

Jaarverslag – Annual report NRG onderzoeksprogramma EZS 2018

Technische rapportage/
Technical report

Vertrouwelijk

In opdracht van Ministerie van EZK

rev. nr.	datum	omschrijving
B	01.04.2019	Definitieve versie
A	27.03.2019	1 ^e concept

auteur(s):	5.1.2.e	beoordeeld:	5.1.2.e
naam:	152553r Jaarverslag EZS2018_def.docx	goedgekeurd:	5.1.2.e
referentienr.:	NRG-24362/19.152553	status:	5.1.2.e
118 pagina's	1-4-2019		

1.2.2 Contributions to improvement of nuclear safety

Safety requirements. In order to monitor the international developments in safety regulations NRG participates in the coordination group of the European Utility Requirements (EUR). The project is set up to gain knowledge in transforming new safety requirements into a practical and reasonable application in new/existing nuclear installations by participation (with other European Utilities which form the EUR organization) in the process of license evaluations and development/updating of the requirements defined by the EUR organization. The EUR requirements are based on international safety standards (WENRA, IAEA etc).

Design Assessment. NRG participates in the assessment of the Chinese CGN's nuclear power plant design of EU-HPR1000. In 2018 NRG chose to review the assessment of the Design Basis of EU-HPR1000 design. Also, NRG chose to be the chapter leader for the assessment of the PSA of EU-HPR1000 design. The Design Basis assessment has been split into five parts as this is one of the biggest chapters comprising of almost 500-600 EUR requirements. In 2018, the first part taken for the pilot-study and assessed by Fortum of Finland. In 2018, the assessment and review of part-1 and part-4 were completed and approved following a committee review. NRG has actively participated in all the meetings with regard to this assessment in 2018. The remaining parts will be assessed by different partners in 2019 which NRG will continue reviewing. The PSA assessment of EU-HPR1000 will also be done by NRG in 2019. The results are reported in Synthesis Reports and Analysis of Compliance Reports.

EUR roadmap 2019-2021. The EUR organisation discussed and generated the roadmap for EUR for the period 2019-2021. The objectives were formulated for three areas:

1. develop position papers and harmonised requirements;
2. promote and conduct robust design assessments;
3. strengthen the EUR organisation to be the voice of the nuclear utilities.

NRG committed to contribute to these objectives by developing, through a technical working group, European Utilities knowledge and position on SMR (small modular reactors) as regards requirements and promoting this position in a position paper and by promoting the EUR vision through other position papers on subjects like ATF (accident tolerant fuel), passive systems, European energy mix with renewables and load following requirements, cost reductions, constructability, etc.

Other activities EUR.

Review activities concerned the two-unit nuclear power plant VVER TOI Design Assessment (Russian Design, Designer: Rosenergoatom). The assessment has been delayed for more than a year due to missing information from the designer.

The EU-APR1400 design assessment has been finished and corresponding documentation has been officially launched.

Another result of the EUR organisation concerns a *benchmark study* of EUR requirements against international standards on request of the EC (European Commission) in order to harmonize the licensing process in Europe. The work was done by a consultant ENCO.

In brief, the conclusion was that EUR shows a very good level of compliance with the international standards listed above. This was stated by an independent party in presence of a lot of European nuclear safety authorities. Nevertheless an area for improvement for the EUR document was found by the

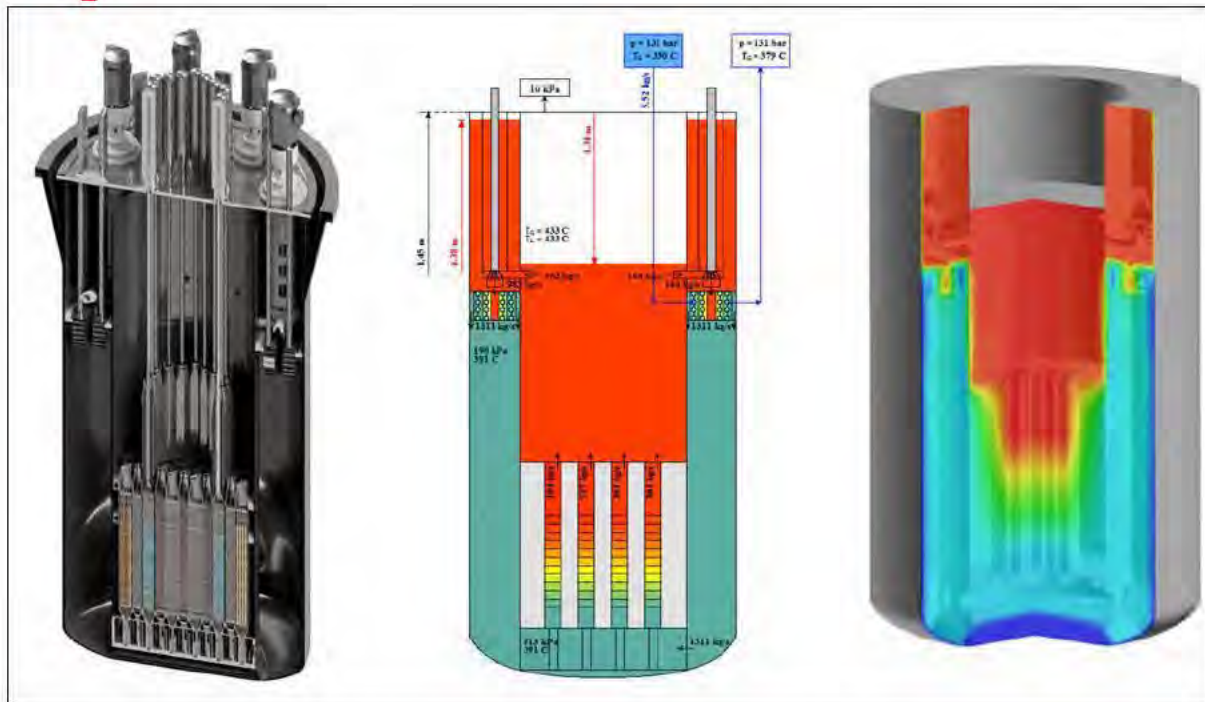


Figure 3.2-7 SEALER design provided by LeadCold (left), the 1-dimensional SPECTRA representation (middle) and the 3-dimensional CFD representation (right).

3.3 Small modular reactor

The development of SMR might support the re-introduction of nuclear in Europe, especially because SMRs require lower upfront investment costs (and thus reduce the investment risks) even though the total cost of electricity production might not compete with the large scale nuclear power plants. In order to keep the total cost of electricity production as low as possible, typically SMR designers try to profit from the smaller scale and innovative safety features. Obviously, such innovative safety features, often relying on passive system, require advanced and validated models for safety assessments. For 2018 new activities within this field have been initiated using data available from an existing benchmark and joining a new OECD/NEA benchmark. Apart from that, the NRG contribution to the Horizon 20 project GEMINI+ which started in 2017 was initiated.

GEMINI+ builds on several previous European projects that worked collectively towards the development of high temperature nuclear cogeneration with a High Temperature Gas-cooled Reactor (HTGR). NRG has traditionally been one of the key players by a.o. the execution of a series of irradiation experiments in the HFR. The main purpose of the current GEMINI+ project is to provide a conceptual design of a system (core thermal power of approximately 165 MW) that supplies process steam to industry, a licensing framework for this system and a business plan for a full scale demonstration. NRG's contribution focusses on development of thermal hydraulic safety assessment of this design with a high degree of passive safety features:

- **Preliminary Thermal-Hydraulic Calculations.** The accident scenarios to be evaluated will comprise pressurized and depressurized passive heat removal and long-term station blackout. The maximum temperatures of fuel elements in the core, reflectors and embedded control and shutdown

devices, metallic core support structures, and pressure vessels will be evaluated. For long term station-blackout, the point in time at which depressurisation of the primary circuit is required due to high pressure vessel temperatures, will be identified. Thermal-hydraulic system codes (SPECTRA) and, possibly, coupled system codes and CFD codes will be used for the analyses. The usability of the MELCOR code as an alternative for such analyses will be investigated. The NRG reputation and ongoing involvement in this field have resulted in negotiations on a commercial contract for safety analyses for the Chinese reactor designer which is currently constructing the HTR-PM demonstration reactor in China. Currently, this contract is depending on approval with respect to export control issues on both sides.

- **Core configuration.** In this task the calculation of core and reflector power distribution and associated temperature distribution in the reactor pressure vessel and its internals will be performed for different options. This includes e.g. study of innovative design changes, e.g. use of alternative reflector materials to obtain a smaller reactor diameter. A reference configuration will be selected. Converged steady-state distributions of power and temperatures will be obtained by a small number of iterations between a 3-D core neutronics (power) model (by a project partner) and a 3-D core thermal hydraulics model (by NRG), consistent with the T/H models employed in the transient analyses. Also reactivity feedback coefficients will be generated.
- **Competence building, education & training.** NRG will provide two training sessions at NCBJ in Poland on thermal-hydraulics: Four NCBJ staff members will follow this training in order to acquire the necessary knowledge in using MELCOR for setting up a model in their activities to be carried out in the project.

In 2018 a model was built at NRG for two core configurations. The model was built for the system thermal hydraulic codes SPECTRA (*Figure 3.3-1*) and MELCOR 1.8.6. The purpose of this work was to select the core configuration for the next stage. This task will be finalized in 2019, with the help of neutronic calculations that have to be performed by a project partner. Furthermore, in 2018 a training session was held at NCBJ. The model for MELCOR 1.8.6 was delivered and help was provided towards converting the model to the more recent MELCOR version.

In 2019 the work on the model will be continued. The more promising core configuration will be selected. The full model of the primary system should be built by the end of 2019 in order to have be able to start the work on safety analyses in the early 2020. Furthermore the second training session at NCBJ will be organized to help NCBJ with their efforts to build the model for MELCOR 2.x.

The **PERSEO** project is settled in the framework of the development of a new activity on the ‘Status report on thermal-hydraulic passive systems design and safety assessment’, recently proposed by the Working Group on Analysis and Management of Accidents (WGAMA) of the OECD/NEA. Within this regard a benchmark exercise, based on the experimental data developed in the Full Scale PERSEO (in-Pool Energy Removal System for Emergency Operation) separate effect test facility, was proposed and approved. The rationale from the NEA is to review and summarize the different approaches and their scientific background used in the member states to assess the design and the safety of passive systems with main reference to natural-circulation-based phenomena relevant to existing Nuclear Power Plants (NPPs) and NPPs currently under construction or at an advanced design stage. Such safety systems are particularly relevant for application in SMRs.

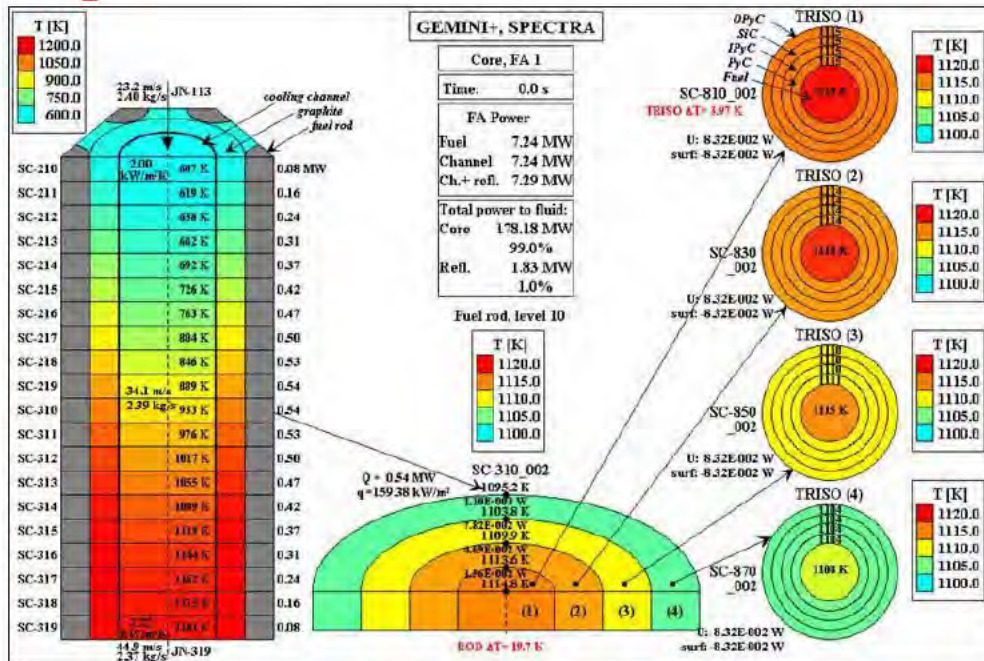


Figure 3.3-1 SPECTRA core model of the GEMINI+ HTGR.

The objectives of NRG aim at consolidating within an international framework our capabilities for the thermal-hydraulic analysis of the typical phenomena occurring in emergency residual heat removal systems of LWR-type of SMR reactors (as done a couple of years ago in an in-kind collaboration with Westinghouse for their SMR design), in particular regarding long-term cooling capabilities. The work performed in 2018 delivered the SPECTRA model of the PERSEO facility and the simulation of the two proposed transients:

- Part 1: stability test to verify the behavior of the system with two different water levels;
- Part 2: test to verify the long term cooling capability of the system. In this part the water level reduction in the pool is accelerated by opening a dedicated valve to drain water from the Overall pool (instead of the depletion of water due to evaporation resulting from the heat transferred in the HX).

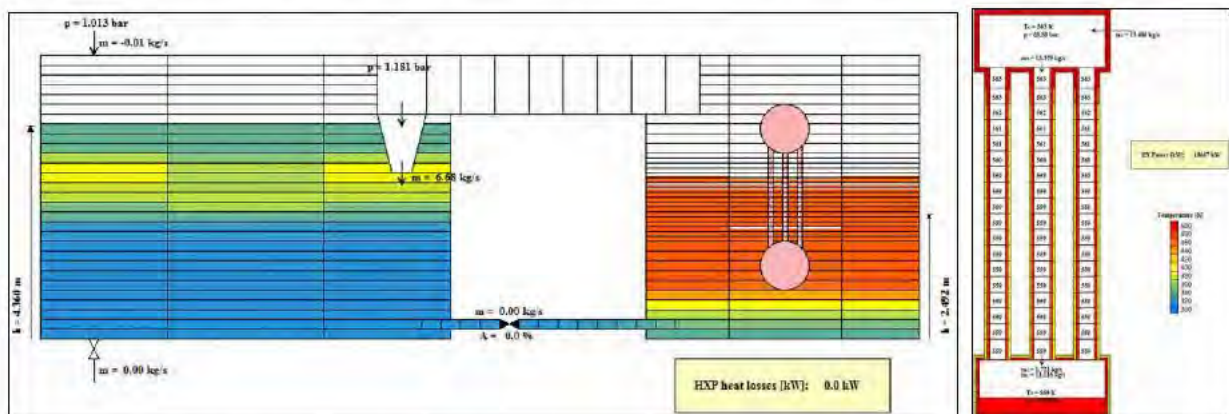


Figure 3.3-2 Snapshot of the SPECTRA model of the PERSEO facility, respectively the full heat sink system (left) and the heat exchanger (right).

Figure 3.3-2 shows a schematic representation of the SPECTRA model of PERSEO, respectively the full heat sink system (left) and the heat exchanger (right). Results showed that the SPECTRA code is in general capable of predicting accurately the physical phenomena sought for the benchmark, although some limitations were observed.

The work in 2019 will be dedicated to the development of a RELAP model of PERSEO and perform the aforementioned transients, aiming at comparing and validating the results obtained with the SPECTRA code. Additionally, provided the agreement among all the participants, simulation of extreme scenarios might be delivered. The work will eventually culminate with the contribution to the “Status report on thermal-hydraulic passive systems design and safety assessment”, to be published by OECD/NEA/CSNI (Committee on the Safety of Nuclear Installation).

MASLWR In 2018 a thermal-hydraulic model of the MASLWR (Multi-Application Small Light Water Reactor) facility was built for the TRACE system code. The MASLWR facility is constructed at Oregon State University under a U.S. Department of Energy grant in order to examine the natural circulation phenomena of importance to SMR reactor designs. The identification and characterization of the relevant thermal-hydraulic phenomena, and the assessment and validation of thermal hydraulic system codes, has been the objective of multiple international research programs. The efforts were collected in a comprehensive documentation published by IAEA in 2014. The overview of the facility is shown in *Figure 3.3-3*.

The 2018 work was devoted to the construction of a TRACE thermal hydraulic model of the facility, to perform steady state calculations (one to be used as initial condition prior to the loss of feed water transient; one to be used for the power manoeuvring transient), and subsequently the two mentioned transients. *Figure 3.3-4* contains the thermal hydraulic states of the MASLWR facility at steady-state conditions prior to the loss of feed water and power manoeuvring scenarios, respectively.

Comparing the NRG results to the results of a selection of the participants in the IAEA’s documentation, the values of the main system parameters obtained by NRG at steady-state are within the range of deviation of the other models adopted in the project.

Subsequently, the following experimental tests were simulated with the TRACE code: (a) *A Coupled Containment Pressurization*, where a loss of feed water transient occurs, with subsequent automatic depressurization system blowdown and long term cooling to determine the progression of a loss of feed water transient in small integral natural circulation PWRs. The test examines the blowdown phase as well as the coupling of the primary-to-containment systems (through the automatic depressurization system lines), and the long term cooling using sump natural circulation; and (b) *A Natural circulation flow instability*, where a stepwise increase in primary core power is conducted in order to determine the effect of core power and feedwater flow rates on natural circulation flow rates in small integral PWRs. The results are compared to available experimental data and results from the IAEA project participants.

Overall, a good qualitative behaviour is found in the results in the comparison to experimental and IAEA project participants’ results. *Figure 3.3-5* shows the facility thermal hydraulic state at the end of the loss of feed water transient;.

The outlook for 2019 is (there where appropriate, and if possible) to further improve the results, and look for possibilities to publish the work.

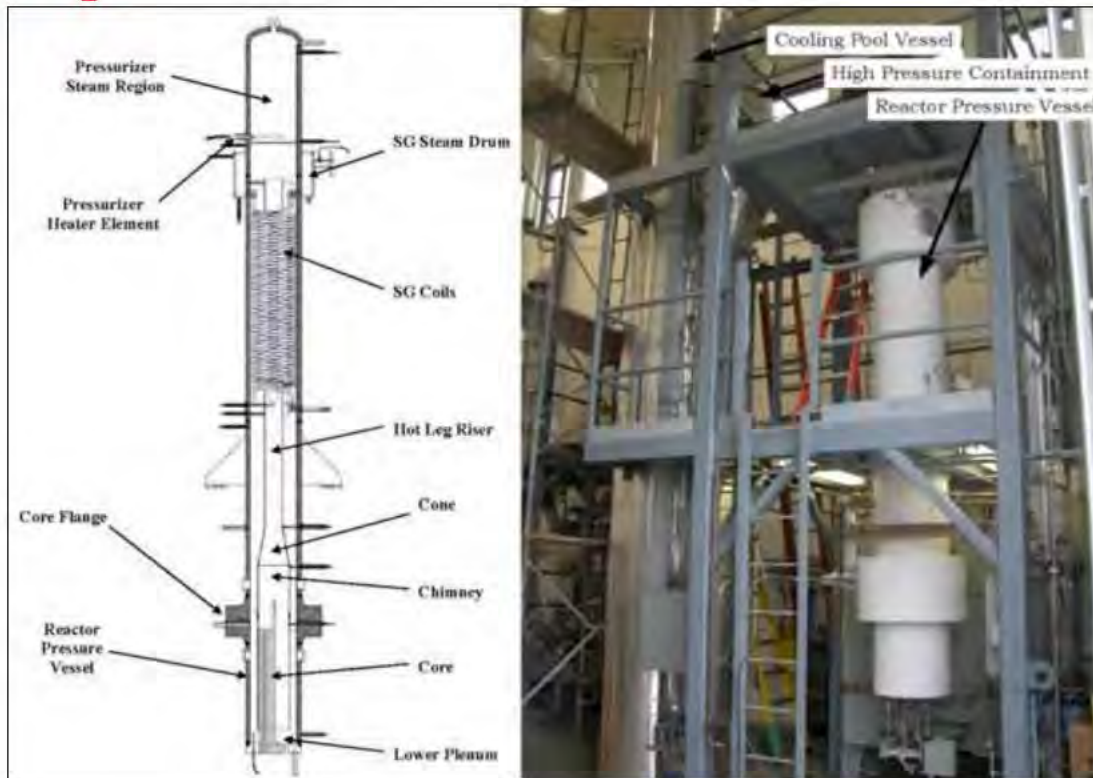


Figure 3.3-3 Main components (left) and overall view (right) of the MASLWR facility.

