تكنولوجيا مفاعلات القوى النووية الصغيرة الصديقة للبيئة لإنتاج الكهرباء وتحلية مياه البحر للقرن الحادى والعشرين

Environmentally Friendly Technology of Small Nuclear Power Station for Production Electricity & Desalinate Sea-Water for the Twenty-One Century

أ.د/ رجـــائى زغلـول - أستاذ متفرغ واستشارى بيئة - هيئة الطاقة الذرية

رئيس شركة تديكو للتنمية التكنولوجية والاستثمار

Representative TEN/Energy, Manufacture Company

إن الحل الأمثل لتوفير متطلبات التنمية الشاملة والمستدامة فى مصر ومنطقة الشرق الأوسط لمواجهة الفقر الكهربائى والمائى عصب تقدم الشعوب والحد من انطلاق الغازات الدافئة"green house effect" الملوثة للبيئة والمنطلقة من إنشاء المحطات الحرارية المستخدمة للوقود الأحفورى لإنتاج الكهرباء وتحلية مياه البحر. وذلك بمشاركة القطاع الخاص بالاستثمار فى إقامة محطات القوى النووية الصغيرة ذات درجات الأمان العالية "Inherently Safe"باستخدام وقود اليورانيوم أو الثوريوم ذات التكلفة المنخفضة والتكنولوجيا البسيطة الآمنة "Proven technology"

- يعرف هذ النوع من مفاعلات القوى لتوليد الطاقة بالمفاعلات الصغيرة المبردة بغاز الهيليوم الخامل والجرافيت للتهدئة وهى من فصيلة المفاعلات المولدة السريعة fast Breeder Reactors وهى مفاعلات حرارية عالية (HTGR) ذات تكنولوجيا آمنة ويجب الأخذ بتلك التقنيات النووية للقرن الحادى والعشرين بعد أن فاتنا العصر النووى فى القرن العشرين. هذا ويتولد منها طاقة حرارية عالية تقدر بـ 50 ميجاوات حرارى تستخدم فى توليد بخار ماء عند درجة حرارة 480 درجة مئوية وتحت ضغط جوى 65 بار. وعند هذه المرحلة تنتهى مهمة المفاعل النووى. حيث يستخدم هذا البخار المضغوط بدرجة الحرارة هذه فى تشغيل التوربينات والمولدات لإنتاج الكهرباء بكفاءة عالية كما هو الحال فى المحطات الحراريه التقليدية المستخدمة للسولار والغاز الطبيعى والفحم , وهى تكنولوجيا يعلمها جيداً جميع المهندسين و الفنيين العاملين فى هذا المجال.

أما المهمة الثانية لهذة المحطة وهو إنتاج المياه العذبة , تتم بإستخدام بخار الماء الخارج من التوربينات بضغط منخفض من 1-11 بار ودرجة حرارة أقل وبطاقة حرارية تقدر بـ 30 ميجاوات حرارى توجه إلى وحدات تحلية المياه لإنتاج المياه العذبة ثم تحويلها لمياه صالحة للشرب بعد الإضافات اللازمة , أما الجزء المتبقى من البخار بضغط حوالى 2 بار ودرجة حرارة 120 درجة مئوية وبطاقة حرارية تقدر بـ 10 ميجاوات حرارى فتوجه إلى التدفئة أو وحدات التكييف لإنتاج الهواء البارد للمنشآت والأغراض المختلفة .

