٥ مفاعلاً تبلغ قدرتها المركبة Installed capacity نحو ٣٧٠ جيجاوات (Giga = بليون أمريكى أو مليار فرنسى). أما حجم الكهرباء المولدة نوويًا على مستوى العالم، فقد بلغ عام ٢٠٠٦ نحو ٢٧٥٠ تيراوات/ساعة TWh (Tera = تريليون)، وهو ما يعادل نحو ١٦% من الإنتاج العالمى للكهرباء والذى بلغ نحو ١٧١٠٠ تيراوات/ساعة.

وبالنسبة لإجمالى الطاقة المستهلكة عالميًا، بكافة مصادرها، يتجه نصيب الطاقة النووية إلى الانخفاض إذ بلغ عام ٢٠٠٦ نحو ٦٣٦ مليون طن نفط مكافئ Toe، وهو ما يعادل ٦% من الطاقة العالمية التى بلغت ١٠٨٧٩ مليون Toe. أما فى عام ٢٠٠٨ فلم تتجاوز الطاقة النووية ٦٢٠ مليون Toe، وهو ما يعادل ٥% من الطاقة العالمية المقدرة بنحو ١١٢٩٥ مليون Toe.

وطبقا لسيناريو متوسط Reference Scenario، يتوقع أن تنمو القدرة المركبة للطاقة النووية على المستوى العالمى بمعدل ٠,٥% سنوياً فى المتوسط لتبلغ فى عام ٢٠٣٠ نحو ٤١٦ جيجاوات. أما سيناريو السياسة البديلة Alternative Policy Scenario، والذى يفترض ازدياد الإقبال على الطاقة النووية، وانخفاض مبتعثات غازات الاحتباس الحرارى، فيتوقع نمو القدرة النووية بمعدل ١,٤% سنويًا فى المتوسط لتبلغ عام ٢٠٣٠ نحو ٥١٩ جيجاوات. ويتوقع أن يقام نحو ٧٠% من الزيادة المتوقعة فى الدول النامية الساعية لاستخدام الطاقة النووية أو التوسع فيها ويقع أغلبها فى آسيا، وبخاصة الصين والهند.

ويأتى فى مقدمة عوامل الترويج للطاقة النووية أن بدائلها فى توليد الكهرباء، مثل الفحم والنفط والغاز، بالإضافة إلى اقتراب بعضها من منحدر النضوب وما يرتبط به من ارتفاع أسعارها، فإنها تساهم بنصيب كبير فى تلويث البيئة بما يتخلف عنها من غازات الاحتباس الحرارى. وسوف تواجه تلك البدائل ضغوطا متزايدة لتحجيم استخدامها فى إطار الاتفاقيات الدولية المتعددة الأطراف مثل بروتوكول كيوتو، وما يمكن أن تسفر عنه المفاوضات التى انتهت قمة كوبنهاجن إلى ضرورة استمرارها توصلا لاتفاقيات ملزمة تحل محل بروتوكول كيوتو بعد انتهاء مدته عام ٢٠١٢.

كذلك يعتمد أنصار الطاقة النووية فى ترويجها على ما يبذل من جهود مكثفة لتحسين مستوى الأمان فيها، ومن ذلك إنشاء عدد من الهيئات المحلية والدولية لمساندة تلك التحسينات فى إطار الوكالة الدولية للطاقة الذرية التى يحاول أعضاؤها توسيع اختصاصها فى أمور السلامة والأمان النووى. ويدخل فى تحسين الأداء أيضا التوسع فى اسلوب التنميط Standardization فى التصميم والتشغيل، وتحسين كفاءة التمويل والإدارة بتشجيع الشركات العاملة فى هذا المجال على الاندماج، أو اشتراك أكثر من شركة فى وحدة نووية.

