

CHAMBRE DES REPRÉSENTANTS
DE BELGIQUE

16 mars 2022

**LES NOUVELLES TECHNOLOGIES
NUCLÉAIRES DANS LE DOMAINE
DE L'ÉNERGIE****Audition****RAPPORT**

FAIT AU NOM DE LA COMMISSION
DE L'ÉNERGIE, DE L'ENVIRONNEMENT ET
DU CLIMAT
PAR
M. **Samuel COGOLATI** ET
MME **Leen DIERICK**

SOMMAIRE

Pages

I. Exposés introductifs	3
II. Discussion	3
A. Questions et observations des membres	3
B. Réponses	13
C. Répliques	22
D. Réponses complémentaires	23
Annexes.....	25

BELGISCHE KAMER VAN
VOLKSVERTEGENWOORDIGERS

16 maart 2022

**DE NIEUWE
NUCLEAIRE
ENERGIETECHNOLOGIEËN****Hoorzitting****VERSLAG**

NAMENS DE COMMISSIE
VOOR ENERGIE, LEEFMILIEU EN
KLIMAAT
UITGEBRACHT DOOR
DE HEER **Samuel COGOLATI** EN
MEVROUW **Leen DIERICK**

INHOUD

Blz.

I. Inleidende uiteenzettingen	3
II. Bespreking.....	3
A. Vragen en opmerkingen van de leden.....	3
B. Antwoorden	13
C. Replieken	22
D. Bijkomende antwoorden	23
Bijlagen.....	25

06599

**Composition de la commission à la date de dépôt du rapport/
Samenstelling van de commissie op de datum van indiening van het verslag**
Président/Voorzitter: Christian Leysen

A. — Titulaires / Vaste leden:

N-VA	Yngvild Ingels, Wouter Raskin, Bert Wollants
Ecolo-Groen PS	Séverine de Laveleye, Kim Buyst, Samuel Cogolati Malik Ben Achour, Mélissa Hanus, Daniel Senesael
VB	Kurt Ravyts, Reccino Van Lommel
MR	Christophe Bombled, Marie-Christine Marghem
CD&V	Nawal Farih
PVDA-PTB	Thierry Warmoes
Open Vld	Christian Leysen
Vooruit	Kris Verduyck

B. — Suppléants / Plaatsvervangers:

Sigrid Goethals, Tomas Roggeman, Anneleen Van Bossuyt, Kristien Van Vaerenbergh
Julie Chanson, Barbara Creemers, Wouter De Vriendt, Albert Vicaire
Chanelle Bonaventure, Christophe Lacroix, Patrick Prévot, Laurence Zanchetta
Ortwin Depoortere, Nathalie Dewulf, Erik Gilissen
Michel De Maegd, Philippe Goffin, Benoît Piedboeuf
Jan Briers, Leen Dierick
Greet Daems, Raoul Hedeboom
Patrick Dewael, Kathleen Verhelst
Vicky Reynaert, Joris Vandenbroucke

C. — Membre sans voix délibérative / Niet-stemgerechtigd lid:

cdH	Georges Dallemagne
-----	--------------------

N-VA	: Nieuw-Vlaamse Alliantie
Ecolo-Groen	: Ecologistes Confédérés pour l'organisation de luttes originales – Groen
PS	: Parti Socialiste
VB	: Vlaams Belang
MR	: Mouvement Réformateur
CD&V	: Christen-Democratisch en Vlaams
PVDA-PTB	: Partij van de Arbeid van België – Parti du Travail de Belgique
Open Vld	: Open Vlaamse liberalen en democraten
Vooruit	: Vooruit
Les Engagés	: Les Engagés
DéFI	: Démocrate Fédéraliste Indépendant
INDEP-ONAFH	: Indépendant - Onafhankelijk

Abréviations dans la numérotation des publications:

DOC 55 0000/000	Document de la 55 ^e législature, suivi du numéro de base et numéro de suivi
QRVA	Questions et Réponses écrites
CRIV	Version provisoire du Compte Rendu Intégral
CRABV	Compte Rendu Analytique
CRIV	Compte Rendu Intégral, avec, à gauche, le compte rendu intégral et, à droite, le compte rendu analytique traduit des interventions (avec les annexes)
PLEN	Séance plénière
COM	Réunion de commission
MOT	Motions déposées en conclusion d'interpellations (papier beige)

Afkorting bij de numerering van de publicaties:

DOC 55 0000/000	Parlementair document van de 55 ^e zittingsperiode + basisnummer en volgnummer
QRVA	Schriftelijke Vragen en Antwoorden
CRIV	Voorlopige versie van het Integraal Verslag
CRABV	Beknopt Verslag
CRIV	Integraal Verslag, met links het defi nitieve integraal verslag en rechts het vertaald beknopt verslag van de toespraken (met de bijlagen)
PLEN	Plenum
COM	Commissievergadering
MOT	Moties tot besluit van interpellaties (beigekleurig papier)

MESDAMES, MESSIEURS,

Au cours de sa réunion du 18 janvier 2022, la commission de l'Énergie, de l'Environnement et du Climat a organisé une audition sur le thème "Les nouvelles technologies nucléaires dans le domaine de l'énergie", avec Mme Maria Betti (*Joint Research Centre* – Commission européenne); Mme Diane Cameron (OCDE); M. Bernard Salha (*Sustainable Nuclear Energy Technology Platform*); prof. dr. Peter Baeten et prof. dr. Hamid Aït Abderrahim (SCK-CEN); dr. Joannes Laveyne (UGent); et prof. dr. Gilbert Eggermont (Conseil supérieur de la santé).

I. — EXPOSÉS INTRODUCTIFS

Pour les exposés introductifs de Mme Maria Betti (*Joint Research Centre* – Commission européenne); Mme Diane Cameron (OCDE); M. Bernard Salha (*Sustainable Nuclear Energy Technology Platform*); prof. dr. Peter Baeten et prof. dr. Hamid Aït Abderrahim (SCK-CEN); Dr. Joannes Laveyne (UGent); et prof. dr. Gilbert Eggermont (Conseil supérieur de la santé), il est renvoyé aux textes et aux présentations PowerPoint qui figurent en annexe du présent rapport (v. annexes).

II. — DISCUSSION

A. Questions et observations des membres

M. Bert Wollants (N-VA) formule les remarques et questions suivantes à l'adresse des invités.

M. Wollants souhaite poser la question suivante à Mme Cameron (OCDE): dans la presse, les réacteurs PRM sont souvent décrits comme n'existant que sur le papier et dans les diaporamas. Pourtant, il existerait aujourd'hui 70 modèles concrets différents, dont certains seront prêts à être construits d'ici cinq à dix ans. Les premiers PRM seront-ils construits et mis en service à partir de 2027-2028? Est-il concevable qu'un pays puisse franchir d'un seul coup le pas de la construction de centrales nucléaires d'un nouveau type, sans avoir franchi au préalable l'étape intermédiaire des PRM à eau légère, sur laquelle le membre émet des réserves?

Mme Cameron a évoqué l'importance de conserver le savoir-faire nucléaire, mais aussi la prolongation des centrales existantes. Elle a également évoqué la combinaison des énergies renouvelables et de l'énergie nucléaire en vue de l'objectif "zéro carbone". Mais M. Wollants retient

DAMES EN HEREN,

Tijdens haar vergadering van 18 januari 2022 heeft de commissie voor Energie, Leefmilieu en Klimaat een hoorzitting gehouden met als thema "De nieuwe nucleaire energietechnologieën", waarop de volgende sprekers uitgenodigd waren: mevrouw Maria Betti (*Joint Research Centre* – Europese Commissie), mevrouw Diane Cameron (OESO), de heer Bernard Salha (*Sustainable Nuclear Energy Technology Platform*), prof. dr. Peter Baeten en prof. dr. Hamid Aït Abderrahim (SCK-CEN), dr. Joannes Laveyne (UGent) en prof. dr. Gilbert Eggermont (Hoge Gezondheidsraad).

I. — INLEIDENDE UITEENZETTINGEN

Voor de inleidende uiteenzettingen van mevrouw Maria Betti (*Joint Research Centre* – Europese Commissie), mevrouw Diane Cameron (OESO), de heer Bernard Salha (*Sustainable Nuclear Energy Technology Platform*), prof. dr. Peter Baeten en prof. dr. Hamid Aït Abderrahim (SCK-CEN), dr. Joannes Laveyne (UGent) en prof. dr. Gilbert Eggermont (Hoge Gezondheidsraad) wordt verwezen naar de teksten en PowerPoint-presentaties die als bijlage bij dit verslag gaan (cf. bijlagen).

II. — BESPREKING

A. Vragen en opmerkingen van de leden

De heer Bert Wollants (N-VA) formuleert de volgende vragen en opmerkingen voor de genodigden.

Voor mevrouw Cameron (OESO) heeft de heer Wollants de volgende vraag. In de pers wordt over de SMR-reactoren vaak gesteld dat deze enkel nog maar zouden bestaan op de tekentafel en in slideshows. Nochtans zouden er thans 70 verschillende concrete designs bestaan, waarvan er een aantal reeds binnen vijf tot tien jaar zullen kunnen worden gebouwd. Zullen vanaf 2027-2028 de eerste SMR's kunnen worden gebouwd en vervolgens in gebruik genomen? Is het denkbaar dat een land in één beweging de stap kan zetten naar de bouw van het nieuwe type van kerncentrales, zonder eerst de tussenstap te hebben gezet naar de lichtwater SMR's, waarover de spreker toch zijn bedenkingen heeft?

Mevrouw Cameron verwees naar het belang van het behoud van nucleaire knowhow, maar ook naar de verlenging van bestaande centrales. Ook sprak zij over de combinatie van hernieuwbare energie en kern-energie met het oog op de net-zero-doelstelling. Maar

de l'exposé de M. Laveyne qu'une telle combinaison ne serait pas une bonne chose. L'intervenant souhaite obtenir des précisions sur ces deux points de vue.

M. Wollants demande à MM. Baeten et Aït Abderrahim quelles sont les chances du projet MYRRHA de pouvoir participer au développement des nouveaux concepts de réacteurs. MYRRHA n'est pas un PRM, mais il pourrait fournir un certain nombre de concepts de base utiles. Qu'est-ce que le SCK-CEN attend des autorités fédérales pour faire connaître le projet MYRRHA sur la scène internationale et faire en sorte que le projet MYRRHA puisse être mené à bien? La ministre de l'Énergie a déjà déclaré être disposée à coopérer au positionnement international du projet. Qu'est-ce que le SCK-CEN attend des autorités d'une façon générale? À quoi le SCK-CEN préfère-t-il utiliser les 100 millions d'euros alloués par les autorités fédérales? Quelle est la principale priorité?

M. Wollants demande à Mme Betti de répondre à la question suivante. On a souligné l'importance du soutien de la politique en vue de la réalisation pratique des PRM. Sous quelle forme est-il préférable que les autorités accordent ce soutien?

M. Wollants a encore une question pour M. Salha. À l'heure actuelle, il existe dans notre pays une interdiction légale de développer la technologie nucléaire pour la production commerciale d'électricité. Dans quelle mesure cette interdiction désavantage-t-elle notre pays quand il s'agit d'attirer des investisseurs et chercheurs pour la recherche scientifique nucléaire par rapport aux pays où une telle interdiction n'existe pas?

L'OCDE et Tractebel ont indiqué que l'énergie renouvelable et l'énergie nucléaire peuvent coexister. M. Laveyne n'est pas de cet avis. Selon M. Laveyne, quelles sont les éventuelles erreurs de jugement de l'OCDE et de Tractebel à cet égard? Quels problèmes ne sont pas suffisamment pris en compte?

Certains orateurs ont souligné que la prolongation de la durée de vie de certaines centrales nucléaires peut être complémentaire au développement de PRM. M. Laveyne a expliqué un jour que la prolongation des unités Doel IV et Tihange III était une évidence. Que voulait dire M. Laveyne par-là?

M. Eggermont a renvoyé au rapport du Conseil supérieur de la Santé. Le Conseil a-t-il également examiné l'aspect de la durabilité pour toutes les autres technologies? À cet égard, M. Wollants a évoqué des études menées par les Nations Unies et par plusieurs

uit de uiteenzetting van de heer Laveyne onthoudt de heer Wollants net dat een dergelijke combinatie geen goede zaak zou zijn. Graag kreeg de spreker over beide stellingen meer duiding.

Van de heren Baeten en Aït Abderrahim wenst de heer Wollants te vernemen hoe sterk het MYRRHA-project is geplaatst om ervoor te zorgen dat het project kan deelnemen aan de ontwikkeling van de nieuwe reactorconcepten. MYRRHA is geen SMR, maar zou wél een aantal nuttige basisconcepten kunnen leveren. Wat verwacht het SCK-CEN van de federale overheid om het MYRRHA-project internationaal op de kaart te zetten en ervoor te zorgen dat het MYRRHA-project kan worden voltooid? De minister van Energie heeft reeds verklaard bereid te zijn mee te werken aan het op de internationale kaart te zetten van het project. Wat verwacht het SCK-CEN in het algemeen van de overheid? Waarvoor wenst het SCK-CEN de door de federale overheid toegekende 100 miljoen euro bij voorkeur in te zetten? Wat is de grootste prioriteit?

Van mevrouw Betti wenst de heer Wollants nog een antwoord op de volgende vraag. Er is gewezen op het belang van ondersteuning vanuit het beleid om de SMR's te kunnen verwezenlijken in de praktijk. In welke vorm wordt deze overheidssteun het beste toegekend?

Voor de heer Salha heeft de heer Wollants nog de volgende vraag: er bestaat vandaag in ons land een wetelijk verbod op de ontwikkeling van nucleaire technologie voor commerciële elektriciteitsproductie. In welke mate betekent dit verbod een nadeel voor ons land om investeerders en onderzoekers aan te trekken voor nucleair wetenschappelijk onderzoek in vergelijking tot landen waar een dergelijk verbod niet bestaat?

De OESO en Tractebel hebben aangegeven dat hernieuwbare energie en nucleaire energie samen kunnen bestaan. De heer Laveyne heeft hierop een andere visie. Waar ziet de heer Laveyne de mogelijke denkfouten van OESO en Tractebel in dit verband? Welke problemen worden onderbelicht?

Een aantal sprekers wees erop dat de verlenging van de levensduur van een aantal kerncentrales complementair kan zijn aan de ontwikkeling van SMR's. De heer Laveyne verklaarde ooit dat de verlenging van Doel IV en Tihange III een "*no brainer*" was. Wat bedoelde de heer Laveyne hiermee?

De heer Eggermont verwees naar het rapport van de Hoge Gezondheidsraad. Heeft de Raad ook het aspect duurzaamheid bekeken voor alle andere technologieën? In dit verband verwijst de heer Wollants naar studies van de Verenigde Naties en verscheidene universiteiten naar

universités sur tous les effets environnementaux causés par d'autres technologies énergétiques, comme les centrales au charbon, etc. Ne serait-il pas préférable de réaliser une évaluation plus large plutôt que d'examiner uniquement les effets environnementaux de l'énergie nucléaire? L'intervenant est par exemple convaincu que la politique énergétique allemande, dans laquelle la lignite occupe encore une place importante, a eu de plus grands effets néfastes sur la santé des européens l'année dernière que l'exploitation de l'énergie nucléaire durant ces trente dernières années. Certes, une étude sur la durabilité est sans aucun doute recommandée, mais l'intervenant plaide pour qu'elle soit réalisée de manière suffisamment large. Dès lors, la question est de savoir si le choix de ne pas recycler les combustibles nucléaires depuis 1993 ne devrait pas être reconsidéré, précisément pour des raisons de durabilité.

Enfin, M. Wollants indique que l'on évoque souvent les applications nucléaires pour le transport maritime (il existe, par exemple, une entreprise danoise qui mise sur la propulsion). L'intervenant constate que l'OCDE pose généralement des questions sur l'application nucléaire dans le domaine de la navigation. Quels sont les défis à relever pour le développement de cette technologie et quelles sont les attentes pour son introduction sur le marché? M. Wollants aimerait recevoir une réponse de la part de Mme Cameron.

M. Samuel Cogolati (Ecolo-Groen) pose 4 questions aux intervenants:

— La première concerne le caractère opérationnellement industrialisable ou non des différentes technologies proposées (SMR, fusion nucléaire, réacteurs à sels fondus ou au thorium). Quels en sont les délais d'industrialisation? Si ces technologies s'avéraient véritablement opérationnelles, quels en seraient les délais d'installation? À cet égard, l'intervenant évoque l'EPR de Flamanville en France dont le chantier a démarré en 2007 et qui n'a pas encore abouti actuellement: non seulement les délais sont hallucinants, mais le budget a également été multiplié par 3. La question est donc de savoir si ces technologies sont réalistes, compte tenu des différentes échelles de temps évoquées (2040, 2050, 2070, voire 2100). Il souligne que, face aux défis que constituent le dérèglement climatique et l'augmentation des coûts de l'électricité, il faut une réponse rapide.

— La seconde question concerne le prix et les assurances évoquées par le prof. dr. Gilbert Eggermont. Le secteur nucléaire constitue une exception en matière de droit des assurances en Belgique. À l'inverse, le prix des énergies renouvelables a considérablement baissé (divisé par 2 en 15 ans). Ces énergies renouvelables peuvent protéger contre la hausse des prix du gaz et

allerlei milieu-effecten van andere energietechnologieën, zoals kolencentrales enzovoort. Zou het niet beter zijn dat er een ruimere evaluatie wordt gemaakt dan het louter onderzoeken van de milieu-effecten van kernenergie? Zo is de spreker ervan overtuigd dat het Duitse energiebeleid, waarin bruinkool nog steeds een belangrijk aandeel heeft, het afgelopen jaar een groter negatief effect heeft op de gezondheid van de Europeanen dan de exploitatie van kernenergie gedurende de laatste dertig jaar. Een onderzoek naar duurzaamheid is zeker aangewezen, maar de spreker pleit ervoor om dit onderzoek breed genoeg te voeren. De vraag is dan ook of de keuze voor het niet-recycleren van kernbrandstof sinds 1993 niet moet worden heroverwogen, juist om redenen van duurzaamheid.

Tot slot wijst de heer Wollants er nog op dat er vaak wordt verwezen naar nucleaire toepassingen voor scheepsvervoer (zo is er een Deens bedrijf dat inzet op aandrijving). De spreker stelt vast dat de OESO in het algemeen vragen stelt bij nucleaire toepassing in de scheepvaart. Waar liggen de uitdagingen voor de ontwikkeling van deze technologie en wat zijn de verwachtingen voor het op de markt brengen ervan? Graag kreeg de heer Wollants hierop een antwoord vanwege mevrouw Cameron.

De heer Samuel Cogolati (Ecolo-Groen) stelt de sprekers vier vragen.

— Ten eerste rijst de vraag of de diverse voorgestelde technologieën (SMR's, kernfusie, gesmolten-zoutreactoren of thoriumreactoren) al dan niet op industriële schaal kunnen worden ingezet. Welke termijnen gelden ter zake? Mochten die technologieën echt kunnen worden ingezet, hoe lang zou het dan duren om ze te installeren? In dat verband verwijst de spreker naar de EPR-centrale van Flamanville in Frankrijk, waarvoor de werkzaamheden in 2007 zijn aangevat en thans voorsnog niet zijn voltooid. Niet alleen neemt een en ander ontzettend veel tijd in beslag, maar ook het budget is verdrievoudigd. Het is dus zeer de vraag of het gebruik van die technologieën wel realistisch is, gelet op de genoemde tijdsperiodes (2040, 2050, 2070 of zelfs 2100). Het lid benadrukt dat de problemen inzake de klimaatverstoring en de stijgende elektriciteitskosten stellen een snelle reactie vereisen.

— De tweede vraag betreft de door prof. dr. Gilbert Eggermont vermelde prijs en verzekeringen. Op het vlak van het verzekeringsrecht vormt de nucleaire sector in België een uitzondering. De prijs van de hernieuwbare energie is daarentegen fors gedaald (die is namelijk gehalveerd in 15 jaar). Die hernieuwbare energiebronnen kunnen bescherming bieden tegen de stijging van

de l'uranium (dont on parle moins). Quel est le coût de chacune des technologies évoquées par MWh produit et par kW installé? En France, un coût de 4 000 euros pour un SMR de 170 MW est évoqué. C'est à comparer avec 37 dollars/MWh pour le photovoltaïque et 40 dollars/MWh pour l'éolien. Il faut donc prendre en compte la question de la compétitivité des technologies en question car ça ne vaut pas la peine de discuter de quelques chose qui coûterait 10 fois plus cher.

— La troisième question concerne les déchets radioactifs. Est-ce que les technologies évoquées permettent de supprimer les déchets radioactifs dangereux pour plusieurs milliers de générations à venir?

— La quatrième et dernière question a trait à la sécurité et à la prolifération nucléaire. M. Cogolati évoque notamment la situation du SMR flottant russe, l'*Akademik Lomonosov*.

Mme Kim Buyst (*Ecolo-Groen*) fait, quant à elle, remarquer que 10 ans sont une éternité en matière de développements technologiques dans le domaine de l'énergie et que chaque euro ne peut être dépensé qu'une seule fois. Elle demande s'il ne serait dès lors pas plus logique d'investir les moyens dédiés à la recherche en matière de SMR, dans les technologies d'énergies renouvelables et de stockage d'énergie. Par ailleurs, plusieurs délais différents ont été évoqués pour le développement de prototypes. Actuellement ces modèles sont très chers. Dans quel délai un développement à l'échelle commerciale est-il possible pour parvenir à un prix plus compétitif?

L'intervenante constate que tout le monde ne semble pas prendre le problème du traitement des déchets des centrales nucléaires actuelles au sérieux. Pourtant c'est un réel problème et qui perdurera avec les SMR. Le SCK-CEN effectue des recherches sur le traitement des déchets nucléaires ainsi qu'en matière de médecine nucléaire. Dans les prochaines années, ces recherches s'étendront aussi au démantèlement des centrales nucléaires. Ne serait-il pas préférable que le SCK-CEN se concentre sur ces trois types de recherches (déchets, médecine nucléaire et démantèlement) plutôt que d'effectuer des recherches sur des nouveaux réacteurs. Le SCK-CEN pourrait devenir un centre de référence en sécurité nucléaire, ce qui présenterait aussi des opportunités économiques.

Mme Buyst revient également sur la mission de recherches en matière de nouvelles technologies que le gouvernement fédéral a décidé de confier au SCK-CEN, lors de son accord de décembre 2021. Elle demande s'il

de gas- et uraniumprix (waarover minder wordt gesproken). Hoeveel kost elk van de aangehaalde technologieën per opgewekte MWh en per geïnstalleerde kW? In Frankrijk wordt gewag gemaakt van een kostprijs van 4 000 euro voor een SMR van 170 MW. Die prijs moet worden afgezet tegen de kostprijs van 37 dollar per MWh voor fotovoltaïsche energie en tegen 40 dollar per MWh voor windenergie. Er moet dan ook rekening worden gehouden met het concurrentievermogen van de desbetreffende technologieën, want het heeft geen zin te debatteren over iets dat tienmaal meer zou kosten.

— De derde vraag heeft betrekking op het radioactief afval. Kunnen de vermelde technologieën een oplossing aanreiken voor het gevaarlijke radioactieve afval voor duizenden toekomstige generaties?

— De vierde en laatste vraag betreft de veiligheid en de nucleaire proliferatie. De heer Cogolati wijst met name op de situatie van de Russische drijvende SMR, de *Akademik Lomonosov*.

Mevrouw Kim Buyst (*Ecolo-Groen*) merkt op dat 10 jaar een eeuwigheid is als het om energietechnologische ontwikkelingen gaat, en dat elke euro maar één keer kan worden uitgegeven. Zij vraagt of het derhalve niet logischer zou zijn de voor het SMR-onderzoek uitgetrokken middelen te investeren in de technologieën voor hernieuwbare energievormen en voor energieopslag. Voorts is een aantal termijnen genoemd voor de ontwikkeling van prototypes. Momenteel zijn die modellen bijzonder duur. Binnen welke termijn is een ontwikkeling op commerciële schaal mogelijk om tot een meer concurrentiële prijs te komen?

De spreker stelt vast dat niet iedereen het probleem inzake de afvalverwerking van de huidige kerncentrales ernstig lijkt te nemen. Het is nochtans een reëel knelpunt dat met de SMR's niet zal kunnen worden weggewerkt. Het SCK-CEN verricht onderzoek naar de verwerking van kernafval en naar nucleaire geneeskunde. In de komende jaren zal dat onderzoek ook de ontmanteling van de kerncentrales behelzen. Ware het niet beter dat het SCK-CEN zich op die drie soorten onderzoek (afval, nucleaire geneeskunde en ontmanteling) toespitst, veeleer dan onderzoek naar nieuwe reactoren te voeren? Het SCK-CEN zou een referentiecentrum inzake nucleaire veiligheid kunnen worden, wat ook economische kansen zou bieden.

Tevens komt mevrouw Buyst terug op het onderzoek naar nieuwe technologieën, een opdracht waarmee het SCK-CEN in december 2021 door de federale regering werd belast. Zij vraagt of het niet logisch zou zijn een

ne serait pas logique de mettre sur pied une *taskforce* scientifique qui pourrait encadrer cette mission.

L'oratrice s'interroge sur la possibilité réelle de pouvoir implanter des SMR dans un pays aussi densément peuplé que la Belgique. Quel périmètre de sécurité serait nécessaire?

Une des plus-values des SMR serait qu'ils pourraient être produits en série. Mais, pour ce faire, il faudrait une harmonisation des politiques et de la réglementation au niveau mondial. Qu'en pensent les orateurs? Une telle harmonisation est-elle envisageable? Ne serait-il pas aussi utile d'entendre l'AFCN à ce sujet?

Mme Mélissa Hanus (PS) rappelle tout d'abord que, le 23 décembre 2021, le gouvernement fédéral a annoncé son projet d'investir 100 millions d'euros d'ici à 2025, à raison de 25 millions d'euros par an, dans la recherche relative au nucléaire du futur, plus particulièrement dans la recherche relative au SMR. L'audition de ce jour sur les nouvelles technologies nucléaires dans le domaine de l'énergie représente donc une chance de pouvoir préparer le travail parlementaire en lien avec ce projet.

Mme Hanus interroge ensuite les prof. dr. Baeten et Aït Abderrahim qui représentent le SCK-CEN, lequel sera directement associé au projet de recherche souhaité par le gouvernement. Elle demande de plus amples informations au sujet des possibilités de développement de SMR en Belgique, ainsi que sur les moyens déployés par le SCK-CEN dans la recherche à ce sujet. Dès lors que la puissance énergétique des SMR est en général comprise entre 50 et 500 MW, dans quelle mesure ces réacteurs pourraient théoriquement participer à l'approvisionnement du pays en électricité?

M. Reccino Van Lommel (VB) estime que cette audition apporte un certain nombre d'éléments importants pour une bonne compréhension de la problématique. Il constate que, à l'échelle mondiale, il y a pas mal de choses qui bougent en matière de SMR. De nombreuses technologies ont été évoquées au cours de cette audition. À l'avenir, si un changement d'échelle devait être envisagé, il faudra sans doute aller vers une plus grande standardisation.

Certains orateurs ont souligné que, pour atteindre l'objectif de neutralité climatique à l'horizon 2050, les SMR pouvaient être combinés avec les énergies renouvelables, et que, dans certains cas, il ne pourrait même pas en être autrement.

L'intervenant constate que plusieurs projets concrets de SMR sont en cours dans différents pays. Ils s'agit de

wetenschappelijke *taskforce* op te richten die deze opdracht zou kunnen begeleiden.

De spreekster vraagt zich af of het wel echt mogelijk is SMR's te bouwen in een dermate dichtbevolkt land als België. Welke veiligheidsperimeter zou vereist zijn?

De SMR's zouden onder meer de meerwaarde bieden dat ze in serie kunnen worden geproduceerd. Zulks zou echter een wereldwijde harmonisatie van de beleidslijnen en van de regelgeving vergen. Wat vinden de sprekers daarvan? Is een dergelijke harmonisatie denkbaar? Ware het niet nuttig om daarover ook het FANC te horen?

Mevrouw Mélissa Hanus (PS) herinnert er allereerst aan dat de federale regering op 23 december 2021 heeft aangekondigd dat tegen 2025, 100 miljoen euro, *a rato* van 25 miljoen euro per jaar, zal worden geïnvesteerd in onderzoek met betrekking tot de toekomst van nucleaire toepassingen, inzonderheid in het onderzoek betreffende de SMR-technologie. De hoorzitting van vandaag over de nieuwe nucleaire energietechnologieën is dan ook een kans om de parlementaire werkzaamheden inzake dat plan voor te bereiden.

Vervolgens richt mevrouw Hanus zich tot prof. dr. Baeten en prof. Aït Abderrahim, die het SCK-CEN vertegenwoordigen. Het SCK-CEN zal rechtstreeks betrokken worden bij het door de regering gelaste onderzoeksproject. Zij vraagt om nadere inlichtingen over de mogelijkheden voor de uitbouw van SMR's in België en over de middelen die het SCK-CEN inzet voor het onderzoek dienaangaande. Het vermogen van de SMR's ligt doorgaans tussen 50 en 500 MW. In welke mate zouden die reactoren bijgevolg theoretisch tot de elektriciteitsbevoorrading van ons land kunnen bijdragen?

Volgens de heer Reccino Van Lommel (VB) reikt deze hoorzitting een aantal belangrijke elementen aan voor een goed begrip van het vraagstuk. Hij constateert dat er in verband met SMR's wereldwijd vrij veel gaande is. Tijdens deze hoorzitting zijn heel wat technologieën aan bod gekomen. Mocht in de toekomst een schaalverandering moeten worden overwogen, dan zou het ongetwijfeld noodzakelijk zijn op meer standaardisering in te zetten.