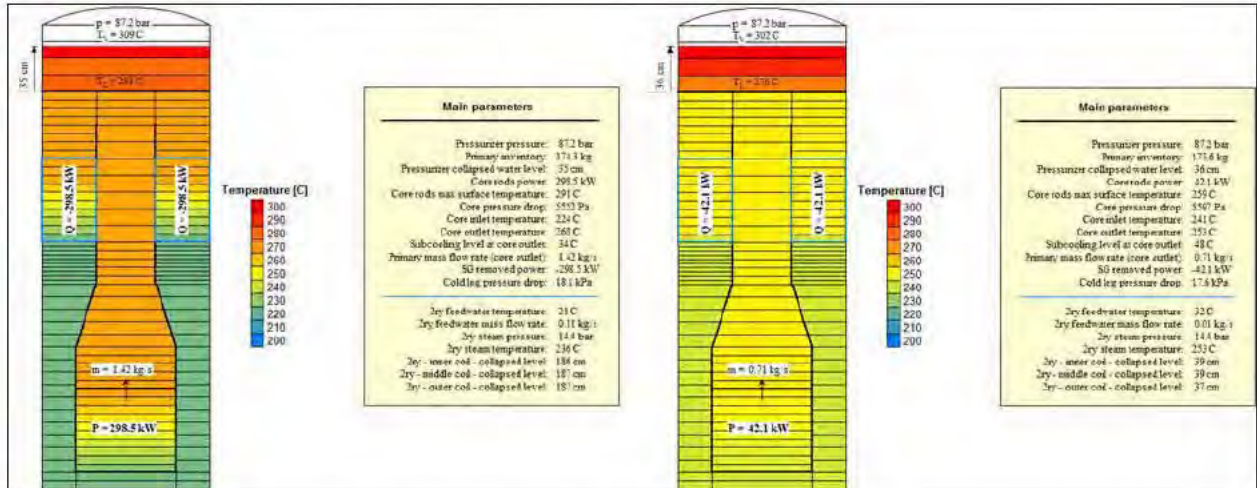


Figure 3.3-4 Steady-state results prior to the loss of feed water scenario (left), and prior to the power manoeuvring scenario (right)

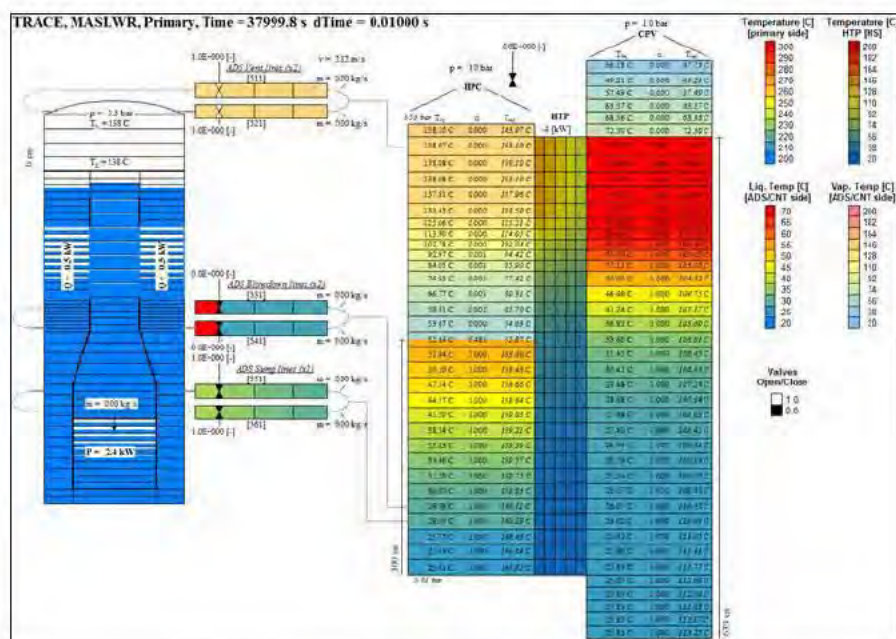


Figure 3.3-5 Overview of the facility's thermal hydraulic state at the end of the loss of feed water scenario.

3.4 Deliverables of Chapter 3

Chapter	Topic	Deliverables/milestones	Realized (%)
3.1.2	MSR-irradiations – 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Progress report on the SALIENT-01 irradiation. 2. Report on the preparations for the post-irradiation examinations of the SALIENT-01 experiment. 	1 100 2 80
Information: 2-3 Restricted capacity of engineering and neutronic support delayed completion of these deliverables			
3.1.3	MSR-irradiations – 2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Irradiation proposal for the SALIENT-03 irradiation. 2. Neutronics report with the results of the MCNP and FISPACT computations for SALIENT-03. 3. Thermo-mechanical report with the results of the FE thermo-mechanical computations for SALIENT-03. 4. NEW: A Project Initiation Document in which the scope and outline of the ENICKMA Nickel-based alloy irradiations are described 	1 100 2 50 3 10 4 100
Information: 3 Delivery of the salt samples, to be provided by CVR, Rez (Czech republic) was delayed until Q2 2019.			
3.1.4	MSR-irradiations – 3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Design and Safety Report (DSR) for SAGA irradiation submitted to ANVS for "no objection". 2. Fabrication and assembly report of the SAGA facility. 3. Note reporting on start of irradiation and first irradiation data (depending on the starting date of SAGA irradiation). 	1 100 2 90 3 x
Information: 3 Delivery of the salt samples, to be provided by CVR, Rez (Czech republic) was delayed until Q2 2019.			
3.1.6	Loop & design	<ol style="list-style-type: none"> 1. Final design of the MSR loop. 2. Validated MSR thermal hydraulic code based on available MSR data and submission of a publication. 3. A model for leaching implemented in the SPECTRA code (provided suitable mechanisms can be identified in the literature). 4. Progress report on the development and performance evaluation of helium bubbling in simulant fluids. 5. Progress report on the development of a specific thermodynamic database for fission products in MSR. 	1 100 2 80 3 100 4 100 5 100
Information: 2 Limited access to the hotcell facilities and the need for upgrade of the equipment has led to the decision to transfer this deliverable to 2019.			
3.2.1	Advanced fuel cycles	<ol style="list-style-type: none"> 1. A technical report describing the accurate irradiation history of the MARINE experiment and providing accurate power history and burn-up values of the samples. 2. A technical report with an analysis of the non-destructive examinations, compared and combined with the results of the post irradiation nuclear analysis. 	1 100 2 0
Information: 2 Limited access to the hotcell facilities and the need for upgrade of the equipment has led to the decision to transfer this deliverable to 2019.			
3.2.2	Safety studies	<ol style="list-style-type: none"> 1. Development and validation of an improved pragmatic turbulence heat transport model. 2. Fluid structure interaction simulation of a 7-pin bare rod bundle experimental facility and if experimental data are available from TU Delft, comparison to the experimental data. 3. Proof of principle of an advanced numerical approach for the fluid structure interaction between multiple wire wrapped fuel pins in liquid metal. 4. Validation of pragmatic CFD approaches to simulate liquid metal cooled 	1 100 2 100 3 100 4 100

Chapter	Topic	Deliverables/milestones	Realized (%)
		reactor fuel assemblies. 5. Simulation of the inter-wrapper flow experiment in Germany and if experimental data are available, comparison to the experimental data. 6. Validated reactor pool CFD modelling approach by comparison of the numerical model with experimental data from CIRCE-ICE ESCAPE and CIRCE-HERO provided that experimental data are available. 7. Simulation of the flow and heat transport in the ALFRED reactor pool. 8. Simulation of the French Phenix sodium reactor system using a system thermal hydraulics and a multi-scale approach and comparison to the real reactor test data. 9. Simulation of the thermal hydraulic experimental reactor system facility in Italy using a system thermal hydraulics and a multi-scale approach and if data are available, comparison to the experimental data. 10. Submission of a draft textbook on nuclear liquid metal thermal hydraulics to Elsevier publishing services. 11. Technical report on SEALER system behavior analyses with SPECTRA. 12. Technical report on SEALER cooling during natural convection.	5 100 6 100 7 100 8 100 9 100 10 100 11 100 12 100
Information:			
3.3	Small modular reactors	1. Thermal-hydraulic model, and description, of the MASLWR test facility with the TRACE system code. 2. Report of the simulated experimental tests. a. comparison of the calculated results against available experimental data; b. comparison of the calculated results against results of ICSP-participants. 3. NEW: Thermal-hydraulic model of the PERSEO test facility with the system codes. 4. NEW: Report/description of the PERSEO thermal-hydraulic model and of the results obtained for the proposed transient scenarios.	1 100 2 100 3 100 4 100
Information:			

6 Public communication

Public communication activities in 2018 included:

- Drafting and publication of a public version of the EZS annual report 2017. This report can be downloaded from the NRG website (under Research & Innovation)⁸.
- The NRG contribution to the (KINT) course on nuclear technology.
- Education: NRG employees have provided guidance of students (theses), guest lectures, and discussions with teaching staffs to inform (secondary) schools, universities and related institutes about the latest developments within the field of nuclear technology and radiation protection.

Highlights:

- Guest lectures at secondary schools in the Alkmaar region; topics include natural radioactivity, medical applications of radiation, radiation protection.
- Guest lectures at the TU Eindhoven (Spring 2018) within the framework of the Lecture series 3MF120, Fusion reactors: extreme materials, intense plasma wall interaction given at Eindhoven University of Technology by Prof. dr. Niek J. Lopes Cardozo. NRG has given lectures on 1) Nuclear Materials: Neutron Damage and 2) Nuclear Materials: Breeding Blanket concepts, fuel cycle
- Guest lecture at the Wageningen University (Departement Omgevingswetenschappen, Afdeling Milieusysteemanalyse), June 27, 2018. Title of the lecture: Technological Aspects of Nuclear Power
- Participation into (inter)national networks that contribute to public communication and distribution of NRG's knowledge, in particular KIVI Kerntechniek/NNS; two NRG employees are member of the board. The main objectives are (1) transfer and dissemination of knowledge by organizing meetings that are open for the public, (2) engaging young researchers and stimulating network activities, and (3) reinforcing collaboration between industry, organizations and teaching staffs to enhance the nuclear technology knowledge infrastructure.

At the request of KIVI/NNS NRG organized a symposium about Small Modular Reactors SMR), April 20, Arnhem. Speakers from the Netherlands (NRG), UK (Department of Business Department for Business, Energy and Industrial Strategy), Germany (GRS) and Sweden (Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden) presented their view about the perspectives for SMR in the nearby future, current developments, the role of the government and the regulator, and the research needs. The number of participants, 70 among which a significant group of young professionals, revealed large interest in the development of future options for nuclear energy. For a full account on the meeting, the reader is referred to Kernvisie⁹.

⁸ https://www.nrg.eu/fileadmin/nrg/Afbeeldingen/Corporate/R_INRG_OnderzoeksJAARVERSLAG-2017_NL_2805_LRDEF.pdf

⁹ <https://www.kernvisie.com/actueel/magazines/kernvisiemagazine-jaargang-13-nr-3-juli-2018/kernvisiemagazine-jaargang-13-nr-3-juli-2018.pdf>

Other symposia included the development of enrichment technologies at Urenco, on the occasion of the publication of the biography of Jaap Kistemaker, and series of lectures about proton therapy combined with a guided tour at the Holland Particle Centre in Delft.

- On the request of the organizing committee, NRG contributed to the IRPA Europe conference in The Hague, June 2018. Participation offered NRG the opportunity to present the EZS research programme with special emphasis on the efforts within the field of radiation protection. For this purpose printed versions of the public version of the EZS annual report 2017 (English and Dutch) were made available. NRG consultants presented the results of their projects at the meeting (see Annex A2, chapter 4 for the titles of the presentations). In addition, NRG trainees prepared and supervised a short course for students from secondary schools to make them acquainted with radiation and its applications. The course, both theory and practical exercises, was well received by the students and, not in the last place, by the teachers. Apparently, such a course meets a great need.



Top: 5.1.2.e presenting an outline on the various SMR concepts; Arnhem, 20 April 2018.

Bottom: NRG student course at the IRPA meeting, The Hague, June 2018.

Jaarverslag NRG onderzoeksprogramma EZS 2018

Management samenvatting

Vertrouwelijk

In opdracht van Ministerie van EZK

rev. nr.	datum	omschrijving
B	01.04.2019	Definitieve versie
A	28.03.2019	1 ^e concept

auteur(s):	5.1.2.e	beoordeeld:	5.1.2.e
naam:	152555r Management samenvatting EZS 2018 def.docx	goedgekeurd:	5.1.2.e
referentienr.:	NRG-24362/19.152555	status:	
27 pagina's	1-4-2019		

2.4 Nucleaire technologie voor de toekomst

Met de toegenomen interesse in kernenergie neemt ook het aantal initiatieven voor onderzoek naar toekomstige systemen toe. Systemen die zich richten op een betere uitnutting van de resources, verdere verbetering van de nucleaire veiligheid en meer toegesneden op de behoeftes van een land of regio. De molten salt reactor (MSR) blijft daarbij nog steeds een technologie die wereldwijd veel aandacht trekt. Het Department of Energy (USA) heeft aanzienlijke onderzoeksbudgetten beschikbaar gesteld en de verwachting is dat het onderzoek in de USA de komende jaren een grote vlucht zal gaan nemen inclusief bestralingen. Tot op heden ligt de 'lead' voor het bestralingsonderzoek nog steeds bij NRG. Die koppositie heeft er onder andere toe geleid dat NRG momenteel in opdracht van Terrestrial Energy (USA) een concept-design uitwerkt voor een grafiet-bestraling. NRG heeft zich hier ook voor gekwalificeerd met de expertise opgebouwd in eerdere EZS onderzoeken rond grafiet binnen het Europese HTR programma.

Mede om die positie te bestendigen wordt er hard gewerkt aan nieuwe bestralingen. De eerste betreft de bestralingen van zouten (zonder splijtstof) in een gamma-veld, in de splijtstofopslagbassin van de HFR. Doel is om de vorming van fluor gas ten gevolge van radiolyse beter te begrijpen en te kunnen kwantificeren. Inmiddels is de benodigde faciliteit hiervoor opgeleverd. De vertraagde oplevering van de zoutmonsters door de Tsjechische partners heeft wel geleid tot vertraging van de start van de bestraling tot voorjaar 2019. Oorspronkelijk stond die start gepland voor november 2018.



De bestraling van SALIENT-01 verloopt voorspoedig en conform verwachting. In de zomer van 2019 zal het experiment beëindigd worden. Eind 2019 zal de bestraling opgevolgd worden door het SALIENT-03 experiment. Dit is een technisch complex en ambitieus experiment, dat erop gericht is om, ook tijdens de bestraling, het gedrag van kandidaat-containment materialen bij blootstelling aan gesmolten zout te monitoren. Dit stelt technische hoge eisen aan de apparatuur en het ontwerp van het experiment. Gebrek aan engineering capaciteit en langdurige onduidelijkheid over de samenstelling van het zout-splijstof mengsel (dat in hoge mate bepalend is voor het verloop van het experiment) hebben geleid tot een vertraging van enkele maanden. Hierdoor staat de start van de bestraling, eerder voorzien voor zomer 2019, nu gepland voor november 2019.

De samenwerking met de TU Delft op het gebied van gesmolten zout technologie, heeft geleid tot een aantal hoogstaande publicaties van de door TU Delft en NRG gezamenlijk gefinancierde post-doc. De interactie met NRG experts tijdens de voorbereiding op het ontwerp van een nieuwe bestralingsexperiment is een goede illustratie van de meerwaarde van deze samenwerking. Aan de samenwerking is begin dit jaar echter een eind gekomen door het recente vertrek van de post-doc (die elders een vaste aanstelling kon krijgen). NRG en de TU Delft onderzoeken momenteel de mogelijkheden van een doorstart van het onderzoek en samenwerking.


Het werk aan veiligheids- en ontwerpstudies voor metaalgekoelde reactoren, de tweede pijler onder dit thema, verloopt conform verwachting. Centraal staan twee Europese samenwerkingsprojecten waarbinnen modelontwikkeling en evaluatie plaats vinden aan de hand van bestaande, maar nog belangrijker, nieuw gegenereerde referentiedata (experimenten en *high fidelity* numerieke simulaties). De onderwerpen waar NRG aan werkt zijn zodanig gekozen dat toepassing niet beperkt blijft tot vloeibare metalen (zie ook 2.2). Beide projecten bevinden zich in de afrondende fase waarbij het accent in 2018 op het evalueren en valideren van de nieuwe modellen lag. Gelet op de meerwaarde van dergelijke modellen voor het uitvoeren van veiligheidsstudies voor de huidige generatie kerncentrales én om de leidende positie op het gebied van thermohydraulica te behouden was NRG nauw betrokken bij een vervolg voorstel voor het Horizon 2020 programma (WP2018). Dit voorstel, dat een goede score behaalde in de evaluatie, heeft echter geen funding gekregen ten faveure van het voorstel van de TU Delft rond gesmolten zout. Samen met SCK wordt nu ingezet op een voorstel voor de komende call (WP2019-2020) in september 2019.

De opgebouwde kennis en expertise op het gebied van metaal-gekoelde reactoren wordt sinds een paar jaar ook gebruikt voor het uitvoeren van veiligheidsanalyses voor Small Modular Reactors (SMR). SMR is een generiek begrip voor een brede reeks aan reactortechnologieën. Met een beperkt vermogen tot circa 300 MW worden SMR beschouwd als een economisch aantrekkelijk alternatief voor de huidige generatie centrales zoals de EPR en de AP1000. Een voorbeeld hiervan is het concept van het Zweedse bedrijf LeadCold. Dat werkt aan de ontwikkeling van kleine lood-gekoelde reactoren voor de levering van elektriciteit in afgelegen gebieden zoals in het Canadese poolgebied of voor de levering van electriciteit en proceswarmte in het Verenigd Koninkrijk. In 2018 is NRG een samenwerking met dit bedrijf gestart. In eerste aanleg streeft LeadCold naar de bouw van een 1:1 elektrische mock-up. Door de samenwerking zal NRG in de toekomst toegang krijgen tot de experimentele data die met de mock-up behaald worden. Vooralsnog richt NRG zich in de samenwerking op het vaststellen van de mogelijkheden voor koeling door natuurlijke circulatie en van koelgedrag in een situatie waarbij 1 of 2 van de 8 koelsystemen niet functioneren met assymetrische stromingsprofielen in de reactor als gevolg.

Notitie nucleair (energie)onderzoek in Pallas

Aanleiding

Buiten reikwijdte

A large rectangular area of the document is redacted with a solid grey fill, obscuring the text under the 'Aanleiding' section.

Buiten reikwijdte

A large rectangular area of the document is redacted with a solid grey fill, obscuring the text under the 'Buiten reikwijdte' section.

Toelichting

Buiten reikwijdte

A large rectangular area of the document is redacted with a solid grey fill, obscuring the text under the 'Toelichting' section.

