

# النموذج النووي لجنوب أفريقيا

يُنظر إلى مفاعل صغير ومبتكر على أنه  
النموذج لمحطات كهربائية جديدة.  
يقترَب المشروع من نقطة الانطلاق.

بقلم توم فيريرا

الوحدات التجارية الأولى.

مفاعلات طبقات الوقود الحصى صغيرة، إذ يبلغ حجمها سدس حجم أي من المحطات النووية الأكثر انتشاراً. تستطيع عدة مفاعلات PBMR أن تشترك في مركز تحكم مشترك وتشغل مساحة لا تزيد على مساحة ثلاثة ملاعب لكرة القدم.

ويتحدد أكثر، المفاعل PBMR هو مفاعل عالي درجة الحرارة (HTR)، مبرّد بالهليوم، ومُهدّد بالجرافيت. والمفهوم مبني على خبرة في المملكة المتحدة وفي الولايات المتحدة، وبصورة خاصة في ألمانيا، حيث كانت تُشغّل بنجاح نماذج أولية في الفترة الواقعة ما بين الستينيات والثمانينيات من القرن العشرين. ورغم أن المفاعل الذي يجري تطويره ليس هو المفاعل النووي الوحيد في العالم العالي درجة الحرارة والمبرد بالغاز، فإن مشروع جنوب أفريقيا يعتبر دولياً في المقدمة. يتضمن مفاعل جنوب أفريقيا PBMR ابتكارات تقانية فريدة وحاصلة على براءة اختراع، الأمر الذي جعله تنافسياً بشكل خاص.

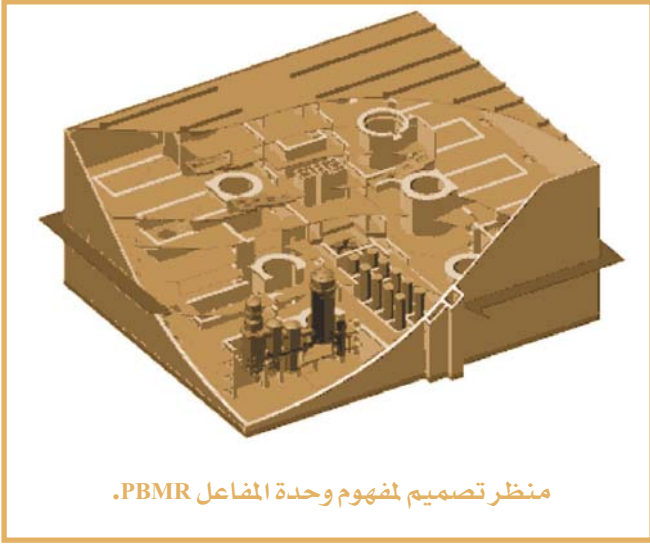
يقول السيد نك تيربلانش N. Terblanche، الرئيس التنفيذي للملكية PBMR المحدودة، ستُصنع المفاعلات التجارية ليولّد كل منها 165MWe. ولرفع مساهمة المنظومات الداعمة إلى أقصى حد، تم تشكيل المفاعل PBMR وفق خيارات متنوعة، كتصميم مؤلف من ثماني مجموعات 8-pack layout. ويقول: "يعد هذا النموذج اقتصادياً لأن مردود كلفته هو الأفضل ويسمح بوصل الوحدات بعضها ببعض بعد استكمالها إفرادياً."

رغم أن لتقانة توليد الكهرباء من الطاقة النووية أفضل سجل من حيث الأمان والبيئة يفوق كثيراً سجل أي تقانة قيد الاستخدام العام، إلا أنها ظلت لسنوات عديدة غير قادرة على إحداث أي خرق ذي معنى في جدار الملاحظات السلبية التي برزت في وجهها.

غير أن المشاعر تتغير بسرعة على النطاق العالمي. فالانفجار الذي حدث في أسعار البترول شكّل تذكيراً واقعياً بالتقلب السريع في سوق الطاقة، وباستنزاف الوقود الأحفوري، وبالحاجة الملحة لمصادر قدرة كهربائية لا غنى عنها في الاقتصاد الصناعي الحديث تتمتع بالاستقرار، والوثوقية، إضافة إلى كونها غير ملوثة.