Sommige sprekers hebben beklemtoond dat de SMR's, met het oog op het verwezenlijken van de beoogde klimaatneutraliteit tegen 2050, kunnen worden gebruikt in combinatie met de hernieuwbare energiebronnen, en dat het in sommige gevallen zelfs niet anders zal kunnen.

De spreker constateert dat in diverse landen een aantal concrete SMR-projecten lopen. Het gaat om

prototypes dont certains aboutiront dans 5 ans tandis que d'autres sont prévus pour 2030. Il faut donc arrêter de dire que les SMR ne sont pas quelque chose de concret et que ça n'existe que sur papier. M. Van Lommel demande dans quel délai une production de SMR en série pourrait être envisagée.

Les SMR plus avancés présenteront l'avantage de produire moins de déchets nucléaires que les SMR à eau pressurisée (*Light Water Reactor*) qui seront disponibles à plus court terme. M. Van Lommel demande dans quelle mesure les déchets des SMR à eau pressurisée seront recyclables et si le recyclage sera possible pour les SMR plus avancés.

Mme Marie-Christine Marghem (MR) souligne quelques éléments marquants des exposés: la possibilité de mise en service de SMR vers 2030 et le coût comparable à celui de l'énergie renouvelable. Elle observe aussi qu'il existe une confusion chez certains entre "renouvelable" et "décarboné". Elle rappelle que l'objectif est d'atteindre une société neutre en carbone à l'horizon 2050. La représentante de l'OCDE a d'ailleurs rappelé la limite de carbone à ne pas dépasser pour éviter un réchauffement qui dépasserait 1,5 °C.

À propos de l'hydrogène, elle estime qu'il s'agit d'une solution de stockage lorsqu'on a un excédent d'électricité. Cependant, il vaut mieux le produire localement car, vu qu'il y a déjà une grande perte d'énergie à la production, le coût du transport de cet hydrogène ruinerait le modèle économique. Elle ajoute que, à l'endroit où cet hydrogène serait produit, on aurait peut-être besoin de l'électricité nécessaire à la production de cet hydrogène.

L'oratrice retient des exposés l'importance de maintenir une filière et un environnement industriel favorable. Elle demande aux intervenants quelle serait, dans une perspective industrielle, la ligne du temps et les opérations à réaliser dans un pays comme la Belgique où il existe un parc nucléaire actif, au cas où le gouvernement déciderait d'installer des SMR, tout en respectant les 8 axes définis par le gouvernement dans son annonce du 23 décembre 2021? Qu'en est-il du combustible, des déchets, de la sécurité d'approvisionnement et de la fiabilité à cet égard?

Mme Leen Dierick (CD&V) indique que son groupe estime important de maintenir l'expertise dont notre pays dispose en matière de technologies nucléaires et de regarder vers l'avenir sans œillère.

prototypes, waarvan sommige binnen vijf jaar voltooid zullen zijn, terwijl andere tegen 2030 gepland zijn. Er kan dan ook niet langer worden gesteld dat de SMR's een luchtspiegeling zijn en dat ze alleen maar op papier bestaan. De heer Van Lommel vraagt binnen welke termijn de SMR's in serieproductie zouden kunnen gaan.

Het voordeel van de meer geavanceerde SMR's zal erin bestaan dat ze minder kernafval zullen produceren dan de PWR's (een type lichtwaterreactor), die op kortere termijn beschikbaar zullen zijn. De heer Van Lommel vraagt in hoeverre het afval van die PMR's recycleerbaar zal zijn, en of ook het afval van de meer geavanceerde SMR's zal kunnen worden gerecycled.

Mevrouw Marie-Christine Marghem (MR) gaat in op enkele opvallende elementen uit de uiteenzettingen, namelijk de mogelijkheid dat SMR's rond 2030 in bedrijf zullen worden genomen en dat de kosten ervan vergelijkbaar zouden zijn met die van hernieuwbare energie. Tevens merkt zij op dat sommigen "hernieuwbaar" verwarren met "koolstofvrij". Zij attendeert erop dat het de bedoeling is om tegen 2050 een koolstofneutrale samenleving tot stand te brengen. De OESO-vertegenwoordigster heeft trouwens herinnerd aan de koolstoflimiet die niet mag worden overschreden om een opwarming met meer dan 1,5 °C te voorkomen.

Waterstof bestempelt het lid als een opslagmogelijkheid wanneer er een overschot aan elektriciteit is. Het is echter beter de waterstof ter plaatse te produceren; aangezien bij de productie ervan al veel energie verloren gaat, zouden de vervoerkosten van die waterstof de economie ernstig schaden. Zij voegt eraan toe dat de waterstofproductiesite die elektriciteit misschien wel nodig zou hebben voor de productie van de waterstof.

De spreekster onthoudt uit de uiteenzettingen dat het van belang is een industriële sector in een stimulerende context te behouden. Zij vraagt de sprekers welke tijdslijn uit industrieel oogpunt in acht zou moeten worden genomen en wat zou moeten worden ondernomen in een land als België, met functionerende kerncentrales, ingeval de regering zou beslissen SMR's te installeren, rekening houdend met de acht krachtlijnen die de regering in haar aankondiging van 23 december 2021 heeft vastgelegd. Hoe zit het met de brandstof, het afval, de bevoorradingszekerheid en de betrouwbaarheid op dat vlak?

Mevrouw Leen Dierick (CD&V) geeft aan dat haar fractie het belangrijk acht dat de in ons land beschikbare expertise inzake nucleaire technologie behouden blijft en dat onbevooroordeeld naar de toekomst wordt gekeken.

Elle revient tout d'abord sur le lien établi par Mme Cameron entre les nouvelles technologies nucléaires et celles qui existent déjà, dans le sens où il serait plus facile d'aller vers des SMR là où il existe déjà des réacteurs nucléaires. Dès lors que la Belgique se trouve à la veille de la sortie du nucléaire, elle demande de quelle manière la Belgique pourrait conserver la connaissance et l'expertise dont elle dispose en matière nucléaire.

L'intervenante interroge ensuite M. Salha au sujet des cartes qui montrent les pays où des projets de SMR sont en cours ainsi que la situation projetée en 2040. Mme Dierick constate que la Belgique ne figure pas sur ces cartes. Elle demande dès lors sur quelle base ses cartes ont été établies et pour quelle raison la Belgique n'y figure pas. Est-ce en raison de la législation actuelle qui n'autoriserait pas la construction de SMR?

L'oratrice demande au prof. dr. Peter Baeten des précisions sur la ligne du temps d'un projet SMR. Ce dernier a évoqué qu'il faudrait 10 ans avant de pouvoir exploiter un SMR à eau commercialement. Pour un SMR fonctionnant avec une autre technologie, il faudrait encore compter 5 ans de plus. Il a aussi été dit qu'il fallait avoir ses partenaires dès le début du projet. Mme Dierick souhaite savoir ce qui est inclus dans ce délai de 10 ans. Est-ce uniquement le délai nécessaire pour la construction et le démarrage de l'exploitation? Ou, est-ce que, par exemple, la recherche d'un lieu et la procédure de demande de permis font aussi partie de ce délai de 10 ans?

À cet égard, l'intervenante demande où un tel SMR pourrait être construit dans un pays comme la Belgique qui est aussi densément peuplé. Y a-t-il des conditions spécifiques quant au lieu qui pourrait accueillir une telle installation?

Dans l'hypothèse où la Belgique adapterait sa législation pour permettre la construction d'un SMR, quelles autres conditions devraient être remplies avant de pouvoir entamer une telle construction?

Enfin, vu qu'il existe plusieurs projets pilotes dans différents pays, mais que l'objectif est que la production de SMR puisse, à un moment donné, être standardisée, dans quel délai les orateurs estiment-ils que cette technologie sera suffisamment mûre pour pouvoir déboucher sur une production standardisée?

Mme Marianne Verhaert (*Open Vld*) souligne que la présente audition porte explicitement sur les possibilités d'avenir en matière de technologies nucléaires pour produire de l'électricité pauvre en carbone. Elle estime

Zij gaat vooreerst in op het door mevrouw Cameron aangetoonde verband tussen de nieuwe en de reeds bestaande nucleaire technologieën, waardoor het makkelijker zou zijn op SMR's over te stappen in landen die al kernreactoren beschikten. Aangezien de kernuitstap in België nakend is, wil zij weten hoe ons land de alhier beschikbare kennis en expertise op nucleair vlak zou kunnen behouden.

Het lid richt zich vervolgens tot de heer Salha met vragen over de kaarten waarop de landen met lopende SMR-projecten worden aangegeven, alsook de verwachte situatie in 2040. Mevrouw Dierick stelt vast dat ons land niet op die kaarten staat en vraagt derhalve op welke basis die kaarten werden gemaakt, alsook waarom België er niet op voorkomt. Is dat omdat de bouw van SMR's op grond van de huidige wetgeving niet toegelaten zou zijn?

De spreekster vraagt prof. dr. Peter Baeten het tijdspad voor een SMR-project te preciseren. Prof. Baeten heeft aangegeven dat er tien jaar nodig zou zijn alvorens een lichtwater SMR commercieel zou kunnen worden geëxploiteerd. Een SMR op basis van een andere technologie zou een bijkomende periode van vijf jaar vergen. Voorts werd gezegd dat de partners van bij het begin van het project betrokken zouden moeten zijn. Mevrouw Dierick wil weten wat die termijn van tien jaar omvat. Betreft het louter de termijn voor de bouw en de opstart van de exploitatie, of omvat die termijn van tien jaar bijvoorbeeld ook het zoeken naar een geschikte plaats en de tijd die nodig is voor de vergunningsprocedure?

In dat verband vraagt de spreekster waar een dergelijke SMR zou kunnen worden gebouwd in een dermate dichtbevolkt land als België. Moet de plaats waar een dergelijke installatie zou kunnen komen, aan specifieke voorwaarden voldoen?

Welke andere voorwaarden zouden moeten zijn vervuld alvorens de bouw van een dergelijke installatie kan worden aangevat, in de veronderstelling dat de Belgische wetgeving in die zin zou worden gewijzigd dat een SMR kan worden gebouwd?

Tot slot merkt het lid op dat meerdere proefprojecten in diverse landen lopen, maar dat het de bedoeling is dat de productie van SMR's op een bepaald moment wordt gestandaardiseerd. Binnen welke termijn zal die technologie volgens de sprekers voldoende "rijp" zijn om tot gestandaardiseerde productie te leiden?

Mevrouw Marianne Verhaert (*Open Vld*) merkt op dat deze hoorzitting uitdrukkelijk gewijd is aan de toekomstige mogelijkheden op het vlak van kerntechnologie om koolstofarme elektriciteit op te wekken. Zij stelt dat de

qu'il n'y a aucun domaine politique où il faudrait ignorer la science et l'innovation. Elle déplore que ce soit le cas avec la loi sur la sortie du nucléaire, dont l'article 3 ne permet pas la construction et l'exploitation de nouveaux réacteurs nucléaires. Elle constate que de nombreuses possibilités ont été évoquées par les orateurs afin d'évoluer vers un mix énergétique neutre en carbone d'ici à 2050. Elle espère que le gouvernement examinera ce qui est possible plutôt que ce qui ne l'est pas.

L'intervenante pose ensuite un certain nombre de questions sur les conséquences de la sortie du nucléaire pour la recherche nucléaire belge:

— Dans quel délai les orateurs estiment-ils possible une commercialisation en Belgique, compte tenu des délais requis pour les permis et la construction?

— Comment les autorités belges peuvent être faciliter les nouvelles technologies nucléaires?

— Quel est le point de vue des orateurs au sujet du budget de 25 millions d'euros par an, dégagé pour soutenir la recherche? Quelles seraient les priorités dans cette recherche?

— À quel point des entreprises privées sont-elles prêtes à prendre des risques en investissant dans ces nouvelles technologies?

— Des investisseurs étrangers sont-ils indispensables pour la recherche belge? Où en est la recherche d'investisseurs étrangers?

— Outre l'article 3 dont question ci-dessus, quels sont les obstacles réglementaires?

— Concernant le volet "sécurité", y a-t-il suffisamment d'expertise au sein de l'AFCN pour évaluer ces nouvelles technologies?

Mme Verhaert est d'avis qu'il faut donner toutes leurs chances à ces technologies et ne pas rater le train, train dans lequel les pays avoisinants ont déjà pris place. Il serait en outre étrange que les autorités aient investis tant de moyens dans la recherche au sujet de ces nouvelles technologies pour finalement décider de ne pas les utiliser.

L'oratrice craint que, vu le contexte incertain, la Belgique perde l'expertise de haut niveau dont elle dispose aujourd'hui. Quelles initiatives le SCK-CEN prend-il pour conserver ses connaissances et son personnel? Comment le SCK-CEN évalue-t-il les possibilités de maintenir ce secteur en vie, malgré la sortie du nucléaire

wetenschap en de innovatie op geen enkel beleidsvlak zouden mogen worden verwaarloosd. Zij betreurt dat zulks wel het geval is met de wet betreffende de kernuitstap, aangezien op grond van artikel 3 geen nieuwe kernreactoren kunnen worden gebouwd en geëxploiteerd. Zij stelt vast dat de sprekers heel wat mogelijkheden hebben vermeld om tegen 2050 te evolueren naar een koolstofneutrale energiemix en hoopt dat de regering zal nagaan wat mogelijk is, in plaats van wat niet kan.

De spreekster stelt vervolgens een aantal vragen over de gevolgen van de kernuitstap voor het nucleair onderzoek in België.

— Binnen welke termijn menen de sprekers dat commercialisatie in België mogelijk is, rekening houdend met de vereiste termijnen voor de vergunningen en de bouw?

— Hoe kan de Belgische overheid de nieuwe kern-technologie stimuleren?

— Wat denken de sprekers van het vrijgemaakte budget ten belope van 25 miljoen euro per jaar om het onderzoek te steunen? Wat zou binnen dat onderzoek voorrang moeten krijgen?

— In welke mate zijn de privébedrijven bereid risico's te nemen door in die nieuwe technologieën te investeren?

— Zijn buitenlandse investeerders onontbeerlijk voor het Belgische onderzoek? Hoever staat men met het aantrekken van buitenlandse investeerders?

— Wat zijn, naast het voormelde artikel 3, de hinderpalen op het vlak van de regelgeving?

— Beschikt het FANC over voldoende expertise inzake veiligheid om die nieuwe technologieën te kunnen beoordelen?

Mevrouw Verhaert geeft aan dat die technologieën alle kansen moeten krijgen, opdat men de boot niet zou missen, want de buurlanden hebben die keuze al gemaakt. Het zou bovendien vreemd zijn dat overheden die dermate veel hebben geïnvesteerd in onderzoek naar die nieuwe technologieën, uiteindelijk zouden beslissen ze niet te gebruiken.

De spreekster vreest dat ons land wegens de onzekere context de thans beschikbare hoogwaardige expertise zal verliezen. Welke initiatieven neemt het SCK-CEN om zijn kennis en zijn personeel te behouden? Hoe ziet het SCK-CEN de mogelijkheden om die sector overeind te houden, ondanks de geplande kernuitstap in 2025? Is

prévue en 2025? Une prolongation du nucléaire est-elle indispensable?

Enfin, Mme Verhaert demande aux orateurs s'il est exact que les centrales nucléaires ne seraient pas suffisamment modulables pour pouvoir fonctionner de pair avec les énergies renouvelables.

M. Christian Leysen (Open Vld) demande, quant à lui, aux orateurs internationaux comment ils classent le potentiel et la qualité des recherches du SCK-CEN et dans quel mesure il existe, pour le SCK-CEN, des possibilités de coopération et d'échange accrus au sein de l'Union européenne. Il demande également si d'autres pays sont confrontés à des réductions suivies de remises à niveau de leurs capacités nucléaires. Y a-t-il dans ces pays des tergiversations comme on en connaît en Belgique?

M. Kris Verduyckt (Vooruit) souligne que la politique énergétique se doit d'être une politique de long terme. Il fait remarquer que les problèmes que l'on rencontre actuellement dans certains dossiers énergétiques est dû à un manque de vision à long terme. M. Verduyckt estime que la question n'est pas d'être pour ou contre le nucléaire. L'important pour lui est qu'on ait un marché de l'énergie qui soit fiable sur le plan de la sécurité d'approvisionnement, qui soit propre, c'est-à-dire neutre sur le plan climatique, et qui soit payable. Pour ce faire, il faut se dégager de la dépendance aux énergies fossiles, mais le caractère payable est aussi lié aux coûts de développement. À cet égard, le développement des SMR peut poser problème.

En ce qui concerne l'énergie nucléaire actuelle, les problèmes que rencontre la France avec ses réacteurs montrent que la fiabilité de cette énergie n'est pas optimale. Quant aux nouveaux projets, ils démontrent que le caractère payable de ceux-ci n'est pas garanti. La question que tout le monde se pose est donc de savoir de quelle manière les SMR pourraient jouer un rôle positif.

Au début, M. Verduyckt pensait qu'il s'agissait d'une nouvelle technologie. Mais, au fur et à mesure, il a pris conscience qu'il s'agit surtout d'une nouvelle approche, dans le sens où, même si la forme est différente, les problèmes posés par les réacteurs actuels demeurent. L'intervenant estime donc que, avant de construire des SMR, il faut éviter de répéter les erreurs du passé, en faisant à l'avance un inventaire des problèmes qui peuvent se poser (déchets nucléaire, responsabilité, sécurité civile).

L'orateur rebondit sur la remarque de Mme Buyst à propos des budgets considérables qui sont nécessaires pour ces technologies. Il faut comparer ces budgets

à une prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires existantes.

Tot slot vraagt mevrouw Verhaert aan de sprekers of het klopt dat de kerncentrales onvoldoende modulair zouden zijn om gekoppeld te functioneren met de hernieuwbare energiebronnen.

De heer Christian Leysen (Open Vld) vraagt aan de internationale sprekers hoe zij het potentieel en de kwaliteit van het onderzoek binnen het SCK-CEN beoordelen en in welke mate het SCK-CEN gebruik zou kunnen maken van meer samenwerkings- en uitwisselingsmogelijkheden binnen de Europese Unie. Hij vraagt ook of andere landen worden geconfronteerd met de afbouw van hun nucleaire capaciteit, gevolgd door het terug optrekken ervan. Voeren de beleidsmakers in die landen een even zwalpend beleid als die in België?

De heer Kris Verduyckt (Vooruit) stelt dat met betrekking tot het energiebeleid de lange termijn voor ogen moet worden gehouden. Hij merkt op dat de huidige knelpunten in bepaalde energiedossiers te wijten zijn aan een gebrek aan een langetermijnvisie. Het lid meent dat de vraag niet is of men voor dan wel tegen kernenergie is. Voor de heer Verduyckt is de hoofdzaak dat de energiemarkt betrouwbaar is op het vlak van de bevoorradingszekerheid, dat zij met schone – dus klimaatneutrale – energie werkt en dat energie betaalbaar blijft. Daartoe moet de afhankelijkheid van fossiele energiebronnen worden afgebouwd, maar de betaalbaarheid houdt ook verband met de ontwikkelingskosten. Dat aspect kan een handicap zijn voor de ontwikkeling van SMR's.

Wat de huidige kernenergie betreft, blijkt uit de problemen met de Franse kernreactoren dat de betrouwbaarheid van die energie niet optimaal is. De betaalbaarheid van de nieuwe projecten blijkt dan weer niet gewaarborgd te zijn. Iedereen vraagt zich dus af hoe de SMR's een positieve rol zouden kunnen spelen.

Aanvankelijk dacht de heer Verduyckt nog dat het om een nieuwe technologie ging. Geleidelijk kwam hij echter tot het besef dat het vooral om een nieuwe benadering gaat, in die zin dat de vorm dan wel anders is, maar dat de problemen met de bestaande reactoren blijven bestaan. De spreker vindt dan ook dat men, alvorens SMR's te bouwen, een herhaling van de fouten uit het verleden moet voorkomen door vooraf alle mogelijke problemen op te lijsten (kernafval, aansprakelijkheid, civiele veiligheid).

De spreker pikt in op de opmerking van mevrouw Buyst over de forse budgetten die voor die technologieën nodig zijn. Die budgetten moeten worden afgezet tegen die

avec ceux nécessaires pour le développement d'autres sources d'énergie. Dans sa présentation, Le dr. Joannes Laveyne a montré la forte baisse du coût de développement des énergies renouvelables. Au regard de ce constat, cela vaut-il vraiment la peine d'autant investir dans les SMR, alors qu'il s'agit d'une technologie qui n'a encore rien démontré?

Enfin, M. Verduyck constate que ces technologies de SMR n'apportent aucune réponse à l'approvisionnement en énergie à court terme.

L'orateur pose ensuite 5 questions:

— En matière d'emploi, est-ce que la situation avec des SMR serait différente de la situation actuelle?

— Est-ce que le risque de prolifération nucléaire serait équivalent ou plus faible avec les SMR qu'avec les centrales actuelles?

— Est-ce que le projet MYRRHA est une bonne amorce pour participer au développement de SMR? Est-ce que la connaissance et l'expérience accumulée dans le cadre du projet MYRRHA pourrait-être utile et applicable dans le cadre des SMR? La Belgique dispose-t-elle, grâce au projet MYRRHA d'un avantage concurrentiel pour participer au développement des SMR?

— L'énergie nucléaire est chère. Les SMR ne deviendraient intéressants sur le plan économique qu'à partir d'une certaine échelle de production (par exemple, 100 SMR). Il faut donc qu'il y ait suffisamment de demande. Comment les orateurs évaluent-ils cette demande?

— Ne serait-il pas préférable de développer un plan global au niveau européen pour voir où il y aurait encore lieu d'implanter des unités de production nucléaire sur le continent? Est-il judicieux d'implanter des unités de production nucléaire en Belgique, alors qu'il s'agit d'un des pays les plus densément peuplés d'Europe?

M. Georges Dallemagne (cdH) estime que, pour pouvoir atteindre une société décarbonée, on ne peut pas se passer des nouveaux développements technologiques. Il observe l'enthousiasme d'une partie des orateurs pour les perspectives offertes par ces nouvelles technologies.

Il se joint aux questions déjà posée concernant la ligne du temps. Certaines choses ont été formulées au conditionnel et il y a un fossé entre maintenant et 2035. Il est important, si on fait appel à ces technologies, de pouvoir être certain qu'on peut compter sur elles. À partir de quand pourra-t-on compter sur ces technologies en Belgique,

pour de développement van andere energiebronnen. In zijn presentatie heeft dr. Joannes Laveyne op de sterkedaling van de ontwikkelingskosten voor hernieuwbare energie gewezen. Loont het in het licht van die vaststelling echt de moeite zoveel in SMR's te investeren, terwijl die technologie nog niets bewezen heeft?

Tot slot stelt de heer Verduyck vast dat die SMR-technologieën geen enkele oplossing bieden voor de energiebevoorrading op korte termijn.

Voorts heeft de spreker vijf vragen.

— Zou de situatie op het vlak van werkgelegenheid er met SMR's anders uitzien dan nu?

— Zou het risico op nucleaire proliferatie met SMR even groot dan wel kleiner zijn dan met de bestaande centrales?

— Is het MYRRHA-project een goede aanzet om aan de ontwikkeling van SMR's bij te dragen? Kunnen de kennis en ervaring die met het MYRRHA-project vergaard zijn, van pas komen en worden toegepast bij de uitrol van SMR's? Beschikt België dankzij het MYRRHA-project over een concurrentievoordeel om bij te dragen aan de ontwikkeling van SMR's?

— Kernenergie is duur. SMR's zijn economisch pas interessant vanaf een bepaalde productieschaal (bijvoorbeeld 100 SMR's). De vraag moet dus groot genoeg zijn. Hoe schatten de sprekers die vraag in?

— Ware het niet beter een plan uit te werken om voor heel Europa te bekijken waar er nog nucleaire productie-eenheden moeten komen? Is het wel verstandig nieuwe nucleaire productie-eenheden te bouwen in België, een van de dichtstbevolkte landen van Europa?

De heer Georges Dallemagne (cdH) is van oordeel dat hoe dan ook op nieuwe technologische ontwikkelingen moet worden ingezet als men tot een koolstofvrije samenleving wil komen. Hij stelt vast dat een aantal gastsprekers bijzonder enthousiast is over de perspectieven die deze nieuwe technologieën bieden.

Hij sluit zich aan bij de reeds gestelde vragen over de tijdslijn. Bepaalde zaken zijn in de voorwaardelijke wijs geformuleerd, en tussen nu en 2035 gaapt nog een hele kloof. Wanneer op die technologieën wordt ingezet, moet men er ook 100 % zeker op kunnen rekenen. Vanaf wanneer zal men in België op die technologieën

pas seulement pour un premier réacteur, mais pour que cette énergie fasse la différence? Si ces réacteurs font entre 5 et 300 MW, pour produire entre 2 et 3 GW, il en faudra quelques dizaines. Quelle pourrait être la part de ces réacteurs dans le mix énergétique. Quelles sont les raisons pour lesquelles il y a des incertitudes quant à la ligne du temps? S'agit-il d'obstacles technologiques ou d'obstacles d'ordre légaux et administratifs?

M. Dallemagne demande aussi s'il est exact que le combustible de ces nouveaux réacteurs resterait de l'uranium.

Quel budget la Belgique devrait-elle consacrer à ces technologies durant la décennie qui vient pour pouvoir faire la différence en matière d'énergie décarbonée?

À l'échelle mondiale, l'objectif est d'atteindre une production de 1 160 GW, plutôt que 400 GW aujourd'hui. Cela ferait donc environ 10 000 à 11 000 réacteurs. Quelle est l'état de la réflexion pour éviter une dissémination de ce carburant? Même si la transformation en carburant militaire est peu probable, cela pourrait quand-même poser des problèmes de sécurité.

B. Réponses

Mme Marie Betti (Joint Research Center – Commission européenne) commence par rappeler que chaque État membre de l'Union européenne est souverain quant à la politique énergétique qu'il souhaite mettre en œuvre sur son territoire.

Dès lors que cela lui a été demandé, la Commission européenne soutient les thématiques de la sécurité nucléaire et de la recherche en matière de nouvelles technologies nucléaires, en travaillant notamment en étroite collaboration avec les différents organismes nationaux en charge du contrôle et de la sécurité nucléaire ainsi que de recherche nucléaire, comme c'est le cas du SCK-CEN en Belgique. Le soutien de la Commission européenne peut également se matérialiser dans le contexte de l'action directe, en développant des projets avec les organismes nationaux. Comme cela a été exposé, ces projets s'inscrivent dans trois axes: sûreté, sécurité et non-prolifération. Ils se font également en étroite collaboration avec la Direction Générale de l'Énergie de la Commission européenne.

Mme Diane Cameron (OCDE) revient tout d'abord sur la question de la ligne du temps. L'étendue des dates qui ont été fournies reflète l'étendue des différentes technologies qui sont actuellement en développement. L'appellation "SMR" est utilisée pour se référer à une série de technologies différentes. Certaines d'entre elles

kunnen rekenen? Dat wil zeggen: wanneer zal er een eerste reactor zijn en vanaf wanneer zal die energie het verschil maken? Als die reactoren een vermogen van 5 tot 300 MW hebben om er 2 tot 3 GW mee op te wekken, zullen er tientallen nodig zijn. Welk aandeel zouden die reactoren in de energiemix kunnen hebben? Waarom bestaan er onzekerheden omtrent de tijdslijn? Gaat het om technologische hindernissen, dan wel om belemmeringen van wettelijke en administratieve aard?

De heer Dallemagne wil ook weten of het klopt dat die nieuwe reactoren nog altijd uranium als brandstof zullen hebben.

Welk budget zou België het komende decennium voor deze technologieën moeten vrijmaken om inzake koolstofvrije energie het verschil te maken?

Wereldwijd wordt gestreefd naar een productie van 1 160 GW, tegenover 400 GW vandaag. Dat zou dus neerkomen op 10 000 tot 11 000 reactoren. Wat is de stand van de reflectie om een verspreiding van die brandstof te voorkomen? Hoewel de omvorming tot militaire brandstof weinig waarschijnlijk is, zou zulks toch tot veiligheidsproblemen kunnen leiden.

B. Antwoorden

Mevrouw Marie Betti (Joint Research Center – Europese Commissie) brengt eerst in herinnering dat elke EU-lidstaat soeverein het energiebeleid uitstippelt dat hij op zijn grondgebied ten uitvoer wil leggen.

Voorts geeft zij aan dat de Europese Commissie nucleaire veiligheid en onderzoek naar nieuwe nucleaire technologieën steunt, meer bepaald door nauw samen te werken met de verschillende nationale instanties die belast zijn met nucleaire controle en veiligheid, alsook met nucleair onderzoek, zoals het SCK-CEN in België. De steun van de Europese Commissie kan ook gestalte krijgen in rechtstreekse actie, in die zin dat zij samen met de nationale instanties projecten op het getouw zet. Zoals werd toegelicht, steunen die projecten op drie pijlers: zekerheid, veiligheid en non-prolifерatie. Ook wordt voor dergelijke projecten nauw samengewerkt met het Directoraat-Generaal Energie van de Europese Commissie.

Mevrouw Diane Cameron (OESO) gaat in de eerste plaats in op de tijdslijn. De brede waaier aan meegedeelde datums weerspiegelt de brede waaier aan technologieën die thans in ontwikkeling zijn. De benaming "SMR" wordt gebruikt om naar een aantal uiteenlopende technologieën te verwijzen. Sommige technologieën zijn op de korte

sont des technologies de court terme, alors que d'autres sont des technologies plus avancées et plus innovantes et donc de plus long terme. Afin d'apporter une réponse claire à la question du calendrier, elle précise qu'il existe une première vague de SMR qui utiliseront des types de combustibles existants. Ces SMR seront largement disponibles et connectés au réseau, par exemple au Canada, en 2028-2029. Il existe aussi des projets de prototypes en cours pour des réacteurs qui utiliseront des types de combustibles légèrement différents, appelés "*High-Assay Low-Enriched Uranium*". La démonstration du caractère opérationnel de ces réacteurs est attendue pour la fin des années 2020 et le déploiement commercial pour les années 2030. La vague suivante de réacteurs seront des "*High-temperature gas-cooled reactors*" qui devraient raisonnablement pouvoir être opérationnels dans un délai similaire, à savoir vers 2030, avec un déploiement commercial peu après.