Buiten reikwijdte

3. Ontwikkeling van SMR-technologie (Gen IV)

- o Screenen, testen, ontwikkelen en kwalificeren van brandstof voor Small Modular Reactors (SMR), bv. Gesmolten zout-thorium (MSR)
- o Bestralingsdiensten, analyse en modellering van dynamisch gedrag van gesmolten brandstof (zout) onder bestraling, ten behoeve van de ontwikkeling SMR-MSR-technologie.

Buiten reikwijdte

NRG onderzoeksprogramma 2020

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat



Ensuring Nuclear Performance

1. Inleiding

EZS ONDERZOEKSPROGRAMMA: ROL, BETEKENIS EN OMGEVING

Het EZS onderzoeksprogramma vormt onderdeel van de Nederlandse nucleaire kennisinfrastructuur. Met het programma en de beschikbare infrastructuur wordt een belangrijke bijdrage geleverd aan de instandhouding en versterking van de nucleaire kennisbasis (inclusief stralingsbescherming). Met het experimentele onderzoek, de behandeling van afval en de karakterisatie van radioactief materiaal, worden ook kennis en ervaring opgebouwd met het omgaan met nucleaire materialen en faciliteiten. Deze kennis en ervaring zorgen ervoor dat de huidige nucleaire faciliteiten op een veilige en betrouwbare wijze kunnen worden bedreven.

Vanuit die zich steeds ontwikkelende kennisbasis, de nucleaire humuslaag, komen ook innovaties voort. Innovaties op het gebied van reactor- en bestralingstechnologie, geavanceerde simulatietechnieken, stralingsbescherming- en baanbrekend onderzoek dat internationaal de aandacht trekt. Bijvoorbeeld technologie voor on-line meting van de kruip (vervorming) van splijtstof en het eerste gesmolten zout experiment met splijtstof na bijna 50 jaar tijd (Figuur 1.1). Baanbrekend, grensverleggend onderzoek is cruciaal voor verdere ontwikkeling van de nucleaire technologie in Nederland. Niet alleen bij NRG maar ook bij de overige spelers in de nucleaire keten in Nederland waar een deel van de onderzoekers later emplooi zal vinden.

Een vruchtbaar programma vraagt om samenwerking met de overige nucleaire partijen in Nederland. Het reactorinstituut van de TU Delft is een natuurlijke partner van NRG op het gebied van onderzoek. Zo hebben NRG en TU Delft een lange traditie van samenwerking in Europese projecten op het gebied van vierde generatie reactoren zoals hoge temperatuur, superkritisch water en metaalgekoelde reactoren. Samenwerking met TU Delft is momenteel het meest zichtbaar op het gebied van gesmolten zout reactoren (MSR). Een eerste succesvolle samenwerking middels een gezamenlijk gefinancierde post-doc voor het MSR onderzoek wordt in 2020 vervolgd met een promovendus. De samenwerking krijgt verder vorm door de start, eind 2019, van het door TU Delft geleide Europese project SAMOSAFER waarbinnen een deel van het nabestralingsonderzoek van de eerste gesmolten zout bestraling zal worden uitgevoerd.

NRG werkt met regelmaat samen met andere faculteiten van de TU Delft (zoals werktuigbouwkunde of lucht- en ruimtevaart) en met de TU Eindhoven en de TU Twente. Dit gebeurt meestal in de vorm van stage- en afstudeerplekken voor masterstudenten op het gebied van geavanceerde simulatietechnieken.

Sinds twee jaar wordt er op het gebied van de ontwikkeling van bestralingen en bestralingstechnologie intensief samengewerkt met PALLAS. Met het oog op een overgang van HFR naar PALLAS, is het voor beide organisaties (en de internationale onderzoeksweld)

Buiten reikwijdte

Buiten reikwijdte

9. Innovatie Nucleaire Systemen (INS)

INLEIDING

In de 'Roadmap voor de rol van Kernenergie binnen een CO₂-vrije Energievoorziening in Nederland' (in het vervolg: Roadmap), in 2017 uitgegeven door de vereniging Nucleair Nederland, worden naast bedrijfsduurverlenging en nieuw te bouwen 3de generatie (GEN-III) reactoren, ook opties en technologieën beschouwd voor middellange tot lange termijn (zie Figuur 9.1):

- de inzet van kleinschalige modulaire reactoren,
- inzet van nucleaire warmte-kracht voor de procesindustrie,
- inzet van reactoren met een gesloten splijtstofcyclus.

Deze drie geavanceerde technologieën zijn in ontwikkeling en op termijn beschikbaar mits er internationaal voldoende in geïnvesteerd wordt.

Kleinschalige modulaire reactoren zijn in principe reeds op korte tot middellange termijn inzetbaar mits ze zijn gebaseerd op bewezen technologie en grotendeels kunnen steunen op bestaande vergunningskaders. Lichtwater reactor technologie is hierbij het uitgangspunt. Met een lager vermogen per eenheid zullen investeringen en daarmee de risico's kleiner zijn. Bovendien geeft modulaire bouw de mogelijkheid om cash flow te genereren met de eerste modules terwijl latere in aanbouw zijn.

Elke kernreactor kan warmtekracht leveren. Laagcalorische warmte kan gebruikt worden

voor bijvoorbeeld stadverwarming. Echter, wanneer hoogcalorische warmte nodig is, bijvoorbeeld voor de procesindustrie, dan is een warmtebron nodig die warmte op hogere temperatuur levert. Gasgekoelde hoge temperatuur reactoren (HTR) zijn hiervoor uitermate geschikt en bovendien op middellange termijn beschikbaar omdat er wereldwijd reeds ervaring mee opgebouwd is in onderzoeks- en demonstratie reactoren.

Voor verduurzaming van regelbaar nucleair vermogen en warmtekracht op de middellange tot lange termijn wordt door de nucleaire gemeenschap ingezet op reactor-technologie met een gesloten splijtstofcyclus. Eén van de manieren om dat te realiseren is middels de inzet van de uranium-plutonium cyclus en snelle reactoren gekoeld met vloeibaar metaal. Wereldwijd bestaat er een aanzienlijke kennisbasis en ervaring met de toepassing van natrium als koelmiddel. Het laatste decennium zijn er met name in Europa grote stappen gezet in de toepassing van vloeibaar lood. Een loodgekoelde reactor is aantrekkelijk vanuit het oogpunt van veiligheid en bedrijfseconomie. Het systeem werkt bij lage druk en heeft vele passieve en inherent veilige kenmerken. Tevens is het mogelijk om met het gebruik van lood warmte te produceren met een temperatuur die significant hoger ligt dan bij watergekoelde reactoren.

De tweede route is de inzet van de thorium cyclus. Thorium is ruim voorhanden op aarde en kan met name in een gesmolten zout reactor (MSR) als kweekstof worden ingezet. In een MSR wordt het thorium opgelost in

De MSR is een nucleair systeem met zeer veel perspectief, maar vergt nog veel onderzoek. Ook het opstarten en optimaliseren van de thorium cyclus kost tijd. Een voordeel is dat een MSR ook gebruik kan maken van de uranium-plutonium cyclus, wat toepassing op de middellange termijn reeds mogelijk maakt. Met de opgedane kennis en ervaring kan de thoriumcyclus sneller ontsloten worden. Op lange termijn biedt de thorium MSR de mogelijkheid tot een vrijwel onuitputtelijke bron van energie zonder grootschalige productie van langlevend nucleair afval.

Licht water technologie is welbekend. De ontwikkeling van kleinschalige modulaire reactoren verdient wereldwijd dan ook volop aandacht. Zo is recentelijk in Rusland de eerste kleinschalige reactor op een schip aan een lokaal net in Siberië gekoppeld en maakt NuScale in de Verenigde Staten goede vorderingen in het vergunningsproces en het bepalen van een locatie voor een demonstratie reactor.

Ook de gasgekoelde hoge temperatuur reactor wordt beschouwd als een technologie die een belangrijke bijdrage kan leveren aan de verduurzaming van de energievraag door toepassing van warmtekracht koppeling en eventuele inzet van thorium als splijstof. De eerstvolgende stap moet zijn de realisatie van een moderne HTR demonstratiereactor. In China is inmiddels een demonstratiereactor in aanbouw. Dit project is in een vergevorderd stadium en verwacht wordt dat de reactor binnenkort zal kunnen opstarten.

Verduurzaming van nucleaire energie-opwekking met de inzet van de thorium-cyclus, en dan met name in een gesmolten zout reactor, is de laatste tien jaar het domein geworden van nucleaire onderzoeksinstituten in met name het Westen en China én van (kleine) startups die de economie van kerncentrales hopen te verbeteren.

- HTR, LFR, en MSR: passieve veiligheid: het uitsparen van dure actieve veiligheidssystemen;
- LFR en MSR: een lage systeemdruk waarmee het risico van verspreiding van activiteit naar de omgeving geminimaliseerd wordt en de bouwkosten verlaagd kunnen worden;
- HTR en MSR: continue operatie waarmee de beschikbaarheid van de reactor verhoogd wordt en daarmee de uitbating goedkoper;
- HTR, LFR, en MSR: hoge temperatuur voor een hogere efficiëntie, en het leveren van warmte aan procesindustrie.

Voor kleinschalige modulaire watergekoelde reactoren zijn de uitdagingen tweeledig. Enerzijds draait het om efficiënt gebruik van splijtstof. Hierbij wordt vooral aan splijtstof gedacht die langer in de reactor kan blijven. Daarvoor zijn bestralingsexperimenten onontbeerlijk. Anderzijds is met name de validatie van nieuwe modellen en methodieken voor veiligheidsanalyses van belang. Door het compacte ontwerp, en integratie van stoomgeneratoren in het reactorvat, zijn nieuwe modellen en methodieken nodig.

De grote uitdaging voor gasgekoelde hoge temperatuur reactoren is het realiseren van een kosteneffectief systeem en de demonstratie van de warmtekrachtkoppeling. Nederland heeft hieraan in het verleden een grote steen bijgedragen met deelname en coördinatie van Europese samenwerkingsprojecten onder FP5 t/m 7. Sinds 2015 is de rol van NRG in zulke projecten afgebouwd, alhoewel er nog altijd bijgedragen wordt middels veiligheidsanalyses in het lopende H2020 GEMINI+ project. Ondanks dat de gasgekoelde hoge temperatuur reactor beschouwd wordt als een veilige reactor, zal dit via analyses ook aangetoond dienen te worden. Dit doet NRG in Europees sverband. Voortbouwend op de onderzoeksuccessen op het gebied van HTR verleent NRG momenteel ook commerciële diensten aan reactorbouwers (China) en ontwerpers (Canada).

De grote uitdaging voor loodgekoelde reactoren is het testen en de kwalificatie van kandidaatmaterialen voor de cladding. Een aantal hiervan wordt momenteel met name in out-of-pile loops (d.w.z. buiten een reactor) getest. Uiteindelijk zal ook de invloed van straling vastgesteld en gekwalificeerd moeten worden. In eerste instantie zal ingezet worden op relatief lage bedrijfs-temperaturen van rond de 500°C. Aangezien de verdampingstemperatuur van lood rond de 1700°C ligt (boven de temperatuur waarop splijtstof smelt), zijn de mogelijkheden om een thermodynamisch efficiënter systeem bij een hogere werktemperatuur te realiseren, vooral afhankelijk van de ontwik-

The diagram illustrates the evolution of nuclear energy technology over time, from 2016 to 100 years in the future. It is organized into four main categories: Borsselle, LWR, (A)HTR, and MSR / LFR. Each category shows the progression of technology, from existing capacity to new construction and eventually to advanced, safe, and reliable nuclear power.

Y-axis (Time): 100 jaar (100 years) at the top, 2016 at the bottom.

X-axis (Technology): Borsselle, LWR, (A)HTR, MSR / LFR.

Energy Functions (Energie functies):

- Borsselle:** Bestaande capaciteit (Existing capacity).
- LWR:** Nieuwbouw (New construction).
- (A)HTR:** Middellange termijn veilige nucleaire warmte-kracht koppeling voor de Nederlandse procesindustrie (Medium-term safe nuclear heat-power coupling for the Dutch process industry).
- MSR / LFR:** Lange termijn elektriciteitsvermogen op basis van veilige geavanceerde nucleaire technologie en gesloten splijtstofcyclus (Long-term electricity generation based on safe advanced nuclear technology and closed fuel cycle).

Knowledge Basis (Kennisinvestering):

- Borsselle:** Veiligheid, levensduurverlenging (Safety, life extension).
- LWR:** Verouderingsaanpak, innovatie, veiligheid (Aging management, innovation, safety).
- (A)HTR:** Oversteking HTR kennis, vergoedingssteun, ongeval testen, innovatie (HTR knowledge, funding support, accident testing, innovation).
- MSR / LFR:** Kernreactor, energieopslag, kwalificatie, ongeval testen (gebaseerd op uniek Nederlandse kennis en faciliteiten) (Nuclear reactor, energy storage, qualification, accident testing (based on unique Dutch knowledge and facilities)).

Key Features and Benefits:

- Borsselle:**
 - Bedrijfsduurverlenging (Life extension).
 - Betaalbare energie (Affordable energy).
 - Schakelbaar elektriciteitsvermogen (Dispatchable electricity generation).
 - Laag calorische warmte (Low calorific heat).
- LWR:**
 - Bedrijfsduurverlenging (Life extension).
 - LWR nieuwbouw (LWR new construction).
 - Groot monolithisch en/of kleinschalig modulair (Large monolithic and/or small-scale modular).
 - Veilige warmte-kracht (Safe heat-power).
 - Borgen economische activiteiten Nederlandse procesindustrie (Guaranteeing economic activities in the Dutch process industry).
 - Hoog calorische warmte: evt. doorontwikkeling VHTR of inzet warmtepomp (High calorific heat: possibly further development of VHTR or use of heat pump).
- (A)HTR:**
 - Veilige warmte-kracht (Safe heat-power).
 - Borgen economische activiteiten Nederlandse procesindustrie (Guaranteeing economic activities in the Dutch process industry).
 - Hoog calorische warmte: evt. doorontwikkeling VHTR of inzet warmtepomp (High calorific heat: possibly further development of VHTR or use of heat pump).
- MSR / LFR:**
 - Veilige, betrouwbare, betaalbare, schone energie voor de komende eeuwen (Safe, reliable, affordable, clean energy for the coming centuries).
 - Middelhoog tot hoog calorische warmte-kracht (Medium-high to high calorific heat-power).
 - Implementatie afhankelijk van ambitie, noodzaak en middelen (Implementation dependent on ambition, need, and resources).

Additional Information:

- Opgesteld vermogen (Declared capacity):** Indicated by arrows pointing to the right for each technology.
- Opgesteld vermogen (Declared capacity):** Indicated by arrows pointing to the right for each technology.
- Opgesteld vermogen (Declared capacity):** Indicated by arrows pointing to the right for each technology.

keling van materialen die hiertegen bestand zijn. Een tweede uitdaging voor loodgekoelde reactoren is te vinden in de ontwikkeling en kwalificatie van het koelsysteem. Met name de koeling in de kern, het sterk driedimensionale karakter van de koeling in het reactorvat, de inpassing van innovatieve veiligheids-systemen en de interacties tussen koelmiddel en structuren in het reactorvat zijn hierbij van belang.

Ten aanzien van de gesmolten zout reactor zijn de uitdagingen legio. Ten eerste is er weinig bekend over het gedrag van gesmolten zout met daarin opgeloste splijtstof. Ten tweede is kennis over het gedrag van structurele materialen (grafiet en metalen) in omgeving van gesmolten zout met daarin opgeloste splijtstof noodzakelijk. Tenslotte dienen state-of-the-art instrumenten om veiligheidsanalyses te kunnen uitvoeren, ontwikkeld te worden. Voor een MSR speelt

hierbij het multidisciplinaire karakter, dat in feite voor alle kernreactoren geldt, een nog grotere rol. Splijtstof is immers opgelost in het koelmiddel. Het koelmiddeltransport en het neutronengedrag beïnvloeden elkaar dus direct.

ONDERZOEK

Voor de vier technologieën zijn in de periode 2016-2019 projecten opgestart. Deze projecten zijn in bijna alle gevallen onderdeel van een meerjarige samenwerking met één of meerdere partijen. Figuur 9.2 laat een schets zien van het programma innovatieve nucleaire systemen. Hieronder zal dit verder worden toegelicht.

Wat betreft bestralingstechnologie wordt er voor kleine modulaire watergekoelde reactoren en gasgekoelde hoge temperatuur reactoren met name ingezet op commerciële toepassing van reeds opgedane kennis en

competenties. Niet uitgesloten kan worden dat er toekomstige onderzoeksvragen op dit gebied zullen zijn met betrekking tot verdere efficiëntieverhoging en doorontwikkeling.

Het aspect van verduurzaming van de splijtstofketen met betrekking tot de uranium-plutonium cyclus komt terug in onderzoek aan eerder bestraalde, minor-actinide houdende splijtstof voor snelle reactoren. Hierbij ligt het accent op karakterisatie in de hot-cells als schakel in het onderzoek naar het gedrag en eigenschappen van dergelijke splijtstof tijdens bestraling en de processing van bestraalde splijtstof middels oplosstudies. De eerste fase van het onderzoek aan de laatst bestraalde splijtstof (niet-destructief) wordt in 2020 afgerond; voor de 2e fase (destructief) is een voorstel in gediend tijdens de recente call.

Vanuit de gesmolten zout gekoelde reactor technologie heeft NRG bij de start van het meerjarig programma 2016-2019 een begin gemaakt met een gesmolten zout (MSR) bestralingsprogramma. Dit onderzoek biedt de kans om de nucleair-technologische kennis op het gebied van bestralingstechnologie, splijtstof- en radiochemie en het verwerken (processing) van radioactief materiaal, verder te verdiepen. Door de samenwerking met de TU Delft en de experts van JRC Karlsruhe wint dit onderzoek aan betekenis en impact.

Het programma rond **gesmolten zout reactor** technologie bevat de volgende projecten:

- **SALIENT-1**
Een eerste bestraling van splijtstofzout in grafieten houders, is inmiddels afgerond (Figuur 3). Doel van deze bestraling was in eerste instantie om ervaring op te doen met het ontwerpen van experimenten met vloeibare splijtstof, de behandeling van zoutmonsters en het uitvoeren van nabestralingsonderzoek. Er zal uitgebreid worden gekeken naar de verspreiding van splijtingsproducten en de interactie tussen bestraald zout en grafiet, dat in veel ontwerpen als moderator dient. De monsterhouder voor SALIENT-01 is inmiddels getransporteerd naar het Hot Cell Lab,

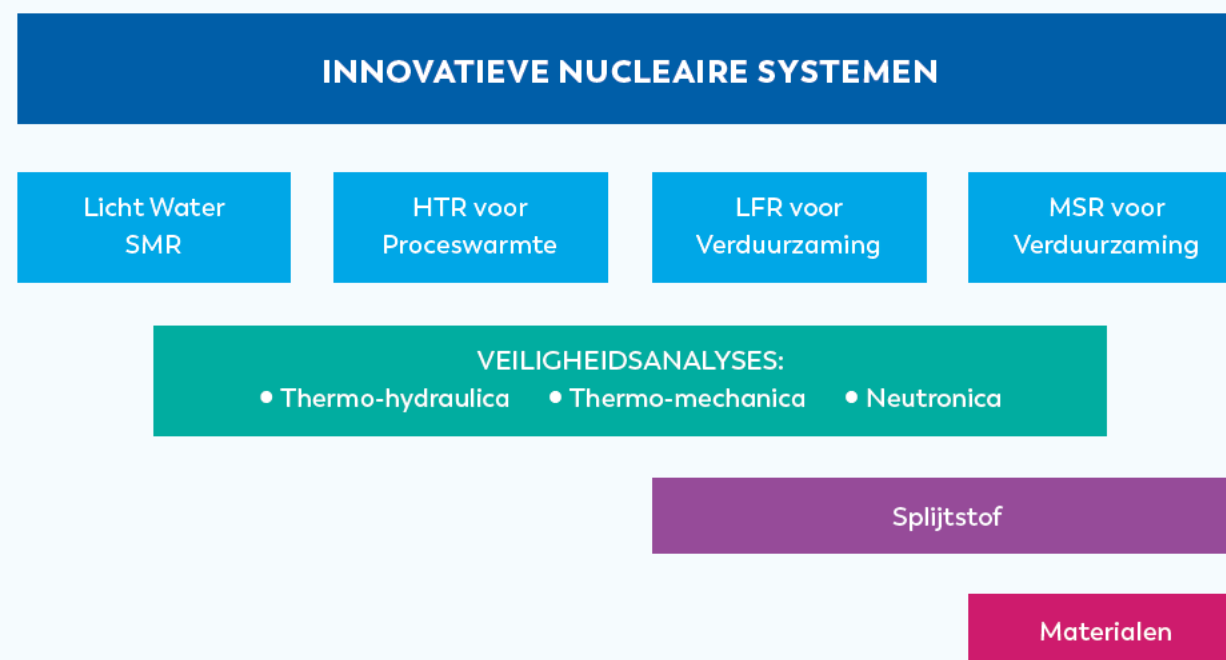
waar nabestralingsonderzoek zal plaatsvinden in het kader van het Horizon 2020 project SAMOSAFER onder leiding van de TU Delft.