ومن أمثلة المفاعلات العاملة الحديثة المفاعل AP1000، الذى تجرى إقامته فى الوقت الحاضر فى الصين وفنلندا وفرنسا التى صارت الطاقة النووية تمثل ٨٠% من احتياجاتها للكهرباء. ويتميز هذا المفاعل بقصر مدة إقامته، وانخفاض تكلفته بما فيها تكلفة التخلص من مخلفاته المشعة بعد انتهاء عمره

الإنتاجى. كذلك يتميز هذا المفاعل بقدرته الذاتية على الحفاظ على سلامته فى حالة الطوارئ Passive safety system، بدلا من النظم المعقدة التى يلزم تنشيطها فى تلك الحالات. كذلك يسهل بالنسبة لهذا المفاعل إنتاج مكونات محطة توليد الكهرباء بعيدا عن موقعها النهائى وبكميات متكررة يمكن تجميعها فى مواقع مختلفة لبناء عدة محطات فى وقت واحد.

أما الذين يعارضون الطاقة النووية فأشدهم تأثيرا الجماهير، وخاصة فى الدول الصناعية المتقدمة؛ حيث يتمتع الرأى العام بحرية سياسية تمكنه من التأثير فى قرارات الحكومات. وأخشى ما تخشاه الجماهير تسرب المواد والمياه المشعة أو وقوع حوادث نووية كبرى من نوع ما حدث فى TMI بالولايات المتحدة وفى تشيرنوبل بالاتحاد السوفيتى سابقاً.

بالإضافة للمعارضة الجماهيرية، توجد شكوك حول مدى كفاية احتياطات اليورانيوم لمواجهة احتياجات العالم المتزايدة؛ اذ يرى البعض أن الاعتماد على تقنيات الجيل الحالى من المفاعلات، وهو المفاعل الحرارى المحول Converter، سوف يؤدى إلى نضوب احتياطيات اليورانيوم خلال فترة قد لاتتجاوز أعمار المفاعلات العاملة حالياً، وما هو تحت البناء.

كذلك توجد شكوك حول توافر الاستثمارات الباهظة والإمكانيات اللازمة لتوسيع عمليات تخصيب الوقود النووى وتصنيعه، ثم إعادة معالجة الوقود المستهلك Spent لاستخلاص البلوتنيوم واليورانيوم غير المحترق، بما فى ذلك تكلفة تفكيك المفاعل بعد انتهاء عمره الإنتاجى وتكلفة دفن النفايات المشعة، والتى ما زالت عناصرها تتسم بقدر كبير من اللايقين.

وفى الدول النامية يأتى على قمة المعارضة النووية ما يراه البعض من شيوع الفساد الإدارى والإهمال البشرى ومن أمثلته فى مصر حوادث القطارات والعبارات والغش فى إقامة المبانى وبناء الطرق وغيره كثير. كذلك يشاع أن المفاعلات النووية سوف تقام فى مصر بمساندة أمريكية مما يحمل شبهة التبعية لاتجاهات سياسية معينة. ويشتد الاعتراض فيما لو اتجهت النية إلى إقامتها على أساس "تسليم مفتاح" حيث تنعدم أو تنخفض الفرص المتاحة للخبراء المصريين لاكتساب التقنيات النووية وتنميتها وتوطينها فى مصر.

وبالنسبة لمستقبل الطاقة النووية من منظور عربى، فقد استثمرت مصر وعدد من الدول العربية مبالغ وجهود طائلة على مدى سنوات عديدة لإعداد قدرات بشرية متخصصة فى مجالات الطاقة النووية. ومن الحكمة ان يحرص العرب على ألا تتخلف تلك الخبرات البشرية الثمينة عن ركب التطور العلمى والتقنى فى هذا المجال، وكلها مجالات حساسة،وتعتبر من أعمدة الثورة العلمية والتقنية فى الوقت الحاضر. وإذا أخذنا فى الاعتبار ما سبق ذكره حول اقتراب النضوب الطبيعى للنفط والغاز الطبيعى، فإن احتمالات تحسين الطاقة النووية، فنيًا واقتصاديًا، قد يجعل منها مصدرا مقبولاً للطاقة فى الدول العربية، النفطية منها وغير النفطية. ولذالك نرى البدء بإقامة عدة مفاعلات فى مصر وغيرها من الدول العربية، مع دخول تلك الدول كمجموعة للاستفادة من التفاوض الجماعى، وتوحيد التقنيات المستخدمة Standardization بحيث يسهل تنميتها وتبادلها بين الخبراء العرب. ومن ناحية أخرى، فإن الدول التى تمتلك التقنيات لابد أن تقيم وزنا لمجموعة عربية تمتلك من النفط والغاز والموارد ما يؤهلها لكى تفاوض من موقع القوة، وأن تعامل معاملة الند بدلا من انفراد من يمتلك الطاقة النووية بكل دولة عربية على حدة.