À côté de ces réacteurs, il existe de nombreux autres concepts de réacteurs plus avancés qui visent notamment à recycler le combustible utilisé. Les réacteurs à sels fondus et les réacteurs rapides refroidis au sodium sont des réacteurs de quatrième génération. Pour ces réacteurs, le travail sur des projets de recherche et développement est en cours, le stade du prototype étant attendu pour les années 2030. Les projets autour de la fusion nucléaire sont à encore plus long terme. Mme Cameron ajoute que, pour l'instant, il n'y a aucune tendance globale à mettre en œuvre un secteur nucléaire basé sur le thorium. Quant au marché du transport maritime, elle indique que les PRM sont une solution technologique concrète pour la décarbonation du secteur, bien qu'elle ait encore à être plus largement documentée.

L'intervenante aborde ensuite la question de l'intégration de l'énergie nucléaire avec les énergies renouvelables. Elle estime que la présentation selon laquelle il faudrait effectuer un choix entre l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables (éolien et solaire) peut induire en erreur. En réalité, l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables fonctionnent ensemble. Mme Cameron affirme que, même si on donne priorité aux énergies renouvelables, il y aura toujours un trou à combler car le vent ne souffle pas tout le temps et le soleil ne brille pas tout le temps non plus. Il faut donc un filet de sécurité. Or, actuellement, les batteries ne sont pas disponibles à une échelle suffisante. Le gaz est une option plus intéressante que le charbon, mais reste une énergie émettrice de gaz à effet de serre. Les SMR constituent donc une source excellente de *base load* et un filet de sécurité pour compenser l'intermittence du renouvelable, spécialement dans les régions du monde qui n'ont pas un grand potentiel hydraulique.

termijn gericht, terwijl andere meer geavanceerd en innovatief zijn en dus veeleer de lange termijn betreffen. Om een duidelijk antwoord te formuleren op de vraag naar het tijdspad, preciseert zij dat er een eerste golf van SMR's aankomt die gebruik zullen maken van de bestaande soorten van brandstoffen. Die SMR's zullen op brede schaal beschikbaar zijn en in 2028-2029 worden aangesloten op het net (in Canada bijvoorbeeld). Tevens lopen momenteel prototypeprojecten voor reactoren die zullen werken met enigszins andere soorten van brandstoffen (*High-Assay Low-Enriched Uranium*). Die reactoren zullen naar verwachting operationeel zijn tegen het einde van de jaren 2020 en commercieel kunnen worden geëxploiteerd vanaf de jaren 2030. De volgende golf van reactoren worden "*High-temperature gas-cooled reactors*" die redelijkerwijs binnen een vergelijkbaar tijdsbestek, d.w.z. rond 2030, operationeel moeten kunnen zijn met kort daarna commerciële inzet.

Naast die reactoren bestaan er nog heel wat andere concepten voor meer geavanceerde reactoren, waarbij meer bepaald de gebruikte brandstof gerecycled wordt. De gesmolten-zoutreactoren en de natriumgekoelde snelle reactoren zijn de vierdegeneratiereactoren. Voor die reactoren bevinden de projecten zich nu in de onderzoeks- en ontwikkelingsfase; tegen 2030 zouden de prototypes klaar moeten zijn. De kernfusieprojecten zijn op nog langere termijn gericht. Mevrouw Cameron voegt er nog aan toe dat momenteel geen algemene trend bestaat om een nucleaire sector op basis van thorium te ontwikkelen. Wat de markt voor het zeevervoer betreft, geeft zij aan dat SMR's een concrete technologische oplossing zijn voor het koolstofarm maken van de sector, hoewel dit nog breder moet worden gedocumenteerd.

Vervolgens gaat de spreekster in op het samengaan van kernenergie met hernieuwbare energiebronnen. Ze vindt de stelling dat een keuze zou moeten worden gemaakt tussen kernenergie en hernieuwbare energiebronnen (wind en zon) misleidend. In werkelijkheid werken kernenergie en hernieuwbare energiebronnen samen. Mevrouw Cameron stelt dat, zelfs indien hernieuwbare energiebronnen voorrang zouden krijgen, er altijd een leemte zal moeten worden gevuld, aangezien de wind niet altijd waait en de zon evenmin altijd schijnt. Er moet dus een vangnet zijn. Er zijn thans echter onvoldoende batterijen beschikbaar. Gas is een interessantere optie dan steenkool, maar het blijft een vorm van energieopwekking met uitstoot van broeikasgassen. Zodoende kunnen SMR's voor een uitstekende *base load* zorgen, én als vangnet dienen ter compensatie van de tijdelijke uitval van de hernieuwbare energiebronnen, inzonderheid in die regio's van de wereld zonder aanzienlijk hydraulisch potentieel.

Concernant l'opportunité de déployer des SMR dans des zones densément peuplées, Mme Cameron estime qu'il s'agit d'une décision politique. Elle fait cependant remarquer qu'un des éléments pertinents à prendre en compte est la densité de l'énergie nucléaire. Produire 1 GW d'énergie nucléaire nécessite beaucoup moins de surface de terres que produire de l'énergie éolienne ou solaire. Ainsi, un pays comme le Japon continue avec l'énergie nucléaire en raison du fait que cette dernière est non émettrice de gaz à effet de serre, qu'elle est extrêmement dense et permet dès lors d'offrir une souveraineté énergétique à un pays aussi densément peuplé que le Japon.

L'oratrice aborde enfin la question des coûts. Elle estime qu'il existe une confusion sur la manière de comparer les coûts de l'électricité. Les intervenants qui ont évoqué le coût de l'électricité, font référence aux coûts au niveau de l'usine (*plant-level costs*). Ainsi, pour l'éolien et le solaire, ils citent le *Levelised cost of electricity* (LCOE). Mais, si on veut comparer des pommes avec des pommes, et non des pommes avec des poires, il est important d'adopter une perspective systémique en tenant compte des coûts au niveau du réseau (*grid-level costs*). En effet, chaque option de production impose des coûts au niveau du réseau.

Mme Cameron affirme que les énergies renouvelables imposent au reste du système électrique des coûts au niveau du réseau qui sont disproportionnellement élevés pour compenser leur intermittence. Une étude menée par l'Agence de l'énergie nucléaire, en collaboration avec l'Agence internationale de l'énergie, démontre que, lorsqu'on compare les coûts au niveau du réseau, le nucléaire s'en sort très bien. Des résultats similaires ont été obtenus par de nombreuses études académiques.

Mme Cameron se réfère plus particulièrement à l'article intitulé "*System Costs of Electricity*" qui figure en annexe du présent rapport, en tout particulièrement à la figure 3 "*Total costs for different mixes of electricity (driving to net-zero emissions)*" (v. annexe 7). Ce graphique représente l'impact de différentes contraintes carbone sur les coûts du système électrique selon le niveau d'intégration des énergies renouvelables intermittentes. La ligne bleue représente l'évolution des coûts du système lorsque la part d'énergie renouvelable augmente sous une contrainte carbone de 50 grammes par kWh. La ligne rouge montre ce qu'il advient des coûts totaux lorsque la contrainte carbone est de 0 gramme par kWh. Sur la base de ce graphique, l'on peut voir que les coûts système augmentent à mesure que la contrainte carbone se durcit, et ce d'autant plus que la part des énergies renouvelables intermittentes est élevée. Les implications politiques sont importantes. Alors qu'il

Het antwoord op de vraag of het opportuun is SMR's te bouwen in dichtbevolkte gebieden, laat mevrouw Cameron over aan de politici. Er zij echter op gewezen dat de hoge dichtheid van kernenergie een relevant element is om rekening mee te houden. Voor de productie van 1 GW kernenergie is veel minder landoppervlak nodig dan voor de productie van wind- of zonne-energie. Zo blijft een land als Japan aan kernenergie vasthouden: er worden geen broeikasgassen uitgestoten en de energiedichtheid is bijzonder hoog, waardoor een zeer dichtbevolkt land als Japan voor zijn eigen energieproductie kan instaan.

Tot slot gaat de spreker in op de kosten. Volgens haar de elektriciteitsproductiekosten niet eenvormig vergeleken. Wanneer de sprekers ingaan op de kostprijs van elektriciteit, hebben zij het over de kosten op fabrieksniveau (*plant-level costs*). Zo vermelden ze voor wind- en zonne-energie de *levelised cost of electricity* (LCOE). Wil men appels met appels vergelijken en geen appels met peren, dan moet een en ander vanuit een systeem perspectief worden beschouwd en moet rekening worden gehouden met de kosten op netwerkniveau (*grid-level costs*). Elke energieproductievorm brengt immers kosten voor het netwerk met zich.

Mevrouw Cameron geeft aan dat de netwerkkosten van hernieuwbare energiebronnen, waarvan de tijdelijke uitval moet worden gecompenseerd, onevenredig hoog zijn in vergelijking met de andere energiebronnen in het elektriciteitssysteem. Uit een vergelijkend onderzoek dat het Agentschap voor Kernenergie samen met het Internationaal Energieagentschap heeft gevoerd naar de kosten op netwerkniveau is gebleken dat kernenergie het wat dat betreft heel goed doet. Tal van academische studies zijn tot vergelijkbare resultaten gekomen.

Mevrouw Cameron verwijst meer bepaald naar het artikel "*System costs of Electricity*" dat als bijlage gaat bij dit verslag, in het bijzonder naar figuur 3 "*Total costs for different mixes of electricity (driving to net-zero emissions)*" (zie bijlage 7). Deze grafiek toont de impact van verschillende koolstofbeperkingen op de kosten van het elektriciteitssysteem naargelang van de mate van integratie van de intermitterende hernieuwbare energiebronnen. De blauwe lijn weerspiegelt de evolutie van de systeemkosten wanneer het aandeel hernieuwbare energie toeneemt met een koolstofbeperking van 50 gram per kWh. De rode lijn toont wat er met de totale kosten gebeurt wanneer de koolstofbeperking 0 gram per kWh bedraagt. Uit die grafiek kan worden afgeleid dat de systeemkosten toenemen naarmate de koolstofbeperking strenger is en dat zulks des te meer het geval is wanneer de intermitterende hernieuwbare energiebronnen een groter aandeel innemen. Zulks heeft

semble possible techniquement et économiquement, de répondre à l'objectif d'émission 2030 en augmentant la part des énergies renouvelables dans le mix électrique, cette stratégie devient prohibitive à mesure que l'on se rapproche de l'objectif de neutralité carbone. C'est dû en partie au fait que, au départ, au fur et à mesure que des énergies renouvelables variables sont introduites, leur intermittence peut être compensée par une option à faible coût, qui, en l'absence de contrainte carbone sérieuse, pourrait être le gaz naturel. Mais, dans un monde où la contrainte carbone est élevée, les options permettant de compenser l'intermittence des énergies renouvelables deviennent de plus en plus coûteuses.

M. Bernard Salha (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform) revient tout d'abord sur les questions relatives à la ligne du temps. Il explique qu'il existe deux types de technologies de SMR qui sont envisagées. La première est une technologie à eau. Comme l'a dit Mme Cameron, plusieurs projets sont en cours de conception et d'évaluation. Il prend l'exemple du projet français NUWARD. Le début de la construction est envisagé pour 2030. La réalisation devrait être terminée 4-5 ans plus tard. Cela donne une idée du calendrier, sachant que certains projets peuvent être plus précoces et d'autres plus tardifs. Pour obtenir un effet de série sur ces réacteurs à eau, il faut tableer sur la décennie 2030 ou 2040. En ce qui concerne la technologie plus avancée, le stade du prototype est attendu pour 2035. La réalisation industrielle et commerciale se situe à un horizon plus lointain, 2050 ou au-delà.

L'intervenant se rallie ensuite aux propos de Mme Cameron quant au fait qu'il n'existe pas d'opposition entre énergie nucléaire et énergies renouvelables. Il estime au contraire que ces énergies sont complémentaires. Cette complémentarité devrait même être recherchée car il faudra bien disposer d'une énergie sans carbone pendant les périodes où il n'y a pas de soleil et où il n'y a pas de vent, sans que le coût en soit trop élevé. Ainsi, dans un système où il y aurait beaucoup d'énergie solaire, le prix de l'électricité serait très bas à la mi-journée et très élevé le soir ou pendant la nuit. L'équilibre économique entre le nucléaire et les énergies renouvelables s'établit de cette façon. Le nucléaire peut fonctionner de manière plus importante durant les périodes où il y a moins d'énergies renouvelables et de manière moins importante dans les périodes où il y a plus d'énergies renouvelables fournies à bas coûts. L'enjeu réside donc dans le fait de les faire fonctionner ensemble, ce qui est tout à fait possible sur le plan technique.

grote beleidsmatige gevolgen. Hoewel het technisch en economisch doenbaar oogt de voor 2030 bepaalde uitstootdoelstelling te halen door het aandeel van de hernieuwbare energiebronnen in de elektriciteitsmix te verhogen, wordt deze strategie peperduur naarmate de beoogde koolstofneutraliteit dichterbij komt. Dat valt deels te verklaren door het feit dat, naarmate variabele hernieuwbare energiebronnen in de energiemix worden opgenomen, de tijdelijke uitval ervan aanvankelijk kan worden gecompenseerd door een goedkope optie in te zetten. Wanneer geen strenge koolstofbeperkingen worden opgelegd, kan daartoe aardgas worden gebruikt. In een context waarin echter wél strenge koolstofbeperkingen worden opgelegd, worden de opties om de tijdelijke uitval van de hernieuwbare energiebronnen te compenseren echter almaar duurder.

De heer Bernard Salha (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform) gaat eerst in op de vragen betreffende het tijdspad. Twee soorten SMR-technologieën worden overwogen. De eerste is een watertechnologie. Mevrouw Cameron heeft aangegeven dat meerdere projecten worden ontworpen en geëvalueerd. In dat verband verwijst de spreker naar het Franse project NUWARD, waarvan de constructie in 2030 zou moeten worden opgestart. Ongeveer 4 à 5 jaar later zou het project klaar moeten zijn. Dat geeft al een idee van het tijdspad, met dien verstande dat sommige projecten eerder klaar kunnen zijn en dat andere meer tijd kunnen vergen. Voor een serie-effect van die waterreactoren moet worden gerekend dat zulks pas tegen het 2030 of 2040 het geval zal zijn. Wat de meer geavanceerde technologie betreft, wordt het prototype tegen 2035 verwacht. De industriële en commerciële uitrol ervan zal dan plaatsvinden tegen 2050, of zelfs later.

De spreker schaaft zich vervolgens achter de stelling van mevrouw Cameron: kernenergie en hernieuwbare energiebronnen sluiten elkaar niet uit, integendeel: de spreker is van oordeel dat zij complementair zijn. Die complementariteit zou zelfs moeten worden nagestreefd, aangezien er koolstofvrije energie beschikbaar zal moeten zijn wanneer er geen zon of wind is, zonder dat de kosten daarvan te hoog oplopen. In een systeem met veel zonne-energie zou aldus de elektriciteitsprijs 's middags immers erg laag zijn en 's avonds of 's nachts erg hoog. Het economisch evenwicht tussen kernenergie en hernieuwbare energiebronnen kan tot stand worden gebracht door meer kernenergie in te zetten tijdens de periodes waarin minder hernieuwbare energie beschikbaar is, en door het gebruik ervan terug te schroeven in de periodes waarin er meer goedkope hernieuwbare energie voorhanden is. De uitdaging bestaat erin de beide energiebronnen samen in te zetten, hetgeen technisch gezien heel goed mogelijk is.

M. Salha souligne aussi l'importance de conserver des compétences dans la durée afin de réaliser ces projets de très long terme. Les difficultés évoquées par certains concernant certains projets de réacteurs en France – mais des difficultés similaires existent aussi en Finlande et aux États-Unis – sont précisément dues au fait qu'il y a eu une interruption forte entre le lancement des parcs nucléaires antérieurs et ces nouvelles réalisations. Il est important de donner de la visibilité aux projets nucléaires dans la durée pour pouvoir maintenir les compétences disponibles afin de réaliser de nouveaux projets (installations de recherches, projets d'innovation, participations internationales). C'est ce qui est fait à propos des SMR pour lesquels il existe un partenariat entre plusieurs centres de recherches et des industriels de différents pays européens afin de parvenir à définir les conditions de réalisation de ces projets.

Concernant la carte des installations nucléaires projetées en 2040 que l'intervenant a utilisé dans sa présentation, celui-ci précise qu'elle a été établie à partir des plans nationaux énergie-climat des différents pays. Il s'agit d'un instantané, sachant que ces plans évoluent constamment. L'objectif est de montrer l'ampleur des projets et installations nucléaires qui pourraient exister à l'horizon 2040.

Enfin, pour M. Salha, la question des sites est une question politique. Il estime cependant que la solution la plus simple consisterait à utiliser des sites nucléaires existants qui disposent d'une surface suffisamment grande pour servir de base à de nouvelles réalisations.

Prof. dr. Peter Baeten (SCK-CEN) indique que ce que le SCK-CEN fera en matière de SMR dépendra des contours précis de la décision définitive qui sera prise par le gouvernement en la matière et des missions qui y seront prévues pour le SCK-CEN. Des discussions seront engagées avec la tutelle du SCK-CEN à ce sujet.

L'intervenant peut en revanche donner un aperçu de l'expertise spécifique que le SCK-CEN pourrait mettre à disposition. Le SCK-CEN a une expertise historique en matière de réacteurs à eau, mais la grande plus-value du SCK-CEN réside aujourd'hui dans les études innovantes de recherche et développement que le SCK-CEN réalise dans le cadre du projet MYRRHA. Au cours des 10 dernières années, le SCK-CEN a développé une base technologique qui peut être utilisée pour des réacteurs à spectre rapide innovants.

Prof. dr. Hamid Aït Abderrahim (SCK-CEN) ajoute que, au niveau européen, des États et des entreprises sont

De heer Salha benadrukt ook dat het belangrijk is de knowhow duurzaam te behouden, met het oog op de verwezenlijking van die projecten op zeer lange termijn. Sommige sprekers hebben het gehad over de problemen bij bepaalde reactorprojecten in Frankrijk; Finland en de Verenigde Staten kampen overigens met soortgelijke problemen. Die problemen zijn echter net te wijten aan het grote tijdsinterval tussen de opstart van de vroegere kerncentrales en die nieuwe verwezenlijkingen. Het is belangrijk dat kernreactorprojecten een perspectief op lange termijn wordt geboden om de aanwezige knowhow te kunnen behouden en aldus nieuwe projecten te kunnen verwezenlijken (onderzoeksfaciliteiten, innovatieprojecten, deelname aan internationale projecten). Voor de SMR's werd thans een partnerschap opgezet tussen meerdere onderzoekscentra en industriële spelers uit verschillende Europese landen om de voorwaarden voor de verwezenlijking van die projecten te bepalen.

Inzake de kaart van de tegen 2040 geplande kerninstallaties die de spreker bij zijn uiteenzetting heeft gebruikt, wijst hij erop dat die werd uitgetekend aan de hand van de nationale energie-klimaatplannen van de verschillende landen. Het is een momentopname, daar die plannen voortdurend wijzigen. Beoogd wordt te tonen hoeveel kernprojecten en -installaties er tegen 2040 zouden kunnen zijn.

Tot slot vindt de heer Salha dat de inplanting van de sites een politieke beslissing is. Hij is evenwel van oordeel dat het hergebruik van de bestaande nucleaire sites met voldoende oppervlakte om nieuwe projecten te verwezenlijken, het eenvoudigst zou zijn.

Prof. dr. Peter Baeten (SCK-CEN) wijst erop dat wat het SCK-CEN zal doen inzake SMR's, zal afhangen van de precieze invulling van de definitieve beslissing van de regering ter zake en van de opdrachten waarmee het SCK-CEN in dat verband zal worden belast. Daarover zal worden gesproken met de toezichthouder van het SCK-CEN.

De spreker kan daarentegen wel een overzicht geven van de specifieke expertise die het SCK-CEN ter beschikking zou kunnen stellen. Het SCK-CEN kan bogen op een jarenlange expertise op het vlak van waterreactoren, maar tegenwoordig zit de grootste meerwaarde van het onderzoekscentrum in de innovatieve studies op het vlak van onderzoek en ontwikkeling in het kader van het MYRRHA-project. De afgelopen tien jaar heeft het SCK-CEN gewerkt aan de ontwikkeling van een technologische basis die kan worden gebruikt voor innovatieve snelspectrumreactoren.

Prof. dr. Hamid Aït Abderrahim (SCK-CEN) voegt eraan toe dat op Europees niveau de landen en ondernemingen

en train de former des consortiums visant à développer différentes technologies (technologies actuelles de SMR et technologies futures) pour lesquelles le SCK-CEN a bâti une grande expertise au cours des 20 dernières années. Grâce à cette expertise du SCK-CEN, la Belgique pourrait donc contribuer et apporter une sérieuse plus-value au développement de réacteurs avancés. L'intervenant fait cependant remarquer qu'il est aussi important de regarder dans le sens d'une application plus large, par exemple, celui d'une décarbonation globale. Le fait que les technologies développées dans le cadre du projet MYRRHA puissent également être utilisées dans le cadre de réacteurs à haute température a déjà été souligné par d'autres orateurs. Outre les caractéristiques des technologies qui y sont développées et la connaissance qui y a été bâtie, l'orateur met en lumière la qualité des installations de recherche dont le SCK-CEN dispose et qui peuvent être utilisées pour le développement de plusieurs types de SMR. Le réacteur BR2 peut encore réaliser des recherches dans le cadre des technologies actuelles. Celui de MYRRHA peut servir pour des technologies innovantes. Les machines d'irradiation sont en effet très utiles pour continuer à développer ces technologies.

L'intervenant répond enfin à M. Wollants que ce qui pourrait aider à amener ces technologies à un niveau industriel, c'est d'impliquer les acteurs industriels du pays dès le début. Il serait important de bâtir un partenariat industriel en Belgique, qui pourrait ensuite conclure des partenariats au niveau international.

Dr. Joannes Laveyne (UGent) répond tout d'abord à M. Wollants et Mme Verhaert au sujet de la combinaison entre énergie nucléaire et énergies renouvelables. L'OCDE et Tractebel ne font pas d'erreur de raisonnement. Il est exact de dire que, sur le plan technique, l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables peuvent parfaitement être combinées. Cela peut se faire en modulant la production des centrales nucléaires actuelles, par exemple en modifiant la concentration d'acide borique pour diminuer la production. Dans d'autres centrales, on peut ajouter des barres de commandes grises, comme c'est le cas en France dans des projets plus avancés. Ce faisant, il est possible d'obtenir une flexibilité similaire à celle d'une centrale à gaz. S'il n'y a pas de problème sur le plan technique, il y a en revanche un problème d'ordre économique. Une centrale nucléaire ayant essentiellement des coûts fixes, sa rentabilité diminue lorsque la production baisse. Ainsi, lorsqu'on module à 50 %, voire même à 30 %, il y a toujours autant de personnel. Il y a donc un défi économique. L'OCDE a d'ailleurs souligné que, pour pouvoir combiner l'énergie nucléaire avec les énergies renouvelables, il faudrait aller vers un partenariat public-privé. C'est par exemple le cas au Royaume-Uni

consortia aan het vormen zijn voor de ontwikkeling van verschillende technologieën (de huidige SMR-technologieën en de toekomstige technologieën) waarvoor het SCK-CEN in de afgelopen twintig jaar een grote expertise heeft opgebouwd. Dankzij die expertise van het SCK-CEN zou België dus kunnen bijdragen aan een grote meerwaarde betekenen voor de ontwikkeling van geavanceerde reactoren. Volgens de spreker is het echter ook belangrijk na te denken over een ruimere toepassing, die bijvoorbeeld volledig koolstofvrij is. Andere sprekers hebben al benadrukt dat de technologieën die in het raam van het MYRRHA-project worden ontwikkeld, ook bij hogetemperatuurreactoren kunnen worden gebruikt. Naast de eigenschappen van de technologieën die er worden ontwikkeld en de knowhow die er werd opgebouwd, wijst de spreker ook op de kwaliteit van de onderzoeksinstallaties van het SCK-CEN, die kunnen worden gebruikt voor de ontwikkeling van meerdere SMR-types. De BR2-reactor kan nog worden gebruikt voor onderzoek in het kader van de huidige technologieën; die van MYRRHA kan dan weer dienen voor innovatieve technologieën. De bestralingsinstallaties komen immers heel goed van pas om die technologieën verder uit te bouwen.

De spreker antwoordt de heer Wollants dat die technologieën op een industrieel niveau zouden kunnen worden gebracht mede door de Belgische industriële actoren van meet af aan bij de zaak te betrekken. Het uitbouwen van een industrieel partnerschap in België zou een belangrijke stap kunnen zijn, waarna er internationale partnerschappen tot stand zouden kunnen komen.

Dr. Joannes Laveyne (UGent) antwoordt vooreerst op de vragen van de heer Wollants en van mevrouw Verhaert over de combinatie van kernenergie en hernieuwbare energie. Er zit geen fout in de redenering van de OESO en Tractebel. Technisch gezien is het inderdaad perfect mogelijk kernenergie en hernieuwbare energie te combineren. Dat kan door de productie van de huidige kerncentrales aan te passen, bijvoorbeeld door de concentratie aan boorzuur te wijzigen om de productie te verminderen. In andere centrales kan men grijze regelstaven toevoegen, zoals ook Frankrijk doet bij meer geavanceerde projecten. Dit kan een flexibiliteit opleveren die vergelijkbaar is met die van een gascentrale. Hoewel er technisch gezien geen probleem is, rijst echter wel een economisch probleem. Aangezien een kerncentrale vooral vaste kosten heeft, daalt de rendabiliteit ervan wanneer de productie wordt verlaagd. Wanneer de productie wordt teruggeschroefd tot 50 of zelfs tot 30 %, heeft men immers nog altijd evenveel personeel nodig. Dit zorgt dus voor een economische uitdaging. De OESO heeft overigens benadrukt dat de combinatie van kernenergie en hernieuwbare energie een publiek-privaat partnerschap vereist. Dat is bijvoorbeeld het geval in

où les nouveaux réacteurs nucléaires sont financés par le biais d'un *contract for difference* prévoyant une intervention financière de l'État. C'est également le cas pour des modèles encore plus innovants où un soutien structurel des autorités publiques est prévu via un système de *regulated asset base*.

L'intervenant fait le lien avec les questions de M. Verduyckt et Mme Dierick sur les adaptations qui seraient encore nécessaires pour le développement de SMR. Il estime que c'est encore surtout le cadre financier qui doit être examiné. Les développements récents aux Pays-Bas seront intéressants à cet égard. Il y aura certainement une forme de soutien structurel de la part des autorités publiques. Il faudra d'ailleurs voir si la Commission européenne l'autorisera au regard des règles en matière d'aides d'État. Le modèle de financement ira-t-il dans le sens d'un *contract for difference* ou d'un *regulated asset base*?

L'orateur rebondit sur la remarque de M. Verduyckt au sujet des SMR que ce dernier a qualifié de vieille technologie mais de nouveau concept. Il rejoint ce point de vue et estime que l'industrie nucléaire a effectué un mauvais choix au début des années 2000 en investissant dans un agrandissement d'échelle, tels que les super réacteurs de 1,6 GW dont la complexité et la durée de construction ont sans doute été sous-estimées. Les SMR constituent donc une réponse à ce problème.

Dr. Joannes Laveyne réagit ensuite à l'interpellation de M. Wollants à propos d'un ancien tweet dans lequel il préconisait une prolongation des deux réacteurs les plus récents. Il confirme que, du point de vue de la neutralité climatique, la non prolongation est une occasion ratée. Il pense néanmoins que, si on avait voulu prolonger ces réacteurs, il aurait fallu commencer à s'en occuper en 2018-2019.

Le professeur et dr. Gilbert Eggermont (*Conseil supérieur de la Santé*) invite, dans le cadre de la mission qui sera confiée au SCK-CEN et de l'adaptation du contrat de gestion, à élargir le champ de la recherche sur les PRM aux TA de réacteurs à haute température, refroidis à l'hélium avec combustible inhérent de carbure de silicium plus sûr et technologie à lit fluidisé, autrement dit à se tourner vers la réalité future de concept énergétiques totaux qui sont plus sûrs et qui sont capables de produire, outre l'électricité, également un processus industriel de chaleur à haute température, de l'hydrogène, du dessalage et peuvent donc également être utiles pour l'industrie chimique et l'industrie de l'acier, notamment. En France, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) applique déjà une approche plus large en matière de recherche énergétique. En

het Verenigd Koninkrijk, waar de nieuwe kernreactoren worden gefinancierd via een *contract for difference*, dat voorziet in een financiële tegemoetkoming van de Staat. Dat is ook het geval voor nog innovatievere modellen waarbij via een *regulated asset base* wordt voorzien in structurele overheidssteun.

De spreker verwijst in dat verband ook naar de vragen van de heer Verduyckt en van mevrouw Dierick over de aanpassingen die nog nodig zijn voor de ontwikkeling van SMR's. Volgens hem moet vooral het financiële raamwerk nog onder de loep worden genomen. De recente ontwikkelingen in Nederland zijn in dat opzicht interessant. Daar komt zeker een vorm van structurele steun van de overheid. Overigens valt nog te bezien of de Europese Commissie dit zal toestaan in het licht van de regels inzake staatssteun. Komt er een financieringsmodel van het type van een *contract for difference* of van een *regulated asset base*?