- **SALIENT-3**
Het ontwerp van een tweede testbestraling met splijtstofzouten is bijna afgerond; start van de bestraling is verwacht in de eerste helft van 2020. De bestraling richt zich op corrosie van het vatmateriaal, en op het uitvoeren van in-pile metingen van gasdruk (ontsnappen van splijtingsgassen) en de redox-potentiaal van het zout. Lessons learnt van SALIENT-01 zijn in het ontwerp meegenomen. In verband met de metingen van redoxpotentiaal en het kwantificeren van corrosie is een testopstelling gebouwd voor het doen van corrosiemetingen in een radiologisch lab.

- **ENICKMA**
Kandidaat-vatmaterialen moeten niet alleen bestand zijn tegen hoge temperaturen en zoutcorrosie, maar ook tegen verbrossing door neutronenstraling. In ENICKMA worden samples van veelbelovende nikkellegeringen en een staalsample bestraald, waarbij heliumverbrossing optreedt. Na bestraling zullen mechanische tests en microscopie worden uitgevoerd. De resultaten worden vergeleken met die voor vers materiaal en voor materiaal dat voor de duur van de bestraling in een oven heeft gelegen. Voor de oventest en nabestralingsonderzoek is contact gelegd met TU Delft. Eventueel zullen samples worden verstuurd naar buitenlandse partners voor specifieke analyses. Start van bestraling is voorzien voor lente 2020.

- **SAGA**
Gesmolten zout is ongevoelig voor stralingsschade, maar uit onderzoek van het Amerikaanse Oak Ridge National Lab blijkt dat fluoridezouten rond kamertemperatuur gevoelig zijn voor radiolyse, waarbij de productie van fluorgas plaatsvindt. Om dit proces verder te kwantificeren voert NRG een gammabestraling van verschillende zouten uit waarbij de

Figuur 9.2
Schematische weergave van het INS programma



opbouw van gasdruk wordt gevolgd. Naar verwachting zal deze bestraling eind 2019 starten en in de loop van 2021 worden afgerond.

- **Gesmolten zout afval**

Het bestralen van splijtstofhoudend zout levert na afronding van het nabestralingsonderzoek afval dat op een adequate wijze behandeld moet worden zodat het op de lange termijn niet tot ongewenste reacties in het afval zelf leidt en/of de integriteit van de afvalcontainer aantast. De afgelopen jaren is een aantal procedés ontwikkeld. Tijdens dit proces is op gezette tijden overleg met de COVRA over de criteria voor acceptatie van het afval. Vanaf 2020 zullen de meest belovende procedés verder ontwikkeld worden in een hot cell. Daartoe zal begonnen worden met de inrichting van een hot cell voor de eerste experimenten. Dit onderzoek sluit

nauw aan bij het onderzoek naar stabilisatie van radioactief afval.

- **Splijtstofgedrag in gesmolten zout**

In het kader van de samenwerking tussen NRG en de TU Delft heeft in de periode 2016-2019 een post-doc gewerkt aan onderzoek naar het gedrag en de eigenschappen van splijttingsproducten in gesmolten zout. Het werk richtte zich op het berekenen van thermodynamische gegevens van de relevante splijttingsproducten en verbindingen daarvan, gegevens die helpen bij interpretatie van het nabestralingsonderzoek van SALIENT-01 en SALIENT-03. Daarnaast was er aandacht voor het afscheiden van vaste (metallische) splijttingsproducten door heliumgas door het zout te leiden (helium-bubbling). Voor dit laatste is een experimentele opstelling gebouwd die op basis van ervaringen verder verfijnd wordt.

Het uiteindelijke doel is het ontwerp van een opstelling, op basis van een proven concept, dat geïntegreerd kan worden in een volgende bestraling in de HFR (SALIENT-04). Binnenkort wordt een gedeelde Ph.D. student aangenomen om dit werk voort te zetten.

Een deel van de genoemde activiteiten is ingebracht in het Horizon 2020 project SAMOSAFAER en in het kader van EERA/JPNM onder het project MSR-PRISM (geleid door NRG). Beide projecten verenigen de belangrijkste Europese partners. Buiten Europa heeft NRG vooral contact met Oak Ridge National Lab (VS), en het onderzoeksinstituut SINAP (China), wat er onder andere toe geleid heeft dat Amerikaanse en Chinese materialen zijn opgenomen in SALIENT-03 en ENICKMA. Met SINAP is in dit kader een *memorandum of understanding* getekend.

De combinatie van de door NRG opgebouwde expertise op het gebied van grafiet binnen het HTR gerelateerde programma en op het gebied van gesmolten zout in het MSR gerelateerde programma heeft de aandacht getrokken van de Canadese start-up Terrestrial. Inmiddels heeft dit geleid tot een commercieel contract om grafiet te bestralen voor toepassing in hun ontwerp van een gesmolten zout reactor.

Vanuit de discipline thermo-hydraulica gezien, sluit het thema INS goed aan op de opbouw van kennis en competenties ten aanzien van koeling van de kern, in het reactorvat, en het energietransport in het totale energie conversie systeem (van reactorkern tot eindgebruiker, d.w.z. de elektriciteitsgenerator en/of de afnemer van proceswarmte) in het algemeen. De opgebouwde kennis en competenties worden ook uitgenut voor toepassingen t.a.v. watergekoelde reactoren. Tevens voorziet dit programma op dit gebied in het up-to-date houden en verdere ontwikkeling van de software die voor de veiligheidsanalyses gebruikt wordt.

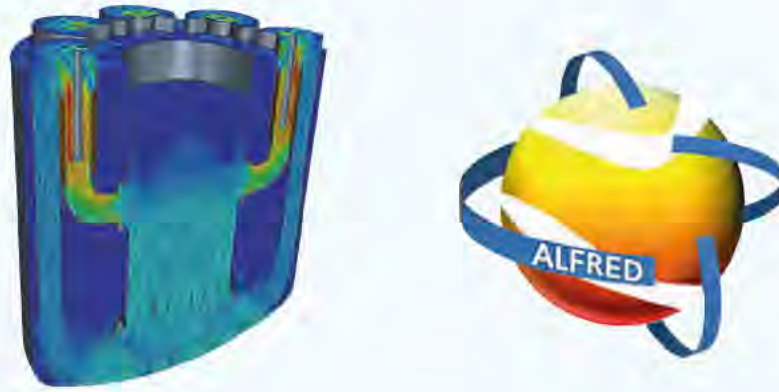
Met het oog op de rol die in de *Roadmap* wordt toegedicht aan de inzet van **lichtwater gekoelde SMRs**, zal NRG in 2020 inzetten op onzekerheidsanalyses van de veiligheidsanalyses die eerder gedaan zijn voor de MAS-LWR. De MAS-LWR was een experimentele faciliteit van de Oregon State University die gediend heeft als benchmark voor de validatie van thermo-hydraulische systeemcodes met betrekking tot toepassing voor kleine modulaire reactoren. Afgelopen jaren heeft NRG deelgenomen aan deze benchmark. In 2020 wil NRG de kennis opgedaan op het gebied van onzekerheidsanalyses inzetten op deze MAS-LWR benchmark om op die manier tot een *Best Estimate Plus Uncertainty (BEPU)* analyse te komen van een SMR systeem. In de open literatuur is toepassing van deze methodiek voor SMRs niet wijd verspreid. Deze activiteit is inhoudelijk verbonden met het UQ programma binnen het thema NVC.

Voor het **HTR** en **LFR** programma zijn recentelijk voorstellen ingediend voor de recente Horizon 2020 call waarvan er naar verwachting een aantal budget toegekend zullen krijgen. De uitvoering ervan wordt daarmee onderdeel van het nieuwe meerjarige onderzoeksprogramma 2021-2024. Daarnaast heeft NRG een lopende bilaterale samenwerking met het Zweedse LeadCold waarin NRG simulatietools geschikt worden gemaakt voor veiligheidsanalyses van de voor arctische toepassingen ontworpen versie van de SEALER reactor. Dit heeft NRG in staat gesteld om een prominente rol te krijgen in het Horizon 2020 voorstel rond de voor Engelse toepassingen ontworpen versie van de SEALER reactor. Tenslotte sluit NRG voor een tweede termijn aan bij het FALCON consortium dat gericht is op de realisatie van een loodgekoelde demonstratiereactor (ALFRED) in Roemenië. Hiertoe zal NRG een in-kind bijdrage leveren op het gebied van veiligheidsanalyses aansluitend bij de ontwikkelingen van simulatietools die NRG in het kader van het Virtuele Reactor Technologie programma inzet.

Figuur 9.3
SALIENT 1 experiment
wordt in de hot cell bij
de HFR gereed gemaakt
voor transport naar de
Hot Cell Laboratoria,
waar het nabestralings
onderzoek zal plaats
vinden.



*Simulatie van het stromings
veld in het primair systeem
van het loodgekoelde
ALFRED reactorontwerp*



Buiten reikwijdte

DELIVERABLES

- INS01: Afronding MAS-LWR publicatie.
- INS02: Berekening van het vrijkomen van splijttingsproducten in een gasgekoelde reactor.
- INS03: Update van de veiligheidsanalyses mbt nieuwe ontwerpopties voor een gasgekoelde SMR.
- INS04: Veiligheidsanalyses met betrekking tot air ingress als gevolg van een buisbreuk in de stoomgenerator.
- INS05: Simulatie van het hete plenum van ALFRED.
- INS06: Opzet van een PFM simulatie voor simulatie van mogelijke, door de stroming veroorzaakte, trillingen in een ALFRED splijtstofelement.
- INS07: Eindrapport met veiligheidsanalyses en koeling met natuurlijke convectie en asymmetrische gebruik in SEALER.
- INS08: Rapportage van het niet-destructieve onderzoek van het MARINE bestralingsexperiment.
- INS09: Rapport over het oplosgedrag van GEN-IV brandstoffen en presentatie van bevindingen op internationaal congres.
- INS10: Eerste rapportage nabestralingsonderzoek SALIENT-1 (gammascanning en punkteren).
- INS11: Voortgangsrapportage bestraling van SALIENT-3 experiment.
- INS12: Rapportage met de resultaten van de out-of-pile redox metingen t.b.v. SALIENT-3.
- INS13: Rapportage met de bevindingen en resultaten van de corrosie-experimenten met LiF zout in een oven t.b.v. SALIENT-3.
- INS14: Inzending van een artikel over het ontwerp en de start van het SALIENT-3 experiment.
- INS15: Design and Safety report van het ENICKMA bestralingsexperiment.
- INS16: Voortgangsrapportage van ENICKMA bestralingsexperiment.
- INS17: Voortgangsrapportage van het SAGA experiment.
- INS18: Voortgangsrapportage verwerking gesmolten zout afval in de hot cell en presentatie van de resultaten op een congres over de back-end van de splijtstofcyclus.

Tabel 11.1
Overzicht van de Horizon 2020 voorstellen (WP2019 2020)

VOORSTEL-TITEL	THEMA	TYPE WERK-ONDERWERP VAN DE NRG BIJDRAGE	BIJDRAGE (K€)	
			EU	EZS
STRUMAT-LTO1	LTO	Nabestralingsonderzoek RPV staal.	868	434
FRACTESUS	LTO	Nabestralingsonderzoek RPV staal met kleine proefstukken.	237	100
BOLTS	LTO	Modelleren van corrosie van 'core baffle' bouten (IASCC).	150	114
MAPPING*	NMS (LTO)	Multi-physics analyses, w.o. koelmiddel-structuur interactie en gerelateerde scheurvorming, neutronica-koeling interactie.	410	438
AMHYCO	NMS	Waterstofmanagement in aanwezigheid van koolstofmonoxide en opschaling naar reactorschaal.	211	201
PREDIS	RAM	Chemische modellering van gecementeerd afval.	175	361
LASER-SMR	INS (NMS)	Thermo-hydraulische multi-scale veiligheidsanalyses voor een loodgekoelde SMR.	252	231
BONSAI-SMR	INS	Thermo-hydraulische veiligheidsanalyses voor een gas- en een loodgekoelde SMR.	97	110
PATRICIA	INS (NMS)	Nabestralingsonderzoek americium houdende splijtstof van het MARINE experiment voor snelle metaalgekoelde reactoren. Nabestralingsonderzoek van gecorrodeerde splijtstofpennen. Thermo-hydraulische multi-scale veiligheidsanalyses voor de koeling van splijtstof en primair systeem van een loodgekoelde reactor.	518	579
PASCAL	INS (NMS)	Thermo-hydraulische multi-scale veiligheidsanalyses voor de koeling van splijtstof, inclusief vloeistof-structuur interactie, en primair systeem van een loodgekoelde reactor.	248	277
HYDRO-GenIV	INS (NMS)	Evaluatie van het risico op thermische vermoeiing en thermo-hydraulische veiligheidsanalyses voor een gasgekoelde SMR.	311	280
PUMMA	INS	Nabestralingsonderzoek TRABANT experimenten (MOX splijtstof voor snelle metaalgekoelde reactoren).	305	432
ORIENT NM	F&M/INS	Vaststellen van de rechtvaardiging, de onderzoeksagenda en de kaders voor een European Joint Programme voor de bestraling van materialen en splijtstoffen vanaf 2022.	28	63

* NRG als wetenschappelijk coördinator.

Buiten reikwijdte

De begroting voor het EZS programma 2020 is opgenomen in Tabel 15.2.

Toelichting:

- **EU:** begrote inkomsten in 2020 vanuit deelnames aan EU projecten.
- **In-kind:** som van de budgetten binnen de betreffende thema's die besteed worden aan samenwerking op basis van in-kind bijdragen.
- **Verplichtingen EZS:** de bedragen die besteed zullen worden aan activiteiten die voortvloeien uit reeds aangegane verplichtingen.

Wat betreft de eventuele goedkeuring van één of meerdere EU voorstellen die in september 2019 ingediend zijn: uitsluitstel over goedkeuring wordt in maart-april 2020 verwacht. Dit betekent dat de nieuwe EU projecten niet voor het vierde kwartaal in 2020 zullen starten. De eerste activiteiten hebben als regel vooral een organisatorisch karakter; daarmee zal de omvang van de werkzaamheden in 2020 beperkt zijn. Binnen de betreffende onderwerpen is voor die werkzaamheden een beperkt budget gereserveerd.

Tabel 15.2

Begroting behorende bij het voorstel voor het EZS 2019 onderzoeksprogramma; bedragen in euro's.

ONDERZOEKSTHEMA	EZS	EU	IN-KIND	VERPLICHTINGEN EZS
Veiligheid GEN-II-III (LTO-NVC-F&M-NMS)	5.1.1.c			
• Long term operation				
• Safety studies				
• Fuel cladding interaction				
Totaal				
Opslag en karakterisatie van afval (RAM)				
• Characterization				
• Stabilization				
• Decommissioning				
Totaal				
Nucleaire technologie voor de toekomst (INS)				
• Molten salt reactor				
• Liquid metal systems				
• SMR				
Totaal				
Stralingsbescherming (SB)				
Programmamangement				
Totaal Programmafinanciering				
Totaal EU en derden				
Totaal in-kind				
Kennisfinanciering	5.1.1.c			
• Veiligheid GEN-II-III				
• Opslag en karakterisatie van afval				
• Stralingsbescherming				
Totaal Kennisfinanciering				
Publieksinformatie				
Lidmaatschap Halden				
TOTAAL EZS PROGRAMMA 2020				

Buiten reikwijdte



TER INFORMATIE

5.1.2.e

Aan de Minister

Directoraat-generaal Klimaat
en Energie

Directie Elektriciteit

Auteur

5.1.2.e

T O

5.1.2.e

@minezk.nl

Datum

20 november 2019

Kenmerk

DGKE-E / 19278973

Bhm: 19297126

Kopie aan

5.1.2.e

Bijlage(n)

Parafenroute

5.1.2.e

BBR

5.1.2.e

Aanleiding

EZK was ambtelijk vertegenwoordigd op de IAEA-OECD/NEA conferentie Climate Change and Nuclear Energy die begin oktober is gehouden. De interessante presentaties en de recente politieke vragen over kernenergie in de Eerste en Tweede Kamer zijn aanleiding om u de belangrijkste zaken te presenteren.

Advies

U kunt kennis nemen van de nota.

Kernpunten

Onderstaand worden de belangrijkste conclusies gepresenteerd in 4 paragrafen:

1. De bijdrage van kernenergie aan de aanpak van het klimaatprobleem.
2. Belemmerende factoren voor nieuwbouw van kerncentrales.
Publieksperspectie, de bouwtijd en de financiering zijn de belangrijkste.
3. Om daar op in te spelen wordt gewerkt aan:
 - a. flexibilisering van de kerncentrales zelf zodat op- en afschakelen tot 20% van de capaciteit mogelijk wordt,
 - b. flexibilisering in de toepassing door de geproduceerde warmte niet alleen in te zetten voor de productie van elektriciteit, maar ook voor productie van waterstof, methanol, stadsverwarming, raffinage, ontzilting e.d.,
 - c. Small Modular Reactors,
 - d. Standaardisatie en bouwen in serie met een kostprijsreductie tot 40 %.

Voor de uitvoering van de motie Yeşilgöz-Zegerius en Mulder is een buitenlandse consultant gevraagd om per 1 maart een beknopt rapport op te leveren dat het onderstaande verder zal onderbouwen. Dat rapport kunt u desgewenst met een brief vervolgens aanbieden aan de Tweede Kamer.