خامساً – أضواء على استخدام الطاقة النووية فى مصر

فى دراستنا المعنونة "التحديات والمخاطر المحيطة بالبترول والغاز فى مصر والشرق الأوسط" (المكتبة الأكاديمية – سلسة كراسات مصرية – يناير ٢٠١٠)، أوضحنا كيف صارت مصر مستورداً صافياً للنفط والغاز، اذ يتجاوز استهلاكها المحلى منها نصيبها من الإنتاج الكلى، بعد أن يحصل الشريك الأجنبى على نصيبه الذى يغطى نفقاته وأرباحه. ومن ثم تلجأ مصر إلى تغطية العجز بالشراء من نصيب الشريك الأجنبى. ويكاد يكون فى حكم المؤكد أن مصر سوف تتحول إلى مستورد لكامل احتياجاتها من السوائل البترولية والغاز الطبيعى، التى تنمو بمعدل ٥% سنويًا فى المتوسط؛ لكى ترتفع من نحو ٦٣ مليون طن نفط مكافئ Toe فى الوقت الحاضر إلى نحو ١٠٠ مليون Toe بحلول ٢٠٢٠. وبذلك سوف يكون على مصر مواجهة فاتورة استيراد للطاقة لاتقل عن ٩٠ تسعين مليار دولار سنويًا قابلة للزيادة. ولا يختلف الأمر سواء كانت الواردات نفطا أو غازا أو طاقة نووية، فكلها مصادر يتحتم دفع تكلفتها

بالأسعار والعملة الأجنبية متى نضبت حقولنا من النفط والغاز بتأثير الاتجاه المتسارع لتصدير احتياطياتنا المحدودة منهما.

وبصرف النظر عن قدر اللايقين المحيط بتقدير الاحتياطيات المؤكدة للغاز الطبيعى[1]، فقد ارتفع إنتاجه خلال الفترة ٢٠٠٤-٢٠٠٨ من ٢٤ مليون طن نفط مكافئ Toe إلى نحو ٥٤ مليون Toe بمعدل نمو ٢٣% سنويًا فى المتوسط، ويتوقع أن يرتفع الإنتاج إلى ٩٠ مليون Toe بحلول ٢٠١١، وفقاً لتصريحات رئيس الشركة القابضة للغازات، وهو ما يعجل بنضوب احتياطياته. وليت هذا النمو كان لتغذية صناعات محلية تتجه منتجاتها إلى التصدير لتحقيق حصيلة دولارية نضعها فى صندوق لمواجهة احتياجات الأجيال المقبلة من الطاقة، كما فعلت دول رشيدة كالنرويج. لكن الدافع لهذا الإفراط فى إنتاج الغاز كان تلبية لالتزامات التصدير الذى بدأ ٢٠٠٥ ثم تصاعد بمعدلات فلكية وبأسعار فى غاية التدنى.

ومع أن احتياطيات الغاز المعلنة رسميًا والمقدرة بنحو ٧٧ تريليون قدما مكعبة لاتتجاوز ١% (واحد بالمائة) من الاحتياطيات العالمية للغاز، فإن صادرات مصر من الغاز تزيد على نصف صادرات قطر، التى يبلغ نصيبها من الاحتياطيات العالمية ١٤%، كما تعادل صادرات مصر ثلاثة أمثال صادرات إيران التى تتمتع بنحو ١٦% من الاحتياطيات العالمية. وإذا كانت إيران تعتزم التوسع فى التصدير، فإن لديها ما يبرر هذا التوسع سواء من حيث حجم الاحتياطيات أم عمرها الإنتاجى (٢٥٠ عامًا مقابل ٢٠ عامًا فى مصر).