STGR 20 WITH CONVENTIONAL STEAM CYCLE

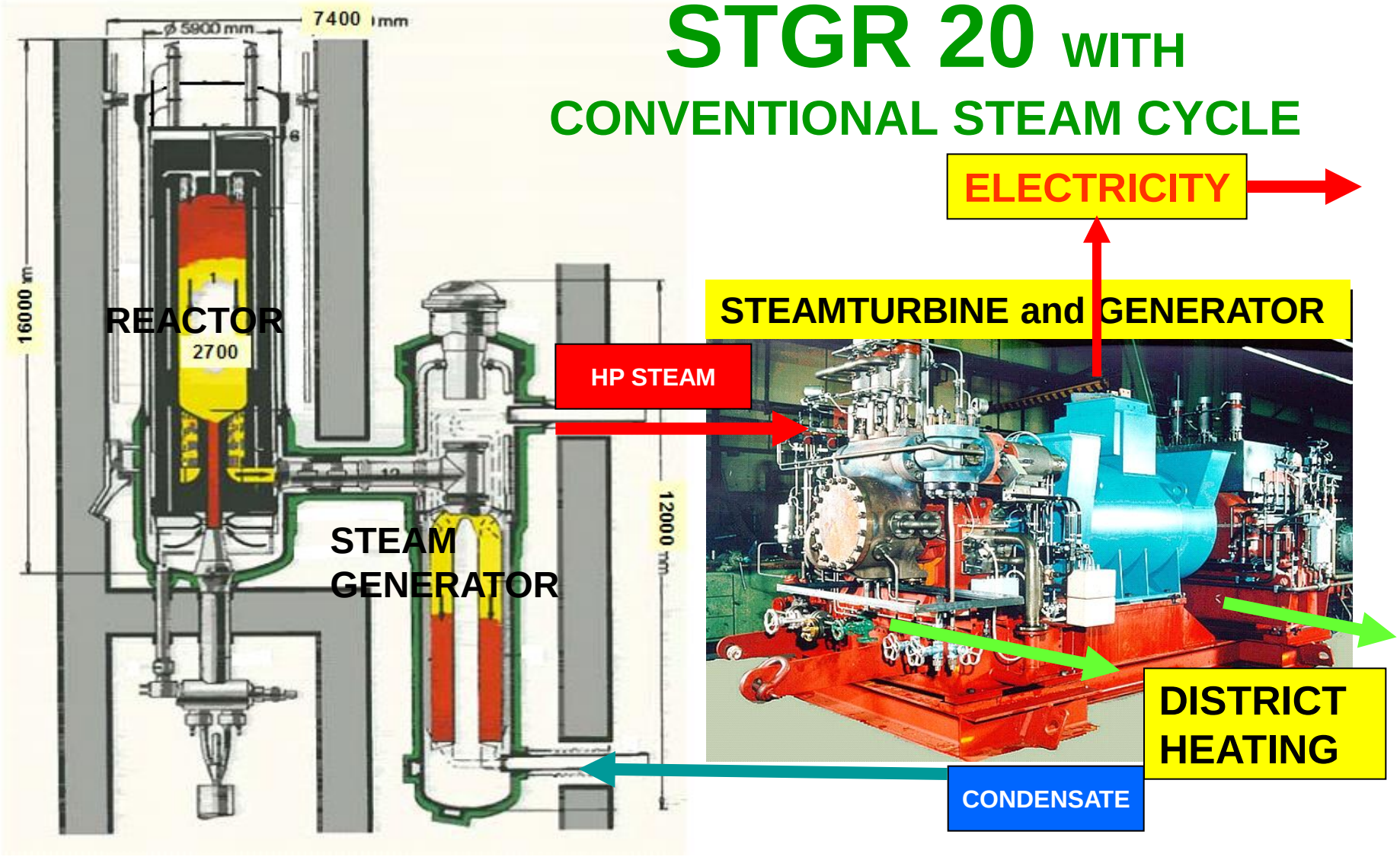


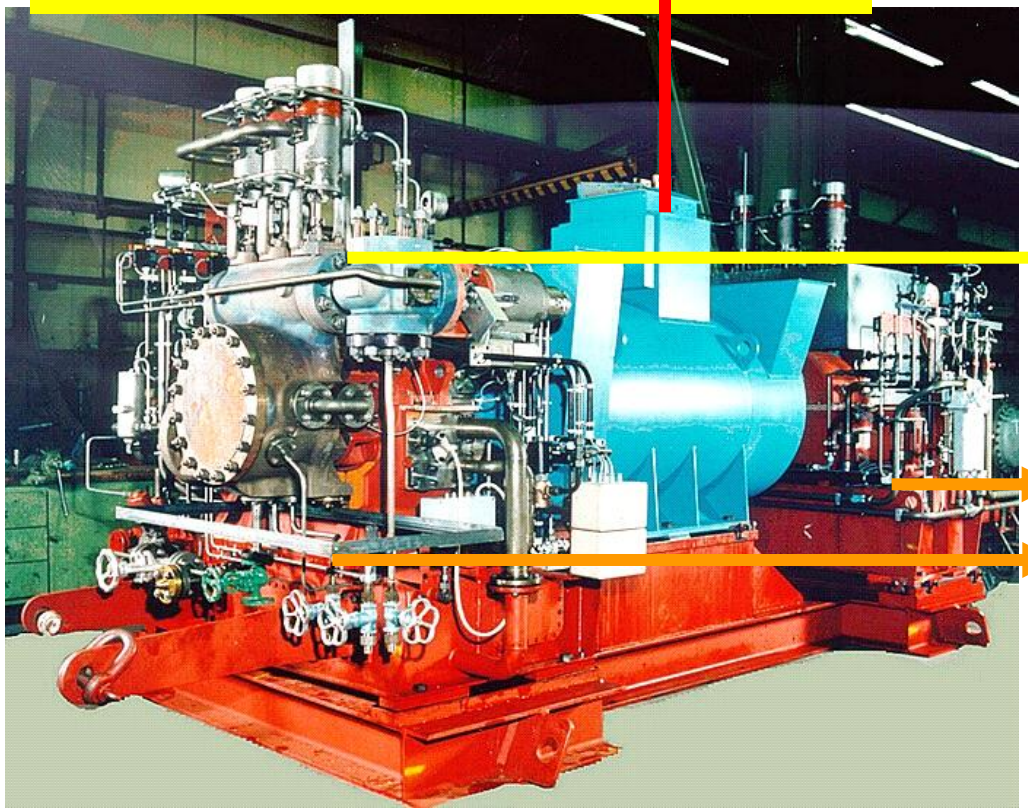
Fig.(1): Shows the main application of the Helium Cooled High Temperature Gas Cooled Reactor (HTGR), is to produce HP steam at 65 bar & 480 ^{o}C with a 50 MW thermal heat output, beside the Helium is an inert gas that will not become radioactive

MAIN APPLICATIONS STGR for Electricity, Drinking-Water & Airconditioning

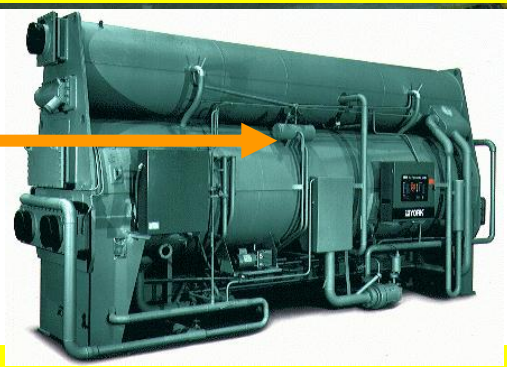
To local power grid or heavy industry

1: ELECTRICITY

CO-GENERATION STEAMTURBINE AND GENERATOR - SIEMENS



2: DRINKING WATER
With Low Pressure Steam - IDE



3: AIRCONDITIONING
With Low Pressure Steam – York
LiBr-H_2O solution

High Pressure Steam

Low Pressure Steam

Electricity

شكل (2)

Multi Effect Sea-water Distillation Units

Fig.(3): Size each unit – Length 62m, Width 22m and Height 18m. Weight 1.8 tons.

- عند إستخدام هذه الوحدات فى تنمية المجتمعات السكنيه أو الصناعية أو المدن بكثافه سكانية فى حدود 20 ألف أسرة . فإن احتياجات قاطنى هذة التجمعات تتطلب بناء محطة تشتمل على وحدتين من أى من القدرتين STGR20 أو STGR40 كما هو موضح بشكل (4) وأن المساحة المطلوبة لكليهما والتى تتراوح بين 15000م^2 إلى 30000م^2 على اليابسة وتحتاج هذة المحطة لعدد 32 مهندس على درجة عالية من التدريب لتشغيل المحطة على 4 ورديات يومياً. حيث ينتج طاقة كهربائية بقدرات 20 - 40 ميجاوات/ساعه كهرباء و 5000 – 6000 متر مكعب / يوم من المياه العذبة والتى تتناسب مع امكانيات استثمار القطاع الخاص بتوفير التمويل اللازم لها. حيث تبلغ تكلفة إنشاء المحطة الصغيرة قدرة 20 ميجاوات STGR20 130 مليون دولار أمريكى على أساس سعر 1 ميجاوات/ساعة كهرباء تقدر بمبلغ 6.625 مليون دولار أمريكى.