Ontvangen BBR



*rapport dat de problemen
niet één op één te maken
hebben met de oplossingen -*

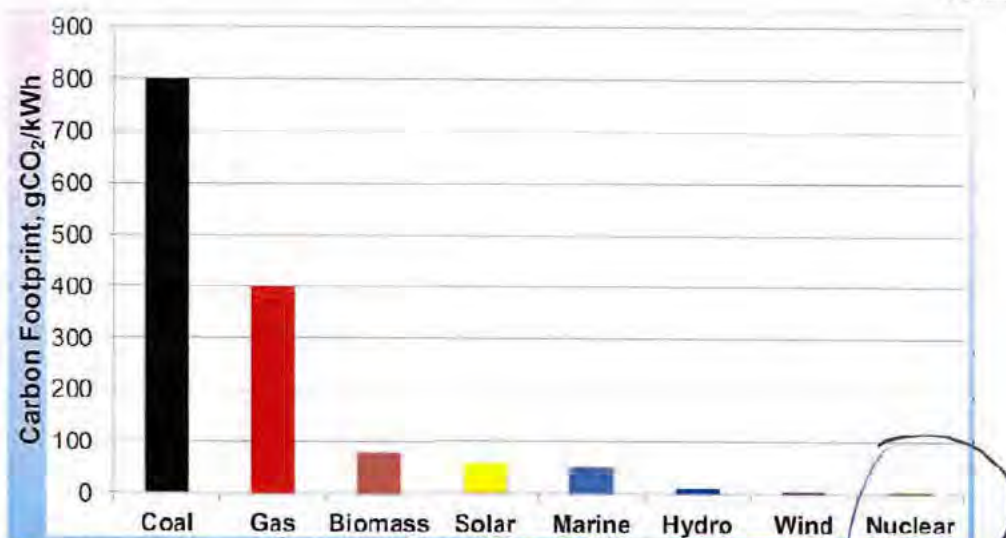
Toelichting

Ad 1 Bijdrage kernenergie aan de aanpak van het klimaatprobleem

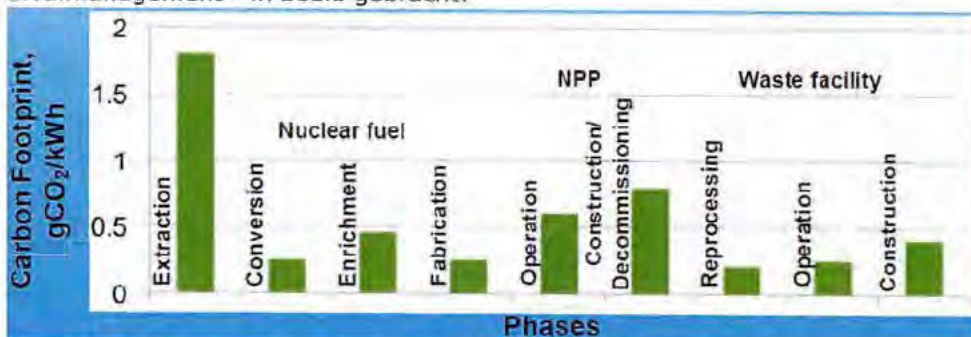
- Eenzijds wordt mondiaal een sterke groei verwacht van de vraag naar elektriciteit (50-75% in opkomende economieën). Anderzijds zal mondiaal 80% van het totale energieverbruik moeten worden opgewekt met koolstofarme bronnen om de klimaatdoelstellingen van Parijs te halen. Internationale organisaties (zoals IPCC, IEA IAEA, OECD-NEA) zijn van mening dat zonder kernenergie dit niet mogelijk is. De scenario's van deze organisaties voor 2050 gaan allemaal uit van een grote toename van het opgestelde vermogen voor kernenergie. Dit laat onverlet dat individuele landen een andere keus kunnen maken voor hun energiemix.
- De benodigde groei aan vermogen uit hernieuwbare bronnen loopt tegen beperkingen aan o.a. door de kosten van de benodigde overcapaciteit aan hernieuwbare bronnen om fluctuaties in elektriciteitsproductie te kunnen opvangen en het benodigde landoppervlak. Dat laatste is voor kernenergie veel minder dan voor wind of zonne-energie (zoals in onderstaand figuur is weergegeven voor 1800 MW).



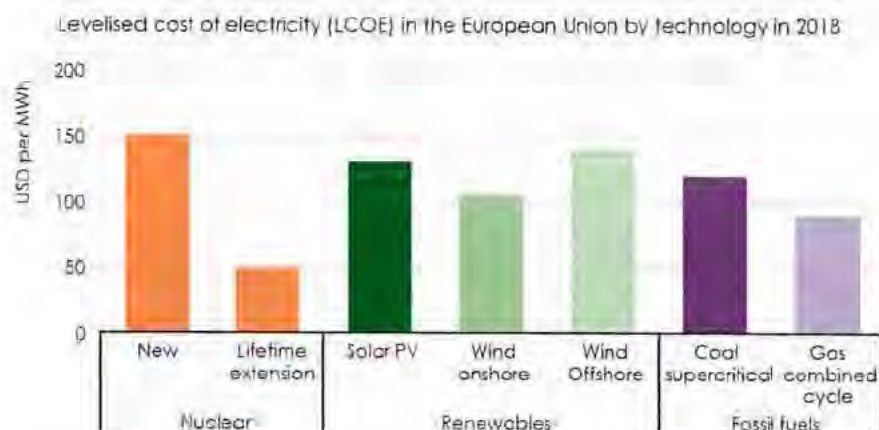
- Ook de scenario's voor een 'low carbon Europe' met 80% reductie van broeikasgassen in 2050 ten opzichte van 1990 gaan uit van een bijdrage van kernenergie in de EU variërend tussen de 4 en 22 % in 2050 (middenscenario 15 % kernenergie).
- Door OECD-NEA werd gesteld dat voor een kosteneffectieve en betrouwbare energievoorziening de variabele energiebronnen de 40-50% van het opgestelde vermogen niet zouden moeten overschrijden. Met 50-75% hernieuwbare bronnen is de productie van elektriciteit zeer moeilijk te managen.
- De bijdrage van kernenergie aan vermindering van CO₂ emissies vindt niet plaats in concurrentie met, maar in aanvulling op hernieuwbare energiebronnen.
- De potentiële bijdrage van kernenergie aan CO₂ reductie is aanzienlijk. In onderstaande figuren wordt weergegeven dat per geproduceerde kWh de CO₂ emissie van kernenergie vergelijkbaar is met die van wind en waterkracht en lager is dan bij zonne-energie. Dit is in lijn met een analyse van het IPCC.



- Daarbij is niet alleen naar de productie van elektriciteit met een kerncentrale gekeken maar is de gehele keten voor kernenergie - van de productie van splijtstof, de bouw van de centrale tot en met het afvalmanagement - in beeld gebracht.



- Onderstaande figuur laat zien dat verlenging van de levensduur van de huidige kerncentrales op korte termijn het meest kosteneffectief is. Verlenging van de levensduur heeft als voordeel dat een bestaande CO₂ arme energiebron blijft bijdragen aan het tegengaan van klimaatverandering, aan de leveringszekerheid en niet wordt vervangen door een CO₂ rijkere energiebron.



Ad 2 Belemmerende factoren voor de nieuwbouw van kerncentrales

- De publieke perceptie, de financiële risico's en de bouwtijd van nieuwe kerncentrales zijn belemmerende factoren.
- Echter, door in serie te bouwen kan een grote reductie van kosten en bouwtijd gerealiseerd worden. Dit heeft Frankrijk in het verleden laten zien. In de UK was de reductie in kosten meer dan 55% voor de tweede eenheid op dezelfde locatie.
- Zuid-Korea en China bouwen op dit moment ook weer kerncentrales in serie. Door samenwerking tussen eigenaar, ontwerper en bouwer, een 'proven design' en toepassen van 'best practices' is kernenergie daar wat betreft prijs concurrerend met zon en wind.
- De financiering van nieuwe kerncentrales is een van de meest belemmerende factoren voor nieuwbouw. Enkele malen werd opgemerkt dat het uitsluiten van kernenergie van duurzame financieringsstromen, zoals in het concept Taxonomy report van de EU dreigt te gebeuren, averechts werkt als het om het tegengaan van klimaatverandering gaat.
- Opgemerkt werd dat de publieke opinie lijdt onder een lange geschiedenis met negatief getoonzette informatie, onder een groot gebrek aan feitenkennis en een onvermogen om goed over de risico's te communiceren. Kerncentrales moeten veel meer als normale productiemethoden worden beschouwd.

Omdat de maatregelen bij een ongeval ook dezelfde zijn (ramen en deuren sluiten, afstand bewaren en in het ergste geval evacueren) werd ervoor gepleit om straling te beschouwen als 'just another unavoidable toxin' en om de kans op een ongeluk niet anders te behandelen dan andere gevaarlijke activiteiten.

Ad 3 Nieuwe ontwikkelingen zoals flexibele productie, small modular reactors en diversificatie in de inzet van de geproduceerde warmte

- Flexibiliteit – De variatie in elektriciteitsproductie met zon en wind vraagt met het oog op leveringszekerheid en piekbelasting van het net om flexibiliteit in de continue bronnen. Flexibiliteit wordt gezocht door:
 - Bestaande reactoren met een groot vermogen flexibeler te maken. In Frankrijk is ervaring met een kostenefficiënte reductie tot 20% van het nominale vermogen binnen een half uur. Daardoor kan dit goed gecombineerd worden met bijvoorbeeld wind op zee. Een daarop toegesneden ontwerp van een kerncentrale zal de aanpassing in vermogen nog eenvoudiger maken.
 - bouwen van kleinere eenheden (small modular reactors; SMR's) die desgewenst in serie geschakeld kunnen worden
 - de opgewekte warmte voor andere doelen in te zetten dan voor elektriciteitsproductie.
- Op veel plaatsen in de wereld wordt gewerkt aan SMR's. Er zijn tientallen modellen in ontwikkeling. Verwachte voordelen van SMR's zijn:
 - Door de kleine vermogens zijn de SMR's inherent veiliger en daardoor goedkoper (30% minder per kWh) dan grote centrales.
 - Door de kleinere vermogens, de kortere bouwzeiten (3 jaar) en het daarmee samenhangende kleinere financiële risico zijn de SMR's per eenheid waarschijnlijk eenvoudiger te financieren.
 - door in serie te bouwen in een fabriek worden de kosten per kWh verlaagd.
 - Toename van de veiligheid, omdat de kwaliteit makkelijker kan worden geborgd in de fabriek dan op locatie. (Na het bouwen worden de SMR's vervoerd naar de plaats van bestemming. Het gewenste aantal mWh kan worden bereikt door de SMR's in serie te schakelen.)
- Er ligt een belangrijke opgave bij de bevoegde autoriteiten. Het 'regulatory framework' moet wellicht waar nodig worden aangepast om verlenging van de levensduur en om efficiënte vergunningverlening voor SMR's mogelijk te maken. Samenwerking tussen bevoegde autoriteiten van landen zal de snelheid in vergunningverlening doen toenemen, daarmee de kosten verlagen en tegelijkertijd de veiligheid vergroten.
- Een derde ontwikkeling is diversificatie in de toepassing van de opgewekte energie. Onderzoek is gaande om de geproduceerde warmte ook in te zetten voor bijvoorbeeld olieraffinage, ontzwaveling, methanolproductie in de chemische industrie, in hoogovens, waterstofproductie, ontzilting. In China start in 2022 een demonstratieproject waarbij kernenergie wordt ingezet voor grootschalige stadsverwarming.
- Tijdens de conferentie kwam naar voren dat per kWh bij kernenergie:
 - de CO₂-emissie (van uraniumwinning tot eindberging van radioactief afval)
 - het aantal dodelijke slachtoffers
 - de kosten voor gezondheidszorg ten gevolge van schadelijke emissies
 - het ruimtegebruik
 het laagst is in vergelijking met andere energiebronnen.



Council of the
European Union

Brussels, 27 November 2019
(OR. en)

14235/19

ENER 504
RELEX 1063

INFORMATION NOTE

From:	General Secretariat of the Council
To:	Council
Subject:	Any other business Recent developments in the field of external energy relations - Information from the Commission

Delegations will find attached factual information on recent and upcoming events and developments relating to the item "Recent developments in the field of external energy relations" on the agenda of the TTE (Energy) Council on 4 December 2019.

a) EU-US Energy Council

The next meeting of the EU-US Energy Council is expected to take place in Washington in the early part of 2020, when the 10th anniversary is likely to be celebrated and the achievements to date acknowledged. Following the success of the May 2019 EU-US Energy Council Business to Business Energy Forum on Liquefied Natural Gas in Brussels, the US are very keen for this to be repeated in 2020 and for business-to-business forums to become a permanent fixture under the EU-US Energy Council.

On 22 October 2019, an EU-US High-Level Industrial Forum on Small Modular Reactors (SMR) was held in Brussels. This examined the challenges and opportunities associated with using Small Modular Reactors technologies as part of the future energy systems.

Working level meetings of the EU-US Energy Council also discussed the energy security situation with respect to Ukraine, gas security of supply in Europe, cybersecurity in the energy sector and the Partnership for Transatlantic Energy Cooperation (P-TEC).

During September and October 2019, the Commission services worked very closely together with EU Member State experts, the US Departments of State and Energy, a US National Laboratory, Natural Resources Canada and Ukraine on developing a new Winter Action Plan for Ukraine.

Buiten reikwijdte

5.1.2.e

8

NRG onderzoeksprogramma EVS 2016-2019

Management rapportage

VERTROUWELIJK



Nuclear. For life.

Buiten Reikwijdte

Buiten Reikwijdte

De opgebouwde kennis en expertise op het gebied van grootschalige lichtwaterreactoren en metaal-gekoelde reactoren wordt sinds een paar jaar ook gebruikt voor het uitvoeren van veiligheidsanalyses voor Small Modular Reactors (SMR). SMR is een generiek begrip voor een brede reeks aan reactortechnologieën. Met een beperkt vermogen tot circa 300 MW worden SMR beschouwd als een economisch aantrekkelijk alternatief voor de huidige generatie centrales zoals de EPR en de AP1000, met name vanwege de sterke reductie in investeringskosten en daarmee investeringsrisico. Een voorbeeld hiervan is het concept van het Zweedse bedrijf Lead-Cold. Dat werkt aan de ontwikkeling van kleine lood-gekoelde reactoren voor de

Figuur 2.6 Ruim 70 internationale experts discussiëren in Petten over de status en de toekomst van thermo-hydraulisch onderzoek voor metaalgekoelde reactoren (19-21 maart 2019).



levering van elektriciteit in afgelegen gebieden zoals in het Canadese poolgebied of voor de levering van elektriciteit en proceswarmte in het Verenigd Koninkrijk.

In 2018 is NRG een samenwerking met dit bedrijf gestart. NRG richt zich in deze samenwerking op het vervaardigen van een systeemcode model van de Arctische variant om daarmee veiligheidsanalyses te doen. Het model dat grotendeels in 2018 is gemaakt, is in 2019 op details aangepast, waarna de veiligheidsanalyses zijn gedaan en gerapporteerd. Daarnaast richt NRG zich met CFD analyses op het vaststellen van de mogelijkheden voor koeling door natuurlijke circulatie en van koelgedrag in een situatie waarbij 1 of 2 van de 8 koelsystemen niet functioneren met asymmetrische stromingsprofielen in de reactor als gevolg. Oorspronkelijk zou dit voor de Arctische variant gedaan worden waarvoor in 2018 een voorlopig model gemaakt was, maar op verzoek van LeadCold is halverwege 2019 besloten om deze analyses uit te voeren voor de Engelse variant. De nodige veranderingen aan het Arctische model zijn eind 2019 doorgevoerd en vervolgens zijn de genoemde analyses voor de natuurlijke circulatie en de asymmetrische koeling gestart. Deze analyses zullen eerste helft van 2020 afgerond en gerapporteerd worden.

Buiten Reikwijdte

Buiten Reikwijdte

3. Opbrengsten onderzoeksprogramma 2016-2019

3.1 INLEIDING

2019 markeerde het laatste jaar van het eerste, meerjarige (EVS) onderzoeksprogramma 2016-2019. Het initiatief tot een meerjarig programma lag destijds bij NRG met als doel de continuïteit en herkenbaarheid van het programma te vergroten. Met dit initiatief onderstreepte NRG ook het (blijvend) belang van nucleair onderzoek met het meerjarig EVS programma gepositioneerd als de 'maatschappelijke offerte op het gebied van toepassingen van kernenergie en kerntechnologie'. In de zomer van 2015 zijn gesprekken gevoerd met de leden van de EBC over de inrichting en agenda van een meerjarig onderzoeksprogramma. Enkele van de aanbevelingen en bevindingen destijds waren:

Buiten Reikwijdte

- Het belang van lange termijn onderzoek wordt bevestigd; met MSR en SMR zijn goede keuzes gemaakt.

Buiten Reikwijdte

Buiten Reikwijdte

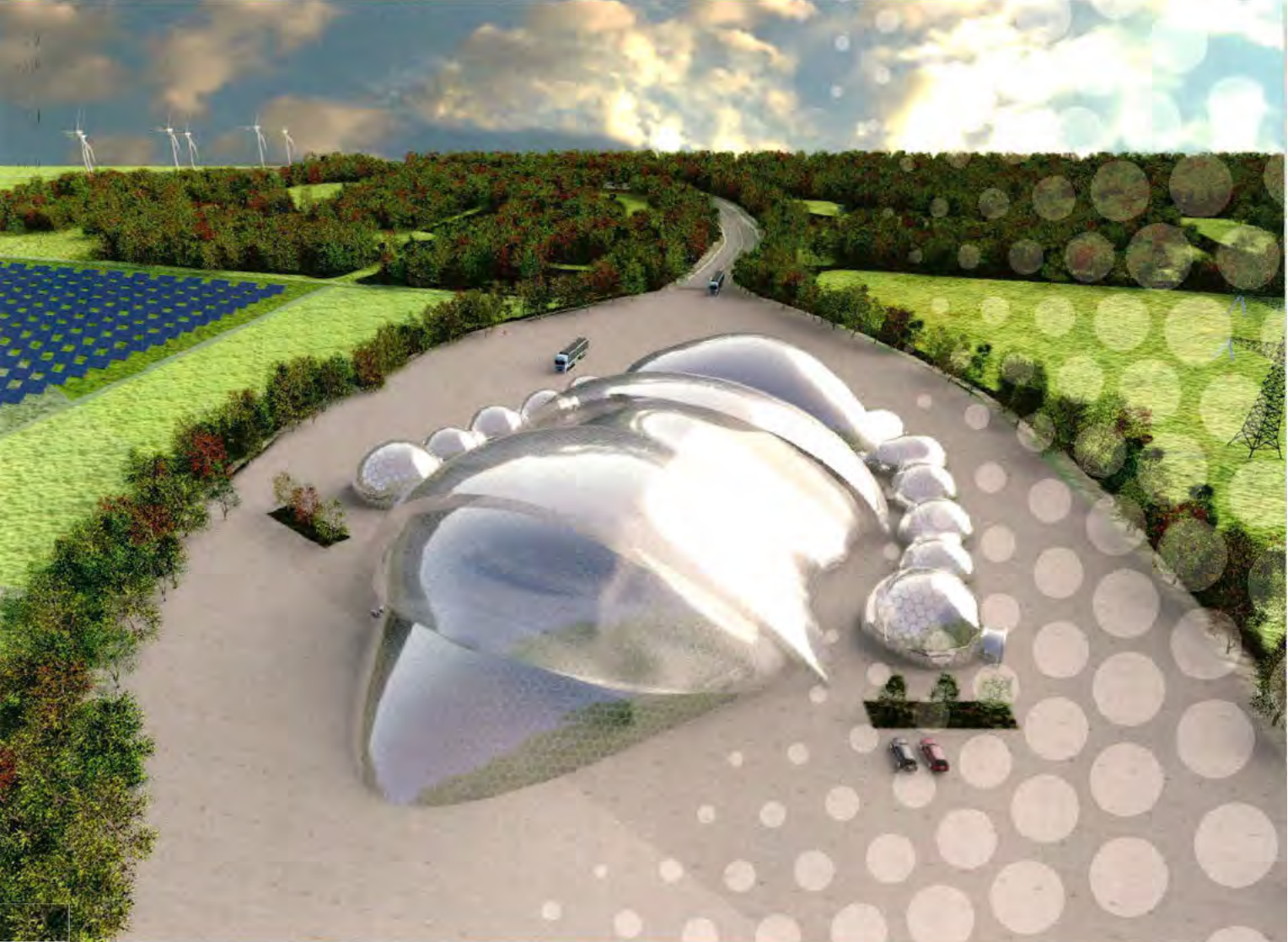
Buiten Reikwijdte

Het afgelopen programma was ook het eerste met expliciet aandacht voor de ontwikkelingen rond small modular reactors (SMR). Beschouwd als een veelbelovend concept door de nucleaire gemeenschap, en ook onderdeel van de Nederlandse roadmap voor kernenergie, heeft NRG bijgedragen met thermo-hydraulische analyses in samenwerking met verschillende partners waaronder Westinghouse. Daarbij wordt de aandacht in eerste aanleg gericht op de watergekoelde SMRs omdat deze op korte termijn als het meest kansrijk worden beschouwd. Op het gebied van geavanceerde SMRs draagt NRG binnen het Europese onderzoek bij aan de analyse en ontwikkeling van een gasgekoelde hoge temperatuur reactor. De thermo-hydraulische systeem analyse code SPECTRA die NRG hiervoor gebruikt wordt ook commercieel ingezet voor analyses aan de Chinese HTR-PM demonstratiereactor. Tenslotte is er sinds 2017 een actieve samenwerking met het Zweedse LeadCold voor de thermo-hydraulische analyse van verschillende van hun loodgekoelde SEALER concepten. Wederom wordt hiermee veel kennis en ervaring opgedaan ten aanzien van de modellering van zulke compacte systemen. Met LeadCold is NRG nu in gesprek om deze activiteiten in de toekomst mede te financieren

vanuit LeadCold middelen. Bovenstaande toont dat het onderzoek zich hoofdzakelijk richt op het modelleren van reactorsystemen. Kwalificatie van kandidaat-splijtstoffen aan de hand van bestralingsexperimenten gaat pas een onderwerp worden op het moment dat er meer duidelijkheid is over het definitieve ontwerp en de eisen die door de vergunninghouder gesteld zullen gaan worden.