ويأتى هذا التطور فى تصدير الغاز على خلفية النمو المتسارع للإستهلاك المحلى منه ومن السوائل النفطية، إذ ارتفع توليد الكهرباء خلال الفترة ١٩٥٢-٢٠٠٦ من أقل من مليار كيلووات/ساعة إلى نحو ١٠٩ مليارات كيلووات/ساعة، وارتفع معه استهلاك قطاع الكهرباء من النفط والغاز من أقل من مليون طن نفط مكافئ إلى ٢١ مليون طن، منها نحو ١٩ مليون طن غاز طبيعى، وهو ما يمثل نحو ٩٠% من إجمالى الوقود المستهلك فى قطاع الكهرباء عام ٢٠٠٦، والبقية سوائل نفطية (مازوت وسولار). أما الكهرباء

[1] بنظر الفصل الثانى (أولا) من دراستنا "**التحديات والمخاطر المحيطة بالبترول والغاز فى مصر والشرق الأوسط**"، سلسلة كراسات مصرية، المكتبة الأكاديمية، يناير ٢٠١٠.

obeikandl.com

المولدة من مساقط المياه بالسد العالى وبقية الخزانات المقامة على النيل فلم يتجاوز حجمها ما يعادل ٣ ثلاثة ملايين طن نفط مكافئ، وهو ما يعادل ١٢% من الطاقة الكهرومائية.

ويستخلص من تصريحات وزير الكهرباء أن خطة القطاع تستهدف التوسع فى إقامة القدرة المركبة بحيث ترتفع من نحو ٢٢ جيجاوات بحلول عام ٢٠١٢ إلى نحو ٥٠ جيجاوات بحلول ٢٠٢٧؛ وإذ يأمل الوزير أن تغطى الطاقة الجديدة والمتجددة، متضمنة الطاقة الكهرومائية نحو ٢٠% من توليد الكهرباء بحلول ٢٠٢٠، فإن ما يعول عليه من طاقة الشمس والرياح وغيرهما قد لايتجاوز ٨% من إنتاج الكهرباء وذلك بالإضافة إلى الكهرومائية التى تمثل ١٢% من الكهرباء المولدة. وإذ تمثل الكهرباء عموما ٤٠% من إجمالى استهلاك النفط والغاز. فإن نصيب الشمس والرياح قد لايتجاوز ٣-٤% تقريباً من إجمالى احتياجات مصر من الطاقة بحلول ٢٠٢٠.

أما بالنسبة للزيت الخام، فقد تراوحت احتياطياته حول ٣,٧ مليارات برميل تقريباً على امتداد السنوات العشر الأخيرة، وهبطت فى عام ٢٠٠٨/٢٠٠٩ إلى ٣,١ مليار برميل يضاف إليها نحو ١,٣ مليار برميل التى تمثل احتياطيات المتكثفات المستخلصة من إنتاج الغاز والتى يشوبها، مثل ما يشوب احتياطيات الغاز، قدر من اللايقين. كذلك أخذ إنتاج الزيت الخام فى التآكل بمعدل ٤% سنويًا فى المتوسط نتيجة لتقادم الحقول، إذ انخفض من نحو ٤٥ مليون طن سنويًا فى المتوسط خلال التسعينيات إلى نحو ٢٧ مليون طن عام ٢٠٠٨/٢٠٠٩، ولا يعوض انخفاضه جزئيا غير إضافة السوائل المصاحبة لإنتاج الغاز (المتكثفات)، والتى تتزايد مع زيادة إنتاجه بحيث بلغت الآن نحو ٦ ملايين طن نفط مكافئ Toe، لتجعل إجمالى إنتاج السوائل النفطية خلال عام ٢٠٠٨/٢٠٠٩ نحو ٣٣ مليون Toe سنويًا.