واليوم، تُثمّنُ عالياً أنواع جديدة من المحطات النووية، وجنوب أفريقيا تسير في المقدمة في هذا المضمار. ويعد مزود الطاقة للدولة، إسكوم ESKOM، دولياً بمثابة القائد في مجال تقانة المفاعلات المؤلفة من وحدات ذات طبقة الوقود الحصى Pebble (PBMR) Bed Modular Reactor التي تمثّل "جيلاً جديداً" لمحطة كهربائية تعمل بالطاقة النووية.

يلوح في الأفق قرار حول مستقبل المشروع PBMR (انظر المؤخر، المفاعل PBMR يقترَب من نقطة الانطلاق). وإذا وصلت الموافقات على الانتقال إلى الطور الثاني من المشروع في الأشهر القادمة، فإن إنشاء محطة توضيحية للمفاعل PBMR سيبدأ في عام 2006، وفي هذه الحالة سيبدأ المفاعل عمله في عام 2010 ويُسلم إلى الزبون إسكوم في عام 2011. لقد أخذت إسكوم على عاتقها بصورة مشروطة أن تشتري



منظر تصميم لمفهوم وحدة المفاعل PBMR.

وتسمح الفكرة بإضافة وحدات إضافية وفقاً للطلب وتشكيلها بالحجم الذي تطلبه الجماعات المستثمرة. ويمكن للمفاعل أن يعمل باستقلالية في أي مكان، شريطة أن توجد مياه كافية للتبريد. ورغم أن التبريد الجاف أكثر كلفة إلا أنه يوفر حرية أكبر في اختيار موقع المفاعل.

### تطورات تُحدث تقدماً

التطور الجديد المثير هو عزم مالكي المفاعل PBMR على تقديم اقتراح بمشروع إنتاج الهيدروجين، الذي تبلغ كلفته 1.1 بليون دولار أمريكي، يقام في مختبر إيهادو الوطني للبيئة والطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية. إن مبادرة الهيدروجين تتطلب بناء محطة تستطيع توليد الكهرباء وإحداث التسخين إلى درجات حرارة عالية في آن معاً. تشير التصميمات المفاهيمية الأولية، مع تعديلات طفيفة، إلى أن محطة القدرة PBMR الحالية تستطيع أن تفي بهذا الغرض.

تقدم المساهمة في مشروع الهيدروجين فوائد جلية يمكن أن تلعب دوراً محفزاً لجعل تقانة المفاعل PBMR تجارية في الولايات المتحدة الأمريكية. وسيؤدي هذا إلى جعل المفاعل الطريق المفضل كلما تعلق الأمر بتقانة المفاعلات العالية درجة الحرارة (HTR).

بُنيت فكرة المفاعل PBMR على فلسفة مفادها أن المفاعلات الجديدة ينبغي أن تكون صغيرة. يتألف المفاعل من وعاء شاقولي من الفولاذ المتحمل للضغط والمبطّن بقوالب من الغرافيت، وهو يستعمل جسيمات من أكسيد اليورانيوم المخصّب مغطاة بالغرافيت ومكسوة بكريبيد السليسيوم لتشكل كرة الوقود أو الحصاة، وتحتوي كل منها 15.000 حبيبة من ثنائي أكسيد اليورانيوم. يستعمل الهيليوم كمبرد وكوسط لنقل الطاقة.

لقد وصل المشروع إلى معلم هندسي رئيس بالإقلاع الناجح لأجهزة اختبار منظومة تحويل القدرة في المفاعل PBMR. تمثل أجهزة الاختبار أول دورة مغلقة في العالم لعنفة غازية متعددة المحاور. لقد صممت النموذج وبنته كلية الهندسة في جامعة بوتشيفستروم القريبة من جوهانسبرغ، بمساهمة فنية من فريق مشروع PBMR.

إن شركة الطاقة النووية في جنوب أفريقيا، المشمولة بالعقد مع مالكي المفاعل PBMR لتطوير مقدرّة تصنيع الوقود، تنجز في الوقت

## المفاعل PBMR يقترب

### من نقطة الانطلاق

يوجد شريكان لـ إسكوم في جنوب أفريقيا في مشروع المفاعل PBMR هما: شركة التطوير الصناعية International Development Corporation (IDC) والوقود النووي البريطانية British Nuclear Fuels. ولقد عبّر الشركاء كلهم عن الرغبة في السعي نحو التصميم التفصيلي ومرحلة البناء. تشمل هذه المرحلة بناء مفاعل للإيضاح في كوبرغ بالقرب من كيب تاون ومحطة وقود مصاحبة في بلندابا بالقرب من بريتوريا، حيث يُصنّع وقود كوبرغ عادة.