وتعمل المحطة لمدة 40 عام وتحتاج إلى حوالى 3 سنوات فى الإنشاء . وسعر بيع كيلوات / ساعه كهرباء 5 سنت والمتر المكعب من المياه العذبة 5 دولار . وأن سعر عبوة مياه الشرب سعة 350 مللى لتر 15 سنت . وعليه تحقق هذة المحطة الصغيرة STGR20 – ربح سنوى من بيع الكهرباء حوالى 8 مليون دولار ومن بيع المياه حوالى 36 مليون دولار .

أى تحقق ربح سنوى 44 مليون دولار وهو ما يحقق إسترداد رأس المال المستثمر خلال 3 سنوات. بجانب الحد من انشاء المحطات الحرارية المستخدمة للوقود الأحفورى للحفاظ عليها للأجيال القادمة بجانب ارتفاع التكاليف مما ينعكس إيجابيا على ميزان المدفوعات لميزانية الدولة والذى يؤدى إلى التوسع فى الصناعات كثيفة الطاقة بالإضافة إلى وفرة المياه الصالحة للأغراض الصناعية والزراعية ومياه الشرب .

- **هذا وقد قامت دولة الصين ببناء محطات تحلية مياه البحر على السفن بقدرة 100 ميجاوات / ساعة كهرباء وتحلية 25000 متر مكعب/يوم من المياه المالحة فى يناير 2017 كما هو موضح بشكل (5) والتى تعرف بمفاعلات الجيل الخامس.**

PLANT AREA REQUIRED

Power Plant Visualization

STGR TWIN SET POWER STATION

STGR TWIN SET 2 X 40 MW – 200 METER X 150 METER
STGR RWIN SET 2 X 20 MW – 150 METER X 100 METER

شكل (4)

Proposal for the 5 x 20 MW Floating Modular STGR 20 Power Station for Pure Ocean Water Plants

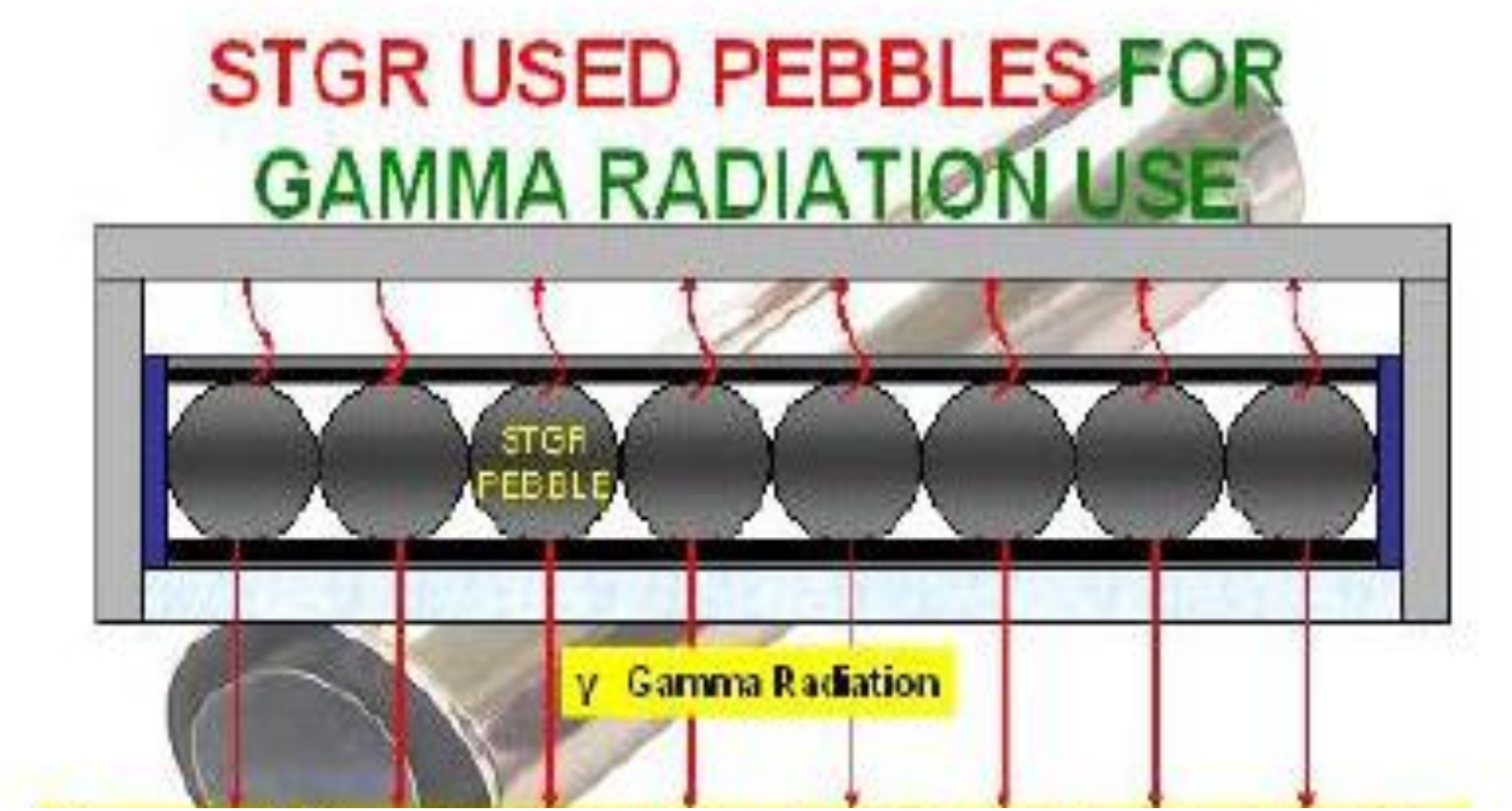
شكل (5) : محطات تحلية مياه البحر على السفن

- مع العلم أن عمليات التحلية على السفينة تكون اقتصادية وعملية أكثر من المحطات الأرضية الحالية حيث تقوم بتحلية المياه وهى مبحرة جيئة وذهابا بين الساحل وعمق البحر حيث الأكثر نقاءاً من تلك التى على الشواطئ الضحلة بجانب أنها قليلة التكلفة فى التشغيل والصيانة وتوفير المياه فى حالة جيدة وجاهزة للشرب إلى مراكز التوزيع بجانب استخراج الملح وتعبئته فى أوعية خاصة بداخل السفينة بالإضافة إلى انتاج الأكسجين فى أنابيب للاستخدامات الطبية وغيرها. حيث يمكنها خدمة عدد من المدن الساحلية فى مصر منها محافظة السويس وجنوب سيناء والغردقة وسفاجا والساحل الشمالى ومرسى مطروح.