ويقدر إنتاج الزيت والغاز والمتكثفات خلال العام المالى ٢٠٠٨/٢٠٠٩ بنحو ٨١ مليون طن نفط مكافئ Toe موزعة بنحو ٥٤ مليون Toe غاز (متضمنا المتكثفات والبوتاجاز)، ونحو ٢٧ مليون طن زيت خام. وإذ يقدر الاستهلاك المحلى من الغاز والسوائل النفطية بنحو ٦٣ مليون Toe (مناصفة تقريباً بين الغاز والسوائل النفطية)، فإن صافى ما يصدر منهما يقدر بنحو ١٨

مليون Toe بعد طرح إجمالى الواردات من إجمالى الصادرات المقدرة بنحو ٢٩ مليون طن (وهى عملية تجارية معتادة إذ تصدر الدولة الفائض من بعض المنتجات النفطية المكررة فى معاملها، وتستورد ما تحتاجه لسد فجوة العجز من زيت خام ومنتجات مكررة، ومن أمثلتها استيراد البوتاجاز والسولار). وكما أوضحنا فى دراستنا السابق الإشارة إليها، فإن نصيب مصر من إنتاج الغاز والسوائل لا يكفى لتغطية احتياجاتها منها، ومن ثم تقوم بشراء جانب من نصيب الشركات الأجنبية. ومعنى ذلك أن مصر لاتحقق شيئًا من صافى حصيلة التصدير، وإنما تؤول تلك الحصيلة بكاملها إلى تلك الشركات سدادا لنفقاتها ولنصيبها من الإنتاج المخصص لأرباحها، بالإضافة إلى ما تحصل عليه من قطاع البترول المصرى مقابل مشترياته منها.

ومنذ فترة ليست قصيرة، أخذت الشركات العاملة فى مصر فى استخدام وسائل الاستخلاص المتقدمة Enhanced oil recovery ذات التكلفة المرتفعة لاستخراج البراميل الأخيرة من احتياطيات الزيت الخام. ولذلك يتوقع تقرير لبيت الخبرة العالمى وود ماكنزى Wood Mackenzie أن يستمر إنتاج الزيت الخام فى الانخفاض، كما يشير إلى أن الشركة البريطانية للبترول BP العاملة فى مصر تتوقع أن يتوقف الإنتاج الاقتصادى من حقول شركة جابكو فى خليج السويس، وهى أكبر منتج للزيت الخام فى مصر. ومعنى التوقف الاقتصادى عن الإنتاج أن الحقل لا يزال يضم بعض النفط القابل للاستخلاص فنيًا، ولكن بتكلفة تفوق السعر السائد فى السوق، ومن ثم يتوقف الإنتاج اقتصاديًا. ومن هنا تطالب الشركة البريطانية بتعديل شروط الاتفاقيات المبرمة مع مصر بحيث تحصل على المزيد من المزايا الاقتصادية؛ حتى يمكنها تخصيص استثمارات تمكنها من استخدام وسائل الإنتاج المتقدمة لاستخراج بواقى النفط من الحقول. وإذا كان صحيحًا ما تدعية البريطانية للبترول، فمعنى ذلك أن تكلفة انتاج البراميل الأخيرة فى تلك الحقول صارت تتجاوز الأسعار السائدة، وهو أمر لايبعث على التفاؤل، ويؤكد مخاوف النضوب الوشيك.

وإذ تشير اقتصاديات الطاقة النووية الآن إلى أنها لاتنافس الغاز فى توليد الكهرباء، إلا إذا تجاوز سعر الغاز ٦ دولارات للمليون وحدة حرارية بريطانية Btu، فإننا نوصى بأن يقتصر إنتاج الغاز المصرى على ما يكفى فقط لتغطية

obeikandl.com

الاستهلاك المحلى مع شراء نصيب الشريك الأجنبى بالكامل بالسعر الوارد فى الاتفاقيات الصادرة بقوانين ولا يتجاوز ٢,٦٥ دولار للمليون Btu، وهو ما يعادل نصف تكلفة الطاقة النووية، ويعتبر أكثر أمانا، كما يساهم فى تغطية الاحتياجات المتزايدة خلال فترة بناء المفاعلات النووية. هذا بافتراض عدم الاستجابة لمطلب الشركات رفع سعر الغاز، الذى نشتريه من أنصبتها إلى ٤,٧٠ دولار أو أكثر بحجة ارتفاع التكلفة، إذ الحقيقة أن الشريك الأجنبى يسترد التكلفة دولاراً بدولار من الإنتاج قبل اقتسامه، ومن ثم لا يصح استردادها مرة ثانية برفع السعر لمشتريات الدولة التى تستضيفه.