لقد تمت، حتى الآن، دراسة جدوى المشروع بشكل مفصل، وكذلك التصميم الرئيسي والمسألة التجارية، وفريق المشروع جاهز كي ينتقل إلى طور البناء فور تلقي كافة التصديقات.

تنتظر إسكوم الآن القرار النهائي حول تقييم الأثر البيئي (EIA) من وزير شؤون البيئة والسياحة (DEAT) اللاحق لسجل قرار إيجابي مبدئي حول تقارير التقييم EIA في حزيران/يونيو 2003. حيث وجدت الوزارة DEAT أن المشروع كان مقبولاً من وجهة نظر الأثر البيئي، مع بعض الشروط.

ونتيجة لسجل القرار الإيجابي، مُنحت الأطراف المهتمة المتأثرة شهرين لتقدم استئنافاً لوزير شؤون البيئة والسياحة. وبعد أن انتهت مدة الاستئناف في شهر آب/أغسطس من عام 2003 يقوم الوزير حالياً بمراجعة الاستئنافات.

إضافة إلى القرار النهائي حول التقييم EIA ومصادقة المستثمرين، لا يزال التقدم نحو المرحلة التالية (مرحلة بناء وحدة توضيحية ومحطة وقود)، خاضعاً لإصدار رخصة بناء من قبل المنظم النووي الوطني في جنوب أفريقيا ومصادقة حكومة جنوب أفريقيا.

يبدو أن المشروع مدعوم بقوة من قبل الرئيس ثابو مبيكي Thabo Mbeki وحكومته. وفي الحقيقة التقى وفد من جنوب أفريقيا برئاسة وزارة التجارة والصناعة المسؤولين الكبار في أريفا وفراماتوم في باريس في وقت مبكر من هذا العام للباحث في إمكان مشاركة الفرنسيين في المشروع. وأريفا هي واحدة من الشركات الدولية العديدة التي أبدت اهتماماً في دخولها في المشروع الذي يكلف 13 بليون دولار أمريكي.

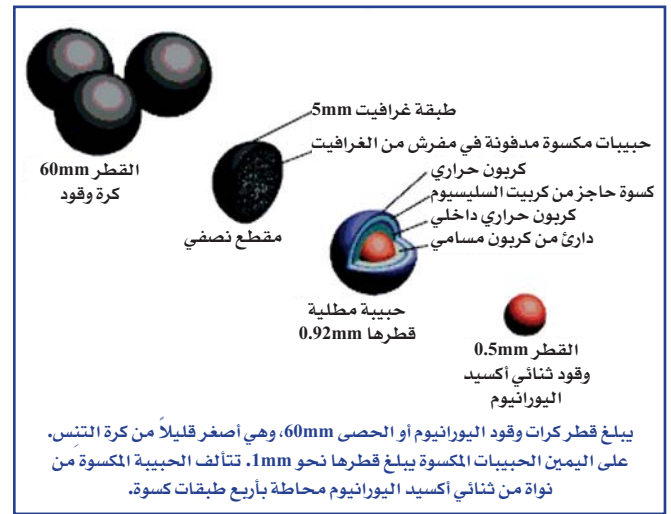


نفسه تقدماً جيداً. فهي تركز على تطوير تقنيات الإنتاج اللازمة لصنع كرات وقود كاملة.

## التدليل على الأمان

يهدف المفهوم الأساسي للتصميم إلى تحقيق محطة ليس فيها عملية فيزيائية يمكن أن تسبب خطراً إشعاعياً فيما وراء حدود الموقع. وإضافة إلى ذلك فإن درجة حرارة الذروة التي يصل إليها القلب أثناء الحالة الانتقالية ليست فقط دون نقطة تردّي الوقود المعروفة، لكنها أيضاً أدنى بكثير من درجة الحرارة التي تتأثر بها البنية الفيزيائية. وهذا سيلغي أي توقع لحادث انصهار القلب.

لقد تم التثبت من أمان التصميم أثناء اختبار جماهيري لسلامة المحطة، وصور على فيلم في محطة القدرة الألمانية AVR، التي يقوم



عليها مفهوم قلب المفاعل PBMR. أوقف الألمان تدفق المبرد عبر قلب المفاعل وتركوا قضبان التحكم مسحوبة تماماً كما لو كانت المحطة تعمل وفق نمط توليد القدرة الطبيعي.