De spreker gaat verder in op de opmerking van de heer Verduyckt over de SMR's, die volgens hem neerkomen op oude technologie in een nieuw jasje. Hij is het eens met die visie en is van oordeel dat de nucleaire industrie begin de jaren 2000 een foute keuze heeft gemaakt door te investeren in een schaalvergroting, zoals het geval is met de superreactoren van 1,6 GW, waarvan de complexiteit en de tijd die nodig is om ze te bouwen ongetwijfeld werden onderschat. De SMR's bieden dus een antwoord op dat probleem.

Dr. Joannes Laveyne reageert vervolgens op de verklaring van de heer Wollants inzake een recente tweet waarin hij pleitte voor een verlenging van de twee recentste reactoren. Hij bevestigt dat het niet-verlengen een gemiste kans is in het licht van het streven naar klimaatneutraliteit. Niettemin is hij van oordeel dat de voorbereiding van een eventuele verlenging al in 2018-2019 van start had moeten gaan.

Prof. dr. Gilbert Eggermont (*Hoge Gezondheidsraad*) roept in het kader van de opdracht waarmee het SCK-CEN zal worden belast en van de aanpassing van het beheerscontract ertoe op het onderzoeksgebied inzake de SMR's uit te breiden tot TA van hogetemperatuurreactoren, helium gekoeld met inherent veiliger Siliciumcarbide splijtstof en wervelbed technologie, met andere woorden naar de toekomstige realiteit van totale energieconcepten die veiliger zijn en naast elektriciteit ook industriële proceswarmte van hoge temperatuur kunnen produceren, waterstof, ontzilting en dus nuttig voor onder meer de scheikundige nijverheid en de staalnijverheid. Het Franse Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) hanteert al een ruimere benadering inzake energieresearch. Die instelling is immers ook bevoegd voor niet-nucleaire

effet, cet institut est également compétent en matière de recherche énergétique non nucléaire, comme l'énergie solaire. Il y existe deux conseillers belges, dont un professeur de l'UGent, spécialiste de l'hydrogène et de la chimie. Le SCK-CEN devrait aussi pouvoir s'ouvrir de cette façon, ainsi qu'à des économistes et à des analystes en durabilité. Au Royaume-Uni, on travaille à des systèmes hybrides (nucléaire et renouvelables). Le SCK-CEN est un centre d'excellence qui a reçu des moyens importants au cours des 10 dernières années. Il souligne à cet égard qu'il n'y a donc pas de sous-investissement dans la recherche nucléaire en Belgique, puisque le budget pour la recherche nucléaire au SCK-CEN a augmenté de 100 % en 10 ans, alors que le budget moyen pour la recherche en Région flamande a, quant à lui, augmenté de seulement 22 %.

L'intervenant estime qu'il faudra, à présent, opérer des choix stratégiques. En effet, il faudra une production de SMR à grande échelle pour comprimer les coûts. Cela signifie qu'il y aura seulement un ou deux projets européens qui subsisteront. Ce ne seront donc pas des projets belges, mais des projets européens auquel la Belgique participera. La Belgique doit donc choisir à quel projet elle veut participer.

Une première option consisterait à poursuivre avec les réacteurs à eau actuels, mais à plus petite échelle. Le projet français, qui offre peu d'avantages en matière de gestion des déchets, va dans ce sens. La deuxième catégorie de projets PRM passe par la technologie des réacteurs à neutrons rapides dans laquelle la France et la Russie possèdent un excellent savoir-faire, tandis que les États-Unis sont en train de rattraper leur retard avec Bill Gates et DoE. Selon l'orateur, ce n'est plus une priorité pour la Belgique, en particulier en raison du risque de prolifération qui concerne surtout le recyclage de stocks militaires de plutonium (Pu) pour les réacteurs à neutrons rapides et leurs nombreux cycles de retraitement de combustible. Ce sont plutôt les États disposant d'un armement nucléaire, comme les États-Unis, la Russie ou la France, qui doivent effectuer des choix à ce sujet. Le problème est que la Belgique a besoin d'une décision pour pouvoir poursuivre le projet MYRRHA à terme. À cet égard, l'intervenant rebondit sur la question de M. Verduyck quant à l'opportunité de recycler les déchets nucléaires plutôt que de les stocker. Dès lors que les Français n'ont pas encore décidé de construire une nouvelle usine de stockage à La Hague dont le coût de construction serait de 10 milliards d'euros, et ont même suspendu leur projet de réacteur à neutrons rapides Astrid, l'orateur ne voit pas où ce recyclage aux grandes incertitudes industrielles pourrait avoir lieu.

energieresearch, zoals zonne-energie. Twee van haar adviseurs zijn Belgen, onder wie een hoogleraar van de UGent die gespecialiseerd is in waterstof en chemie. Het SCK-CEN zou haar werking op dezelfde wijze moeten kunnen verruimen en zou ook economen en duurzaamheidsanalisten in zijn rangen moeten hebben. In het Verenigd Koninkrijk wordt aan hybride systemen gewerkt (nucleair en *Renewables*). Het SCK-CEN is een expertisecentrum dat in de voorbije tien jaar aanzienlijke middelen heeft gekregen. De spreker benadrukt in dat verband dat er dus geen sprake is van een onderinvestering in nucleair onderzoek in België, aangezien het budget voor het nucleaire onderzoek van het SCK-CEN in tien jaar tijd met 100 % is gestegen, terwijl het gemiddelde onderzoeksbudget in het Vlaams Gewest met slechts 22 % is gestegen.

Volgens de spreker moeten er thans strategische keuzes worden gemaakt. Er zullen immers op grote schaal SMR's moeten worden geproduceerd om de kosten te drukken. Dat betekent dat er slechts één of twee Europese projecten zullen overblijven. Dat zullen dus geen Belgische projecten zijn, maar Europese projecten waaraan België zal deelnemen. België moet dus kiezen aan welk project het wil deelnemen.

Een eerste mogelijkheid zou erin bestaan de huidige waterreactoren te blijven gebruiken, maar dan op een kleinere schaal. Het Franse project, dat weinig voordelen biedt op het vlak van afvalbeheer, gaat in die richting. Het tweede soort SMR-projecten is snelleneutronenweekreactortechnologie, met sterke Franse en Russische knowhow waar de VS nu een inhaalbeweging doen met Bill Gates en DoE. Volgens de spreker is dit geen prioriteit meer voor België, meer bepaald vanwege het proliferatierisico, dat vooral een rol speelt met de recycling van ook militaire Pu-voorraden bij snelleneutronenreactoren en hun vele cycli van splijtstofopwerking. Vooral de Staten die over kernwapens beschikken, zoals de Verenigde Staten, Rusland of Frankrijk, moeten keuzes ter zake maken. Het probleem is dat België een beslissing nodig heeft om het MYRRHA-project op termijn te kunnen voortzetten. In dat verband gaat de spreker nader in op de vraag van de heer Verduyck of het wel een goede zaak is kernafval te recyclen in plaats van op te slaan. Aangezien de Fransen nog geen beslissing hebben genomen over de bouw van een nieuwe opslagfabriek in La Hague, die 10 miljard euro zou kosten, en zelfs hun project voor snelleweekreactoren Astrid hebben opgeschort, ziet de spreker niet in waar die recycling met haar grote industriële onzekerheden zou kunnen plaatsvinden.

La troisième option serait d'investir dans les réacteurs à haute température évoqués par le professeur et dr. Hamid Aït Abderrahim et dont Fabrimetal avait déjà sondé l'intérêt industriel il y a quelques années, ce qui offrirait des perspectives pour l'industrie, grosse émettrice de CO₂. Il ne faut cependant pas perdre de vue qu'il existe aussi une compétition dans ce domaine-là entre les États-Unis et la Chine, tandis que l'Allemagne et le Royaume-Uni ont réduit leurs études menées antérieurement.

L'intervenant appelle donc à la modestie quant au rôle de la Belgique dans le développement industriel de SMR. En effet, les projets belges sont de moindre taille que les grands projets américains ou même français. C'est pour cette raison qu'il faut faire des choix stratégiques. Il sera aussi essentiel d'effectuer une évaluation continue en fonction du contexte.

Le prof. dr. Eggermont répond à M. Wollants que le *reprocessing* n'est, pour l'instant, pas une option sur le plan économique. Même pour les réacteurs anglais, la France n'a pas imposé de *reprocessing*. Les États-Unis, la Finlande et la Suède ne se préoccupent pas non plus de *reprocessing*. Dans une première phase, la Belgique ne pourra dès lors pas s'engager dans cette voie faute d'usine de retraitement industriellement mature.

Sur le plan de la ligne du temps, le déploiement des PMR sera pour après 2035, à moins que, comme la Pologne, on décide d'acheter ceux qui sont actuellement développés aux États-Unis de manière très volontariste; il s'agit de réacteurs PWR identiques à ceux que nous utilisons actuellement pour la production d'électricité, mais en plus petits. Pour le professeur et dr. Eggermont, la priorité est d'atteindre une meilleure efficacité énergétique, car elle n'est actuellement que de 33-35 % et consomme énormément d'eau et engendre beaucoup de pertes de chaleur dans les tours de refroidissement par rapport aux unités modernes de coproduction de gaz. Si on peut les combiner avec des réseaux de chaleur, de l'hydrogène et de l'industrie plastique, on ouvrira d'autres perspectives et on réduira du même coup les déchets nucléaires.

Pour finir, l'orateur revient sur l'aspect légal. Il rappelle que l'article 3 précise que, en l'absence de sortie complète du nucléaire, ce dernier devra être limité à une production électrique de 2 GW. Il considère que c'est, en fait, très réaliste. Lorsqu'on regarde les chiffres de la Commission européenne pour 2050, il est prévu 85 % d'électricité à base d'énergies renouvelables et 15 % d'électricité à base d'énergie nucléaire. Si l'autre dimension que l'électricité peut être développée avec le nucléaire, la part de nucléaire pourrait être plus élevée. Mais, cela signifie que la Belgique n'a pas besoin de

De derde mogelijkheid zou erin bestaan te investeren in de hogetemperatuurreactoren waarnaar ook prof. dr. Hamid Aït Abderrahim heeft verwezen en waarvan Fabrimetal jaren geleden al de industriële interesse heeft afgetast. Dat zou perspectieven scheppen voor de nijverheid, de grote CO₂-vervuilers. Men mag echter niet vergeten dat er ook op dat gebied concurrentie heerst tussen de VS en China, terwijl Duitsland en VK hun eerder studiewerk hebben afgebouwd.

De spreker roept dus op tot bescheidenheid met betrekking tot de rol van België in industriële SMR ontwikkeling. De Belgische projecten zijn immers kleinschaliger dan de grote Amerikaanse of zelfs de Franse projecten. Daarom moeten strategische keuzes worden gemaakt. Er zal ook permanent moeten worden geëvalueerd, naargelang van de context.

Prof. Dr. Eggermont antwoordt de heer Wollants dat *reprocessing* uit economisch oogpunt momenteel geen optie is. Frankrijk heeft zelfs voor zijn Engelse reactoren geen *reprocessing* opgelegd. De Verenigde Staten, Finland en Zweden doen evenmin aan *reprocessing*. In een eerste fase kan België die weg dan ook niet inslaan bij gebrek aan een industrieel mature opwerkingsfabriek.

Wat de tijdslijn betreft, zal de uitrol van de SMR's niet vóór 2035 gebeuren, tenzij België, zoals Polen, beslist de SMR's te kopen die momenteel zeer proactief in de Verenigde Staten worden ontwikkeld; het gaat om dezelfde PWR-reactoren als die welke wij nu gebruiken voor elektriciteitsproductie, maar van een kleiner formaat. Volgens prof. dr. Eggermont moet bij voorrang worden ingezet op een betere energie-efficiëntie, aangezien die momenteel slechts 33 tot 35 % bedraagt met ook veel waterverbruik en warmteverlies in koeltorens in vergelijking met moderne gascoproductie-eenheden. Indien een combinatie mogelijk is met warmtenetten, waterstof en de kunststofindustrie, zal zulks andere perspectieven bieden en zal bovendien het kernaafval aldus wat worden ingedijkt.

Tot slot komt de spreker terug op het wettelijke aspect. Hij wijst erop dat artikel 3 bepaalt dat, indien er geen volledige kernuitstap komt, de elektriciteitsproductie uit kernenergie zal moeten worden beperkt tot 2 GW. Volgens hem is dat inderdaad zeer realistisch. De cijfers van de Europese Commissie voor 2050 gaan ervan uit dat 85 % van de elektriciteit afkomstig zal zijn van hernieuwbare energiebronnen en 15 % van kernenergie. Indien kernenergie voor nog andere doeleinden dan voor elektriciteitsproductie kan worden aangewend, dan zou het aandeel van kernenergie hoger kunnen zijn.

plus que 2 GW de production électrique à base d'énergie nucléaire. Actuellement, 2 GW représente 10 % de la consommation et 20-25 % de la production d'électricité. C'est plus que la moyenne et que l'objectif fixé par l'Union européenne.

C. Répliques

M. Samuel Cogolati (Ecolo-Groen) rappelle quatre points essentiels pour son groupe politique.

— Il souligne d'abord que son groupe regarde ces développements technologiques avec objectivité. Il est inexact d'affirmer que son groupe politique en aurait une approche idéologique ou dogmatique. Le groupe Ecolo-Groen soutient par exemple la recherche en matière de nouveaux isotopes médicaux qui permettent de guérir des cancers, ainsi que la recherche et la mise en place d'un nouveau centre d'excellence en matière de démantèlement, lequel pourra servir à l'étranger aussi. Il soutient enfin la recherche en matière de traitement et de stockage des déchets radioactifs. L'intervenant fait d'ailleurs remarquer que les SMR n'apportent pas de solution directe au problème des déchets radioactifs. Il dénonce notamment le largage des déchets faiblement radioactifs en Mer du Nord jusqu'en 1983.

— M. Cogolati se rallie ensuite à l'appel du prof. dr. Eggermont à rester modeste. Il faut garder les pieds sur terre. Lorsqu'on parle de délais d'opérationnalisation d'ici 2070-2080, ce sera beaucoup trop tard. Les responsables politiques recherchent des solutions pour les gens maintenant, par exemple, pour faire face à la hausse de la facture énergétique. Ce n'est pas la fusion inertielle ou magnétique qui pourra solutionner ça. C'est pour cette raison que la question des délais d'industrialisation est importante. Quand on parle de SMR, est-ce que les filières existent réellement?

— L'intervenant revient encore sur la question du prix. Pour un dollar investi, le nucléaire produit 3 à 13 fois moins de MWh que les énergies renouvelables. Du point de vue de l'efficacité des coûts, ne serait-il pas préférable d'investir dans des solutions qui sont déjà disponibles, qui protègent déjà la planète et qui sont déjà rentables aujourd'hui (même sans subside comme l'a souligné M. Laveyne)? L'orateur invite à comparer le coût de chaque type d'énergie par MWh produit.

— M. Cogolati revient enfin sur la question de la sécurité et de la sûreté nucléaire. Ayant grandi à Huy, il indique avoir été sensibilisé au danger du nucléaire. Même lorsqu'on parle de nouvelles technologies nucléaires,

Maar dat betekent nog steeds dat België genoeg heeft aan 2 GW elektriciteitsproductie uit kernenergie. 2 GW komt momenteel overeen met 10 % van het verbruik en met 20-25 % van de huidige elektriciteitsproductie. Dat is meer dan het Europees gemiddelde en dan de doelstelling die de Europese Unie ter zake heeft vastgelegd.

C. Replieken

De heer Samuel Cogolati (Ecolo-Groen) legt de nadruk op vier punten die voor zijn politieke fractie van essentieel belang zijn.

— Hij geeft eerst en vooral aan dat zijn fractie die technologische ontwikkelingen niet ideologisch of dogmatisch benadert, zoals sommigen beweren, maar objectief. Zo steunt de Ecolo-Groen-fractie het onderzoek naar nieuwe medische isotopen voor kankerbehandeling, alsook het onderzoek en de oprichting van een nieuw expertisecentrum inzake de ontmanteling van de kerncentrales; dat centrum zal zijn diensten ook in het buitenland kunnen aanbieden. Tevens steunt zijn fractie het onderzoek naar de verwerking en opslag van radioactief afval. De spreker merkt trouwens op dat de SMR's geen directe oplossing bieden voor het probleem van het radioactief afval. Hij hekelt met name het feit aan dat ons land tot in 1983 laagradioactief afval in de Noordzee heeft gedumpt.

— De heer Cogolati schaart zich vervolgens achter de oproep van prof. dr. Eggermont om bescheiden te blijven, met de voeten op de grond. Opleveringstermijnen tegen 2070-2080 liggen veel te ver in de toekomst. De beleidsmakers zoeken oplossingen voor de mensen van nu, bijvoorbeeld om de stijgende energiefacturen te kunnen betalen. Magneto-inertiële fusie kan ter zake geen oplossing aanreiken. Daarom zijn de termijnen voor de industriële ingebruikname van de reactoren belangrijk. Zijn de productie-eenheden voor SMR's wel gelijk beschikbaar?

— De spreker komt terug op de prijzen. Per geïnvesteerde dollar produceert kernenergie drie- tot dertienmaal minder MWh dan de hernieuwbare energiebronnen. Kan om redenen van kostenefficiëntie niet beter worden geïnvesteerd in reeds beschikbare oplossingen die de planeet beschermen en die thans al rendabel zijn (zelfs zonder subsidies, zoals de heer Laveyne onderstreept)? De spreker stelt voor de kostprijs van alle energiebronnen per geproduceerde MWh onderling te vergelijken.

— De heer Cogolati gaat tot slot in op de nucleaire veiligheid en beveiliging. De spreker, die in Hoei is opgegroeid, geeft aan hij werd gewaarschuwd voor het gevaar van kernenergie. Zelfs bij nieuwe nucleaire

les responsables politiques se doivent de garder cette question de la sécurité en permanence à l'esprit.

En conclusion, l'intervenant déclare que l'argent à investir dans la recherche et le développement n'est pas infini. Il est donc favorable au soutien de la recherche et du développement, y compris dans le nucléaire, mais à condition que cette recherche et ce développement représentent de réels progrès pour la facture des ménages, pour la compétitivité des entreprises, pour la sécurité d'approvisionnement, ainsi que pour la planète et les générations futures.

Mme Kim Buyst (Ecolo-Groen) souscrit entièrement aux propos de M. Cogolati. Elle souligne que le débat actuel n'a pas trait qu'aux dix prochaines années, mais aux prochaines décennies. Ce débat devrait donc être large. C'est pourquoi, elle regrette qu'un certain nombre de voix n'aient pas été entendues. Elle espère que ce débat pourra se poursuivre sérieusement.

Mme Kathleen Verhelst (Open Vld) pose encore une question concrète. Selon un professeur entendu aux nouvelles sur la chaîne de télévision Eén, le thorium serait un combustible plus intéressant que l'uranium car il présenterait moins de risque lors de la fission et produirait aussi moins de déchets. Est-ce exact ou s'agit-il d'un élément qui doit être encore davantage étudié? Si cette affirmation est correcte, cela pourrait répondre à un certain nombre de préoccupations qui ont été exprimées.

D. Réponses complémentaires

Prof. dr. Hamid Aït Abderrahim (SCK-CEN) répond qu'il est parfaitement exact que le cycle du thorium présente un certain nombre d'avantages. Mais, il n'est actuellement pas encore suffisamment avancé pour pouvoir être utilisé à l'échelle industrielle.

Prof. dr. Gilbert Eggermont (Conseil supérieur de la Santé) ajoute que le Conseil supérieur de la Santé a également été saisi de cette question au sujet du thorium. Il se réfère à cet égard au rapport du Conseil supérieur de la Santé, ainsi qu'aux trois références les plus récentes sur la problématique du thorium, notamment dans la revue *Nature*.

Il signale aussi que la Chine a démarré un petit réacteur d'essai de 2MWth qui fonctionne au thorium. Des réacteurs qui utilisent du thorium comme combustible posent aussi des problèmes en matière de déchets et de prolifération. Il fait remarquer que lorsqu'il était étudiant en 1977, on évoquait déjà la piste du thorium.

technologieën moeten de beleidsmakers het veiligheidsaspect voortdurend voor ogen te houden.

Tot besluit wijst de spreker erop dat het geld dat in onderzoek en ontwikkeling kan worden geïnvesteerd, niet oneindig is. Hij is dus weliswaar voorstander van de ondersteuning van onderzoek en ontwikkeling, ook voor kernenergie, maar dan wel op voorwaarde dat dit onderzoek en die ontwikkeling daadwerkelijk ten goede komen aan de energiefactuur van de gezinnen, het concurrentievermogen van de ondernemingen, de bevoorradingszekerheid én onze planeet en de toekomstige generaties.

Mevrouw Kim Buyst (Ecolo-Groen) schaart zich volledig achter het betoog van de heer Cogolati. Ze benadrukt dat het huidige debat niet alleen belangrijk is voor de volgende tien jaar, maar voor de volgende decennia. Het debat moet dan ook breed gaan. Daarom betreurt ze dan ook dat bepaalde stemmen niet werden gehoord. Ze hoopt dat het debat ter zake in alle ernst zal worden voortgezet.

Mevrouw Kathleen Verhelst (Open Vld) heeft nog een concrete vraag. Een hoogleraar heeft in een nieuwsbericht van tv-kanaal Een aangegeven dat thorium een interessantere brandstof dan uranium zou zijn, aangezien de kernsplijting ervan minder risico's met zich zou brengen en tevens minder afval zou genereren. Klopt die informatie, of is dat een aspect dat nog nader moet worden bestudeerd? Indien die bewering klopt, zou kunnen worden tegemoetgekomen aan bepaalde in het debat geuite bekommelingen.

D. Bijkomende antwoorden

Prof. dr. Hamid Aït Abderrahim (SCK-CEN) antwoordt dat de thoriumcyclus inderdaad een aantal voordelen inhoudt. Die staat thans echter nog niet ver genoeg om hem op industriële schaal te kunnen gebruiken.

Prof. dr. Gilbert Eggermont (Hoge Gezondheidsraad) voegt eraan toe dat ook de Hoge Gezondheidsraad die vraag over thorium heeft gekregen. Hij verwijst in dat verband naar het verslag van de Hoge Gezondheidsraad en naar de drie recentste referentiepublicaties over de thoriumproblematiek, met name in het tijdschrift *Nature*.

Hij geeft tevens mee dat China een kleine testreactor van 2 MWth met thorium heeft opgestart. Reactoren die met thorium als splijtstof zouden werken, doen ook problemen rijzen inzake afval en proliferatie. Hij merkt op dat er al in 1977, toen hij nog student was, sprake was van het mogelijke gebruik van thorium. De ruime

La principale raison qui freine le déploiement du thorium est le fait qu'il y a encore de l'uranium pour au moins 100 ans. L'Inde dispose de stocks importants de thorium, mais n'a pas encore réalisé grand-chose avec. Récemment, on a découvert des gisements de thorium en Alaska. Il faut voir ce que les Américains en feront. Mais, tant qu'il y a de l'uranium à un prix correct, il est peu probable qu'on observe une utilisation rapide du thorium comme combustible.

Les rapporteurs,

Samuel COGOLATI
Leen DIERICK

Le président,

Christian LEYSEN

Annexes:

Texte de Mme Maria Betti;

Présentation de Mme Diane Cameron;

Présentation de M. Bernard Salha;

Présentation du prof. dr. Peter Baeten et du prof. dr. Hamid Aït Abderrahim;

Présentation du dr. Joannes Laveyne;

Présentation du prof. dr. Gilbert Eggermont;

Article "System Costs of Electricity" (OECD - NEA).

uraniumvoorraad, waaruit nog ten minste 100 jaar kan worden geput, is de belangrijkste reden waarom de exploitatie van thorium wordt afgeremd. Indië beschikt over omvangrijke thoriumvoorraden, maar heeft daar tot dusver nog niet veel mee aangevangen. Onlangs werden thoriumvoorraden in Alaska ontdekt. Het valt af te wachten wat de VS ermee zullen doen. Zolang er uranium is en die tegen een correcte prijs kan worden gekocht, is een snelle ingebruikname van thorium als splijtstof echter weinig waarschijnlijk.

De rapporteurs,

Samuel COGOLATI
Leen DIERICK

De voorzitter,

Christian LEYSEN

Bijlagen:

Tekst van mevrouw Maria Betti;

Presentatie van mevrouw Diane Cameron;

Presentatie van de heer Bernard Salha;

Presentatie van prof. dr. Peter Baeten en van prof. dr. Hamid Aït Abderrahim;

Presentatie van dr. Joannes Laveyne;

Presentatie van prof. dr. Gilbert Eggermont;

"System Costs of Electricity", een artikel van het Nuclear Energy Agency (OESO).

ANNEXES

BIJLAGEN

Intervention de Maria BETTI, directrice de la sûreté et sécurité nucléaires au Centre Commun de Recherche de la Commission Européenne (CCR) à l'audition de la Commission de l'énergie, de l'environnement et du climat de la Chambre des Représentants du Parlement belge. Mardi, 18 janvier 2022, 14:00 - 17:00

Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs les Députés,
Mesdames et Messieurs,

Je vous remercie de l'invitation à cette audition pour parler de ce que nous faisons à la Commission Européenne depuis quelques années au sujet des petits réacteurs modulaires (ou « SMR »), et en particulier à ma Direction du CCR qui s'occupe de la sûreté et de la sécurité nucléaire.

En effet, grâce à ces études et recherches, le CCR comprend très bien les défis auxquels les Etats Membres doivent faire face, sur le plan politique, financier et technique pour décarboniser leurs systèmes énergétiques dont ils gardent la pleine souveraineté. La Belgique n'est pas seule. Il y a plusieurs pays dans une situation similaire sachant que la décarbonisation va demander un effort important et coordonné pour arriver aux objectifs du « Green Deal » de la Commission von der Leyen.

Depuis longtemps, la Belgique est un pays nucléaire bien établi et expérimenté. Mais tout comme certains autres pays, la Belgique a à plusieurs reprises remis en question le rôle du nucléaire pour la production d'électricité. Le nucléaire, nécessitant des investissements très importants dans une infrastructure à long terme, a besoin de soutien politique et d'une stabilité et continuité sur tous les plans : à commencer par la formation des techniciens, ingénieurs et scientifiques, les organismes de Recherche & Développement avec leurs compétences et infrastructures, les Institutions comme les autorités de sûreté et les TSO (« *Technical Support Organisations* ») ou les organismes de contrôle nucléaire.

Avec son programme de recherche, le CCR soutient la Commission Européenne et les Etats Membres pour qu'ils puissent proposer des politiques basées sur des faits scientifiques. Pour ce qui concerne le nucléaire, le programme de travail du CCR est encadré par Euratom. Le plan de travail en vigueur pour la période 2021-2025 (complémentaire du programme Horizon Europe) a été impacté par une réduction de 20% du budget. Le CCR prépare une nouvelle stratégie pour faire face à cette réduction. Dans le domaine de l'énergie nucléaire et des SMR, le CCR ne fait pas de développement en parallèle à l'industrie. Notre rôle est ciblé sur la conformité des projets en cours dans l'industrie avec les principes de sûreté et de sécurité nucléaires pour les citoyens européens.

J'aimerais maintenant mettre en avant quelques exemples de nos activités sur les SMR.

Parmi les nombreux modèles SMR actuellement développés, les plus avancés sont, selon leur mission :

- Les réacteurs basés sur la technologie à eau sous pression pour la génération de l'électricité ;
- Les réacteurs à haute température refroidis à l'hélium pour la cogénération, la chaleur industrielle et d'autres applications non-électriques ;
- Les réacteurs rapides refroidis à métaux liquides pour la minimisation des déchets.

Si l'on prend ici le seul exemple des réacteurs à eau sous pression, la technologie est basée sur l'expérience des réacteurs existants à grande échelle avec comme principale évolution l'intégration des composants du système primaire (pompes, générateurs de vapeur) dans la cuve du réacteur même. Actuellement, la majorité des conceptions SMR à eau est basée sur cette technologie dite « PWR intégrale (iPWR) ». Elle devrait contribuer à un niveau de sûreté plus élevé grâce au système de refroidissement primaire intégré, au refroidissement primaire par circulation naturelle et aux systèmes de sûreté reposant sur des caractéristiques passives. Néanmoins, compte tenu de leurs différentes architectures, matériaux, combustibles, mission et fonctionnement, approche de sûreté etc., pour tous les types de SMR, un certain nombre d'innovations reste encore à être validé en vue de leurs autorisations ultérieures.

En effet, beaucoup de concepts de SMR, pas tous, sont du type Gen IV. Compte tenu de l'intérêt porté aux SMR depuis des années, le CCR travaille étroitement avec les organismes de recherche dans les Etats Membres, mais aussi avec des plateformes spécialisées comme notamment le SNETP qui formule régulièrement un « Strategic Research and Innovation Agenda », un document guide pour la priorisation de R&D au niveau européen. Cette collaboration a, entre autres, comme but de maximiser les synergies des actions Euratom directes et indirectes. Nous sommes aussi actifs avec d'autres pays en dehors de l'Europe dans le cadre de l'accord « *Generation IV International Forum* », dans lequel le CCR représente Euratom.

Travaux en cours

Les travaux du CCR sont fortement axés autour des questions de sûreté, de sécurité, de non-prolifération et de safeguards (les 3 « S »). Le CCR est impliqué à travers ses projets institutionnels et européens pour aborder la sécurité de la conception de ces SMR. Ces travaux sont effectués la plupart des fois ensemble avec des organismes de recherche et des TSO dans les Etats Membres.