وبافتراض أن إقامة محطة نووية يستغرق ٨ سنوات فى المتوسط فى دولة صناعية تتوافر فيها المقومات المطلوبة، فإن إقامة محطة نووية فى مصر، التى ما زالت فى دور الإعداد وبداية الطريق، يمكن أن تستغرق على الأقل ١٠ سنوات، وبذلك تصبح جاهزة للتشغيل بحلول ٢٠٢٠. ولكى تستخدم الطاقة النووية فى محطات الكهرباء المخطط لإقامتها فإنه يلزم اقامة عشرات المفاعلات من حجم جيجاوات (ألف ميجاوات)، والتى تتجاوز تكلفة المحطة نحو ٣ مليارات دولار يمثل المكون الأجنبى منها أكثر من ٧٠%. ولا يدخل فى تلك التكلفة نفقات الوقود النووى وتكلفة التشغيل، كما لا يدخل فيها تكلفة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية إلى حيث تستهلك، والتى تصل فى العادة إلى ٥٠-٦٠% من نفقات التوليد. وفى حالة مصر حيث يحتمل أن يبتعد موقع المفاعل، كموقع الضبعة، عن المناطق ذات الاستهلاك الكثيف من الطاقة الكهربائية، يمكن أن يؤدى طول المسافة وما يفقد منها أثناء النقل إلى رفع التكلفة للمستهلك النهائى.

وكما أوضحنا من قبل، فإن الطاقة النووية لاتحقق أفضل اقتصادياتها إلا اذا استخدمت لمواجهة حمل الأساس Baseload، وهو الحد الأدنى لاستهلاك الكهرباء فى أى وقت على مدار الساعة، بينما يستخدم لمواجهة تقلبات الحمل المفاعلات الحرارية التى تدار بالزيت أو الغاز أو الفحم. ومعنى ذلك أنه يوجد للطاقة النووية نسبة من إنتاج الكهرباء لا يمكن تجاوزها. لذلك، وبافتراض أنها سوف تمدنا بنحو ٣٠% من الكهرباء المستهدف رفع قدرتها المركبة من ١٧,٣ جيجاوات عام ٢٠٠٦ إلى ٥٠ جيجاوات بحلول ٢٠٢٧، وأيضا بافتراض أن

الطاقة الجديدة والمتجددة (متضمنة الكهرومائية) سوف تغطى ٢٠%، فإن النصف الباقى من احتياجات الكهرباء سوف يعتمد بالضرورة على مصادر حرارية كالزيت والغاز. وبإضافة الاستخدامات غير الكهربائية من النفط والغاز (وتقدر بنحو ٦٠% من إجمالى استهلاك الطاقة)، فإن الاعتماد على النفط والغاز قد لا يقل عن ٨٠% من ذلك الإجمالى، وهو ما يلجئنا لخوض صراع عالمى متوقع لتأمين احتياجاتنا منهما وبأسعار لاتحتمل.

على تلك الخلفية ينبغى الإسراع بوضع إستراتيجية شاملة متكاملة للطاقة يتولى الإشراف على تنفيذها المجلس الأعلى للطاقة المشكل عام ٢٠٠٧ برئاسة رئيس مجلس الوزراء، وبعد استكمال أذرعته التنفيذية، وبحيث يؤخذ فى الاعتبار:

أولاً: وضع وتنفيذ برامج صارمة لترشيد الطاقة، وهو ما يقتضى توقف قطاع البترول عن إصدار تصريحات وردية توحى، على خلاف الحقيقة، أن مصر تعوم على بركة من النفط والغاز، وانها تحقق حصيلة كبيرة من صادراتهما، بينما الحقيقة أن تلك الحصيلة تمثل صادرات الشريك الأجنبى، وأن الجانب المصرى صار مستوردا صافيا للزيت والغاز، ومكبلا بمديونية كبيرة للشركات مقابل ما نشتريه من أنصبتها لسد فجوة الاحتياجات المحلية.