لقد تم البرهان على أن قلب المفاعل النووي يغلق نفسه في غضون بضع دقائق. لقد برهن فيما بعد أنه لم يوجد تلف أو تدهور في الوقود النووي مقارنة مع الحد المطلوب عدم تجاوزه في التصميم الطبيعي. وقد برهن ذلك على أن انصهار قلب المفاعل لم يكن وارداً وعلى أنه تم التوصل إلى تصميم مفاعل نووي آمن ذاتياً.

يقول فومزاييل تشيلين Ph. Tshelane، المدير العام للخدمات المشتركة في شركة PBMR المحدودة: "نحن نحاول تغيير الثقافة النووية، وإذا أثبت النموذج التوضيحي للمفاعل PBMR أنه قابل للتطبيق تقنياً وتجارياً، فبإمكانه أن يدعم بصورة مثيرة آفاق الطاقة النووية على نطاق عالمي، محققاً في النهاية الحلم بمصدر للطاقة غير ملوث وآمن وتنافسي وربما يكون شعبياً أيضاً".

الكاتب: توم فرييرا مدير اتصالات شركة PBMR (المحدودة) في جنوب أفريقيا (<http://www.bpmr.com>).

البريد الإلكتروني: [commsmanager@pbmr.com](mailto:commsmanager@pbmr.com)

## ضم القوى من أجل الابتكار

تُشغّل جنوب أفريقيا الآن محطتين تقليديتين لتوليد الكهرباء من الطاقة النووية في كوبرغ، وهما تُزودان ما يقارب 6% مما تحتاجه البلد من الكهرباء، بما فيها معظم ما تحتاجه مدينة كيب تاون المجاورة. من المتوقع أن يستمر الطلب على الكهرباء بالارتفاع في السنوات القادمة. إذ تبلغ نسبة الجنوب أفريقيين الذين يستخدمون الكهرباء اليوم نحو 60%، بالمقارنة مع 30% منذ عقد مضي. ساعدت مصادر الطاقة النووية والمتجددة على دعم النمو، على الرغم من أن الفحم يبقى مصدر الطاقة المهيمن، إذ يولد 90% من الكهرباء الكلية في جنوب أفريقيا.

إن مفاعلات طبقات الوقود الحصوية ليست جديدة على العالم النووي، غير أن الابتكارات التقنية تساعد الآن على جلبها إلى السوق. وإذا تم بناء المفاعل PBMR الجنوب أفريقي فسيكون المثال التجاري الأضخم على التقنية.

طوّرت كل من ألمانيا والصين مفاعلات PBMR، كما أن البحث والتطوير يشهدان في الولايات المتحدة والصين وبلدان أخرى. وحديثاً شكل الباحثون في معهد ماستشوستس للتقانة (MIT) في الولايات المتحدة وجامعة تسينغو في بكين بالصين شركة ليتعاونوا على تطوير المفاعل PBMR في ظل اتفاق دولي بين وزارة الطاقة في الولايات المتحدة وسلطة الطاقة الذرية الصينية.

في السنوات الست الماضية، كان فرقاء البحث في المعهد MIT وجامعة تسينغو يعملون بصورة مستقلة على دراسات للمفاعل. ويقدم عملهم المشترك الآن أساليب لفرقاء البحث كي يتبادلوا التقانات والأفكار.

يقول البروفسور أندرو كاداك Andrew Kadak من قسم الهندسة النووية، "يوفر الاتفاق فرصة لا تصدق لاتتلاف العالم على هذه التقانة الواعدة". يرأس البروفسور كاداك البحث الذي يجريه المعهد MIT وكان له الأثر الفعال في الجهود التي بذلت على مدى ثلاث سنوات من أجل توقيع الاتفاق. ويقوم الآن بإجراء اتصالات مع باحثين آخرين في مجال طبقة الوقود الحصوية في الولايات المتحدة وأوروبا وجنوب أفريقيا وأماكن أخرى لتطوير مواضيع ذات اهتمام مشترك. والغاية من ذلك هو تشكيل جهد عالمي يمتد إلى ما وراء تعاون المعهد MIT وجامعة تسينغو وبناء اهتمام على نطاق عالمي في التقانة.

إن إحدى بوّر الاهتمام هي طريقة "صل والعب" لبناء مكونات المفاعلات ذات الطبقة الحصوية. يقول الباحثون إذا كانت مثل هذه المنشآت الصغيرة ذات الوحدات تنافسية، فستكون جذابة ليس للسوق في الولايات المتحدة فقط بل أيضاً في الصين وفي بلدان أخرى سريعة النمو وفيها توزع سكاني واسع التشتت.