- Nous contribuons au concept de “3S by Design” pour faciliter les autorisations de SMR en développant des méthodes d’analyse en collaboration avec d’autres organismes experts dans la matière.
- Pour un grand nombre de types de SMR, nous avons conduit des analyses de sûreté, souvent en mettant au point des outils de calculs pour des applications nouvelles.
- Le CCR conduit également des travaux expérimentaux, par exemple pour établir des propriétés de base pour certains matériaux ou combustibles nouveaux ou fonctionnant dans une plage de température plus élevée. Sont également testés la compatibilité et l’endurance de différentes combinaisons de matériaux, combustible et caloporteurs, y compris l’eau, du gaz, des métaux liquides ou des sels fondus.

- Le CCR travaille également sur des aspects du cycle du combustible, notamment la préparation de combustibles expérimentaux et les techniques pour la minimisation et gestion optimale de déchets.
- Au-delà de la production classique de l'électricité, le CCR analyse aussi plusieurs autres types d'utilisation de l'énergie nucléaire portant de la chaleur urbaine à la chaleur industrielle jusqu'à la production d'hydrogène, d'ammoniac ou d'hydrocarbures synthétiques. Ce sont des applications cruciales pour la décarbonisation de l'ensemble des secteurs énergivores dans des pays industrialisés ainsi que pour la cohabitation avec une fraction importante d'énergie renouvelable.

Conclusions actuelles

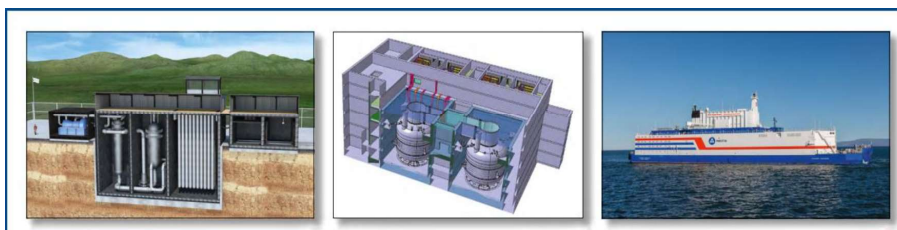
Nos travaux confirment le potentiel de plusieurs types de SMR pour améliorer la sûreté nucléaire jusqu'au niveau intrinsèque, notamment par l'intégration de systèmes passifs de refroidissement et l'absence de nécessité d'interventions d'urgence ce qui permettrait de considérer une forte réduction de la zone de la planification d'urgence donnant ainsi aux autorités plus de liberté dans la sélection d'un site.

Plusieurs de ces concepts s'intégreraient bien dans des systèmes énergétiques comprenant une forte fraction de renouvelables variables, par exemple par un système de stockage de chaleur ou de production d'hydrogène et de son stockage.

Mesdames, Messieurs les députés, laissez-moi conclure avec le souhait que votre discussion en interne aboutira rapidement à des solutions positives pour les objectifs politiques et industriels belges. La Commission Européenne a créé les plateformes et structures (SET Plan, SNETP) à cet effet.

Je vous remercie de votre attention tout en restant à votre disposition pour des renseignements supplémentaires.

Meeting Climate Change Targets: The Role of Nuclear Energy and Small Modular Reactors



Diane Cameron

Head of Nuclear Technology Development and Economics
Nuclear Energy Agency

Presentation to the Belgian House of Representatives
Committee for Energy, Environment and Climate
January 18, 2022

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

1

Outline

1. **Context**
 - The Climate Change and Clean Energy Challenge
2. **Nuclear Energy**
 - Nuclear Energy Today
 - Future Energy Systems & the Role of Nuclear Energy
3. **Small Modular Reactors**
 - Technologies and Applications
4. **Timelines and next Steps**
 - Development Timelines
 - Condition for Success

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

2

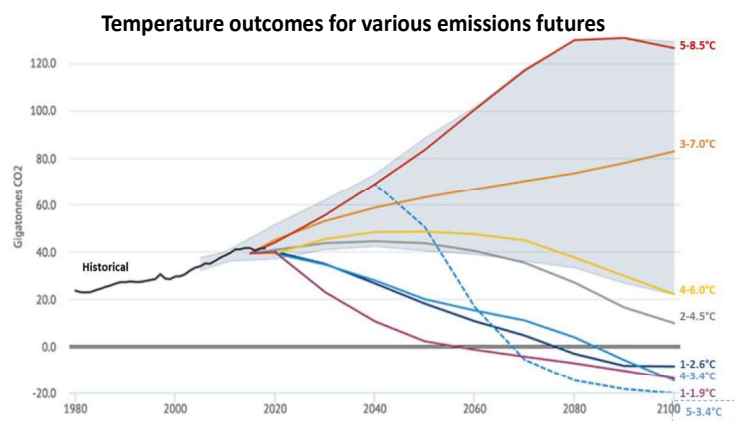
1. Context

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

3

Global Action Is Urgently Needed

- The magnitude of the challenge should not be underestimated
- The planet has a “carbon budget” of 420 gigatonnes of carbon dioxide emissions for the 1.5°C scenario
- At current levels of emissions, the entire carbon budget would be consumed within 8 years
- Emissions must go to net zero, but the world is not on track



© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

4

Pathways to Net Zero Emissions

- Pathways based on the world's carbon budget, emissions reductions targets and timelines have been modelled and published by various organisations
- None of the published pathways project aspirational scenarios for nuclear innovation
- All published pathways include levels of nuclear energy deployment based on currently available commercial technologies
- Nuclear innovation does not feature prominently because of a lack of specialised expertise in nuclear technologies among modelling teams

Samples of ambitious and aspirational pathways to net zero

Organisation	Scenario	Parameter	2020	2050	Growth rate (2020-50)
IIASA (2021)	Divergent Net Zero Scenario (1.5°C)	Cost of carbon (USD per tCO ₂)	0	1 647	-
		Wind (in GWe)	600	9 371	1461%
		Solar (in GWe)	620	11 428	1743%
IEA (2021c)	Net Zero Scenario (1.5°C)	Hydrogen (MtH ₂)	90	530	490%
		CCUS (GtCO ₂)	<0.1	7.6	-
		Energy intensity (MJ per USD)	4.6	1.7	-63%
Bloomberg NEF (2021)	New Energy Outlook Green Scenario (1.5°C)	Wind (in GWe)	603	25 000	4045%
		Solar (in GWe)	623	20 000	3110%

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

5

Nuclear in Emissions Reduction Pathways

Organisation	Scenario	Climate target	Nuclear innovation	Description	Role of nuclear energy by 2050	
					Capacity (GW)	Nuclear growth (2020-50)
IAEA (2021b)	High Scenario	2°C	Not included	Conservative projections based on current plans and industry announcements.	792	98%
IEA (2021c)	Net Zero Scenario (NZE)	1.5°C	Not included but HTGR and nuclear heat potential are acknowledged.	Conservative nuclear capacity estimates. NZE projects 100 gigawatts more nuclear energy than the IEA sustainable development scenario.	812	103%
Shell (2021)	Sky 1.5 Scenario	1.5°C	Not specified	Ambitious estimates based on massive investments to boost economic recovery and build resilient energy systems.	1 043	160%
IIASA (2021)	Divergent Net Zero Scenario	1.5°C	Not specified	Ambitious projections required to compensate for delayed actions and divergent climate policies.	1 232	208%
Bloomberg NEF (2021)	New Energy Outlook Red Scenario	1.5°C	Explicit focus on SMRs and nuclear hydrogen	Highly ambitious nuclear pathway with large scale deployment of nuclear innovation.	7 080	1670%

All pathways require global installed nuclear capacity to grow significantly, often more than doubling by 2050.

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

6

2. Nuclear Energy

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

7

Nuclear Energy Today

Created by Mask icon
from Noun Project

444
Nuclear reactors
in operation
globally

Created by Ivercon
from Noun Project

30
Countries with
nuclear reactors

Created by Ginger Drexler
from Noun Project

10%
of global
electricity

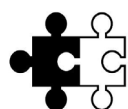
Created by ProSymbole
from Noun Project

66 GtCO₂
emissions
avoided since
1971

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

8

Future Energy Systems & the Role of Nuclear Energy



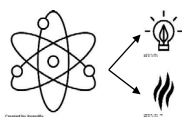
Created by William
Steen Noun Project

There is **no silver bullet**, all available clean technologies have to contribute to decarbonization



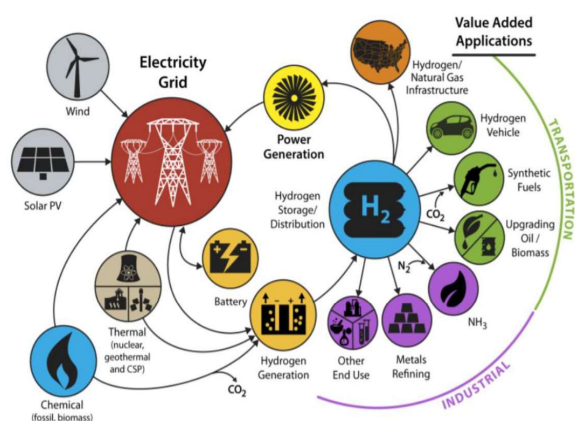
Created by William
Steen Noun Project

Electricity and clean-hydrogen is the new energy paradigm



Created by William
Steen Noun Project

As a **reliable source of clean electricity and high heat**, nuclear is a key pillar of future energy systems



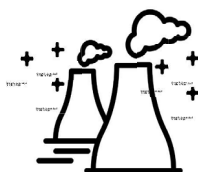
Credit: US Department of Energy, Idaho National Lab

The Full Potential of Nuclear Energy to Contribute to Emissions Reductions



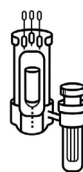
Created by Mark Noun
from Noun Project

**Long Term
Operation**



Created by Mark Noun
from Noun Project

**Gen-III
Reactors**



Created by Olesia Ponomareva
from Noun Project

**Small Modular
Reactors**

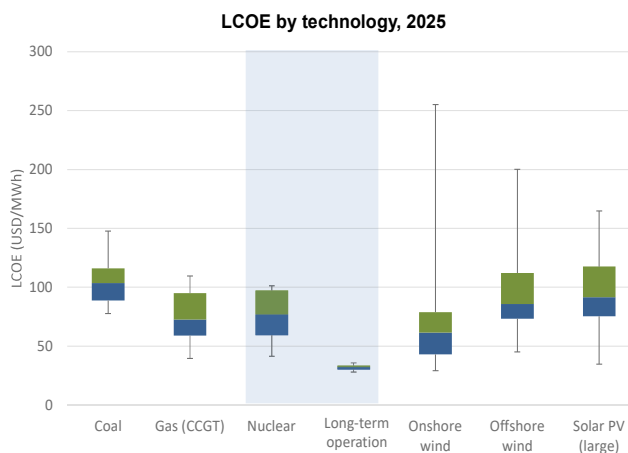


Created by Mark Noun
from Noun Project

**Non-Electrical
applications**

Long-term Operation of the Existing Global Nuclear Power Fleet

- Long-term operation is the most competitive low-carbon option in many regions
- Operation cost of nuclear are historically low and predictable
- Nuclear generation also enables variable renewables integration at a lower cost
- Additional time to sequence investment decisions and optimise industrial plans and policies.

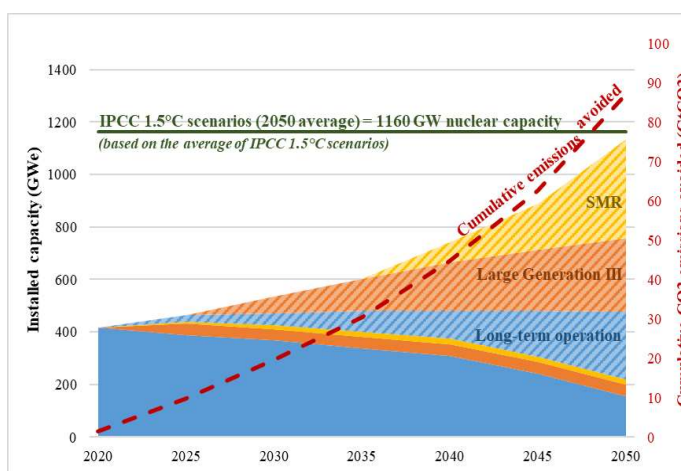


Note: Coal includes lignite plants. Discount rate of 7% and carbon price of USD30/tCO₂
 Source: IEA/NEA (2020)

Source: NEA (2021).

Full Potential of Nuclear Contributions to Net Zero

- The contributions from long-term operation, new builds of large-scale Generation III nuclear technologies, small modular reactors, nuclear hybrid energy and hydrogen systems project the full potential of nuclear energy to contribute to net-zero
- Reaching the target of 1160 gigawatts of nuclear by 2050 would avoid 87 gigatonnes of cumulative emissions between 2020 and 2050, positioning nuclear energy's contribution to preserve 20% of the world's carbon budget most likely to be consistent with a 1.5°C scenario



Source: NEA (forthcoming).

3. Small Modular Reactors

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

13

What is a Small Modular Reactor?

SMALL

- Smaller power output and smaller physical size than conventional gigawatt-scale nuclear reactors
- SMRs are smaller than 300 megawatt electric

MODULAR

- Modular manufacturing, factory production, portable, scalable deployment

REACTOR

- Nuclear fission reaction creates heat that can be used directly or to generate electricity



Credit: Duke Energy

SIMPLIFIED SAFETY


Designed by Andrew Cooper
from Reactor Project

Lessons learned from 60 years of reactors operations and passively safe


Designed by Alexander Wink
from Reactor Project

FLEXIBILITY

Flexible operation modes adapted to energy systems with high share of variable renewables

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

14

Nuclear Reimagined



Credit: ThirdWay

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

15

Range of Sizes – Range of Temperatures

POWER

- SMRs vary in size from 1 to 300 megawatts electric

TEMPERATURE

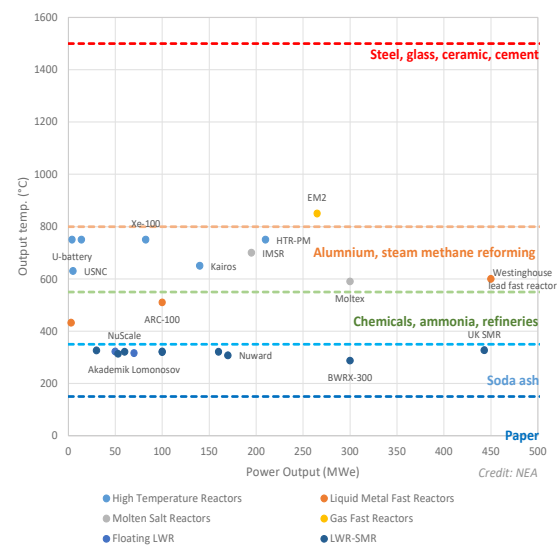
- Near-term and medium term SMRS generate a range of temperatures from 285°C to 850°C
- Some designs may generate higher temperatures, up to or over 1,000°C in the future

TECHNOLOGY

- Some SMRS are based on Generation III and Light Water reactor technologies
- Other are based on Generation IV and advanced reactor technologies

FUEL CYCLE

- Some SMRS are based on a once-through fuel cycle
- Other seek to close the fuel cycle by recycling waste streams to produce new useful fuel and minimize waste streams requiring long-term management and disposal



© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

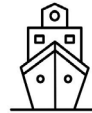
16

SMR Applications and Markets



ON GRID

- Larger SMRs (200-300 MWe) are designed primarily for on-grid power generation
- The size of SMRs is especially well-suited to coal power plant replacement



MARINE SHIPPING

- SMRs could provide a non-emitting alternative for marine merchant shipping propulsion



OFF GRID

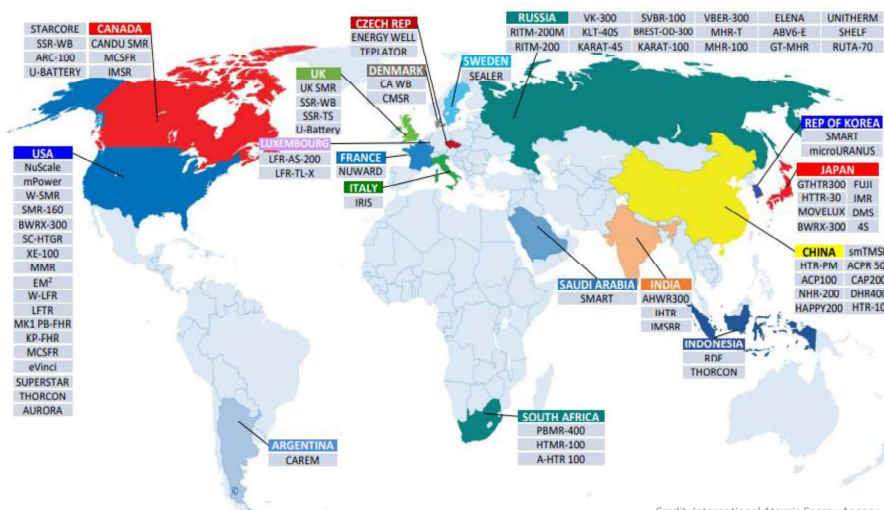
- Smaller SMRs could create an alternative to diesel generation in remote communities and at resource extraction sites
- SMRs could be used to provide power as well as heat for various purposes such as district heating or mine-shaft heating



HEAT

- Many SMRs designs will operate at higher temperatures, creating opportunities for decarbonization of hard-to-abate sectors
- High-temperature SMRs could create the first real non-emitting alternative to fossil fuel cogeneration by offering combined heat and power solutions for industrial customers

The Status of SMR Development Globally

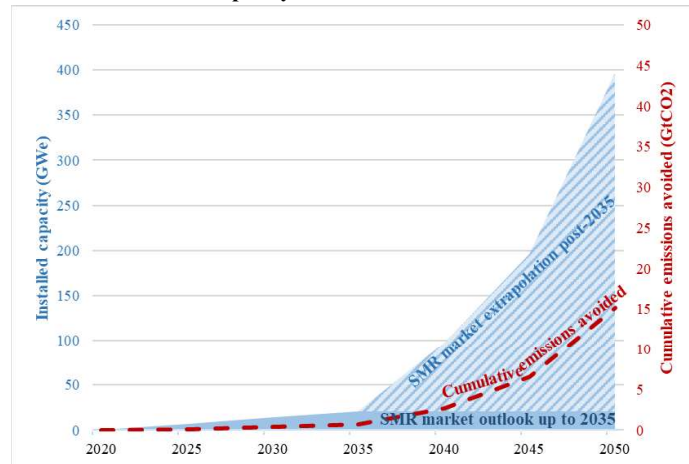


Credit: International Atomic Energy Agency

Small Modular Reactors

- Several SMR designs are expected to be commercially deployed within 5-10 years and ready to contribute to near-term and medium-term emissions reductions
- SMRs could see rapidly increasing rates of construction in net zero pathways
- Up to 2035, the global SMR market could reach 21 gigawatts
- Thereafter, a rapid increase in build rate can be envisaged with construction between 15 and 150 gigawatts per year

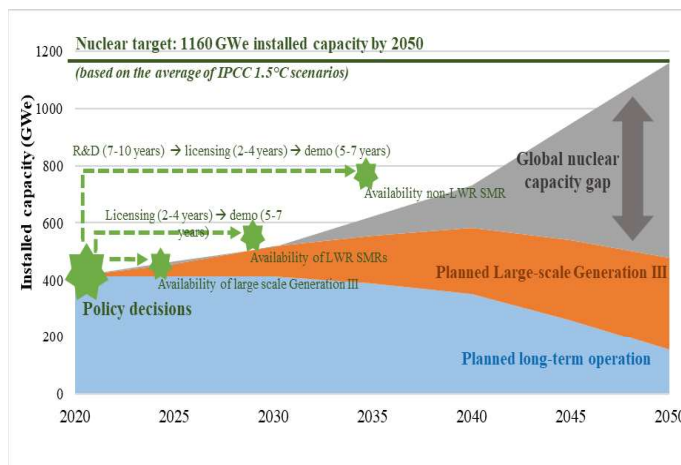
Installed Capacity And Cumulative Emissions Avoided



4. Timelines and Next Steps

Global Installed Nuclear Capacity Gap

- Under current policy trends, nuclear capacity in 2050 is expected to reach 479 gigawatts – well below the target of 1160 gigawatts of electricity
- There is a projected gap between the *minimum required global installed nuclear capacity* and *planned global nuclear capacity* of nearly 300 gigawatts by 2050
- Owing to the timelines for nuclear projects, there is an urgency to action now to close the gap in 2030-2050



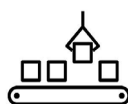
Source: NEA (forthcoming).

Conditions for Success – *beyond technical feasibility...*



Created by Andrew Conway
from NISAR Project

**Regulatory and Policy
Enabling Frameworks**



Created by Jim Dutton
from NISAR Project

**Ramped up Supply Chains
and Talent Pipeline**



Created by Nicholas Tashir
from NISAR Project

**Market Demand and
Good Fit**



Created by WEBTECHONS LLP
from NISAR Project

**Public Confidence and
Community Support**



Created by Jerrisa Reid
from NISAR Project

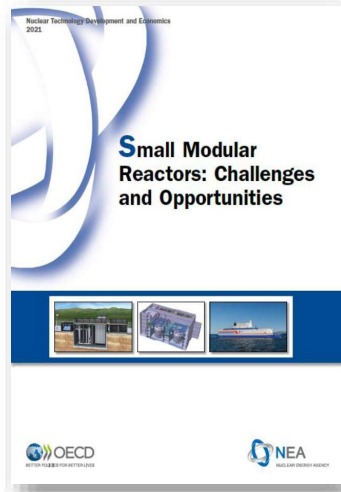
**Strategic Partnerships –
Public-Private, Indigenous,
International**



Created by Robert Lip Graphic Design
from NISAR Project

Public-Private Financing

The Role of the Nuclear Energy Agency

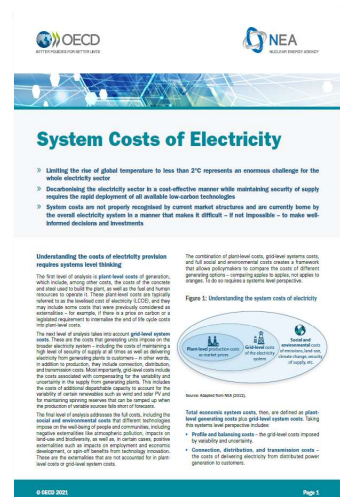
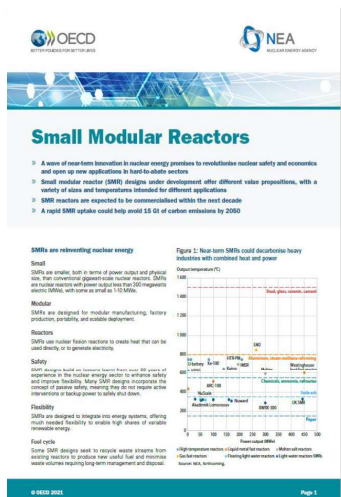


- The OECD Nuclear Energy Agency (NEA) is an intergovernmental agency that facilitates cooperation among 34 member countries with advanced nuclear technology infrastructures to support excellence in nuclear safety, technology, science, environment, and law
- This includes a program of work on Small Modular Reactors

For more information:

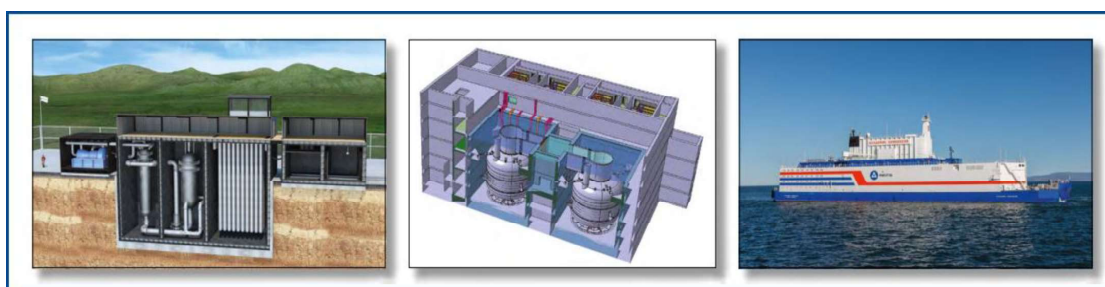
<https://www.oecd-nea.org/>

NEA @ COP26: brochures



https://www.oecd-nea.org/icms/pl_61714/nea-at-cop26

Thank you.



ANNEX

Waste Management

What is nuclear waste

- Different categories of nuclear waste exist depending on the level of **radioactivity/heat** and the **time** that the waste will stay radioactive
 - Very low-level and low-level waste (VLLW, LLW)**: suitable for disposal in near surface facilities. Examples: material used for routine operations in nuclear facilities
 - Intermediate level waste (ILW)**: requires underground disposal. Example. Irradiated components in nuclear power plants
 - High level waste (HLW)**: requires underground disposal and produces significant residual heat. Example: spent nuclear fuel and waste from reprocessing activities.

Volume and status of global radioactive waste inventory, end of 2016

Waste class (IAEA, GSG-1)	Amounts (m ³)		
	Stored	Disposed of	Total
VLLW	2 918 000	11 842 000	14 760 000
LLW	1 471 000	18 499 000	19 970 000
ILW	2 740 000	133 000	2 873 000
HLW	29 000	0	29 000
Total	7 158 000	30 474 000	37 632 000

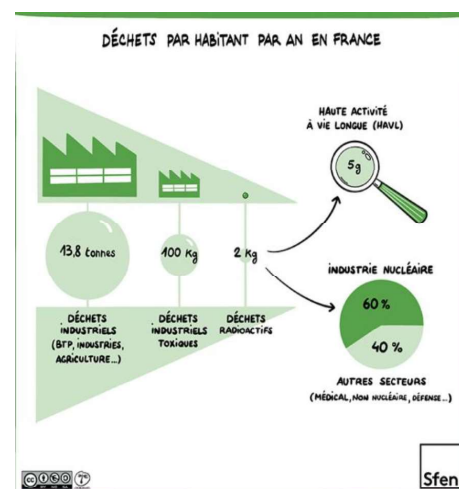
Source: IAEA/EC/NEA status and trends joint project

The volume of HLW represents **0.08%** of the total global waste inventory

Volume of nuclear HLW: a sense of scale

- US case**: Since the 1950, the U.S. has produced roughly 83,000 metrics tons of used fuel—and all of it could fit on a single football field at a depth of less than 10 yards.
- Canadian case**: Since the 1960s, Canada's nuclear power reactors have used over 2.5 million fuel bundles. If these bundles were packed end to end, they would fit into a space the size of 7 hockey rinks, stacked to the top of the boards.

French case



Managing spent nuclear fuel

Once-through fuel cycle is the approach adopted by most countries

Cooling



Storage



Disposal

Reprocessing is used in some countries to recycle spent fuel into new useful fuel

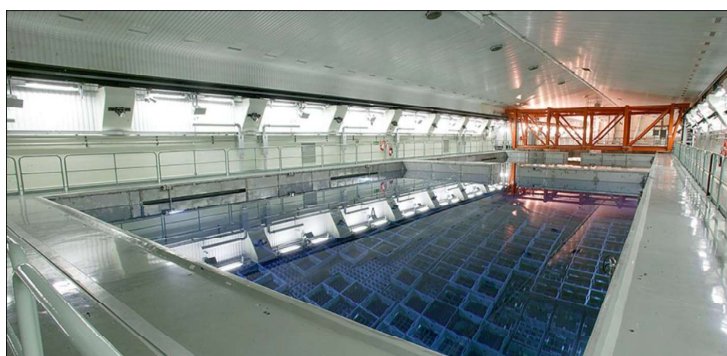
New useful fuel

Reprocessing

Waste stream

Cooling and storage

- After around 6 years of operation, the spent nuclear fuel is removed from the reactor and cool down in pools next to the reactor building
- The spent nuclear fuel stays around 6-10 years in the pools before being stored
- Two options for storage:
 - Wet storage in pools
 - Dry storage in casks



Source: Interim storage pool at the SKB Clag facility, Sweden

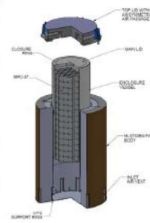
Insights into dry storage technologies

- Dry storage can be considered attractive alternative to wet storage
- Heavy casks are used to accommodate directly both spent fuel assemblies or vitrified waste
- Passive cooling
- Interim (next to the nuclear power plant) and/or centralized facilities can be used to safely store the casks for around 100 years

Proven technology with more than 30 years of experience allowing countries not to rush for final disposal at a reasonable cost



Source: JRC, 2021

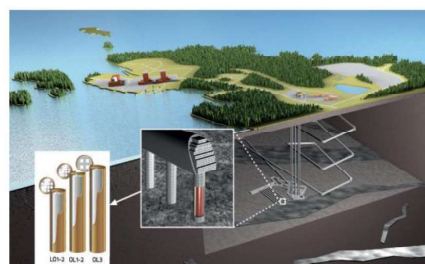


© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

31

Final disposal: Deep Geological Repository

- No operational experience but **strong, international and scientific consensus that DGRs are a safe, appropriate and effective approach** to the permanent disposal of high-level waste and spent nuclear fuel
- Three main projects in different stages of development:
 - Onkalo, Finland
 - Forsmark, Sweden
 - Cigeo, France



The Onkalo spent nuclear fuel repository.
Posiva, Finland

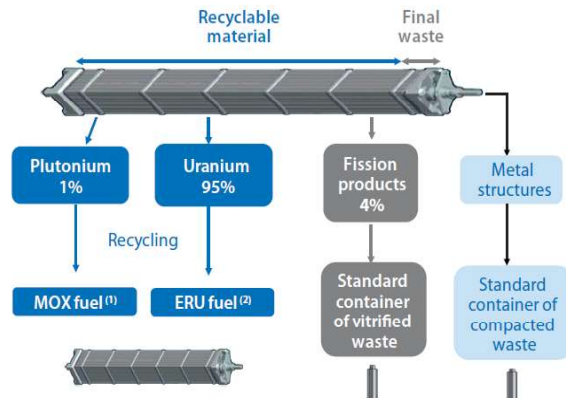
The first DGR to be commissioned will likely be in Onkalo in Finland, with operations beginning around 2023

Source: NEA, 2020a

© 2021 Organisation for Economic Co-operation and Development

32

Reprocessing the spent nuclear fuel

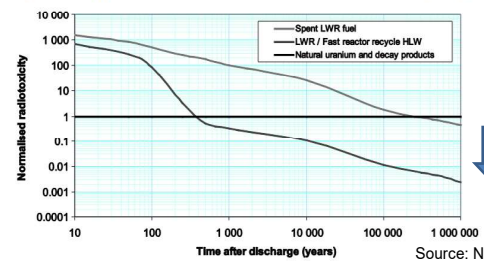


(1) MOX : mixed oxide.
 (2) Enriched recycled uranium.
 Source: AREVA.