ثانياً: تحجيم الإنتاج بما يغطى فقط الاستهلاك المحلى والاحتفاظ بكامل احتياطيات النفط والغاز لمواجهة احتياجات الأجيال المقبلة وتأخير نقطة التحول إلى الاعتماد الكامل على استيراد الطاقة. وفى تلك الحالة ستقوم مصر بشراء أنصبة الشركات الأجنبية حتى لو زادت المديونية الأجنبية، ولكنها ستكون مديونية لها ما يبررها؛ إذ توفر للدولة مصدرا للطاقة أقل تكلفة وأكثر أمانًا من النووية. وفى تلك الحالة فليس للشريك الأجنبى أن يقلق على نصيبه مما يحتويه الحقل، إذ تمتد اتفاقيات النفط إلى ٣٥ سنة، وهى مدة تغطى العمر الإنتاجى لأى حقل، فضلا عما يتمتع به من مزايا سخية توفرها له ظروف العمل فى مصر[٢].

[٢] انظر الفصل الثانى (رابعا) من دراستنا "التحديات والمخاطر المحيطة بالبترول والغاز فى مصر والشرق الأوسط"، سلسلة كراسات مصرية، المكتبة الأكاديمية، يناير ٢٠١٠.

obeikandl.com

ثالثاً: وبصفة عامة، فإن الف باء اقتصاديات الغاز – وخاصة فى الدول ذات الاحتياطيات المحدودة كمصر – تجعل الأولوية لاستخدامه محليًا. فإذا كان الغاز يعتبر اقتصاديًا فى الدول المستوردة، ومنها أوروبا والولايات المتحدة، بعد تحميله بنفقات الإسالة والنقل وإعادة التغويز، فإن الأفضلية تكون لاستخدامه فى الدولة المنتجة التى لاتتحمل هذه النفقات. ومن ناحية أخرى، فإن أسعار الغاز فى الأسواق العالمية تضعه فى مرتبة أدنى من الزيت رغم تميزه بيئيًا واستخداما. وإذ يعادل برميل الزيت ٥,٦ مليون وحدة حرارية، فإن معادلة سعر الغاز مع سعر الزيت حتى بعد انخفاضه إلى نحو ٧٥ دولارا للبرميل تقتضى رفع سعر الغاز إلى ١٣ دولارا للمليون وحدة حرارية قبل إضافة تكاليف الاسالة والنقل، فهل يستطيع قطاع البترول تحقيق تلك المعادلة، وخاصة إذا عادت أسعار الزيت للارتفاع كما هو متوقع؟ إن أى سعر لتصدير الغاز دون السعر الذى يعادل سعر الزيت يعتبر إهدارًا لثروة قومية نظيفة وأكثر أمانًا، وسوف نحتاج لاستيرادها مستقبلاً فى ظل صراع عالمى متوقع وبأسعار لا تحتمل.

وإذ تدرك الدول الصناعية، بقيادة الولايات المتحدة، أن الاحتياطيات العالمية للنفط والغاز بدأت رحلة النضوب النهائى، وأن هذين المصدرين هما الأقل خطورة والأفضل استخداما فى مجالات مثل النقل البرى والجوى والبحرى، والتى لاتصلح فيها الطاقة النووية فقد تحولت مواقف تلك الدول إزاء بعض الدول النامية من المنع إلى تشجيع استخدام الطاقة النووية تخفيفاً لحدة المنافسة على استخدام النفط والغاز. ومن ناحية أخرى، فإن إقبال الدول النامية على الطاقة النووية، التى يزيد المكون الأجنبى فى تكلفتها على ٧٠%، سوف يوفر لاقتصادات الدول الصناعية مصدراً سخيا للدخل والعمالة، دون أن تخشى فقدان قدرتها على إشباع احتياجاتها من الطاقة النووية التى تملك مقدراتها.