كما تقوم هذه المفاعلات بتوليد غاز الهيدروجين وضخها إلى محطات تزويد السيارات والاتوبيسات التى تعمل بمواتير كهربائية صديقة للبيئة حيث أن ما ينطلق منها من عوادم عبارة عن بخار ماء فقط وبذا تحافظ على جودة هواء المدينة والمتوفرة فى بعض دول الاتحاد الأوروبى منها هولندا و ألمانيا وفرنسا. هذا بجانب استخدام كرات الوقود المستنفذ Used Fuel Pebble وهو مصدر لانطلاق أشعة جاما لمعالجة مياه الصرف والمجارى المائية الملوثة بالفيروسات والمسببة للأمراض الضارة بصحة الانسان منها فيروس ZIKA والملاريا والبلهارسيا والحمى الصفراء وغيرها وكذلك لتعقيم المعدات الجراحية الطبية وحفظ المواد الغذائية مما يعد أكثر كفاءة وأرخص سعرا وبديلا لمصادر أشعة جاما المتداولة وهى كوبالت – 60 ، سيزيوم – 137 (Co-60, Cs-137) .

The Zero-Emission Hydrogen Fuel Cell bus Amsterdam – The Netherlands

شکل (6)



Gamma Radiation against: ZIKA Virus, Bilharzia, Water blindness, Malaria etc.
Gamma Radiation for: Food Preservation - Agriculture – Medical – Diseases and bacterial infections

شكل (7)

- صمم قلب هذا المفاعل شكل (8) على أساس تحمله لدرجات الحرارة العالية نتيجة لتصنيع الوقود النووى من كرات صغيرة من الجرافيت الذى يتحمل حرارة حتى 2600 درجة مئوية . غير أن أقصى درجة حرارة من الناحية العملية لم تتعدى 1100 درجة مئوية . ولذلك فانه يتميز بتحمله للهزات الأرضية ومقاومته لأى حوادث محتملة لقلب المفاعل The Core Damage Frequency = Zero. كما حدث فى مفاعل فوكوشيما باليابان فى مارس 2011 وكذا مفاعل تشرنوبيل بأوكرانيا فى أبريل 1986 وعليه فقد أصدرت الوكالة الدولية للطاقة الذرية فى تقريرها السنوى رقم IAEATecdoc-1366. أن هذا النوع من المفاعلات الصغيرة ذات درجات أمان عالية جداً Inherently Safe. حيث أن التكنولوجيا المستخدمة فى هذا المفاعل تزيد من درجات الأمان مقارنة بالمفاعلات المستخدمة لليورانيوم كوقود. حيث يطلق على مصادر الطاقة الناتجة من الثوريوم " بمصادر المستقبل للطاقة الخضراء ".

Thorium is the Green Energy Source for the Future

STGR-20 Fuel Pebble Bed Reactor, (PBR)

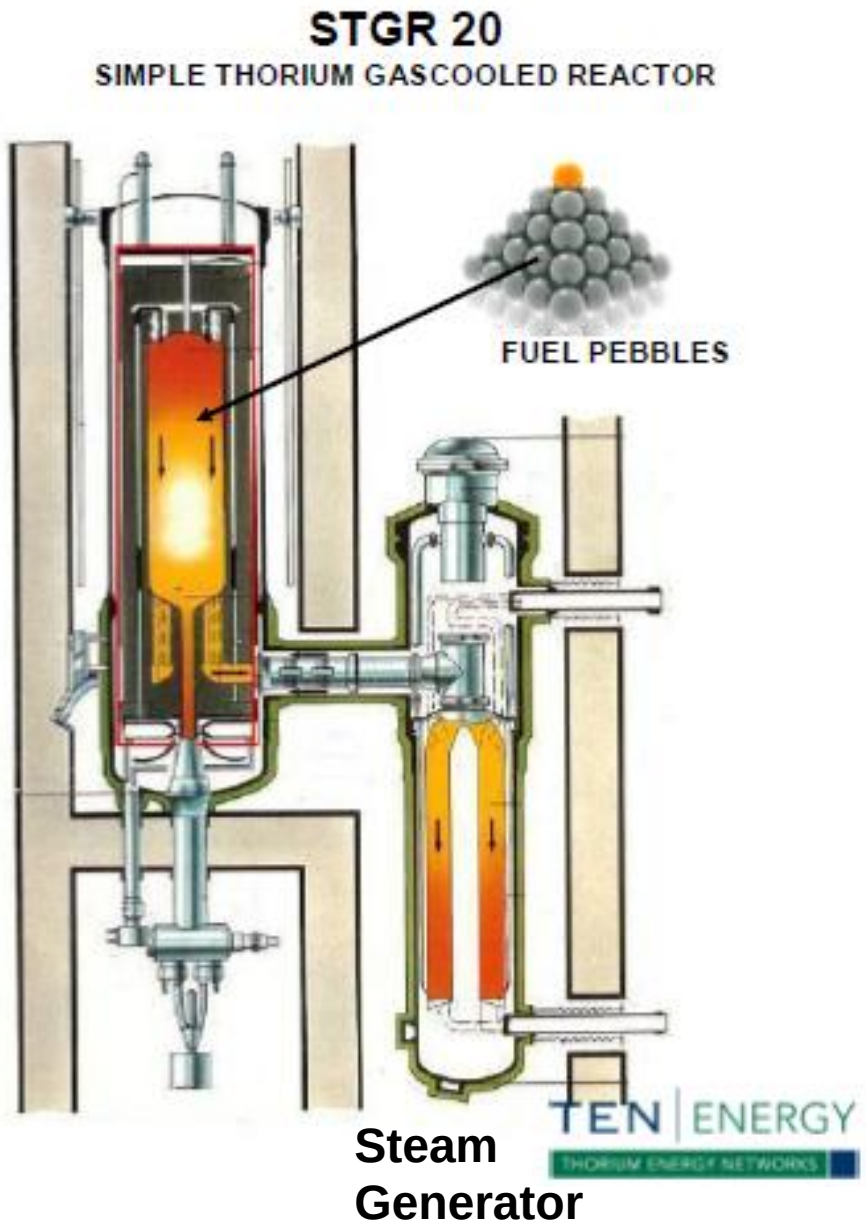


Fig.(8-a)