Around **96%** of the discharged spent nuclear fuel can be re-used and retrieved through **reprocessing**.

Thanks to reprocessing is possible to reduce the radiotoxicity and volume of HLW

Figure 7. Ingestion radiotoxicity for spent light-water reactor fuel and processing waste where actinides are recovered for recycling



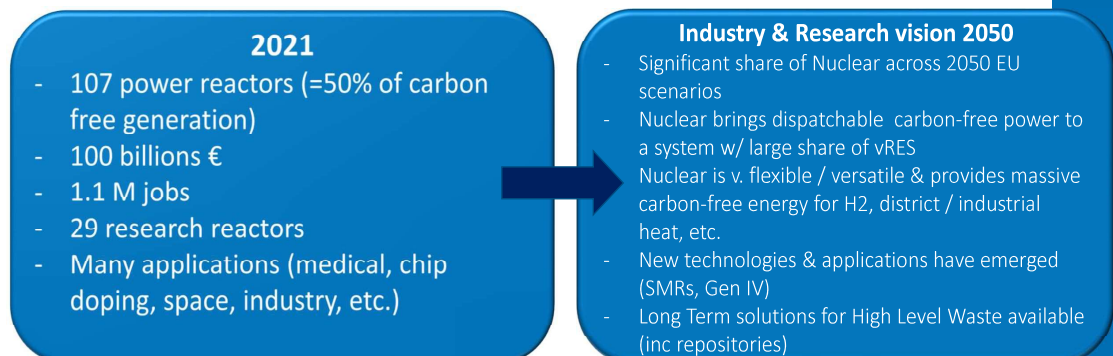
Source: NEA, 2011c



SNETP association & SMRs

Bernard Salha
 President of SNETP
 Chief Technical Officer EDF group
 Director of EDF R&D
 Contact: bernard.salha@edf.fr
 Tél. : +33 1 40 42 26 59
 Mob : +33 6 85 67 47 76

The Nuclear in the EU : Overall vision of SNETP between 2021 and 2050



=>To achieve this & keep EU leadership, the nuclear industry needs:

- A conducive investment framework
- A performing, continuous & modernized supply chain, R&D labs and competences
- Investing in Innovation & R&D in order to support Industry & Research Vision 2050

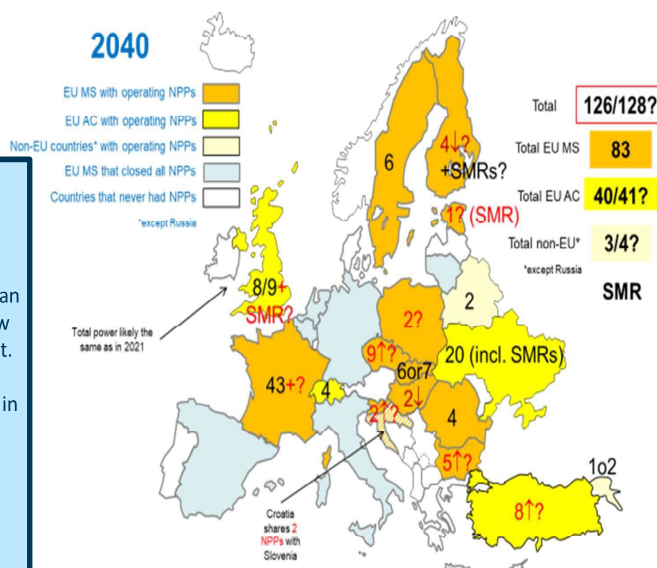
Overall EU Perspective

French perspective:

- On nov 9th 2021 French President announces a program of new nuclear power plants to be built in France.
- EDF proposes a serie of 6 new EPR for an overall cost of €50 bn and launch a new Light Water SMR called Nuward project.
- First new EPR to be on line by 2035.
- Beginning of Construction of first SMR in France by 2030
- Support to the Nuclear industry and R&D
 - France Relance in 2020 : €450 m
 - France 2030 : €1bn for SMR and advanced projects



Number of reactors per country, in Europe and around, in 2040, as deduced from National Energy & Climate plan (NECPs-2020) and WNA/IAEA country profiles in 2021



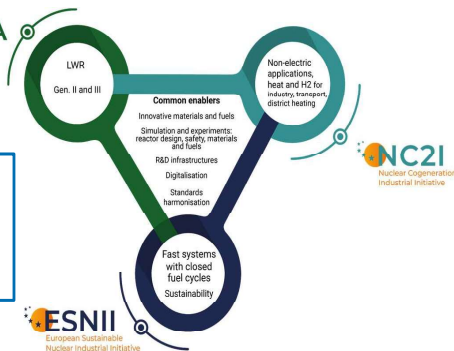
3

SNETP

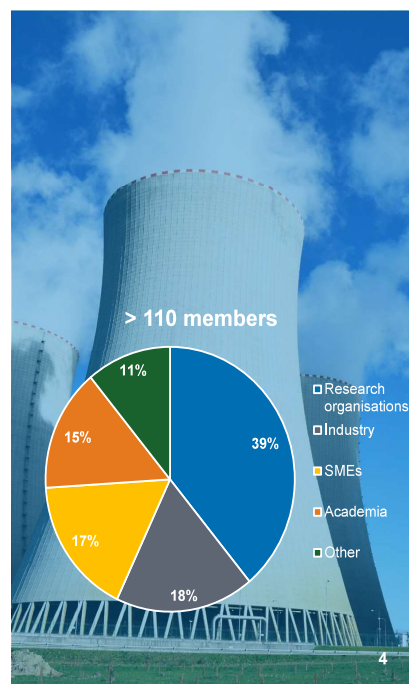
- The association (AISBL, under Belgian law) gathers more than 110 stakeholders (including SCK.CEN, BELV, ENGIE....) from industry, research centers, safety organisations, universities, non-governmental organisations, SMEs ...



Gen II = existing Light water reactor
Gen III = new LWR
Gen IV = advanced (modular reactor)



SNETP is the European Technology & Innovation platform for Nuclear Energy focused on Gen II-III and IV reactors with electric and non-electric application



4

From Long Term Operation (now) , to new Commercial Light Water Reactors (2030 and beyond) followed by Commercial Advanced Modular Reactors (beyond 2050)

➤ Together with Renewables, Nuclear reactors are a key asset to reach Net Zero by 2050

- Long Term Operation of existing Nuclear Power plant has to be strengthened in a safe and industrial way
- New Gen III reactors are to be built: the technology has to be commercial no later than 2030 in order to play a significant role in the Net Zero Objective
- ➔ Light Water Reactor (LWR), both big plants and Small Modular Reactors (SMR) is today the unique solution to reach this objective

➤ Nuclear has to be sustainable on the long run ie beyond 2050

- Long Life wastes have to be reduced;
- Uranium fuel has to be recycled
- ➔ Advanced Modular Reactor , big and small plants (AMR), is the unique solution to reach this objective
- ➔ First demonstration projects could be available at the soonest by 2035 ; commercial projects beyond 2050

➤ Continuity in policy is necessary between those two calendars steps:

- Nuclear industry is a long leading time industry (20 years from Lab to Industry)
- Research development for LWR is beneficial to AMR
- Huge synergies exist for Industrial supply chain and human competences between LWR and AMR

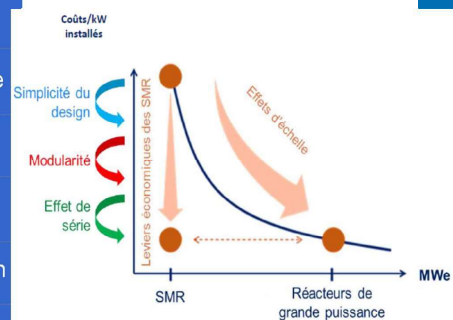
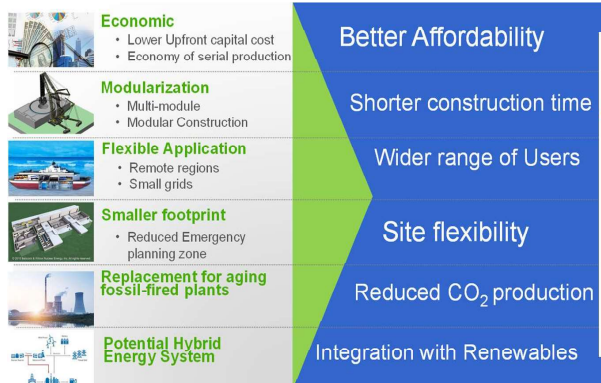


5

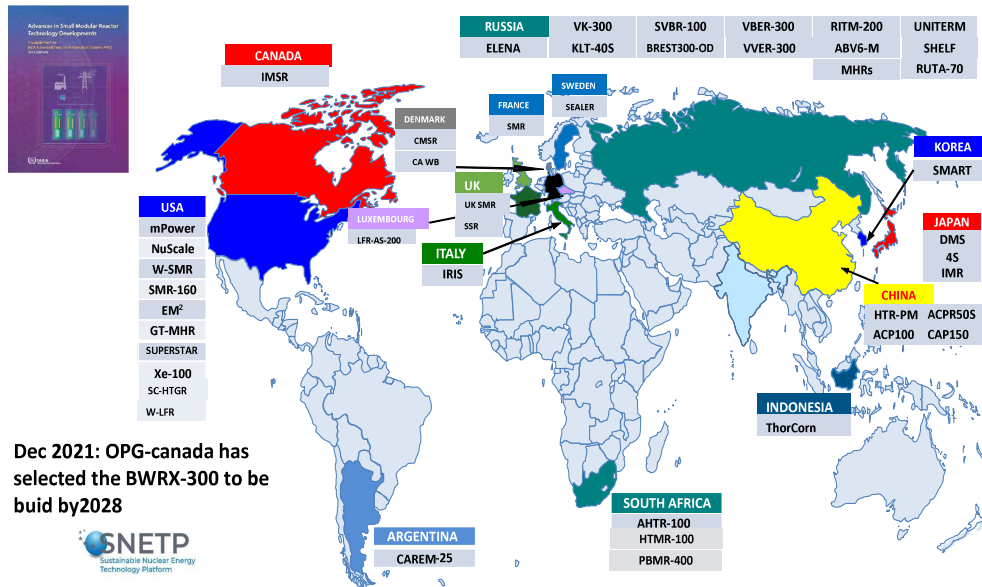
SMR: definition & rationale for development

Advanced Reactors with an installed capacity up to 300 MW(e), built in factories and transported as modules to sites for installation as demand arises.

A nuclear option to meet the need for flexible power generation for wider range of users and applications



SMR Technology Development : a lot of potential projects



Dec 2021: OPG-canada has selected the BWRX-300 to be build by 2028

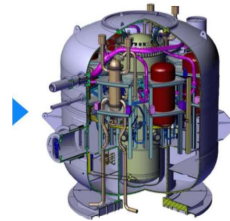


Light Water Small Modular Reactor Technology : NUWARD™, Design-to- market for 2030 to widen the French offer

■ A safe, small, innovative and competitive Light Water Reactor

- **Innovative integrated reactor** : architecture without primary loops, compact primary components located inside the pressure vessel
- **High level of safety** : resistance to hazards, passive systems with large grace period (no classified power supply/no external heat sink/no operator action), severe accident management, for a safe operation during several days
- **Multi-reactors facilities** : simplified and optimized architecture with a modular design and fabrication
- **Reduced environmental footprint** : limiting landed and heat sink needs, electrical network access need and limiting releases
- **Low carbon energy, flexible and continuous generation of multi-SMR facilities** : complementary with renewable intermittent sources and with large nuclear power plants, alternative to existing fossil sources and allowing other applications (Combined Heat & Power, desalination...)
- **A pattern of 2 reactors (170 MWe each) which can be reiterated several times in the same power plant: Useful to replace fossil plants**

170MWe
installé dans une enceinte métallique immergée dans un bassin d'eau



- 2020: 50M€ in « France- Relance » Plane
- 2021: eligible to benefit from the financial framework « France-2030 »: 1 B€ dedicated to SMRs



Conceptual design
+ échanges pré-licensing



Fin 2022



Basic Design, Roadmaps Innovation,
Pré-licensing



2025-2026



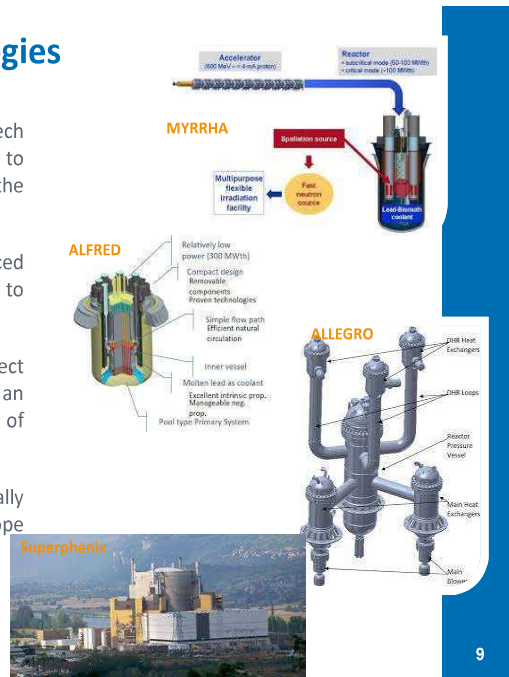
Detailed Design, Pré-fabrication,
Licensing & Commercialisation



2030

Advanced (Modular) Reactors Technologies Demo Project at the soonest by 2035

- **MYRRHA** (Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications) , a lead-bismuth Accelerator Driven System to demonstrate transmutation of high-level waste, & to support the maturity of ESNII technologies
- The **Lead-cooled Fast Reactor (LFR)** and the **ALFRED** (Advanced Lead-cooled Fast Reactor European Demonstrator) project to build a European demonstrator of the LFR technology;
- The **Gas-cooled Fast Reactor (GFR)** and the **ALLEGRO** project (GFR demonstrator), an initiative with the goal to build an experimental facility to demonstrate the technological viability of the concept;
- The **Sodium-cooled Fast Reactor (SFR)** is the most internationally mature technology. Its industrial deployment in Europe necessitates still some improvements (safety, economic, ...).



9

EU SMR-partnership to start 2023

● Scope:

- Establishing in the EU a domestic/European SMR programme as defined in the EC's "Vision for a decarbonised energy sector including European Small Modular Reactors",
- creating necessary enabling conditions for the first EU SMRs to start operation in 2030.
- co-ordinate MS & industry strategies towards an integrated and Robust supply chain in Europe.

● Objectives

- Develop the necessary industrial supply chain in Europe
- Encourage the implementation of common (harmonized) licensing process across the EU.
- establish a strategic research agenda :
 - LWR-SMR, as a mature technology to be deployed in 2030.
 - Advanced SMR (AMR-GENIV) design has to be matured by 2035 for long term prospect (sustainability) of fission technology.
- Develop an international marketing strategy of the European SMR value chain



10

Take-away

- EU-citizens and industry need access to energy 24/7 in a safe , resilient and affordable way;
- Electricity demand is set to increase from 3000TWh to 4808TWh by 2050 due to increased electrification;
- Nuclear provides both flexible and dispatchable electricity, generating large quantities of low-carbon energy 24/7 without the need for other backup sources of energy nor large-scale storage;
- SNETP as the unique technological platform for fission R&D&I to dialogue with the EC services and member states;
- SMR's development and deployment in Europe is an opportunity for a better mitigation of climate change, affordable energy prices, security of supply and Net-Zero emission by 2050;
- SMR-LWR mature to be deployed 2030 as a key asset to succeed with Net Zero by 2050;
- AMR design to be matured by 2035 to ensure the sustainability of fission technology by 2050 and beyond;
- The multiple challenges necessitate:
 - high and continuous involvement of EU-Member states together with EC services and industry (such as SMR partnership)
 - State of the art experimental facilities and demonstration (such as Myrrha)
 - Highly skilled competences and affordable supply chain in a continuous process



11

Contact us



www.snetp.eu



secretariat@snetp.eu



www.linkedin.com/company/snetp



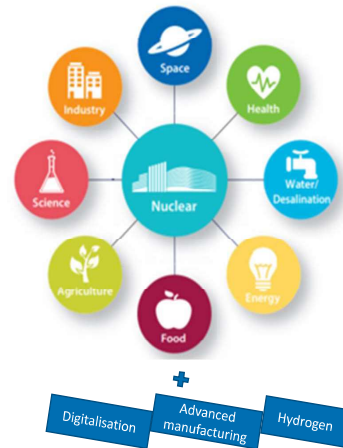
[@SNE_TP](https://twitter.com/SNE_TP)



12

SNETP Objectives

- support technological development for safe and competitive nuclear fission;
- Promote the EU Scientific Excellence;
- Boost Innovation (digital, robotics, materials, etc.)
- Represent nuclear fission R&D in European Affairs
- Strengthen International Relations
- Provide solutions to Industry
- Support R&D infrastructures
- Engage dialogue with Civil Society





Small Modular Reactors (SMRs) a new paradigm for nuclear energy

Prof. Dr. Peter Baeten

SCK CEN - Deputy Director General

Prof. Dr. Hamid Aït Abderrahim

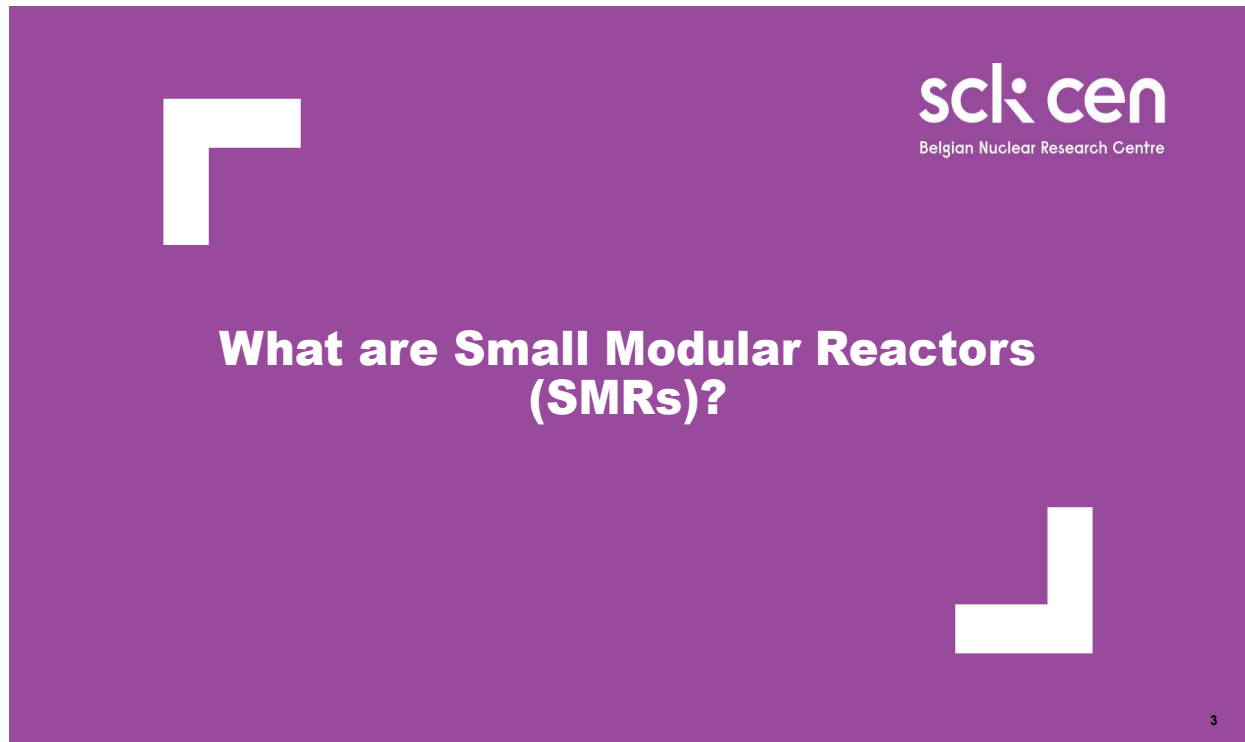
SCK CEN - Deputy Director General

Commissie voor Energie, Leefmilieu en Klimaat - 18.01.2022
Commission de l'Énergie, de l'Environnement et du Climat - 18.01.2022

Outline

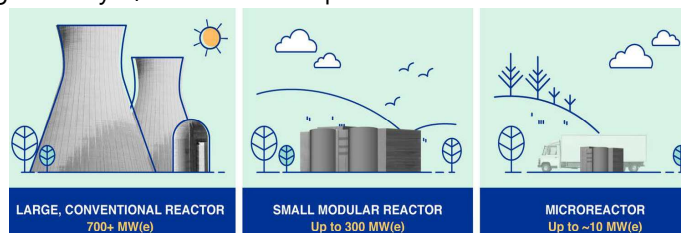
- What are Small Modular Reactors (SMRs)?
 - In a nutshell
 - Benefits
 - Economic
 - Sustainability & Safety
 - Other
- Why Fast Reactor SMR & Lead SMR ?
 - Belgian advantages thanks to MYRRHA
 - R&D and Design
 - Licensing experience and expertise





In a nutshell: Small Modular Reactors (SMR)

- **Small** Reactor: up to 300 MWe
- **Modular** reactor: grouping of individual reactors that form a larger nuclear power plant through use of **factory pre-fabricated modules** assembled on-site, "plug-and-play"
- Two main technologies of Small Modular Reactors
 - Mature: Light Water Reactor technology: LWR-SMR
 - Innovative: Fast Reactor SMR technology: FR-SMR
- Diversity of designs: today +/- 90 SMR concepts



LWR and Fast Reactor SMR characteristics

* Benefits in green specific Fast Reactor Technology

Benefits	Description
1. Economics: both	
CapEx	▪ Lower capital investment → lower risk
Factory-production	▪ Factory manufacturing → planning control ▪ Economies of series
2. Climate and Safety benefits: fast versus thermal	
Sustainability	▪ For LWR-SMR: no waste reduction as compared to present reactors ▪ High Level Waste reduction (half-life/1000) ▪ Increased fuel resource utilization (50x)
Passive cooling	▪ Lower power → safer by passive design
Proliferation-resistant	▪ Very long refueling time (10 to 15 y) → more proliferation resistant
Modularity	▪ Deployment in series increases safety controls
3. Other benefits: beyond electricity	
Grid integration	▪ More easy to integrate in distributed electricity market (flexibility), more easy load following
Stable load	▪ No volatility: stable predictable base load
New markets	▪ E.g. isolated sites (μ-SMR), emerging countries,...

sck cen
ISC: Restricted

5

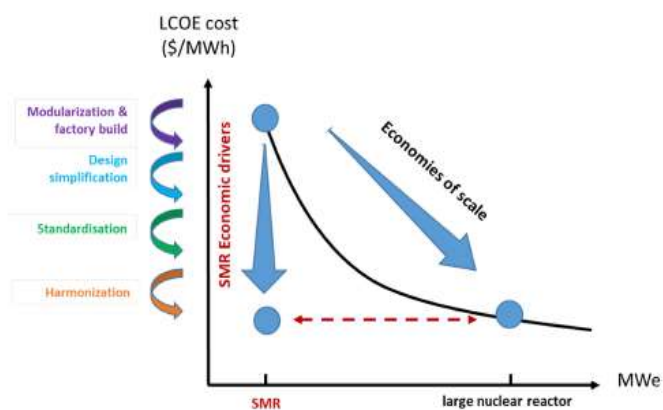
Benefits SMR: 1. Economics



Affordability
(known info for LWR-SMR)

- **Lower upfront** capital cost
- Expected CAPEX :
3000 – 5000\$/kW
- **~1B\$** range project
(instead of ~10B\$)
- Expected LCOE:
50 – 85 \$/MWh

Source: Tractebel



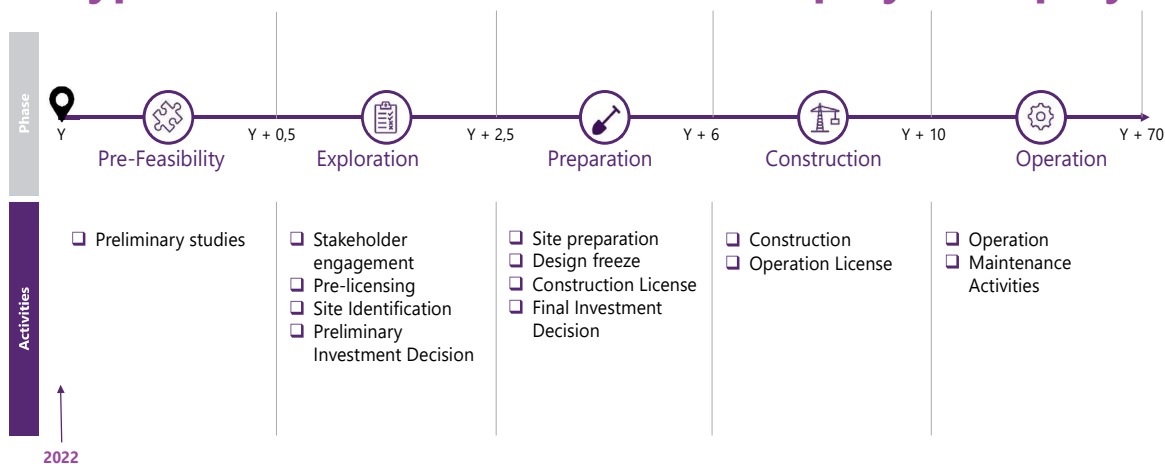
Source: NEA (2020).

Note: kW_e = kilowatt electric.

sck cen
ISC: Restricted

6

Typical timeline for a LWR SMR deployment project



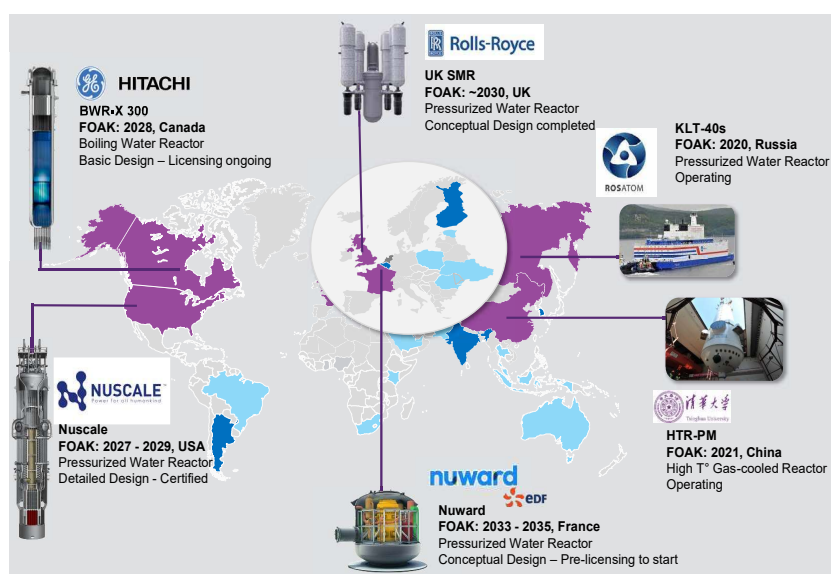
sck cen | ISC: Restricted

7

Strong International Momentum

Government Planned Investment in SMR

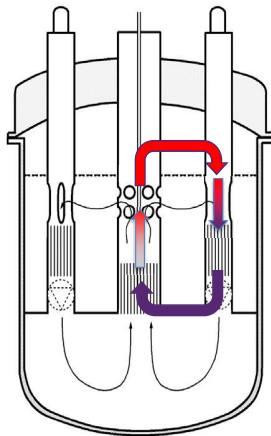
- Unknown
- <100 millions €
- >100 millions €
- >1bn €



sck cen | ISC: Restricted

SMR Benefits: 2. Climate & Safety Benefits

Passive cooling principle by natural circulation

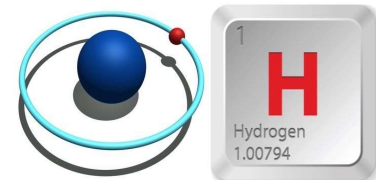
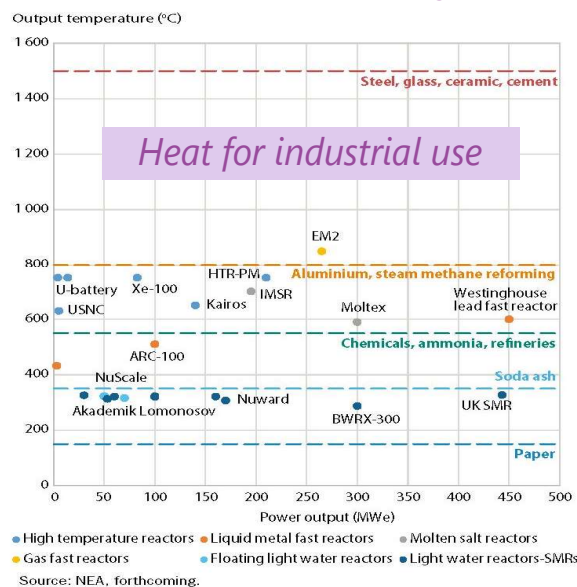


- No need for any active system (no electricity)
- Based on natural circulation of the coolant by gravity between the cold Heat Exchanger (HX) and the hot core
- Implemented in the MYRRHA experimental reactor
- Proven experimentally at appropriate scale

sck cen
ISC: Restricted

9

SMR Benefits: 3. Beyond electricity

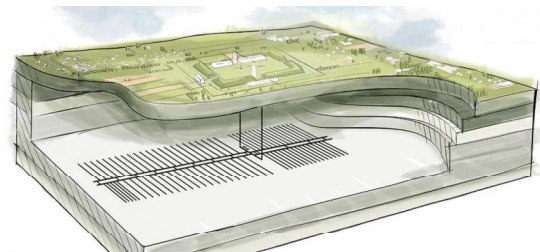


Hydrogen production

10

Small Modular Reactors & Nuclear Waste

- LWR-SMR
 - Same challenges in nuclear waste as current technology
- FR-SMR
 - Less waste & lower radiotoxicity



sck cen
ISC. Restricted

1

L



Belgian Nuclear Research Centre

Why Fast Reactor SMR & Lead FR-SMR ?