Buiten Reikwijdte

Buiten Reikwijdte



9

PIONIER

NRG onderzoeksprogramma

2021-2024

In opdracht van Ministerie van EZK



NRG-24408/20.175271; 29 juni 2020

Nuclear. For life.

Opmerking: zoals vermeld in Tabel B zijn EZK (en RVO) de Nederlandse vertegenwoordigers in het programmacomité 'Fission' van Euratom. NRG heeft dus geen directe invloed op de inrichting van het Euratom onderzoeksprogramma. Op verzoek van EZK geeft NRG wel haar visie op de richting van het onderzoek en de concrete tekst van de *call* waarbij NRG ook concrete suggesties voor de definitieve tekst van de *call* doet.

4.2 BESTRALINGS-ONDERZOEK

Het streven naar reductie van CO₂ emissies heeft wereldwijd geleid tot hernieuwde interesse in kernenergie als onderdeel van de toekomstige energieportfolio. Studies en rapporten van onder andere de IAEA, de IEA en de OECD onderschrijven de bijdrage van kernenergie. Op de korte tot middellange termijn biedt bedrijfsduurverlenging de optie om het huidige productieniveau van bestaande kerncentrales zeker te stellen. Bestendiging van het aandeel kernenergie op de langere termijn vraagt echter om de bouw van nieuwe kerncentrales en de ontwikkeling van nieuwe, geavanceerde reactor technologieën. In een aantal landen heeft dit geleid tot nieuwe onderzoeksprogramma's die de introductie van deze nieuwe technologieën moeten faciliteren. Voorbeelden zijn onder andere het Advanced Modular Reactor programma in het Verenigd Koninkrijk, en de plannen van de DOE in de Verenigde Staten voor de bouw van de Versatile Test Reactor en het onderzoeksprogramma voor de ontwikkeling van o.a. metaalgekoelde reactoren en gesmolten zouttechnologie. In afwachting van de ontwikkeling en *deployment* van dergelijke innovatieve reactor technologieën wordt met name in Canada, de Verenigde Staten en het Verenigd Koninkrijk nadrukkelijk gekeken naar introductie van small modular reactors (SMR) op basis van bewezen lichtwatertechnologie.

De hernieuwde aandacht voor kernenergie heeft nog niet geleid tot een wezenlijk ander onderzoeksbeleid binnen het Europese onderzoeksprogramma van Euratom. Het

budget voor nucleair onderzoek in het nieuwe kaderprogramma Horizon Europe wordt niet verhoogd. Met de toegenomen kosten voor onderzoek en het gebruik van nucleaire faciliteiten betekent dit de facto een achteruitgang. Daarbij komt dat de toegang tot experimentele faciliteiten – onderzoeksreactor, hot cells – het laatste decennium verder afgenomen is na sluiting van onder andere OSIRIS in Frankrijk en de Halden reactor in Noorwegen.

Een gevolg van deze ontwikkeling is een nieuwe herschikking van het nucleaire R&D landschap waarbij middels nieuwe samenwerkingsverbanden de beschikbare middelen (financiën, faciliteiten) zo optimaal mogelijk ingezet worden door het definiëren van gezamenlijke, breed gedragen bestalingsprogramma's ter ondersteuning van nucleair onderzoek in met name Europa. Een voorbeeld is het Europese ORIENT-NM initiatief wat naar verwachting vanaf 2022 een leidende rol gaat spelen in de kwalificatie van nieuwe materialen en splijtstoffen. Een tweede belangrijke ontwikkeling is de aanstaande oprichting van het FIDES programma onder auspiciën van de OECD-NEA als vervolg op het Halden programma. Met de oprichting van dit programma dient het onderzoek ten dienste van de huidige generatie reactoren zeker gesteld te worden. Beide initiatieven voorzien dat experimenten in verschillende testreactoren uitgevoerd worden.

4.3 SAMENWERKINGEN

Op projectniveau kan wat betreft de samenwerkingsvormen een onderscheid gemaakt worden tussen gezamenlijk gefinancierde projecten en samenwerkingen op basis van in-kind bijdrages. Tabellen C, D, E geven een overzicht van de belangrijkste samenwerkingen.

Het belang van deelname aan betaalde (gecofinancierde) samenwerking zit onder andere in de mogelijkheid aanvullend budget te verkrijgen waarmee het programma aan omvang en impact wint maar waarmee ook de experimentele faciliteiten van NRG financieel gedekt kunnen worden. Het gaat hier in

gieën. Het uiteindelijk resultaat van het werk binnen het thema NMS is een (geïntegreerde) nucleaire numerieke toolkit voor verschillende disciplines en de ontwikkeling van kennis, training en ervaring van nucleaire experts. Hiermee wordt meer inzicht verkregen in conservatisme in numerieke modellering en simulatie; dit biedt de mogelijkheid tot meer operationele marge en daarmee economisch voordeel.

2.2 ONTWIKKELINGEN

Al sinds de opkomst van de computer hebben nucleaire ingenieurs, zonder het dusdanig te benoemen, NMS gebruikt om de werking en de veiligheid van nucleaire systemen te analyseren. Vanwege beperkingen in computerkracht werd dit oorspronkelijk gedaan in systeem codes. Aangezien een belangrijk deel van deze codes betrekking had op de koelsystemen, werden ze systeem thermo-hydraulische codes genoemd. Veel van dergelijke numerieke codes omvatten eenvoudige modellen voor de berekening van de nucleaire fysica in de kern en voor de afschatting van de integriteit van de pijpsystemen en het reactorvat. Gemeenschappelijk voor deze rekencodes is dat ze intensief gevalideerd zijn aan veelal integrale grootschalige experimenten en dat ze op een dusdanige manier worden ingezet dat ze conservatieve resultaten geven. Het vertrouwen in het gebruik van dit soort rekencodes onder ontwerpers en regelgevers is groot en ze worden daarom nog altijd veel gebruikt. Met de opkomst van meer geavanceerde rekentechnieken binnen de verschillende disciplines ontstaat de mogelijkheid om, nauwkeuriger en met minder onzekerheid, minder conservatief te rekenen hetgeen nieuwe mogelijkheden schept ten aanzien van veiligheidsanalyses en reactor ontwerp.

Binnen de verschillende disciplines worden steeds meer geavanceerde modelleer en rekentechnieken gebruikt. Dit vraagt nieuwe kennis en expertise van de nucleaire experts.

Daarnaast vormt het koppelen van deze meer geavanceerde technieken een uitdaging binnen NMS en voor de nucleaire experts. In het NRC onderzoeksprogramma 2020 is dit uitvoerig in beeld gebracht. Hiertoe lopen internationaal verschillende initiatieven. In de Verenigde Staten ligt de focus binnen het NEAMS¹ programma op het koppelen van codes in de hoogste resolutie categorie gebruik makend van *High Performance Computing*. Anderzijds focust het eveneens Amerikaanse CASL² op realisatie van een virtual reactor gebruik makend van medium tot hoge resolutie codes. In Japan loopt het ARKADIA³ programma waarin de doelen verbonden zijn met kennis- en competentiebehoud en met het vergroten van ontwerp efficiëntie. Zij werken aan een virtual plant analyse module waarbij gebruik gemaakt wordt van *artificial intelligence*. Ook in het Engelse *Nuclear Innovation Program* is er een prominente plaats voor *Digital Reactor Design* zoals zij het noemen. Daarmee streven zij naar de ontwikkeling van een geïntegreerde digitale nucleaire omgeving waarmee kern-energie betaalbaarder, betrouwbaarder en veiliger wordt. In ons eigen land wordt er bij de TU Delft gewerkt aan de Numerieke Nucleaire Reactor met een viertal pijlers: *multi-physics*, adaptief stralingstransport, numerieke reactorfysica, en proton therapie.

2.3 UITDAGINGEN

Codes binnen de verschillende disciplines moeten verder ontwikkeld en gevalideerd worden. Voorbeelden zijn:

- Het geschikt maken van 3D rekencodes binnen de discipline thermo-hydraulica voor meefasenstromingen zoals dit het afgelopen meerjarenprogramma gestart is.
- Het geschikt maken van bestaande (systeem) thermo-hydraulische codes voor geavanceerde reactortypen (SMRs en Gen-IV) inclusief de validatie van geavanceerde modellen, sterk afhankelijk van dikwijls schaars verkrijgbare referentie data.

1 Nuclear Energy Advanced Modeling and Simulation.

2 Consortium for Advanced Simulation of Light water reactors.

3 Advanced Reactor Knowledge and AI-aided Design Integration Approach through the whole plant lifecycle.

3. Nucleaire Veiligheid en Compliance (NVC)

3.1 INLEIDING

Nucleaire energie en technologie staan weer volop in de maatschappelijke belangstelling in verband met de klimaatdiscussie, CO₂-neutrale energieopwekking en het belang van nucleaire technologie voor de geneeskunde. Het vaststellen van de veiligheid van nucleaire installaties is een complexe taak mede door de veroudering van bestaande installaties, de ontwikkeling van nieuwe generatie reactoren zoals Small Modular Reactors (SMR) en totaal nieuwe concepten zoals de gesmolten zout reactor. Verder stelt de maatschappij steeds hogere eisen aan de veiligheid en de onderbouwing ervan. Fukushima heeft geleerd dat installaties ook

tegen zeer extreme omstandigheden, en combinaties daarvan, bestand moeten zijn. Om de veiligheid op een verantwoorde wijze te kunnen blijven beoordelen en waarborgen, moeten ook de methodieken voor veiligheidsanalyses mee ontwikkelen. Het programma Nucleaire Veiligheid en Compliance (NVC) beschrijft de beoogde ontwikkelingen en kennisvernieuwing op het gebied van veiligheidsanalyses in de periode 2021-2024.

Figuur 3.1 schetst het veld van Nucleaire Veiligheid en Compliance met als doel het verbeteren van de veiligheid, betrouwbaarheid en efficiëntie van bestaande en nieuwe nucleaire faciliteiten. Dit vraagt om verbeterde methodieken die rekening houden met

Figuur 3.1
Het veld van Nucleaire Veiligheid en Compliance



Brand is een belangrijk risico in nucleaire installaties. Op het gebied van brand, brandverspreiding en brandmodellering is al veel onderzoek uitgevoerd. Er blijven echter specifieke onderwerpen waarop kennis en informatie beperkt is en die een waardevolle bijdrage kunnen leveren aan het inschatten en kwantificeren van de brandrisico's. Voorbeelden zijn inzicht in de relatie brandlast-brandduur, opzetten van een database met brandstatistieken en specifieke voorwaarden voor brandontwikkeling om uiteindelijk tot een betere probabilistische onderbouwing van de brandrisico's te komen.

Naast de techniek is de mens een belangrijk factor in veiligheid. In dit werkveld zijn significante ontwikkelingen gaande die meer inzicht geven in het menselijk falen en de factoren die daarop invloed hebben. Er zijn echter verschillende opties hoe deze kennis moet worden meegenomen in de (probabilistische) veiligheidsanalyses. Elke optie heeft zijn eigen voor- en nadelen. Gezien het belang van menselijk falen op het gehele risicoprofiel is het goed adresseren van de menselijke factor in de veiligheidsanalyses noodzakelijk.

3.3 UITDAGINGEN

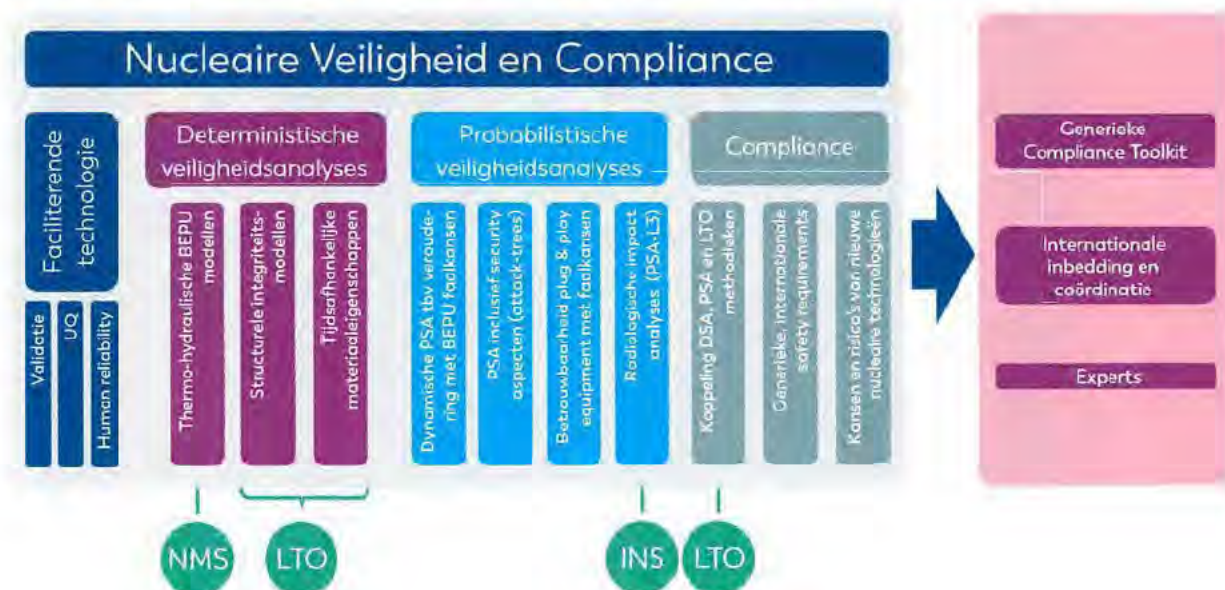
Om nieuwe vragen op het gebied van NVC adequaat te kunnen behandelen is het essentieel de basiskennis op het gebied van veiligheidsanalyses (en onderliggende disciplines) in Nederland op peil te houden. Waar mogelijk moet die kennis in samenwerking met internationale organisaties en partijen, verder ontwikkeld worden om ook in de toekomst de veiligheid van bestaande en nieuwe nucleaire installaties efficiënt en effectief te kunnen beoordelen en het vergunningsverleningsproces te kunnen optimaliseren. De focus ligt daarin op meer realistische, levende modellen die rekening houden met veranderende situaties, leren van opgedane ervaringen en daarmee in staat zijn een 'continu' en accuraat beeld te geven van de actuele veiligheidssituatie.

Verbeteringen die moeten worden doorgevoerd en gevalideerd, zijn onder andere:

- Deterministische veiligheidsanalyses (DSA):
 - meer realistisch modelleren en nauwkeuriger zicht op operationele en veiligheidsmarges (middels BEPU), in kaart brengen en vaststellen van onzekerheden en modelvalidatie;
 - structurele analyse van systemen gericht op materiaaldegradatie en verouderingsgedrag;
 - koppeling van veiligheidsanalyses met long-term-operations programma's waardoor effecten van veroudering in DSA (faalgedrag, ongevallen) en PSA (faalkansen) kunnen worden meegenomen, analyses dynamisch gemaakt en tijdsafhankelijke effecten meegenomen kunnen worden.
- Probabilistische veiligheidsanalyses (PSA):
 - meer dynamische PSA: niet-statische gebeurtenissenbomen, 'levende' faalkansen;
 - koppeling security en veiligheid;
 - faalkansen en betrouwbaarheid van *Plug & play equipment* zoals steeds vaker in de nucleaire wereld wordt toegepast;
 - 'brand' database opzetten, invloed brandmaatregelen bepalen, verbeteren inzicht in reëte brandlast-brandduur.
- In stand houden en actualiseren van de kennis m.b.t. risicomodellering van radiologische impact op de omgeving, o.a. in relatie nieuwe guideline PSA-L3.
- Compliance:
 - beoordelingskaders voor multi-unit reactor sites (bv. SMR's) waarin interactie en domino-effecten worden geadresseerd in veiligheidsanalyses en -beoordelingen;
 - internationale afstemming en coördinatie van veiligheidseisen door actieve deelname in European Utility Requirements (EUR);
 - inventariseren en beoordelen van technologische, economische, en veiligheidstechnische kenmerken van de bestaande en nieuwe nucleaire technologieën ter ondersteuning van beleid.
- Stroomlijnen *Human Reliability* analysemethoden om de subjectieve beoordeling en interpretatie door de risico-analist te minimaliseren.

Figuur 3.2

Schematische weergave van het programma Nucleaire Veiligheid en Compliance en de verbanden met andere onderzoeksthema's



Een deel van deze uitdagingen is het interdisciplinair koppelen van kennis in specifieke codes of het koppelen van verschillende codes met verschillende resoluties.

3.4 ONDERZOEK

Figuur 3.2 toont de breedte van het NVC werkveld; een toegepast werkveld waarin enerzijds nieuwe, fundamentele kennis over modellen en fysische fenomenen een rol speelt en anderzijds goed moet worden aangesloten op de behoeftes van, en de concrete ontwikkelingen die in de praktijk spelen bij operators, ontwerpers en de vergunningverlenende instanties. De fundamentele technologische ontwikkelingen worden gevolgd vanuit de literatuur, middels deelname aan internationale samenwerkingsprojecten binnen o.a. de EU, IAEA, OECD en EUR en vanuit directe werkrelaties met andere nucleaire organisaties.

Met het onderzoek wordt aangesloten bij het *Man-Technology-Organization* programma van Halden. Die verbinding zorgt voor verdere verdieping van het onderzoek t.a.v. onder andere SMR's, PSA en *human performance*. Ook de ANVS heeft haar interesse getoond in dit programma, terwijl onderwerpen als

digital I&C & Systems en *human performance* ook zeer relevant zijn voor PALLAS. De specialistische kennis op deze (vaak hybride) vakgebieden is langs andere wegen vaak lastig te ontsluiten. Met lidmaatschap wordt een netwerk ontsloten met experts uit alle geledingen, gericht op onder andere kennisuitwisseling en *peer-review*.

Validatie van de modellen en codes is en blijft daarbij een cruciaal onderdeel. Goede validatiedata is beperkt beschikbaar. Daarom wordt in EU-projecten zoveel mogelijk aangesloten bij benchmark-studies waarin modelresultaten onderling worden vergeleken en op elkaar afgestemd. NRG doet ook metingen in de eigen reactor en genereert op die manier referentiedata voor specifieke nucleaire toepassingen.