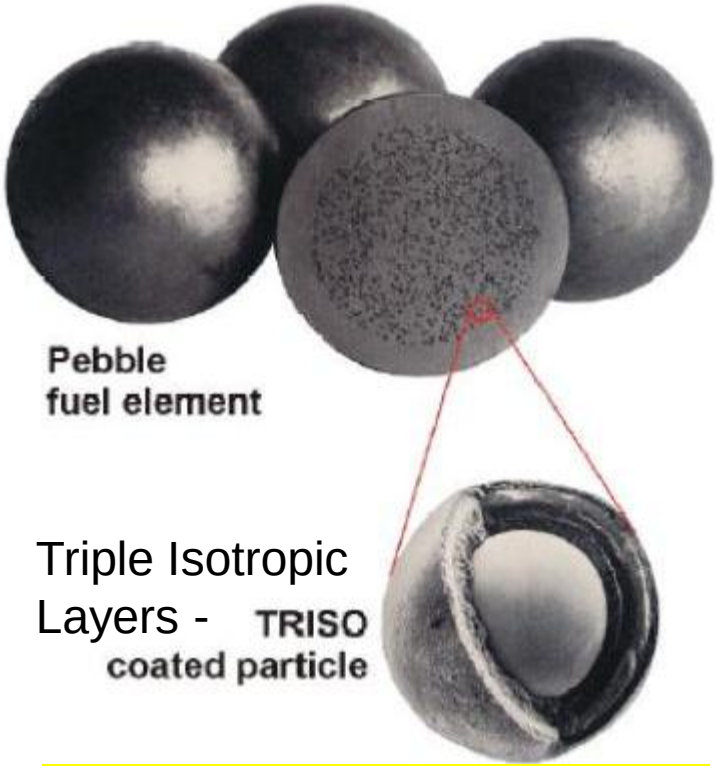
TOP VIEW STGR MODEL

(CONTROL ROD AT SAME LOCATION AS IN REAL REACTOR)

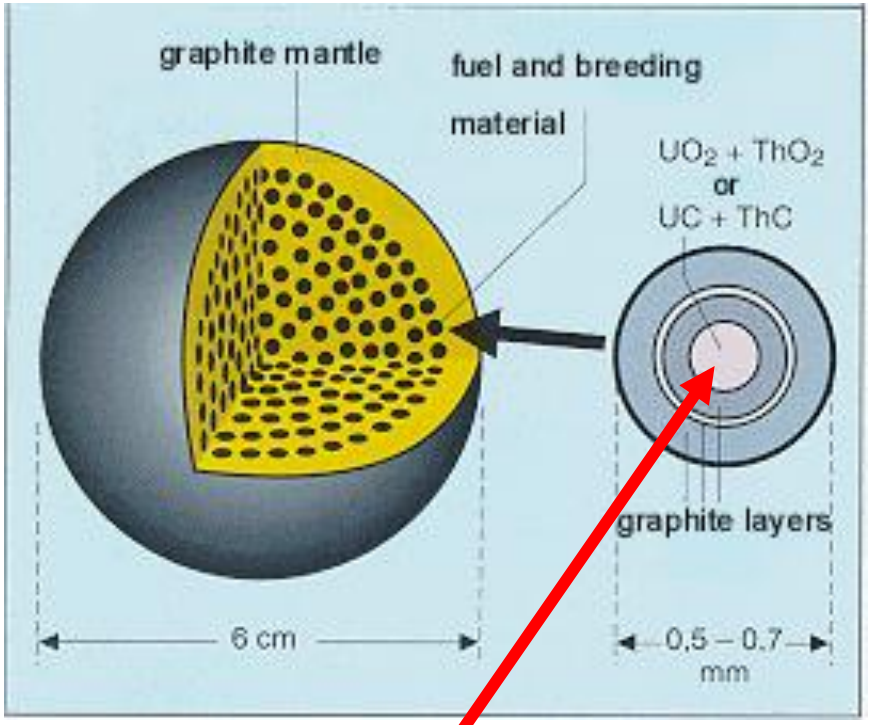
Fig.(8-b):fuel pebble BED

THE PEBBLE WITH THORIUM KERNEL

Kernel with protection coating 0.5-0.7 mm.