Link to MYRRHA

J

12

FR-SMR: how, what, why

- FR-SMRs use an alternative coolant to water,
- Eligible alternative coolants (today)
 - Gas (He, Air or even CO₂)
 - Liquid metals : sodium, **lead or lead-bismuth**
- For liquid metal
 - Working at atmospheric pressure in the reactor vessel, increased safety
 - **Lead and lead-bismuth** do not present violent chemical reactivity



FR-SMR: how, what & why

Advantages

of FR-SMRs in comparison with LWR-SMRs:

- ✓ Less high radiotoxic nuclear waste
- ✓ Better use of natural resources (up to a factor 100)
- ✓ Long to very long fuel cycle (8 to 15 y)
hence reduced proliferation risk

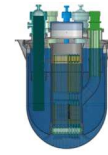
Are there SMRs based on Pb or Pb-Bi technology?



BREST-300 in Russia (ROSATOM)
Pure Pb, 300 MWe
Start construction in Tomsk in July 2021



SVBR-100 in Russia (AKME)
Pb-Bi, 100 MWth
Certified by licensing authority (RU)



ALFRED (EU/RO)
Pure Pb, 100 MWe
Conceptual design

MYRRHA is not an SMR but contains concepts of Pb technology



Pb-Bi as coolant
Passive cooling
Integrated reactor concept
~100 MWth
Pre-licensing experience

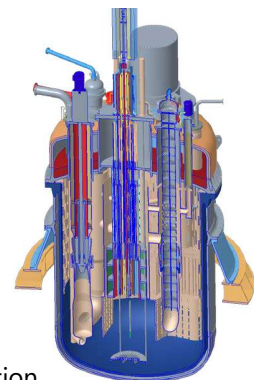
sck cen
ISC: Restricted

15

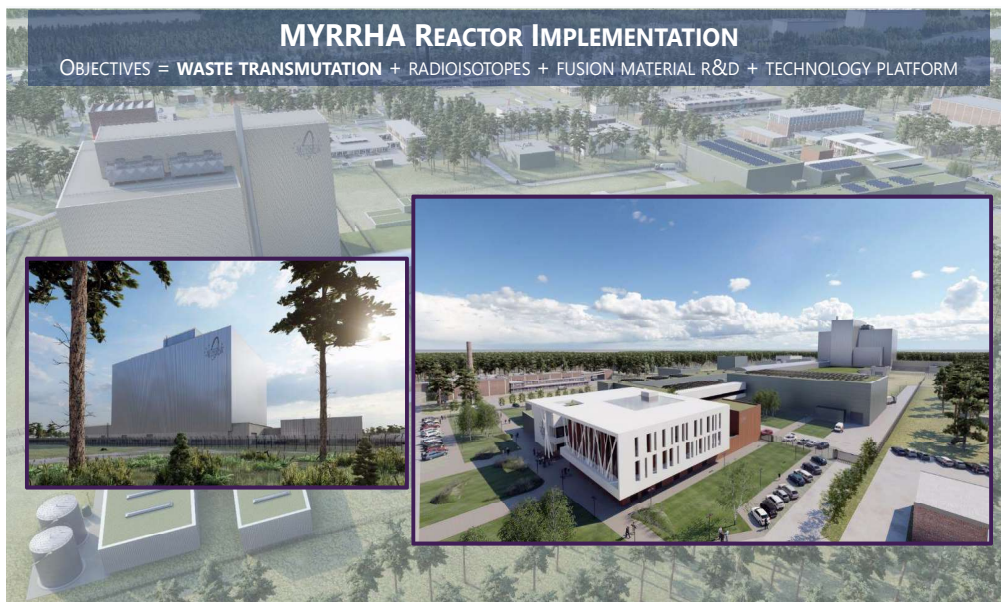
MYRRHA: World Class Technology complex to serve Pb-Bi SMR development



- LiLiPuTTeR-II
 - HELIOS 3
 - HLM Lab
 - MEXICO
 - CRAFT
 - LIMETS 3
 - RHAPTER
 - COMLOT
 - ESCAPE
 - Ultrasonic Lab
 - GUINEVERE
- Lead-Bismuth Chemistry & Conditioning
- Material development & testing
- Component testing & Thermal Hydraulics
- Instrumentation & Visualisation
- Lead Zero Power Reactor



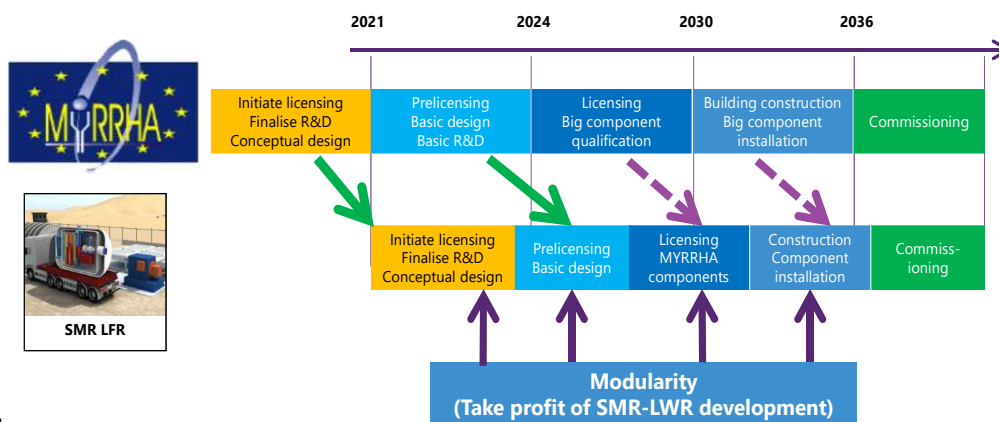
sck cen
ISC: Restricted



sck cen
Source ISC: Restricted

MYRRHA supports the fast-track LFR SMR roadmap development & licensing

- + Maximise technology taken from MYRRHA - **as is today** - to LFR SMR and **potentially further**
- + Take profit of SMR-LWR development



sck cen
ISC: Restricted

18

Creating an opportunity for SMRs in Belgium

- New initiative in Belgium for Nuclear Energy R&D and innovation :
 - Based on innovative concepts
 - Horizon 2040
 - 100 M€ (2022 - 2025) to start



Belgium is a pioneering country in peaceful applications of nuclear energy

1. SCK CEN is the cradle for nuclear expertise & innovation
 2. SMR development in Belgium needs an industrial consortium
 3. SMR industrialization needs international partnership
- Condition: to maintain industrial nuclear know how in Belgium
(*reactor exploitation, maintenance, engineering support, supply chain, regulatory compliance*)

NEW NUCLEAR TECHNOLOGIES IN THE BELGIAN

CONTEXT

Joannes Laveyne – Hoorzitting Commissie Energie, Leefmilieu en klimaat – 18/1/2022



OVERVIEW

- Issues with current and new build conventional nuclear
- Small modular reactors to the rescue?
- Role of hydrogen production
- Conclusions
- Policy recommendations



NEW CONVENTIONAL NUCLEAR

Hinkley cost overrun future projects

Simon Jack
Business editor
@BBCSimonJack

25 September 2019



As recently as July, EDF assured the BBC that Hinkley Point C was proceeding on budget and on schedule.

For a full story on the Hinkley Point C nuclear power station, see our article on the BBC website.

August 23, 2021
9:49 AM GMT+2
Last Updated 5 months ago

Energy

Finland's C reactor faces

By Nora Bull

2 minute read



Nucléaire : le coût de l'EPR de Flamanville réévalué à 19 milliards par la Cour des comptes !

La Cour des comptes a rendu ce jeudi 9 juillet un rapport très critique sur la construction du réacteur EPR de Flamanville (Manche), "un échec opérationnel aux causes multiples".

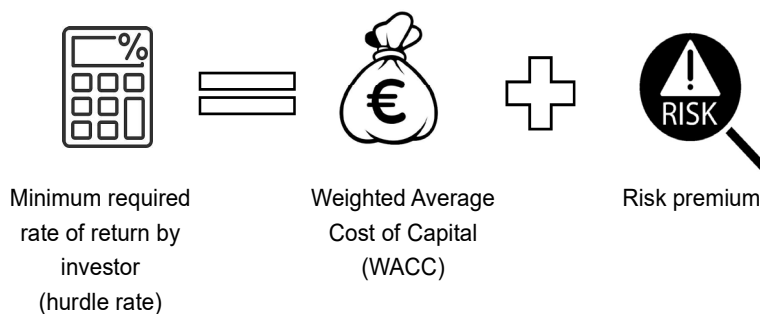


Le réacteur EPR de Flamanville. La Cour des comptes parle d'« un échec opérationnel ». (© Jean-Paul BARBIER)

Par Jean Lavalley
Publié le 9 Juil 20 à 13:05

NEW CONVENTIONAL NUCLEAR

– Biggest challenge: hurdle rate



NEW CONVENTIONAL NUCLEAR

- Risk premium on new conventional nuclear:
 - High capital footprint for single project
 - Long lead times (up to 10 years)
 - No revenue until grid connection
 - Risk of regulatory changes during building phase
 - Risk of construction delays



5

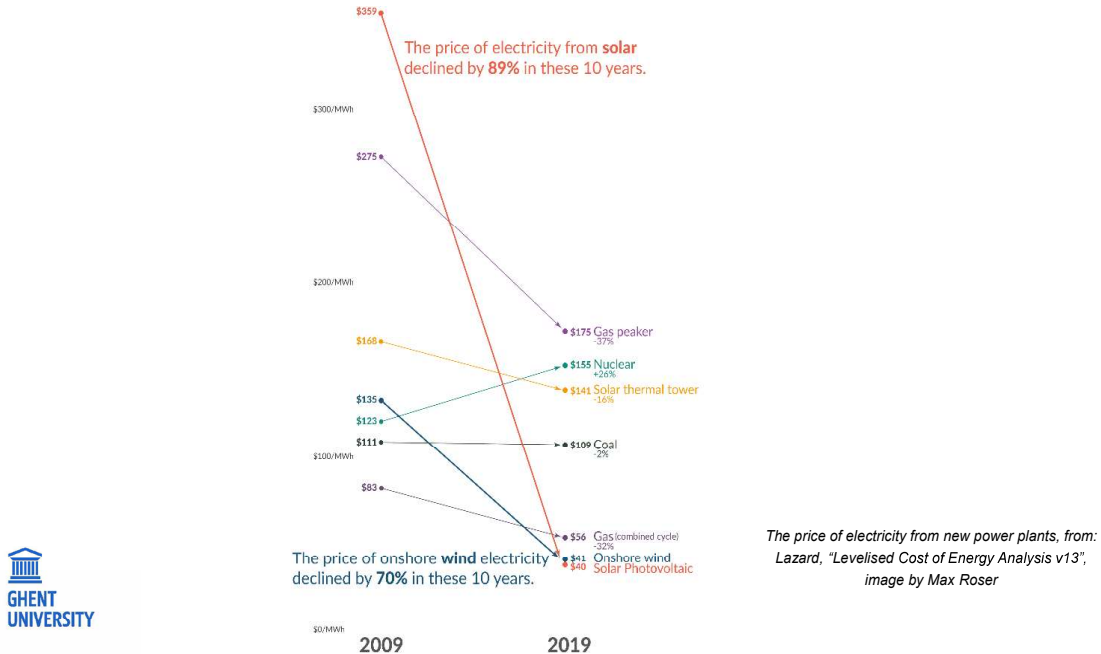
NEW CONVENTIONAL NUCLEAR

- Risk premium on new conventional nuclear:
 - Long deprecation times (up to 60 years)
 - Exposure to:
 - Technological innovations of competing energy producing techs
 - Changes in societal standpoints and policy
 - Design defects (also in other plants of same type)



6

NEW CONVENTIONAL NUCLEAR



NEW CONVENTIONAL NUCLEAR

- Risk premium on new conventional nuclear:
 - Long deprecation times (up to 60 years)
 - Exposure to:
 - Technological innovations of competing energy producing techs
 - Changes in societal standpoints and policy
 - Design defects (also in other plants of same type)

NEW CONVENTIONAL NUCLEAR

December 17, 2021
10:17 AM GMT+1
Last Updated a month ago

European Markets

France's EDF takes more nuclear reactors offline after faults found

By Benjamin Mallet and Tassilo Hummel

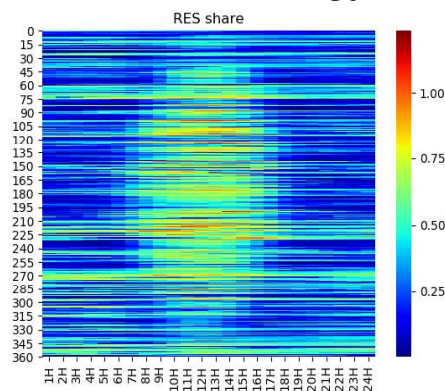
2 minute read



9

NEW CONVENTIONAL NUCLEAR

- Risk premium on new conventional nuclear:
 - Risk of business case deteriorating with rising share of intermittent renewable energy



Heatmap of potential RES share in total Belgian system load 2030 if NECP is achieved, Joannes Laveyne, 2020

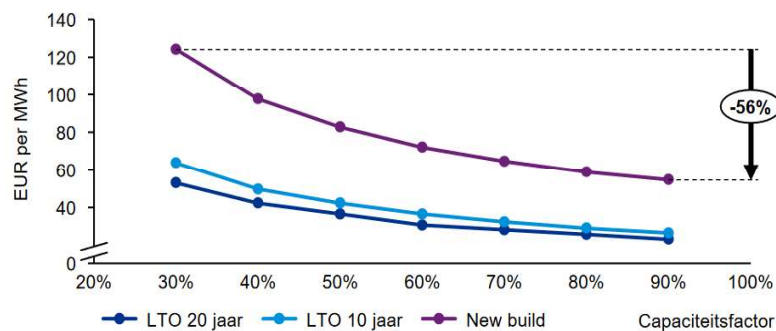


10

NEW CONVENTIONAL NUCLEAR

- Risk premium on new conventional nuclear:
 - Risk of business case deteriorating with rising share of intermittent renewable energy
 - Nuclear: >75% fixed costs, independent of amount of energy production
 - Reducing output reduces profitability

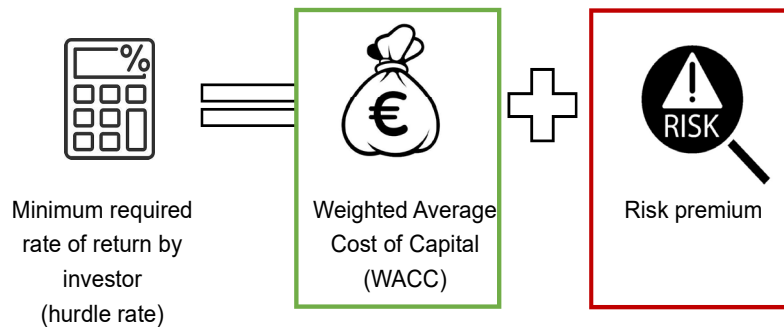
NEW CONVENTIONAL NUCLEAR



LCOE kernenergie afgezet tegen capaciteitsfactor, IEA & OECD-NEA, "Projected Costs of Generating Electricity 2020 Edition", 2020, figure by KPMG "Marktconsultatie kernenergie"

NEW CONVENTIONAL NUCLEAR

- EU green taxonomy only addresses WACC
- Capital (even Next Gen EU funds) remains loan



SMALL MODULAR REACTORS

- Potentially mitigate some challenges:
 - Lower capital footprint per unit
 - Split risk over several units
 - Standardisation
 - Lower lead times (years) (?)
 - Simplifies compliance to regulation (?)
 - Lower cost/MW (?)

(?) to be proven

SMALL MODULAR REACTORS

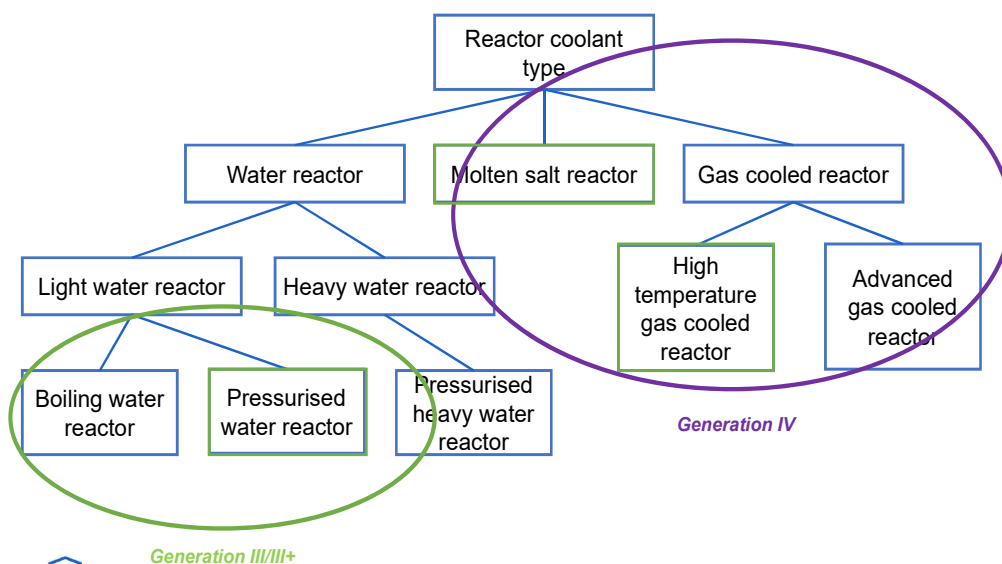
- Some issues remain:
 - Depreciation time
 - Bad economic match with variable renewable energy



NuScale reactor hall

15

SMALL MODULAR REACTORS



16

HYDROGEN PRODUCTION

Grootste groene-waterstoffabriek Benelux komt in Oostende

In de haven van Oostende komt over vijf jaar mogelijk een fabriek die groene waterstof produceert op basis van de groene stroom die geproduceerd wordt door de windmolenparken in de Noordzee. De waterstof kan daarna gebruikt worden om opnieuw stroom op te wekken of om voertuigen te laten rijden. Het project gaat nu in een studiefase.

Een groot probleem bij groene stroom zijn de pieken en dalen die afhankelijk zijn van de weersomstandigheden. Bij weinig zon en wind wordt een pak minder stroom geproduceerd. Vaak valt dat samen met een piek in verbruik. Nederland heeft bijvoorbeeld vorige week door dergelijke weersomstandigheden Belgische stroom van onze kerncentrales ingevraagd. Waterstof kan een oplossing zijn om pieken en dalen in de stroomproductie op te vangen.



Concreet willen ze in Oostende met groene stroom door elektrolyse wat omzetten in waterstof. Op momenten dat er te weinig stroom wordt geproduceerd door zon- en windenergie kan die waterstof gebruikt worden.



Colruyt en Fluxys willen een groene waterstoffabriek bouwen in België

Publicatiedatum: 14/10/2019
 Updatedatum: 19/05/2020
 Leestijd: 3 minuten

WELKOM > BLOG > ENERGIE NIEUWS > COLRUYT EN FLUXYS WILLEN EEN GROENE WATERSTOFFABRIEK BOUWEN IN BELGIË

Goed nieuws voor de energietransitie in België: Colruyt en Fluxys ontsluiten hun plannen voor de bouw van een eerste waterstoffabriek in ons land.

17

HYDROGEN PRODUCTION

Scenario	1	2	3	4	5
CAPEX electrolyser (Euro/kW)	2000	800	800	800	800
Efficiency electrolyser (%)	60	80	80	80	80
Annual operating hours (1 year = 8760 hours)	7000	2000	1000	500	7000
Renewable electricity cost (Euro/MWh)	70	70	140	0	60
Electrolytic H ₂ production cost (Euro/kg)	7.0	6.1	12.2	10.5	3.7

Electrolytic H₂ production cost according to various scenario's, from:
 Joris Proost, "State-of-the art CAPEX data for water electrolyzers, and their impact on renewable hydrogen price settings", International Journal of Hydrogen Energy, Volume 44, Issue 9, 2019

Hydrogen production requires

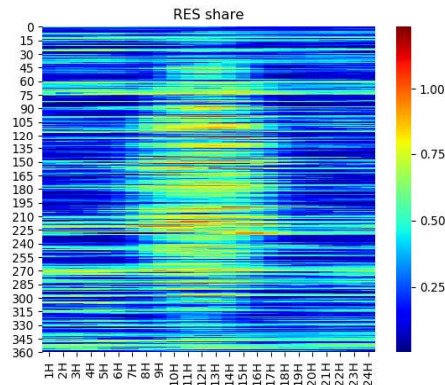
- cheap electricity
- high capacity factors

Hydrogen cost from fossil fuel (SMR): €1-2/kg



18

HYDROGEN PRODUCTION



Heatmap of potential RES share in total Belgian system load 2030 if NECP is achieved, Joannes Laveyne, 2020

“Profitable H2 production requires >5000, optimally up to 8000 equivalent full load hours per year” (OPECST, “*Les modes de production de l’hydrogene*”, 2021)



19

HYDROGEN PRODUCTION

- Technically, hydrogen production and nuclear power make a perfect match (both baseload processes)
- Economically, electricity price must be low as well

$$C_{H_2} = 0,055 \cdot LCOE + OPEX_{non-fuel} + CAPEX$$

Simplified cost estimation of hydrogen production with 55kWh/kg ambient temperature electrolysis

- Fossil hydrogen: €1-2/kg H2
- LCOE new nuclear: 70-90€/MWh -> €4,5-6/kg H2



20

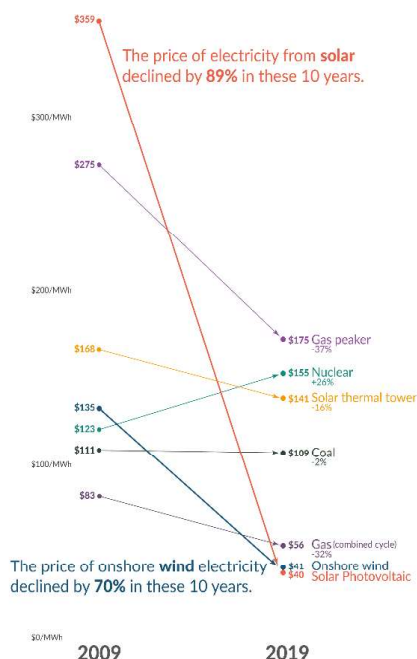
HYDROGEN PRODUCTION

- LCOE new nuclear: 70-90€/MWh
- LCOE new solar PV (BE estimate): 10-20€/MWh
- LCOE new offshore wind (BE estimate): 40-65€/MWh
- However:
 - EU production profiles do not necessarily match, leading to lower electrolyser capacity factors
 - Scarce renewable energy is better reserved for direct electrification



21

HYDROGEN PRODUCTION



The price of electricity from new power plants, from:
Lazard, "Levelised Cost of Energy Analysis v13",
image by Max Roser

22

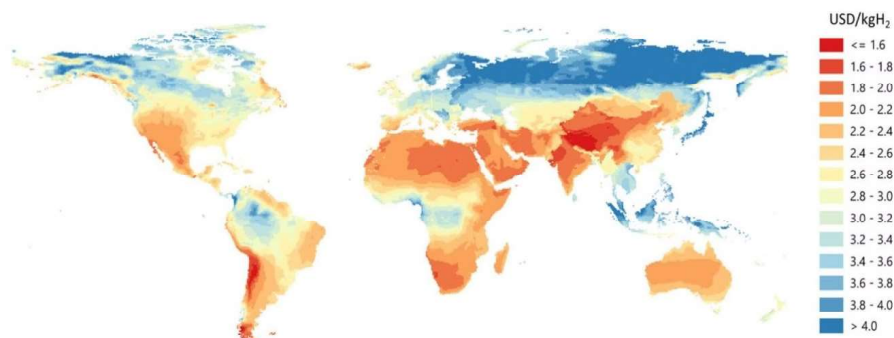
HYDROGEN PRODUCTION

- LCOE new nuclear: 70-90€/MWh
- LCOE new solar PV (BE estimate): 10-20€/MWh
- LCOE new offshore wind (BE estimate): 40-65€/MWh
- However:
 - EU production profiles do not necessarily match, leading to lower electrolyser capacity factors
 - Scarce renewable energy is better reserved for direct electrification



23

HYDROGEN PRODUCTION

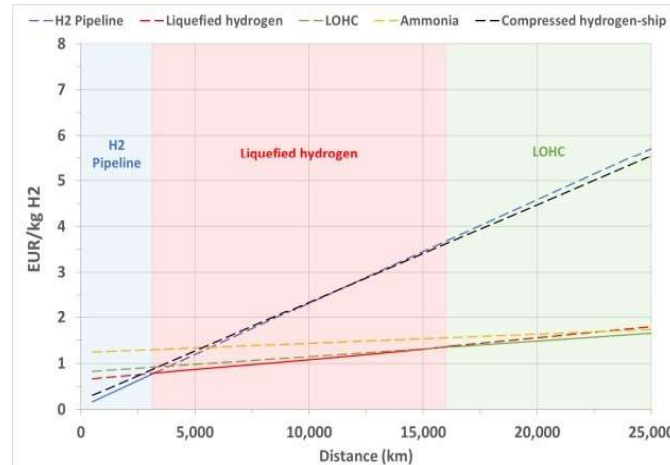


*Hydrogen costs from hybrid solar PV and onshore wind systems in the long run, from:
International Energy Agency, "The future of hydrogen", 2019*



24

HYDROGEN PRODUCTION



Hydrogen delivery costs for a simple (point to point) transport route, for 1 Mt H₂ and low electricity cost scenario, from:
EC Joint Research Center, "Assessment of Hydrogen Delivery Options", 2021



25

HYDROGEN PRODUCTION

Preliminary conclusion

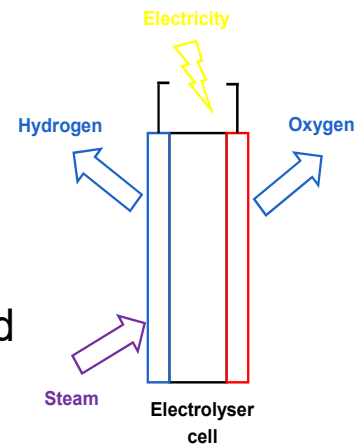
- Intermittent hydrogen production ("capturing energy surpluses"): business case very uncertain
- Green hydrogen will become global market: EU production will compete against import of foreign production by mix of solar PV and wind with high capacity factor
- Conventional new nuclear: LCOE probably too high



26

HYDROGEN PRODUCTION

- High temperature electrolysis (500-800°C)
 - Solid Oxide Electrolyser Cell (SOEC)
 - Thermochemical electrolysis
- Highly efficient if
 - high temperature steam
 - steady supply of low-cost electricity is available
- Gen IV SMR (molten salt, HT gas cooled reactor) show potential



27

CONCLUSION

- SMR show potential to mitigate issues affecting conventional nuclear:
 - Lower capital footprint
 - Lower financial risk per unit
- Mostly unproven for now
 - Especially learning effects of standardisation
- Biggest potential is in Gen IV designs
- Time to market?
 - No solution for pressing climate issues at hand



28

NOT DISCUSSED

- Nuclear fuel cycle
 - Nuclear waste production/disposal
 - No changes with Gen III(+) SMR
 - Gen IV SMR remain unproven
- Dual-use/military aspects
- Government support/subsidy schemes
- EU taxonomy aspects



29

PERSONAL POLICY RECOMMENDATIONS

Energy policy



30

PERSONAL POLICY RECOMMENDATIONS

- Don't make technology political
- Focus on increasing:
 - direct electrification
 - European interconnection of energy systems
 - flexibility of energy production and demand
- Prioritise:
 - low-carbon electricity for direct electrification
 - green hydrogen for industrial applications
- Make use of market processes to select best low-carbon energy source



31

THANK YOU



32



Electrical Energy Laboratory (EELAB)

Department of Electromechanical, Systems and Metal Engineering (EMSME)

Joannes Laveyne

E joannes.laveyne@ugent.be

T +32 9 264 57 00

 @Laveyne_J

www.ugent.be/ea/eemecs/en/research/eelab/electrical-energy-laboratory

www.ugent.be



Electrical grid stability in Belgium



Hoge Gezondheidsraad Conseil Supérieur de la Santé



Hoge Gezondheidsraad
Conseil Supérieur de la Santé



Audition de la Commission de l'Énergie, de l'Environnement
et du Climat, Chambre des Représentants, Bruxelles
18/1/2022

Les nouvelles technologies nucléaires dans le domaine de l'énergie

Gilbert Eggermont
Conseil Supérieur de la Santé (CSS)

sur la base de l'avis *Risque nucléaire, développement
durable et transition énergétique* (CSS 9576, 2021)

.be



Aperçu

- Que dit l'avis CSS 9576 sur **l'énergie nucléaire**, notamment sur les nouvelles technologies nucléaires dans le domaine de l'énergie ?
- *Technology Assessment* (TA) des **concepts de SMR** dans la décision du gouvernement
- Notion de **durabilité** dans le processus décisionnel de l'UE en matière de taxonomie

.be



Demande par le CSS d'une analyse de l'énergie nucléaire dans la transition énergétique

Initiative propre avec **groupe de travail transdisciplinaire > 20 experts:**

Radioprotection, réglementation, effets sur la santé, radiobiologie, carcinogenèse, environnement, gestion des déchets nucléaires et géologie, sûreté et sécurité nucléaire, plans d'urgence et gestion de crise, développement durable, énergies renouvelables, hydrogène, stockage des énergies, ressources, éthique et climatologie.