De koppeling van modellen of modeluitkomsten bieden goede verbetermogelijkheden. Zo kunnen voor het faalgedrag van componenten of systemen, hoge resolutie modellen als CFD- en FEM- codes waardevolle input genereren voor de meer laagresolutie, engineering en veiligheidsmodellen in systeemcodes als RELAP, TRACE en SPECTRA.

Voor het Compliance deel wordt onderzocht in hoeverre de verschillende analyse-methodieken op elkaar kunnen worden afgestemd waardoor analyseresultaten en gegevens eenvoudiger gebruikt kunnen worden voor verschillende compliance doeleinden (o.a. vergunningsverlening, LTO, 10-EVA's, IAEA-missies). Daarnaast wordt o.a. via EU projecten de kennis over nieuwe ontwikkelingen (waaronder Gen IV, SMR, MSR) op peil gehouden waardoor er beter inzicht ontstaat in de technische, veiligheids- en economische kenmerken daarvan. Deze kennis is van belang bij regelgeving en/of vergunningverlening over bijvoorbeeld *multi-unit sites*.

Om te zorgen dat de technologische mogelijkheden voor modelverbeteringen blijven aansluiten op de behoeftes van de gebruikers zullen de gedetailleerde onderzoeksvragen in samenspraak met de gebruikers worden opgesteld en zullen de uitkomsten van het programma regelmatig worden gedeeld met de stakeholders.

3.5 OPBRENGSTEN

De resultaten van het programma 2021-2024 leiden tot een verbeterde compliance toolkit die overheid en nucleaire operators ondersteunt in het optimaliseren van de veiligheid voor bestaande installaties, het maken van technologische keuzes voor nieuwe installaties, kiezen van geschikte locaties en het leveren van een goede onderbouwing naar de maatschappij over de opbouw, grootte en onzekerheden van de gevaren en risico's. De opgebouwde kennis en ervaring is daarmee ook relevant voor de voorbereidingen op en de toekomstige operatie van PALLAS.

Concreet worden voor de radiologische impact op de omgeving bestaande modellen als COSYMA/MACCS en Nudos2 gevalideerd tegen de nieuwe ANVS handreiking niveau 3 PSA.

belang om op al deze gebieden competenties te onderhouden en te blijven innoveren, vooral ook om onderscheidend te blijven ten opzichte van andere onderzoeksreactoren.

4.2 ONTWIKKELINGEN

Het testen en kwalificeren van splijtstoffen en materialen in onderzoeksreactoren speelt een essentiële rol bij het verbeteren van hun inzetbaarheid en betrouwbaarheid. Bij structurele materialen zoals (reactorvat)staal is het doel voornamelijk levensduurverlenging van bestaande reactoren, zoals beschreven in hoofdstuk 1 (LTO). F&M-tests zijn ook onmisbaar bij het ontwikkelen van nieuwe reactoren (zie hoofdstuk 7, INS).

Dit hoofdstuk richt zich op F&M voor de huidige generatie reactoren (Generatie-II/III/III+). In deze markt zijn een aantal ontwikkelingen te zien. Ten eerste is de belangrijkste leverancier van splijtstofbestralingen, de Halden-reactor, in 2018 gesloten. Voor vergelijkbare diensten moet nu uitgeweken worden naar de weinige onderzoeksreactoren die nog over zijn: de ATR in Idaho (VS), de BR2 in België en de HFR in Petten, en daarnaast de BOR-60 en MIR reactoren in Rusland. Het multilaterale programma FIDES van de OECD/NEA is de beoogde opvolger van het Halden-programma. FIDES zal gebruik maken van de genoemde reactoren en van de toekomstige Jules Horowitz Reactor in Frankrijk. Dit biedt nieuwe kansen voor Petten, die versterkt kunnen worden door gebruik van kennis van de operator van de Halden reactor, het Noorse Institutt for Energiteknikk (IFE), met name op het gebied van instrumentatie.

Ten tweede wordt de bestralingsmarkt langzamerhand meer gespecialiseerd en worden binnen de specialisatie steeds scherpere eisen gesteld. Een groeimarkt is de ontwikkeling van Enhanced Performance Fuel (EPF, voorheen Accident Tolerant Fuel). Oorspronkelijke drijfveer voor deze ontwikkeling was het voorkomen of vertragen van waterstofproductie en het in stand houden van een koelbare geometrie in

ernstige-ongevalsscenario's zoals Fukushima. Ondertussen is duidelijk geworden dat de verbeteringen in splijtstofontwerp voor industrie-brede acceptatie vertaalbaar moeten zijn naar economische voordelen voor de *utilities*; vandaar de huidige nadruk op 'enhanced performance' ten opzichte van 'accident tolerant'.

De EPFs zijn in te delen in twee categorieën. De meer 'evolutionaire' aanpassingen van bestaande materialen zullen worden gekwalificeerd door *Lead Test Rods* in vermogensreactoren; testreactoren zoals de HFR zijn dan alleen nodig om ongevals-scenario's te simuleren met drukwater-loops, waarover de HFR niet beschikt. De eerste producten in deze categorie komen al binnen enkele jaren op de markt. Voor PWRs (waaronder Borssele) gaat het dan om de chromia- UO_2 pellets en chroom-coatings op zircaloy cladding van Framatome (www.nextevolutionfuel.com), waarvan de commerciële productie naar verwachting in 2025 start, en een soortgelijk product van Westinghouse (www.westinghousenuclear.com/about/news/features/view/enhancing-safety-the-pursuit-of-accident-tolerant-fuel, commerciële productie in 2022-2026).

Voor de meer 'revolutionaire' EPF-concepten met compleet nieuwe materialen zoals keramische (SiC-SiC) cladding en silicide (U_3Si_2) of nitride (UN) splijtstof is vaak meer fundamentele R&D nodig, waarbij data wordt geproduceerd voor model-validatie. Hiervoor zijn de HFR en in de toekomst PALLAS zeer geschikt. Dit is de reden dat de focus in Petten ligt bij *separate effects tests* in combinatie met nabestralingsonderzoek, zoals splijtstofkruip, pellet-clad interactie en effecten van stralingsschade aan de cladding. Commerciële productie in deze categorie wordt niet verwacht voor 2030.

Tenslotte heeft Oak Ridge National Lab in de Verenigde Staten recentelijk een model van een complete Small Modular Reactor (SMR) geproduceerd met een 3D-print techniek; veel andere partijen zijn bezig met zulke innovatieve productietechnieken, waaronder een consortium van industrie

rond het Advanced Manufacturing Research Centre in Groot-Brittannië. Na succesvol opschalen kan 3D-printen worden gebruikt voor serieproductie van niet alleen SMR-reactorvaten maar ook componenten zoals *channel boxes* en revolutionaire EPF concepten. De vraag is daarbij of 3D-geprinte materialen net zo stralingsbestendig zijn als hun met traditionele methoden vervaardigde alternatief.

4.3 UITDAGINGEN

De uitdagingen voor de markt als geheel kunnen als volgt worden samengevat:

- Ontwikkeling en kwalificatie van EPFs op basis van evolutionaire ontwikkeling van bestaande ontwerpen met als doel:
 - verlengen van reactorcycli (UO_2 met >5% verrijking);
 - reduceren van negatieve effecten van waterstofopname in de cladding op mechanische eigenschappen (coatings op zircaloy, FeCrAl staal);
 - verbeteren van flexibele operatie, load following (splijstoftoevoegingen om pellet-clad interactie te verlagen).
- Ontwikkeling en kwalificatie van EPFs op basis van revolutionair gebruik van nieuwe materialen, met als doel om de veiligheid in ernstige ongevalsscenario's te verbeteren, bij voorbeeld: SiC-SiC keramische composieten als claddings, splijstofpellets die splijstofproducten vasthouden bij hoge temperaturen (microcell-splijstof, TRISO).
- Bevestiging dat geavanceerde fabricagemethoden zoals 3D-printen het in-reactor gedrag niet nadelig beïnvloeden ten opzichte van huidige methoden.

Voor succes in dit veld is het voor NRG vooral belangrijk om 1) de verbinding met de markt voor bestaande reactoren te behouden en verbeteren, 2) intern de kennis en kunde in het veld van analytische bestralingen te verbeteren, met name op de gebieden instrumentatie en nabestralingsonderzoek (PIE), 3) contact maken met ontwikkelaars van nucleaire geavanceerde fabricage, en 4) zich zorgvuldig voor te bereiden op de overgang naar PALLAS.

Ad 1)

De internationale inbedding kan verbeterd worden door zichtbare bijdragen te leveren aan het FIDES programma van de OECD-NEA, dat start in 2021. De activiteiten binnen het EZK-programma maken deze bijdragen mogelijk. Gesprekken met internationale partners over het opzetten van een joint project binnen het FIDES programma zijn gaande.

Ad 2)

De huidige focus op kennis en competenties binnen het onderzoeksprogramma, kan worden versterkt door het opdoen van complementaire kennis middels samenwerking met andere onderzoeksorganisaties (waaronder IFE in Halden).

Ad 4)

Het F&M-onderzoek in Petten beweegt zich vanaf het programma 2021-2024 richting PALLAS. De PALLAS-reactor is het meest geschikt voor splijstofbestralingen en eventueel een aantal specifieke *separate effects tests* op het gebied van diffusie-gerelateerde veroudering in materialen, en (ten opzichte van de HFR) minder voor algemene materiaalveroudering. NRG heeft alle competenties in huis om de mogelijkheden van PALLAS in kaart te brengen, een surveillance-programma op te zetten, de verdeling van flux en warmtevelden in en rond de kern te meten en de benodigde bestralingsfaciliteiten te ontwerpen. In samenwerking met PALLAS kan het ontwerp van zulke faciliteiten al starten in de periode 2021-2024, afhankelijk van verdere ontwikkelingen.

7. Innovatieve Nucleaire Systemen (INS)

7.1 INLEIDING

Het thema innovatieve nucleaire systemen van NRG sluit aan bij de 'Roadmap voor de rol van Kernenergie binnen een CO₂-vrije Energievoorziening in Nederland' (in het vervolg: Roadmap) van de Vereniging Nucleair Nederland (2017). Hierin zijn, op basis van de verschillende functies die een nucleair systeem kan hebben, keuzes gemaakt uit de internationale Generatie IV concepten⁴ voor innovatieve opties en technologieën:

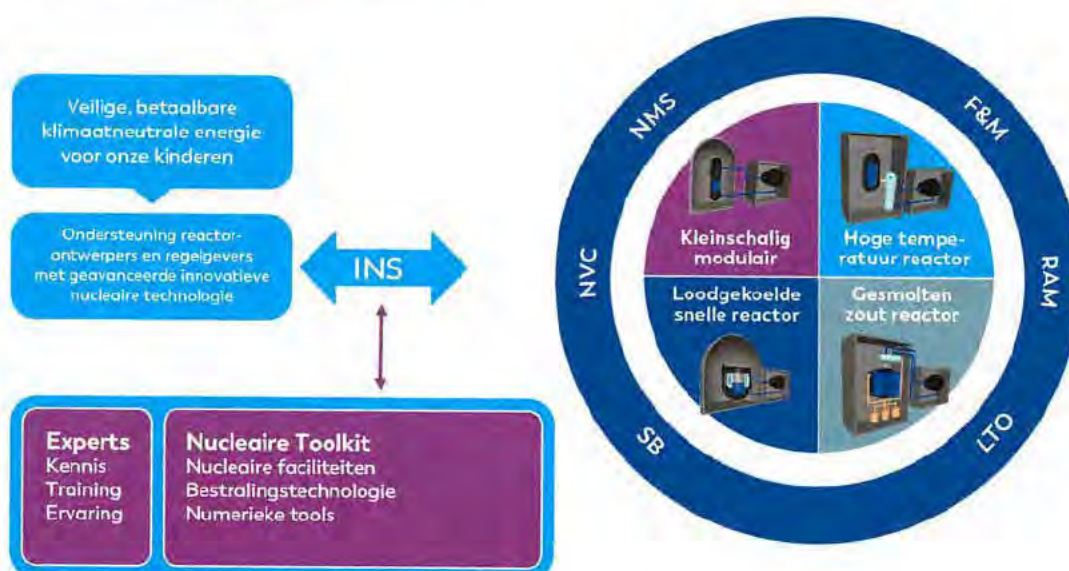
- de inzet van kleinschalige modulaire reactoren,
- de inzet van nucleaire warmte-kracht voor de procesindustrie,
- de inzet van reactoren met een gesloten splijtstofcyclus.

Die aansluiting vertaalt zich in onderzoek aan een viertal reactortechnologieën met bijdragen uit de andere thema's (Figuur 7.1), gericht op de ontwikkeling van geavanceerde bestralingsconcepten en numerieke tools

⁴ De zes bekende concepten van Generatie IV zijn geselecteerd na een zorgvuldig evaluatieproces uit bijna honderd ingediende concepten.

Figuur 7.1

Het veld van Innovatieve Nucleaire Systemen



waarmee NRG zich internationaal weet te onderscheiden.

De keuze die NRG hiermee maakt sluit goed aan bij ontwikkelingen in Europa (Euratom en SNE-TP) en de USA⁵. In Europa onderscheidt het Verenigd Koninkrijk zich met een eigen strategie in het Nucleair Innovation Program waarin veel aandacht is voor watergekoelde SMRs en waarbij binnen de 'Advanced Modular Reactor Feasibility and Development Study' het accent ligt op HTR, MSR, SFR, LFR (en fusie), i.e. in lijn met de keuze die NRG maakt. Deze ogenschijnlijk brede benadering vindt zijn oorsprong in de overweging dat NRG niet gaat bepalen welk reactorsysteem er in de toekomst gebouwd gaat worden. De rol van NRG is breder. Met haar specifieke competenties en faciliteiten kan NRG in samenwerking met nationale en internationale partijen ontwikkelingen verder helpen. Daarbij richt NRG zich met name op (generieke) veiligheidsanalyses en experimenteel bestralingsonderzoek voor de kwalificatie van materialen.

Deze innovatieve nucleaire systemen richten zich op verhoogde veiligheid, betere economie, en grotere beschikbaarheid middels:

- passieve veiligheid: het uitsparen van dure actieve veiligheidssystemen (SMR-LWR, HTR, LFR, MSR);
- een lage systeemdruk waarmee het risico van verspreiding van activiteit naar de omgeving geminimaliseerd wordt en de bouwkosten verlaagd kunnen worden (LFR, MSR);
- continue operatie waarmee de beschikbaarheid van de reactor verhoogd wordt en daarmee de uitbating goedkoper (HTR, MSR);
- hoge temperatuur voor een hogere efficiëntie, en het leveren van warmte aan procesindustrie of aan een warmte-opslag (HTR, LFR, MSR).

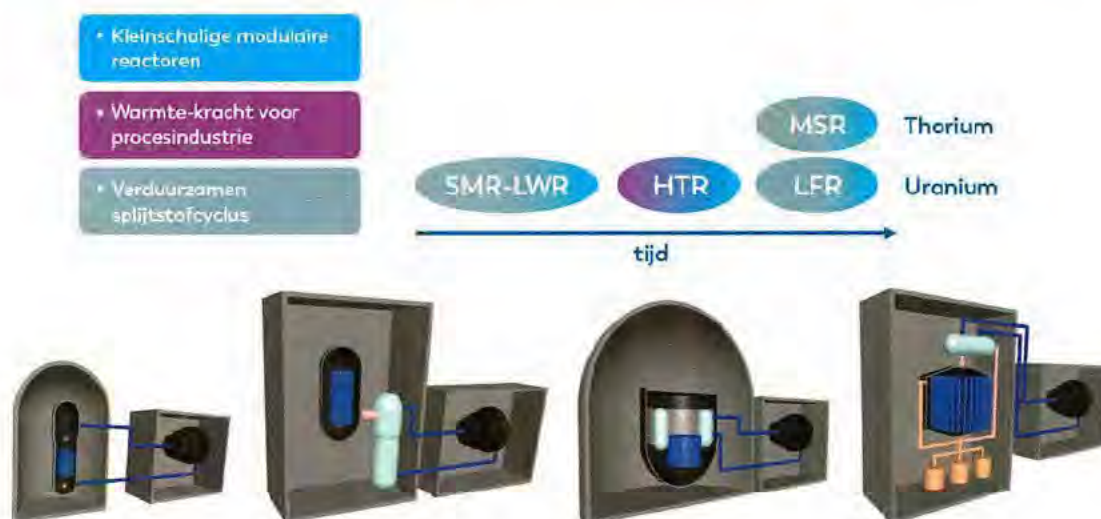
(Zie het programma voor 2020 voor een uitgebreide beschrijving).

NRG draagt bij met de onderzoek naar het gedrag van innovatieve splijtstoffen en materialen en met de ontwikkeling en validatie van geavanceerde simulatiemethodieken. De bijdrage vertaalt zich in cruciale nieuwe experimentele bestralingsdata en de inzet van geavanceerde numerieke tools voor ontwerpondersteuning en veiligheidsbeschouwingen.

⁵ <https://www.energy.gov/ne/downloads/infographic-advanced-nuclear-101>

Figuur 7.2

Drie innovatieve nucleaire technologieën uit de Roadmap vertegenwoordigd door een viertal innovatieve reactortypen en hun beschikbaarheid uitgezet tegen de tijd



5.1.2.e

Van: 5.1.2.e
Verzonden: woensdag 16 september 2020 09:35
Aan: 5.1.2.e
Onderwerp: Wob besluit 5.1.2.e /Berenschot
Bijlagen: Wob_besluit 5.1.2.e -_Berenschot.pdf; 2019-09-20 Rapport Onderzoek herziening beleids- en subsidiekader NRG_Geredigeerd.pdf

Geachte 5.1.2.e

Het besluit m.b.t. uw Wob-verzoek, dat u heeft gedaan per email d.d. 11 juni 2020 inzake het onderzoeksrapport Berenschot, is 15-09-2020 ondertekend.

Hierbij zend ik u het besluit, bijbehorende inventarislijst en het document (in kopie).

Graag ontvang ik van u een bevestiging dat u de stukken in goede orde heeft ontvangen.

Het besluit (geanonimiseerd) en de documenten worden binnen enkele dagen op Rijksoverheid.nl geplaatst.

Vriendelijke groet,

5.1.2.e

5.1.2.e

Directie Elektriciteit / DG Klimaat en Energie
 Ministerie Economische Zaken en Klimaat
 Bezuidenhoutseweg 73
 Postbus 20401
 2500 EK Den Haag
 Tel. 06 5.1.2.e



TER ONDERTEKENING

Aan
de Minister van Economische Zaken en Klimaat

5.1.2.e

Directoraat-generaal Klimaat
en Energie

Directie Elektriciteit

Auteur

5.1.2.e

5.1.2.e

5.1.2.e @minezk.nl

Datum

8 februari 2021

Kenmerk

DGKE-E / 20276858

Bhm: 21026729

Kopie aan

5.1.2.e

Elektriciteit

Bijlage(n)

nota

Informatie over thorium onderzoek - toezegging lid
Baudet

Parafenroute

5.1.2.e

5.1.2.e

Aanleiding

- Tijdens het notaoverleg Klimaat en Energie dd. 7 oktober jl. heeft uw voorganger toegezegd de Kamer te informeren over de stand van zaken rondom onderzoek naar thorium en hoe de financiering daarvan verloopt, naar aanleiding het pleidooi van lid Baudet om een internationaal thorium onderzoekscentrum in Petten te concentreren en daar middelen voor vrij te maken.
- Met deze brief informeert u de Tweede Kamer.

Advies

Indien u het eens bent met de conceptbrief wordt u verzocht deze te ondertekenen.