STGR FUEL PEBBLES

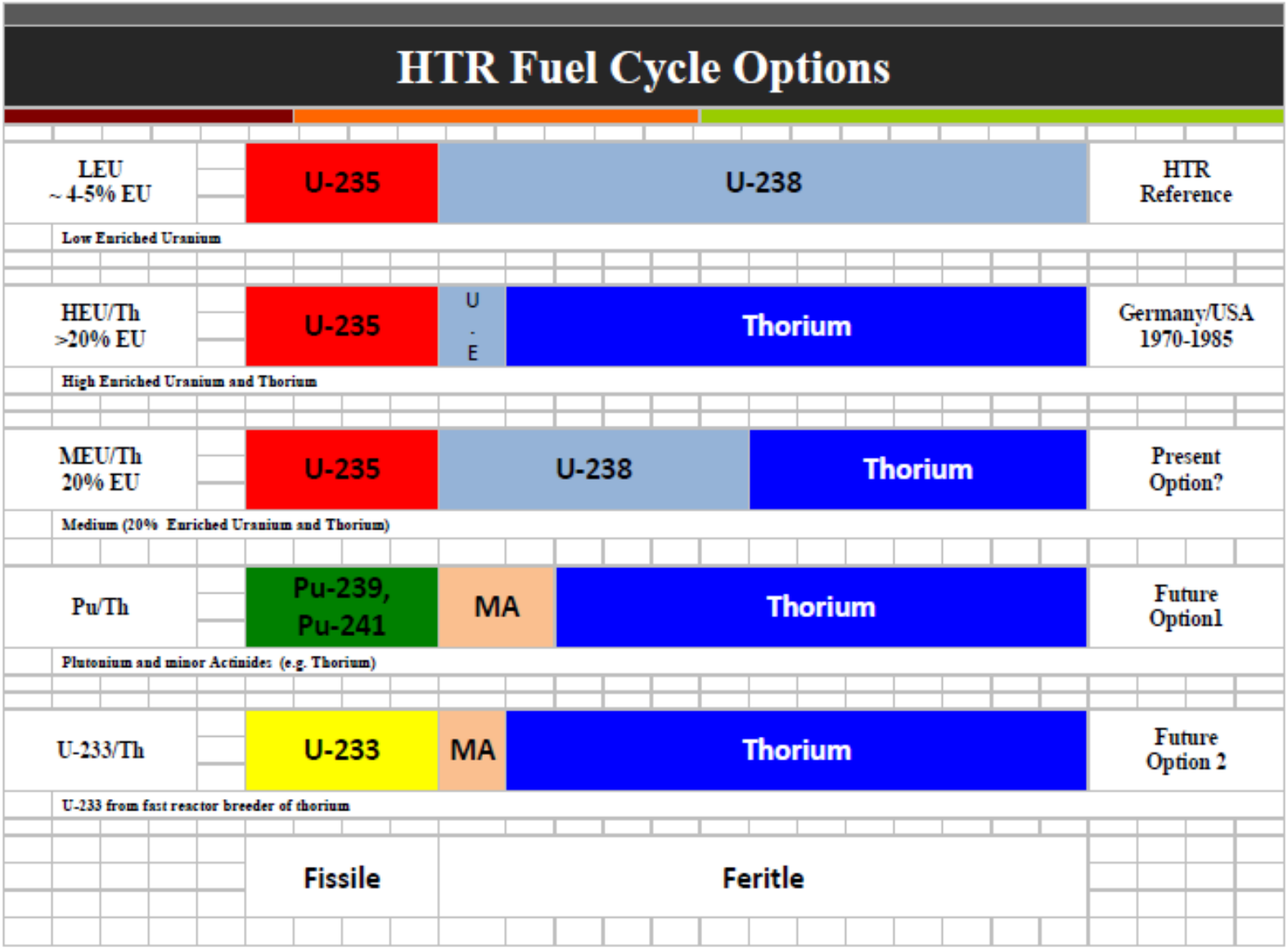


STGR THORIUM KERNEL

~1mm diameter of 10.500 in each Pebble

Fig. (8-c) **SIMPLE SAFE FUEL FOR A SIMPLE REACTOR. LOW COST FUEL PLANT**

NO PLANT-SHUTDOWN NEEDED FOR REFUELLING



MA: minor actinides with long-lived half-life isotopes

Fig. (8-d)