Le CSS dépasse le cadre de l'expertise sectorielle

- Conformément aux procédures du Collège du CSS
 - Contrôle des **conflits d'intérêts** des experts
 - Possibilité d'un point de vue divergent motivé
 - Validation de l'avis par le Collège → autorité de tutelle

Highlights!

.be



Choix du CSS : *Thinking outside the (nuclear) box*

Le nouveau paradigme énergétique nécessite une **approche plus large** que le cadre de réflexion traditionnel du secteur nucléaire. La démarche du CSS était dès lors comme suit:

- **Focus sur le défi climatique planétaire** avec une dimension large
- **Risque** proportionnellement **le plus élevé: usage militaire** de l'énergie nucléaire
- **Expérience acquise** et enseignements tirés **durant la crise Covid** et **précaution**
- **Risque d'accident**: 10 ans après Fukushima, focus sur les **effets psychologiques et les déchets**
- **Stockage des déchets à longue durée de vie non résolu** de même que les options du cycle du combustible
- **Inspiration** *One Health* (OMS), *Nobel Prize Summit*, *Traité ONU sur les armes nucl. 2017*
- **Input pluraliste des connaissances scientifiques** : GIEC, Bureau fédéral du Plan, CFDD, EnergyVille, NASEM
- **Analyses éthiques**, e.a. die *Energiewende* (A. Merkel physicienne nucléaire)

.be



Examen de la durabilité de l'énergie nucléaire dans la transition énergétique

- Dans le sillage de l'avis sur *Fukushima et la planification d'urgence* (CSS 9235, 2016) en tenant compte des **déficits structurels** (Belgique/UE), de la vulnérabilité et des **nouvelles indications de risque**
- Approche **plus large que celle du secteur nucléaire**
- Évalue l'énergie nucléaire au regard des **principes de base du développement durable** (DD)
 - ⇒ 5 principes du DD de la conférence de Rio (1992)+ principe du *pollueur-payeur* (Bureau fédéral du Plan)
 - ⇒ méthode d'analyse « *Clustered factor pathway* » basée sur la thèse d'un membre du GT et étude de suivi réalisée à la VUB (*Nuclear Energy Governance*, BELSPO SEPIA) en collaboration avec UA, Ulg, VITO et SCK-CEN
 - ⇒ présentée à la Commission du Sénat Economie en 2011 → **Perspective durable pour le concept d'énergie totale HTR SMR**

.be



6 principes de durabilité pris en considération

1. **Intégration** Environnement, Santé, Economie et Société
2. **Précaution** dans l'évaluation et la gestion des risques
3. **Participation** des parties prenantes avec transparence
4. **Equité** dans la distribution des charges et des avantages (intra- et intergénérationnelle)
5. **Responsabilité globale** avec l'UE comme niveau de pouvoir le plus pertinent
6. Pollueur-payeur

.be



L'énergie nucléaire est-elle compatible avec le développement durable ?

L'énergie nucléaire présente des **avantages pour le climat** mais ses **problèmes en termes de durabilité** doivent être **adressés**.

- Le risque nucléaire en Belgique pose des **problèmes d'ordre sanitaire, environnemental et éthique**: *Zone vulnérable et densément peuplée, entourée par la plus forte concentration de centrales nucléaires en Europe, avec **paradoxe** pénurie/surplus d'électricité*
- Incertitude quant au **risque radiologique** et au risque d'utilisation abusive de l'énergie nucléaire (militaire, prolifération, terrorisme)
- Le risque d'un **accident de réacteur majeur est réel**, aura des conséquences transfrontalières et de longue durée → **planification d'urgence**, avec une attention particulière pour e.a. Gravelines
- La gestion des déchets à longue durée de vie requiert un **stockage géologique** dans le **respect des questions éthiques** et avec garantie quant **aux fonds**

.be



Développement durable et santé : plus que climat, technologies de gestion des déchets, risque radiologique et sûreté

- Gestion de la **vulnérabilité (technologique)** et diversification
- Énergies **renouvelables** essentielles pour la transition (**85 % d'électricité dans l'UE en 2050**)
- Utilisation de l'eau et des matières premières, circularité, QA/QC et gestion des déchets entrent en ligne de compte
- **CO₂ ne représente qu'une partie des gaz à effet de serre; CO₂ issu de la production d'électricité seulement 14 % du total**

L'énergie nucléaire et le climat ont en commun le problème de l'**équité intergénérationnelle**

La durabilité de l'énergie nucléaire concerne également l'**économie, les assurances**, l'eau, les accidents majeurs

Risque croissant d'utilisation de la bombe atomique comme menace pour la santé et la durabilité

.be



Message nuancé du CSS dans un contexte européen en évolution

- Pas d'éléments marquants **pour ou contre le prolongement temporaire de 2 réacteurs**
- **Pas de feu vert pour la durabilité de l'énergie nucléaire:** *sur le plan environnemental, éthique et sanitaire, l'énergie nucléaire de fission, telle que déployée actuellement, ne peut pas prétendre satisfaire aux principes du développement durable de la Déclaration de Rio (ONU, 1992).*

Parallèlement aux travaux du CSS, un processus d'avis a été mené au niveau de l'UE sur une sélection plus étroite des activités considérées comme durables (**sectoriel**) en vue de leur financement. *La CE a transféré l'examen du "Do No Significant Harm" pour l'énergie nucléaire du TEG au JRC (rapport fouillé) et avis Euratom et SCHEER.*

.be



L'avis du CSS a également examiné la « nouvelle » actualité des SMR

Développement accéléré des nouvelles technologies dans le monde, dans le but de développer des **réacteurs plus petits, plus flexibles et plus sûrs, avec moins de déchets et moins de risques de prolifération** **MAIS :**

- La plupart d'entre eux sont **toujours en phase de développement** et des **évaluations approfondies** sont encore nécessaires (sûreté, déchets, réglementation, *safeguards*, économie, industrie des cycles du combustible,...).
- Pas une solution aux **choix actuels** à opérer par la Belgique à l'horizon 2035.
- Davantage de perspectives énergétiques que l'électricité : hydrogène (bleu/violet?), chaleur de processus.
- La **finalité militaire** de la récente compétition nucléaire-industrielle de grands pays est-elle **compatible avec les principes du développement durable**? Projet μ -reactor Pele (DoD/DoE (HTR))
- La poursuite des investissements dans MYRRHA (SCK-CEN) nécessite une réflexion sur les objectifs et les implications à long terme.

.be



La décision du gouvernement du 23/12/2021 ouvre-t-elle la voie à une énergie nucléaire plus durable ?

- Projet de loi sur les **provisions relatives aux déchets nucléaires** → Conseil d'État - étape vers un plan déchets ?
- Fermeture des deux réacteurs les plus récents sous réserve de la sécurité de l'approvisionnement (AFCN sollicitée)
- Élaboration de pistes pour le financement ultérieur de l'**avenir de l'AFCN**
- Mission de *technology assessment (TA)* des **SMR en cours de développement** confiée au SCK-CEN
 - ⇒ Sûreté, minimisation des déchets, non-prolifération, flexibilité, durée, **y compris analyse de la durabilité et de l'économie, également assurabilité** (4 ans X 25M€)
- **Mise en place d'un programme de R&D** avec le SCK-CEN et l'industrie (horizon 2040) en vue d'un éventuel déploiement des SMR pour la production d'électricité, d'hydrogène, etc.
 - ⇒ à intégrer dans la loi pour la production d'énergies durables et climatiquement neutres

.be



La gamme des SMR aux USA révèle les moteurs stratégiques et l'importance d'une plus grande efficacité énergétique

- SMR type PWR pour le remplacement d'une partie des 97 réacteurs américains: **durable** ?
 - électricité et chauffage urbain (basse température)
 - **risque moindre, déchets**, système potent. hybride (éolien, hydrogène), **financement**, coût??
 - avance Russie/Chine ; intérêt au Canada et au Royaume-Uni ; démarrage tardif en France
- SMR de type surgénérateur (Terrapower Gates) : **durable?**
 - électricité et **stockage** innovant **de l'énergie**
 - neutrons rapides, **utilisation (militaire) du plutonium**, **retraitement/recyclage/déchets**, **prolifération !**
 - récupération du savoir-faire français, **concurrence avec la Russie**
- SMR de type HTR à lit de boulets (**carbide**) refroidi à l'hélium vise à contrer le progrès chinois
 - électricité et **chaleur de processus** pour l'industrie (**température élevée**, **production d'hydrogène**)
 - combustible sûr (ARF), cycle du combustible ouvert simple, faible risque de prolifération
 - **accélération militaire du processus R&D** via le μ -reactor pour le champ de bataille: **durable ?**

.be



Les projets requièrent une industrie du combustible, une politique de soutien et un marché en série - Budget dans le même ordre de grandeur que MYRRHA

- Par le biais de conglomérats industriels financés à 50% par le DoE
- ⇒ horizon 2028 pour la R&D (DoE), même plus court pour le militaire (DoD)
 - ⇒ coopération militaire/civile (**DoD/DoE**) pour le même combustible carbure et développement du cycle du combustible pour le concept HTR
 - ⇒ House Bill 15/12/2021: propose l'abolition des taxes de la NRC
 - ⇒ de nouveau, conditions favorables pour l'assurance (**durable ?**)

Sélection drastique des projets sur les marchés mondiaux à prévoir

.be



La R&D du SMR nécessite aussi la préparation d'une approche d'autorisation (AEN, AIEA, Euratom, AFCN) et d'une *technology assessment* indépendante.

- Un projet industriel européen peut-il aboutir avec la certification de l'UE ?
- Développement d'un nouveau concept d'autorisation pour contrôler la sûreté au sens large, la durée de construction et les coûts → attention portée à l'indépendance
- Application pour l'hydrogène et autres: requiert une approche combinée des risques (Be?)
- Installations d'irradiation nécessaires pour R&D et processus d'octroi des autorisations, combustible, matériaux, capteurs, etc.
- Davantage nécessaire que le concept *Accident Tolerant Fuel* (AFS) de la Taxonomie européenne

.be



Conclusion : la recherche sur l'innovation nucléaire dans la transition énergétique exige une évaluation plus large de la durabilité

- Le gouvernement explore davantage la sortie du nucléaire.
- Avis CSS : a dressé un tableau équilibré de l'énergie nucléaire au-delà des intérêts sectoriels.
⇒ **Approche One Health en matière de développement durable**
- La situation vulnérable de l'énergie nucléaire dans/autour de la Belgique exige des options claires pour le stockage des déchets et la gestion de crise, même après la sortie partielle du nucléaire.
- La libéralisation du marché européen de l'énergie, actuellement affaibli, est divisée sur la Taxonomie européenne.

.be



Hoge Gezondheidsraad Conseil Supérieur de la Santé



Hoge Gezondheidsraad
Conseil Supérieur de la Santé



Hoorzitting Commissie Energie, Leefmilieu en Klimaat
Kamer van Volksvertegenwoordigers, Brussel 18/1/2022

De Nieuwe Nucleaire Energietechnologieën

Gilbert Eggermont
Hoge Gezondheidsraad (HGR)

op basis van het advies Nucleair risico,
duurzame ontwikkeling en energietransitie
(HGR 9576, 2021)

.be



Overzicht

- Wat zegt advies HGR 9576 over de **kernenergie** en i.h.b. over Nieuwe Nucleaire Energietechnologie?
- *Technology assessment* van **SMR-concepten** in regeringsbeslissing
- Scoping van **duurzaamheid** in de EU-besluitvorming over taxonomie

.be



HGR gaf analyse-opdracht kernenergie in energietransitie

Eigen initiatief met **transdisciplinaire werkgroep > 20 experts**:

Stralingsbescherming, regelgeving, gezondheidseffecten, radiobiologie, carcinogenese, leefmilieu, beheer van nucleair afval en geologie, nucleaire veiligheid en beveiliging, noodplanning en crisisbeheer, duurzame ontwikkeling, hernieuwbare energie, waterstof, energieopslag, grondstoffen, ethiek en klimatologie.

HGR overstijgt sectoriële expertise

- Volgens procedures HGR-College
 - Toezicht op **belangenconflicten** van experts
 - Mogelijkheid van gemotiveerde afwijkende opinie
 - Validatie advies door het College → Voogdijoverheid

Highlights!

.be



HGR nam optie: *Out of the (nuclear) box -denken*

Nieuw energieparadigma vergt **ruimere aanpak** dan het conventionele denkkader van de nucleaire sector. De benadering van de HGR was daarom als volgt:

- **Planetaire klimaatuitdaging centraal met brede dimensie**
- Proportioneel **grootste risico is militair gebruik** kernenergie
- **Coronacrisis-ervaring met** voortschrijdend inzicht en **voorzorg**
- **Ongevalsrisico** legt 10 j na Fukushima focus op **psychologische effecten en afval**
- **Berging van langlevend afval** en aanpak splijtstofcyclus-industrie niet opgelost
- **Inspiratie** uit *One Health* (WHO), *Nobel Prize Summit*, UN-verdrag Kernwapens 2017
- **Pluralisme wetenschappelijk inzicht:** IPCC, Federaal Planbureau, FRDO, EnergyVille, NASEM
- **Ethische analyses** o.m. van *die Energiewende* (kernfysicus A. Merkel)

.be



Onderzoek duurzaamheid van kernenergie in de energietransitie

- Sloot aan bij advies over *Fukushima en Rampenplanning* (HGR 9235, 2016) met oog voor **de structurele tekorten** (België/EU), kwetsbaarheid, **nieuwe risico-indicaties**
- Stijgt uit **boven aanpak van de nucleaire sector**
- Toetst kernenergie aan de **basisprincipes voor Duurzame Ontwikkeling (DO)**
 - ⇒ 5 principes voor DO van Rio-conferentie (1992) + *vervuiler betaalt* (Planbureau)
 - ⇒ *Clustered factor pathway*-analyse methode berust op PhD van WG-lid en op VUB vervolgstudie *Nuclear Energy Governance* BELSPO SEPIA i.s.m. UA, ULg en SCK
 - ⇒ Toegelicht aan Senaatscommissie Economie in 2011 → **duurzaam perspectief voor totaal energieconcept HTR SMR**

.be



6 duurzaamheidsprincipes in acht genomen

1. **Integratie** Milieu, Gezondheid, Economie en Maatschappij
2. **Voorzorg** in risicobeoordeling en beheer
3. Stakeholder **participatie** met transparantie
4. **Verantwoordelijkheid** voor billijke verdeling lasten en lusten (intra/intergenerationeel)
5. **Globale** aanpak met EU als meest relevant bestuursniveau
6. Vervuiler betaalt

.be



Is kernenergie verenigbaar met duurzame ontwikkeling?

Kernenergie heeft **klimaatvoordelen** maar moet **eigen gebreken** aan duurzaamheid **aanpakken**

- Nucleair risico in België stelt **gezondheids-, milieu- en ethische problemen**: *Kwetsbaar dichtbevolkt gebied midden de grootste nucleaire concentratie van Europa met **paradox** schaarste/overschot aan elektriciteit*
- Onzekerheid **stralingsrisico** en nucleair misbruik (militair, proliferatie, terreur)
- Risico **zwaar reactorongeval is reëel**, zal grensoverschrijdend en van lange duur zijn → **noodplanning** met aandacht ook voor Gravelines e.a.
- Beheer langlevend afval vereist **geologische berging** met respect **ethische vragen** en garantie over **fondsen**

.be



Duurzame ontwikkeling en gezondheid is meer dan klimaat, afvaltechnologie, stralingsrisico en veiligheid

- Omgaan met **(technologische) kwetsbaarheid** en diversificatie
- **Hernieuwbare** energie cruciaal in transitie (**85% elektr. EU 2050**)
- Water- en grondstofgebruik, circulariteit, QA/QC en afvalbeheer spelen mee
- **CO₂ slechts gedeelte van broeikasgassen; CO₂ elektriciteit slechts 14% totaal**

Kernenergie en klimaat hebben gemeenzaam probleem van **intergenerationele billijkheid**

Duurzaamheid van kernenergie gaat ook over **economie, verzekering**, water, groot ongeval

Groeiende kans op atoombomgebruik als dreiging voor gezondheid en duurzaamheid

.be



Genuanceerde boodschap van de HGR in een evoluerende EU context

- Geen markante elementen **pro/con tijdelijke verlenging 2 reactoren**
- **Geen groen licht voor duurzaamheid van kernenergie:** *vanuit ethisch, milieu- en gezondheidsoogpunt kan niet worden gesteld dat kernsplijtingsenergie, zoals die momenteel wordt gebruikt, aan de beginselen van duurzame ontwikkeling uit de verklaring van Rio (VN, 1992) voldoet*

Parallel met HGR liep bij de EC een adviesproces met op financiering gerichte nauwere *scoping* van duurzaamheid (**sectoriëel**). *EC verschoof het onderzoek « Do No Significant Harm » voor kernenergie van TEG naar JRC (grondig rapport) en advies Euratom en SCHEER.*

.be



Rapport HGR bekeek ook « nieuwe » actualiteit van SMR's

Versnelde ontwikkeling van nieuwe technologieën in de wereld, met als doel **kleinere, flexibelere en veiligere reactoren te ontwikkelen met minder afval en minder proliferatierisico** **MAAR:**

- De meeste zijn **nog in de ontwikkelingsfase** en er zijn nog **grondige evaluaties** nodig (veiligheid, afval, regulering, *safeguards*, economie, industrie van de splijtstofcycli,...).
- Geen oplossing voor de **huidige keuzes** die België tegen 2035 moet maken.
- Meer energievoorzichtingen dan elektriciteit: (bl./pu.?) waterstof, proceswarmte.
- Is **militaire finaliteit** in recente nucleair-industriële competitie van grote landen **compatibel met principes van duurzame ontwikkeling**? Project μ -reactor Pele (DoD/DoE (HTR))
- Voortzetting van investeringen in MYRRHA (SCK-CEN) vergt reflectie over de langetermijn-doelstellingen en -implicaties.

.be



Zet regeringsbeslissing 23/12/2021 deur open naar meer duurzame kernenergie?

- Wetsontwerp Nucleaire **Afvalprovisies** → Raad van State - stap naar Afvalplan?
- Sluiting twee recentste reactoren mits verzekering bevoorrading (inzet FANC)
- Uitwerken van pistes voor verdere financiering **toekomst FANC**
- Opdracht aan SCK voor *Technology Assessment van de SMR's in ontwikkeling*
⇒ veiligheid, afvalminimalisatie, non-proliferatie, flexibiliteit, duur, **inclusief analyse duurzaamheid en economie, ook verzekeraarheid** (4j X 25M€)
- **Opzetten van R&D programma** met SCK en industrie (horizon 2040) voor mogelijke inzet SMR's voor productie van elektriciteit, waterstof e.a.
⇒ te integreren in wet voor productie duurzame en klimaatneutrale energie

.be



SMR-spectrum toont strategische drivers en streven naar grotere energie-efficiëntie

- SMR type PWR voor vervanging deel 97 USA reactoren **duurzaam?**
 - elektriciteit en stadsverwarming (lage temperatuur)
 - **lager risico, afval**, potentieel hybride systeem (wind, waterstof), **financiering**, kost??
 - voorsprong Rusland/China; interesse Canada en UK; late aanloop in Frankrijk
- SMR kweekreactoren (Terrapower Gates): **duurzaam?**
 - elektriciteit naast innovatieve **opslag energie**
 - snelle neutronen, (**militair**) Plutonium-gebruik, opwerking /**recycling/afval**, proliferatie!
 - recupereert Franse *know-how*, **competitie met Rusland**
- Helium-gekoelde HTR SMR met wervelbed wil Chinese vooruitgang counteren
 - elektriciteit en **proceswarmte** voor de industrie (**hoge temperatuur**, productie **waterstof**)
 - **veilige splijtstof (ARF)**, eenvoudige open splijtstofcyclus, laag proliferatierisico
 - **militaire versnelling R&D proces via μ -reactor voor het slagveld duurzaam?**

.be



Projecten vereisen splijtstofindustrie, flankerende steun en seriemarkt – Budget grootteorde Myrrha

Via industriële conglomeraten 50% gefinancierd door de DoE
 ⇒ R&D horizon 2028 (DoE), zelfs korter militair (DoD)
 ⇒ Militair/civiele samenwerking (*DoD/DoE*) voor zelfde carbide fuel en fuelcyclus-ontwikkeling HTR-concept
 ⇒ House Bill 15/12/2021 stelt afschaffing voor van NRC-heffingen
 ⇒ Herhaling gunstige voorwaarden voor verzekering (**duurzaam?**)
Grote selectie verwacht van projecten op wereldmarkt

.be



SMR R&D vereist ook voorbereiding vergunningsaanpak (NEA, IAEA, Euratom, FANC) en onafhankelijke Techn. Ass.

- Kan Europees industrieel project slagen met EU-certificatie?
- Ontwikkeling nieuw concept van vergunning om bredere veiligheid, bouwduur en kost te beheersen → aandacht voor onafhankelijkheid
- Toepassing waterstof e.a. vereist gecombineerde risico-aanpak (Be?)
- Bestralingsfaciliteiten nodig voor R&D en vergunningsproces, fuel, materialen, sensoren, e.a.
- Meer nodig dan Accident Tolerant Fuel (AFS) concept EU-Taxonomy

.be



Conclusie: onderzoek van nucleaire innovatie bij de energietransitie vergt brede duurzaamheidsanalyse

- Regering tast kernuitstap verder af.
- Advies HGR : schetste evenwichtig beeld van kernenergie boven sectorbelangen.
⇒ **One Health-benadering bij duurzame ontwikkeling**
- Kwetsbare situatie van kernenergie in/rond België vergt ook na partiële kernuitstap duidelijke opties voor afval en crisisbeheer.
- Verzwakte vrijgemaakte EU-energie(markt) is verdeeld over EU-Taxonomie.

.be

System Costs of Electricity

- » Limiting the rise of global temperature to less than 2°C represents an enormous challenge for the whole electricity sector
- » Decarbonising the electricity sector in a cost-effective manner while maintaining security of supply requires the rapid deployment of all available low-carbon technologies
- » System costs are not properly recognised by current market structures and are currently borne by the overall electricity system in a manner that makes it difficult – if not impossible – to make well-informed decisions and investments

Understanding the costs of electricity provision requires systems level thinking

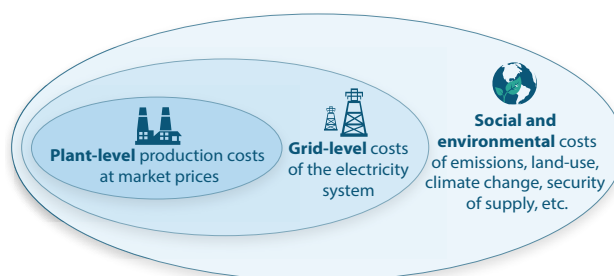
The first level of analysis is **plant-level costs** of generation, which include, among other costs, the costs of the concrete and steel used to build the plant, as well as the fuel and human resources to operate it. These plant-level costs are typically referred to as the levelised cost of electricity (LCOE), and they may include some costs that were previously considered as externalities – for example, if there is a price on carbon or a legislated requirement to internalise the end of life cycle costs into plant-level costs.

The next level of analysis takes into account **grid-level system costs**. These are the costs that generating units impose on the broader electricity system – including the costs of maintaining a high level of security of supply at all times as well as delivering electricity from generating plants to customers – in other words, in addition to production, they include connection, distribution, and transmission costs. Most importantly, grid-level costs include the costs associated with compensating for the variability and uncertainty in the supply from generating plants. This includes the costs of additional dispatchable capacity to account for the variability of certain renewables such as wind and solar PV and for maintaining spinning reserves that can be ramped up when the production of variable sources falls short of forecasts.

The final level of analysis addresses the full costs, including the **social and environmental costs** that different technologies impose on the well-being of people and communities, including negative externalities like atmospheric pollution, impacts on land-use and biodiversity, as well as, in certain cases, positive externalities such as impacts on employment and economic development, or spin-off benefits from technology innovation. These are the externalities that are not accounted for in plant-level costs or grid-level system costs.

The combination of plant-level costs, grid-level systems costs, and full social and environmental costs creates a framework that allows policymakers to compare the costs of different generating options – comparing apples to apples, not apples to oranges. To do so requires a systems level perspective.

Figure 1: Understanding the system costs of electricity



Source: Adapted from NEA (2012).

Total economic system costs, then, are defined as **plant-level generating costs** plus **grid-level system costs**. Taking this systems level perspective includes:

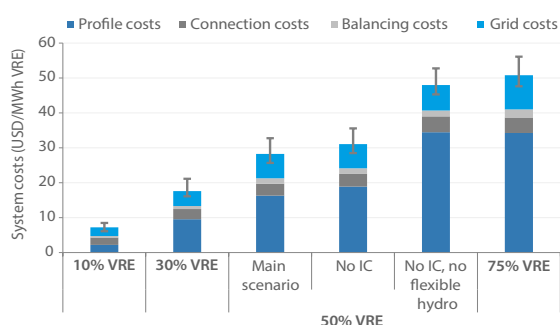
- **Profile and balancing costs** – the grid-level costs imposed by variability and uncertainty.
- **Connection, distribution, and transmission costs** – the costs of delivering electricity from distributed power generation to customers.

To be clear: while all technologies impose some system costs, variable, intermittent, and uncertain sources of power generation impose far greater grid-level system costs, which is why it is so important to take a systems level perspective when comparing the costs of variable renewables with nuclear, baseload hydro, and fossil generation.

Total costs rise as the share of variable renewables increases and imposes greater stability and flexibility costs on the grid.

The breakdown of system costs as the share of variable renewables grows from 10% to 75% of the mix. Profile costs (to compensate for variability and intermittency) are the dominant driver of increasing total costs as the share of variable renewables grows.

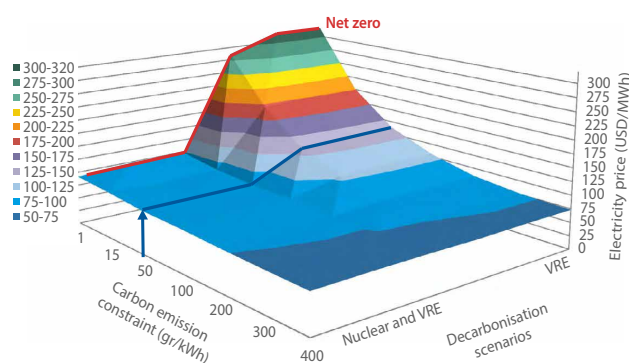
Figure 2: System costs for different mixes of electricity (with a carbon constraint of 50 grams per kWh)



Source: NEA (2019).

Figure 3 shows the effects on total costs as carbon emissions are increasingly constrained. The blue line shows how total costs grow as shares of variable renewables grow in a system with a carbon constraint of 50 grams per kWh. The red line shows what happens to total costs when carbon constraints reach net-zero emissions. The relationship between the share of variable renewables and systems costs, driven by profile costs to compensate for variability, is even more pronounced when carbon constraints become more stringent.

Figure 3: Total costs for different mixes of electricity (driving to net-zero emissions)



Source: Based on Sepulveda (2016) in NEA (forthcoming).

The policy implications of these systems costs findings are significant. It may be possible to reduce emissions to meet 2030 targets by increasing the share of variable renewables in the mix. However, the costs of reaching net zero with high shares of variable renewables are probably prohibitive. This is, in part, because initially as variable renewables are introduced, they can be backed up with a low cost option, which in the absence of a serious carbon constraint is likely to be natural gas. But eventually, in a carbon constrained world, the options for backing up variable renewables become increasingly expensive. Dispatchable hydropower and nuclear energy are the only economic options while batteries remain prohibitively expensive for anything other than very short-term storage.

What should policymakers do?

Total costs always increase as shares of variable renewables increase and carbon emissions become more constrained. However, the precise calculation of total costs for different shares of variable renewables depends on country-specific characteristics, such as the availability of hydropower. In other words, the overall shape of the three-dimensional graph in Figure 3 is the same everywhere – it always peaks at net-zero for high shares of variable renewables; however, the height of the peak differs based on specific endowments and conditions.

The Nuclear Energy Agency stands ready to provide country-specific system costs analyses.

For more information, contact:

OECD Nuclear Energy Agency (NEA)

nea@oecd-nea.org

www.oecd-nea.org

Further reading

NEA (forthcoming), *Meeting Climate Change Targets: Projecting the Potential Role of Nuclear Energy*, OECD Publishing, Paris.

NEA (2020), *Unlocking Reductions in the Construction Costs of Nuclear A Practical Guide for Stakeholders*, OECD Publishing, Paris, www.oecd-nea.org/jcms/pl_30653/unlocking-reductions-in-the-construction-costs-of-nuclear.

NEA (2019), *The Cost of Decarbonisation: System Costs with High Shares of Nuclear and Renewables*, OECD Publishing, Paris, www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2019/7299-system-costs.pdf.

NEA (2012), *Nuclear Energy and Renewables: System Effects in Low-carbon Electricity Systems*, OECD Publishing, Paris, www.oecd-nea.org/jcms/pl_14754.