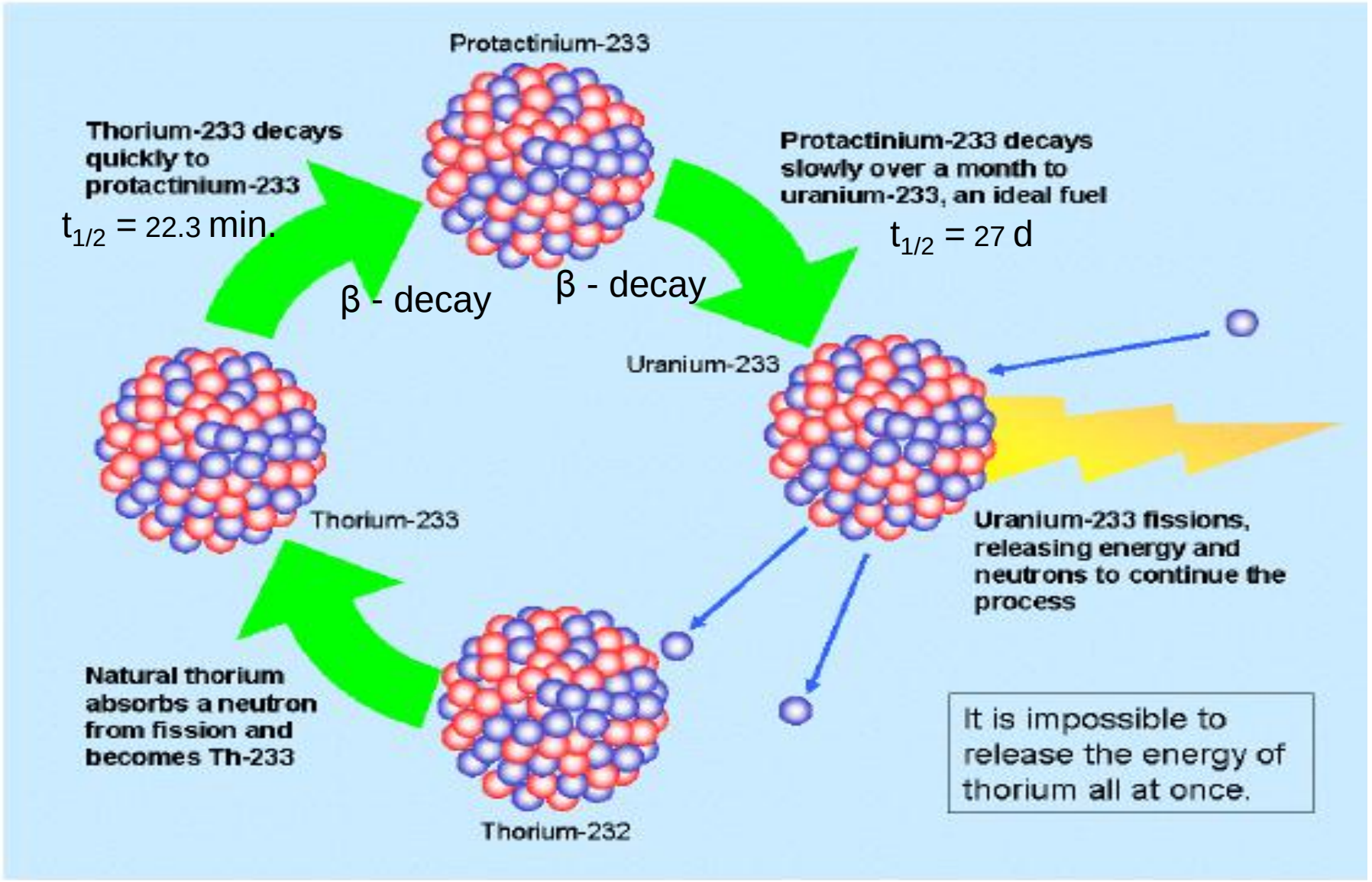


Fig. (8-e): Thorium fuel cycle

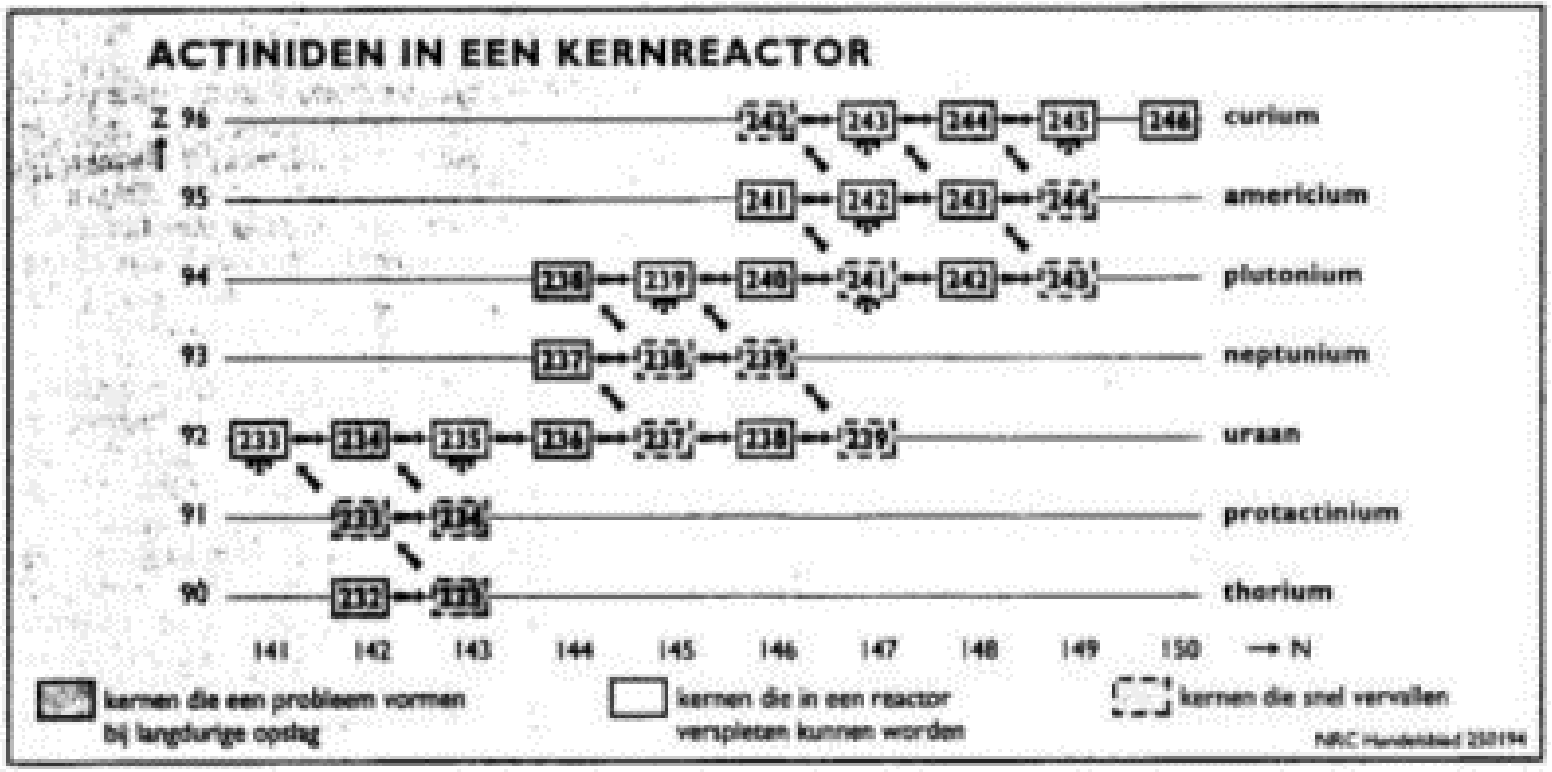


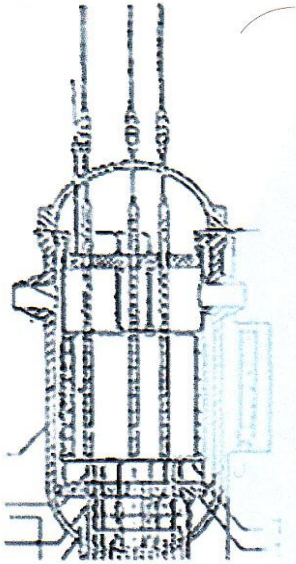
Fig.(8-f): Illustration “Actinides in Core of Nuclear Breeders for U-238 or Th-232 Reactors

- كما أنه لا توجد أى قيود على الدولة التى تكتسب وتمتلك تكنولوجيا بناء المفاعلات النووية الصغيرة حتى 300 ميجاوات - حيث أن النفايات النووية الناتجة منها لا تصلح للأغراض العسكرية - والتى تفرضها الوكالة الدولية للطاقة الذرية والولايات المتحدة الأمريكية على الدول التى تحاول إمتلاك تكنولوجيا بناء مفاعلات اليورانيوم الكبيرة باستخدام تخصيب اليورانيوم **Enriched Uranium**. وبناء على ذلك فإن مفاعل الثوريوم **STGR20** ليست له أى أثار سلبية تؤثر على البيئة المحيطة به حيث ما يتولد بداخله من مخلفات إشعاعية بكميات محدودة وفترات عمر النصف فى مجملها متوسطة وصغيرة ومحكمة التداول ولا تتولد منها إنبعاثات الغازات الدفيئة **(Greenhouse gas emission)** منها غاز ثانى أكسيد الكربون المكون الرئيسى لها بنسبة 80% و المسبب لظاهرة الإحتباس الحرارى.

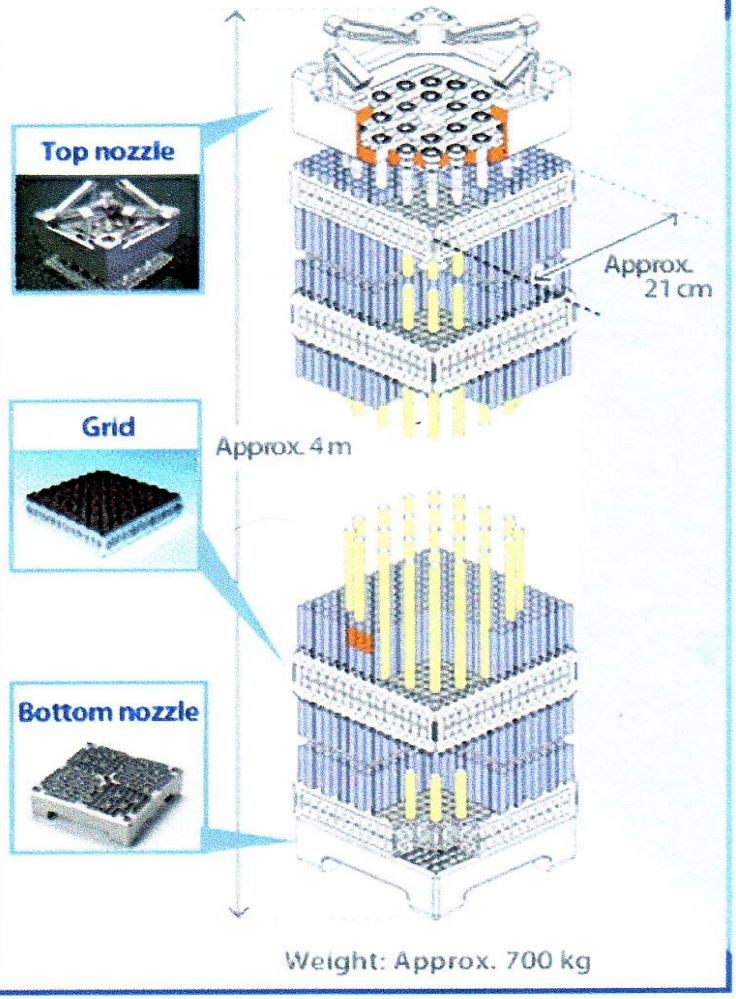
كما أن حجم النفايات الصلبة الناتجة من المفاعلات النووية الصغيرة ضئيلة جدا بمقارنتها بمفاعلات اليورانيوم الكبيرة أو محطات كهرباء وقود الفحم ، علما بأن حجم النفايات الصلبة الناتجة من تشغيل محطة كهرباء بقدرة 1000 ميجاوات باستخدام الفحم تعطى 150 ألف متر مكعب سنويا بينما باستخدام الطاقة النووية تعطى 2000 متر مكعب سنويا.

The 264 fuel rods are bundled with grids, and the fuel assembly is equipped with top and bottom nozzles. ▶

Pressurized water reactor (PWR)



Fuel Assembly (17 x 17 type)

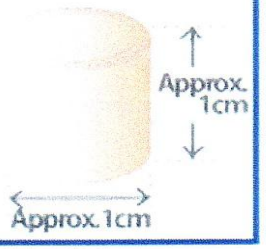


Weight: Approx. 700 kg

Fuel Rod

◀ A cladding tube contains about 400 pellets with both ends plugged. Those pellets are fixed with springs.

Pellet



▲ Uranium powder is baked into the pellet form in a cylindrical shape. About five grams of the pellet can produce electricity that could support a normal household life for six months.

- ونظرا للأهمية الإستراتيجية التى تعود على الدولة المصرية بعد اتخاذها قرار تنفيذ البرنامج النووى المصرى لإنتاج الكهرباء بالضبعة بطاقة انتاجية 4800 ميجاوات/ساعة وتكلفة 25 مليار دولار، الأمر الذى يستدعى امتلاك محطات القوى النووية الصغيرة STGR و الاهتمام ببناء وحدة لإنتاج الوقود اللازم لها ذات التكلفة الإقتصادية (30 مليون دولار) للاعتماد الذاتى. حيث يتميز هذا النوع من المفاعلات بخاصية حرق المواد الإنشطارية يورانيوم-235 ، يورانيوم-233 ، بلوتونيوم – 239 المتولدة ضمن المخلفات الإشعاعية و التى تعرف بمحارق البلوتنيوم

The STGR is a good Plutonium-Burner

و التى تمثل المعضلة التى تواجهها الدول المالكة لمفاعلات القوى النووية الكبيرة المستخدمة لوقود اليورانيوم على أراضيها. بجانب تشجيع القطاع الخاص فى توجيه استثماراتهم للمشاركة فى تحقيق التنمية المستدامة فى منطقتنا العربية إلى توطين هذه التكنولوجيا المتقدمة الآمنة وتوفير فرص العمل لشباب العلماء و الفنيين و اتاحة الفرصة لهم لاكتساب مهارات تداول هذه التكنولوجيا و التى تعود بالنفع على الأمن القومى العربى والبيئى و الإقتصادى مما يؤدى إلى انضمام دول المنطقة إلى مصاف دول العالم المتقدم للقرن الحادى والعشرين وهو قرن المجتمعات الرقمية **Digital Society** ذات الكفاءة العالية لتحقيق التنمية المستدامة من وفرة فى الكهرباء ومياه الشرب للتجمعات السكانية والصناعية المتاخمة للمياه المالحة وتنمية الصحراء.

- **The future power generation for the digital society in the twenty-one century will be towards “Distributed Generation & Small High Efficiency Power Units”.**