Kernpunten

- De thorium reactor is een vorm van kernenergie met minder radioactief afval en een hogere veiligheid ten opzichte van de huidige kernreactoren.
- In deze brief geeft u aan dat kernenergie een rol kan spelen na 2030 en het niet wordt uitgesloten als onderdeel van de energiemix. De technologische ontwikkeling van de thorium reactor is echter nog niet zo ver is dat marktintroductie vóór 2040 wordt verwacht.
- EZK draagt aan thorium-onderzoek bij via een onderzoekssubsidie aan de Nuclear Research & Consultancy Group (NRG) in Petten. Het deel van de subsidie dat NRG in de periode van 2014-2020 aan thorium-onderzoek heeft besteed was bijna 6,5 mln. euro. Daarnaast is in 2020 een Vroegefasefinanciering (VFF) van 3,5 ton verstrekt aan de start-up Thorizon.
- De Tweede Kamer is via mondelinge antwoorden tijdens algemeen overleggen op de hoogte dat er vanuit de overheid thorium onderzoek wordt gefinancierd maar op de specifieke details is niet ingegaan.

Ontvangen BBR



Subfiche kernenergie

Inleiding

Voorgaande kabinetten hebben ambitieus ingezet op het CO₂-vrij opwekken en gebruiken van energie. Om de energietransitie en verdere elektrificatie van de samenleving mogelijk te maken werd geen CO₂-arme energiebron bij voorbaat uitgesloten: ook kernenergie niet. Kernenergie kan een bijdrage leveren aan de energietransitie omdat het CO₂-arm is en regelbaar vermogen kan leveren. Grote internationale organisaties (IPCC, IEA, OECD-NEA, IAEA, MIT) zien kernenergie dan ook als complementair aan zonne- en windenergie¹.

Voor kernenergie zijn de volgende scenario's denkbaar:

- Verlengen bedrijfsduurverlenging Borssele na 2033 (al dan niet in combinatie met)
- de realisatie van nieuwe kerncentrale(s).

De volgende punten zijn van belang:

- De technische en economische haalbaarheid van bedrijfsduurverlenging van de kerncentrale Borssele voor de periode na 2033 dient verder onderzocht te worden.
- Ook worden stappen gezet om de Kernenergiewet aan te passen om bedrijfsduurverlenging van Borssele mogelijk te maken, indien dat laatste technisch en economisch haalbaar is.
- Op dit moment is er geen businesscase voor nieuwe kernenergie.
- Als uitvoering van een motie in de Tweede Kamer wordt momenteel in opdracht van het ministerie van EZK een marktconsultatie uitgevoerd door consultancybureau KPMG naar de vraag onder welke voorwaarden marktpartijen bereid zijn te investeren in kerncentrales in Nederland, welke publieke ondersteuning daarvoor nodig is en in welke regio's er belangstelling is voor de realisering van een kerncentrale. Het eindrapport wordt naar verwachting in juli 2021 naar de Tweede Kamer gestuurd.
- Indien de uitkomsten van deze marktconsultatie daarvoor aanleiding geven, kunnen verdere stappen worden gezet gericht op besluitvorming, waaronder een aanpak van geïdentificeerde knelpunten voor een businesscase en oplossingsrichtingen; een zogenaamde haalbaarheidsstudie. Hierbij hoort ook een scenariostudie om na te gaan hoe kernenergie inpasbaar is met de diverse CO₂-vrije regelbare energiebronnen.
- Voor de periode tot 2030 kan nieuwe kernenergie geen substantiële extra bijdrage leveren aan de klimaatdoelstellingen, gelet op de jaren die nodig zijn voordat een nieuwe kerncentrale operationeel is. Maar vanaf 2030 kunnen nieuwe kerncentrales wel een rol spelen bij het realiseren van de CO₂-doelen richting 2050.
- Zonder draagvlak in maatschappij en langjarig commitment vanuit Rijks- en decentrale overheid en politiek is kernenergie moeilijk of niet realiseerbaar.
- Het beleid rondom radioactief afval staat in de bijlage.

Aanleiding en probleemanalyse

Op dit moment is er geen positieve businesscase voor realisatie van nieuwe kernenergie, omdat:

- ✓ de grootste kostenpost bij de bouw tot wel 60 % bestaat uit de kapitaallasten c.q. financieringskosten. De gewogen gemiddelde investeringskosten (WACC) (waaronder de rente waartegen gedurende de bouw geld kan worden geleend), zijn zeer bepalend voor de businesscase en veel ongunstiger dan bijvoorbeeld bij wind op zee. De WACC voor kernenergie

¹ ENCO rapport: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/09/22/possible-role-of-nuclear-in-the-dutch-energy-mix-in-the-future>

(7-8 %) is het dubbele van de WACC waarmee zonne- en windenergieprojecten worden gerealiseerd (3-4%)²;

- ✓ vanwege de grote investering dient een kerncentrale meer dan 75 % van de tijd operationeel te zijn om rendabel te zijn voor elektriciteitsproductie, productie van waterstof, stadsverwarming, voor hitte en/of stoom in de procesindustrie;
 - ✓ Weersafhankelijke bronnen als zon en wind zijn niet regelbaar en drukken, bij een ruim aanbod van zon en wind, kernenergie nu weg in de zogenaamde merit order (volgorde van verdiensten/afschakelen van beschikbare energiebronnen);
 - ✓ kernenergie kan (als enige van de CO₂-arme energiebronnen) op dit moment geen aanspraak maken op overheidssubsidies, ook niet van de SDE++;
- Met het gehele traject van vergunning verlening tot in gebruik nemen van een nieuwe kerncentrale is minimaal 10 jaar gemoeid, waarvan zeker drie jaar voor vergunningverlening (afhankelijk van de complexiteit en maturiteit van het ontwerp). Dit betekent dat dit meerdere kabinetsperiodes beslaat en dus een risico voor bedrijven indien volgende kabinetten een andere weg inslaan en er kapitaalvernietiging optreedt van gedane investeringen. De bedrijven zullen dit mogelijk op de overheid verhalen als er toezeggingen zijn gedaan in de vergunningverlening.
- Hiernaast:
- ✓ is kernenergie niet duurder is dan zonne- en windenergie, indien de systeemkosten worden meegerekend in de KWh-prijs van zonne- en windenergie. Deze systeemkosten, die onevenredig toenemen bij een hoger percentage zon en wind, komen nu voor rekening van de netbeheerder en worden vervolgens doorberekend aan de afnemers. Systeemkosten zijn bijvoorbeeld de extra kosten voor verzwaring van het netwerk, kosten voor balanceren van het net, aansluitingskosten;

Bedrijfsduurverlenging Borssele

In de Kernenergiewet is bepaald dat met ingang van 31 december 2033 de vergunning voor het in werking hebben van de kernenergiecentrale Borssele vervalt. Er wordt verkend of de kerncentrale in Borssele na 2033 veilig en verantwoord langer open kan blijven. De vergunninghouder van Borssele heeft laten weten op grond van eerdere studies technisch geen belemmeringen te verwachten voor veilige verlenging van de bedrijfsduur. Dit dient nog wel nader onderzocht te worden. De vergunninghouder zal ook moeten verkennen welke investeringen nodig zijn voor bedrijfsduurverlenging en vervolgens of deze investeringen bedrijfseconomisch haalbaar zijn. De vergunninghouder heeft reeds aangegeven dat de actuele marktprijzen lager zijn dan de kostprijs van door de kerncentrale geproduceerde elektriciteit. Het definitieve investeringsbesluit is aan de aandeelhouders (Zeeuwse provincie en gemeenten); zij dragen de eventuele verliezen van de kerncentrale.

Oplossingsrichtingen/varianten

Routekaart voor nieuwe kerncentrale(s)

- ✓ Bij de marktconsultatie worden de financiële randvoorwaarden onderzocht waaronder partijen bereid zijn te investeren in kerncentrales in Nederland. Het resultaat wordt naar verwachting in juli 2021 naar de Tweede Kamer gestuurd.
- ✓ Vanwege de grote investering en hoge WACC zijn nieuwe kerncentrales alleen mogelijk indien de regering een bijdrage levert aan het verminderen van de kapitaallasten. Het kabinet kan als volgt analyseren op welke wijze de businesscase voor nieuwe kerncentrales in positieve zin kan worden beïnvloed. Indien de uitkomsten van de marktconsultatie daartoe voldoende aanknopingspunten bieden, kan de regering vervolgstappen nemen alvorens te besluiten over nieuwe kerncentrales, de zogenaamde haalbaarheidsstudie:

² De hogere WACC wordt voornamelijk gedreven door (a) een hoger noodzakelijk rendement op eigen vermogen, en (b) een hoger aandeel eigen vermogen in de financiering en (c) politieke onzekerheid voor marktpartijen.

1. Het uitvoeren van een formele, technische consultatieronde. In deze consultatie voert de regering verkennende gesprekken met commerciële partijen over de concrete voorwaarden waaronder partijen bereid zijn te investeren in een nieuwe centrale. Vervolgens:
 2. Het uitvoeren van een financiële consultatie, waarbij de regering met pre-geselecteerde partijen onderhandelt over de precieze financiële, fiscale en bestuurlijke voorwaarden (governance) waaronder partijen tot investering overgaan. Hierbij kan ook worden gedacht aan een deelneming van het Rijk of diverse financierings- en/of subsidieconstructies³. Tegelijkertijd:
 3. Het onderzoeken in hoeverre instapdrempels die voortkomen uit gunningsvoorwaarden kunnen worden weggenomen. Nederland onderzoekt daarbij welke lessen geleerd kunnen worden uit recente ervaringen met de bouw van kerncentrales in andere Europese landen.
- ✓ Tegelijk met bovenstaande stappen kan een scenariostudie worden uitgevoerd naar de relatie tussen diverse typen CO₂-vrij vermogen en hoe deze kunnen samengaan, op welke wijze kernenergie inpasbaar kan zijn in de huidige markt. In deze studie wordt ook aandacht gegeven aan o.a. systeemkosten, back-up kosten en op te stellen vermogens, leveringszekerheid en afhankelijkheid van het buitenland. De studie leidt tot een visie op de energiemix na 2030.
 - ✓ Voor verkenning van maatschappelijke acceptatie is een brede maatschappelijke dialoog denkbaar (mogelijk in burgerforum) over energie en leefomgeving.
 - ✓ Na bovenstaande studies, die overigens deels tegelijk kunnen worden uitgevoerd, kan in 2022/23 een besluit genomen worden over mogelijke investeringen ten behoeve van een CO₂-arme energiemix met kernenergie in het vervolg van deze kabinetsperiode.

Programma Energiehoofdstructuur (PEH) / Motie Regterschot

- ✓ Voor de uitvoering van de motie Regterschot zal met verschillende scenario's inzichtelijk worden gemaakt wat de ruimtelijke gevolgen zijn van enkele alternatieve invullingen binnen de energietransitie, waaronder een energiemix met meer kernenergie in de opgave richting 2050.
- ✓ In het PEH wordt verkend wat de integrale effecten zijn van een energiesysteem in 2050 met kernenergie. De resultaten hieruit worden betrokken bij besluitvorming over de politieke randvoorwaarden die aan de ontwikkeling van het energiesysteem worden gesteld in de periode 2030-2050.

Scenario met kernenergie

Indien uit de haalbaarheidsstudie volgt dat kernenergie een optie is, spelen de volgende overwegingen:

- ✓ Nieuwe kerncentrales kunnen met hun regelbaar vermogen een bijdrage leveren aan de leveringszekerheid, in een CO₂-arme energiemix, zeker als deze wordt ingezet om de resterende 30 % CO₂-arme energie te leveren, die voor de periode ná 2030 nog niet is ingevuld;
- ✓ Een nieuwe kerncentrale is desgewenst binnen een half uur terug te schakelen naar 50 % van zijn vermogen of weer op te schalen naar 100 %. Een kerncentrale wordt echter niet gebouwd om maar een beperkt deel van de tijd te draaien: daar is de investering te hoog voor (de scenariostudie kan met een integrale analyse relatie met andere typen CO₂-vrij vermogen leggen);
- ✓ De optimale energiemix van CO₂-vrij vermogen met zon, wind en kernenergie zal nader bepaald dienen te worden;
- ✓ Een aandeel kernenergie kan de totale kosten van de energietransitie verminderen, omdat;
 - bij een substantieel aandeel kernenergie in de energiemix er minder vermogen aan zonne- en windenergie opgesteld hoeft te worden;

³ Voor bedrijven blijft er onzekerheid over beslissingen van toekomstige kabinetten; zij zullen dit risico afgedekt willen hebben in financiële zin. Dit betekent ook een financieel risico voor de staat: als er gestart wordt met concrete investeringen voor een kerncentrale en er een vergunning wordt afgegeven en latere kabinetten slaan een andere weg in, dan zullen de marktpartijen de schade hiervan vergoed willen zien.

- de systeemkosten, die onevenredig hard stijgen met de toename van zonne- en windenergie, dus ook lager kunnen blijven;
- er minder back-upvermogen opgesteld hoeft te worden.
- ✓ Een voorwaarde voor een concurrerende prijs van kernenergie is dat Nederland voor één of meer kerncentrales aansluit bij bestaande seriebouw van (buitenlandse) kerncentrales vanwege de optimalisatie in de productieketen om de toch al lange constructietijd te verkleinen;
- ✓ Een kerncentrale wordt ontworpen voor een bedrijfsduur van 60-80 jaar;
- ✓ Naast grote kerncentrales met veel vermogen (1,6 GW) worden er ook kleine centrales ontworpen, zogenaamde *small modular reactors* (SMR's)⁴. Voordeel daarvan is dat ze fabrieksmatig in serie kunnen worden geproduceerd met een kortere bouwtijd, waardoor investeringen eerder terugverdiend kunnen worden en de businesscase mogelijk gunstiger is. Deze SMR's zijn echter nog niet eerder gebouwd. Ook hier geldt dat aansluiten bij seriebouw wenselijk is;
- ✓ Sinds 1985-1986 zijn drie zogenaamde waarborglocaties voor kernenergie planologisch vastgelegd in de Nationale Omgevingsvisie (NOVI) en het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro): Borssele, Maasvlakte en Eemshaven. Deze waarborglocaties zijn vastgelegd voor kerncentrales van een andere generatie en voordat SMR's in beeld waren. Voor de uitvoering van de motie Regterschot/Terpstra⁵ zou het kabinet kunnen nagaan waar, mede gelet op het draagvlak, nieuwe kerncentrales, waaronder SMR's, kunnen worden ingepast.

Draagvlak

Draagvlak en commitment van publiek, politiek, bestuurders en overheid zijn essentieel en cruciaal bij de afweging of kernenergie een optie voor de toekomst is. Voor verkenning van de maatschappelijke acceptatie is een bredere maatschappelijke dialoog denkbaar over CO₂-arme energie en leefomgeving. In de lopende marktconsultatie wordt ook in de regio's gepeild of er interesse in kernenergie is. In het traject rondom bedrijfsduurverlenging Borssele en bij vergunningverlening voor een nieuwe kerncentrale zijn diverse momenten van inspraak. Het is al duidelijk dat men in Provinciale Staten van Zeeland in meerderheid positief staat tegenover bedrijfsduurverlenging van de kerncentrale.

Krachtenveld

- ✓ De nucleaire sector in Nederland staat positief tegenover bedrijfsduurverlenging van Borssele en mogelijke nieuwbouw. De sector is bereid mee te denken over een nieuwe kerncentrale voor de periode na 2030.
- ✓ Er zijn een aantal organisaties, zoals LAKA, Wise, Greenpeace, die zich al vele decennia verzetten tegen kernenergie door (lokale) media op te zoeken, de (lokale) politiek te benaderen en in bezwaar en beroep te gaan tegen alle vergunningen die verleend worden op basis van de Kernenergiewet.
- ✓ De politiek is van oudsher verdeeld over het onderwerp kernenergie. VVD, PVV, CDA, 50Plus, SGP, FvD, JA21 en Volt ondersteunen de bouw van een nieuwe kerncentrale. GroenLinks, SP, PvdA, PvdD, DENK zijn tegen. D66 en CU waren in de Kamer tegen kernenergie maar laten in de verkiezingsprogramma's open of ze al dan niet voor of tegen nieuwbouw zijn. GroenLinks ondersteunt overigens wel onderzoek naar thorium en kernfusie. Daarnaast ondersteunen VVD,

⁴ SMR's variëren in range van 1-450 MW, voor de Nederlandse situatie kan de range 300-400 MW mogelijk interessant zijn

⁵ Verzoekt de regering: met verschillende scenario's te laten zien wat de ruimtelijke gevolgen zijn van enkele alternatieve invullingen binnen de energietransitie, waaronder een energiemix met meer kernenergie in de opgave richting 2050 (TK 2020-2021, 34 682, nr.58)

CDA, CU, PVV, SGP, FVD bedrijfsduurverlenging van Borssele. GroenLinks en PvdD willen Borssele deze kabinetsperiode sluiten.

- ✓ Ook over andere vormen van niet-fossiele energieopwekking zijn meningen verdeeld. Lokaal en regionaal neemt de weerstand toe tegen weides met zonnepanelen en tegen windmolens op land. Een positief aspect aan kerncentrales is dan hun geringe ruimtebeslag. Er hoeft veel minder vermogen te worden opgesteld dan bij zonnepanelen, wind op land of wind op zee (met capaciteitsfactoren (productiviteit) van respectievelijk circa 12%, 30 % en 50 %). Een kerncentrale heeft door de hoge energiedichtheid van kernenergie en de hoge capaciteitsfactor van circa 95 % maar een klein oppervlak nodig om een gewenste hoeveelheid elektriciteit per jaar te produceren⁶.

Uitvoeringsgevolgen

Als er gekozen wordt voor nieuwbouw van kernenergie zijn er, los van de hiervoor genoemde overheidsbijdrage, voor de uitvoering lasten voor de Rijksorganisatie, voor de kennisbasis/infrastructuur en decentrale overheden. Deze zullen gefaseerd in de tijd plaatsvinden. Er moet rekening worden gehouden met capaciteitsuitbreiding en benodigde middelen om de uitvoering te kunnen versterken en verstevigen. Deze kosten kunnen deels ten laste gebracht worden bij de vergunninghouder⁷.

Eerder is al verkend dat de kennisinfrastructuur op het gebied van stralingsbescherming en nucleaire kennis in Nederland onder druk staat⁸. Ook dreigen enkele universitaire leerstoelen op het gebied van nucleaire technologie op korte termijn te verdwijnen. Om de huidige toepassingen van nucleaire technologie en stralingstoepassingen optimaal te borgen is een extra investering voor versterking van de kennisbasis noodzakelijk. Het gaat dan niet slechts om nucleaire aspecten bij een handvol nucleaire vergunninghouders maar ook om de stralingsbescherming van de bevolking en werknemers t.b.v. zo'n 1200 vergunninghouders op grond van de Kernenergiewet.

Interdepartementaal wordt deze problematiek verkend en worden mogelijke oplossingsrichtingen met bijbehorende voor- en nadelen in kaart gebracht, waarbij ook de oplossingsrichtingen uit het adviesrapport 'Naar een Agenda en Platform Nucleaire Technologie en Straling' worden meegenomen. Ook een mogelijke kennisagenda wordt hierbij betrokken. Aan de hand daarvan zal bepaald worden welke investering daarvoor nodig is.

Indien er sprake is van nieuwbouw van kerncentrale zal de omvang van de formatie van de bevoegde autoriteit (de ANVS, verantwoordelijk voor safety en security) structureel fors uitgebreid moeten worden voor beoordeling van de vergunningsaanvraag en voor inspectie, alsook de kennis en capaciteit op de betrokken departementen⁹. Indien er sprake is van bedrijfsduurverlenging van Borssele dienen de Kernenergiewet, de vergunning en convenant Borssele aangepast te worden. Ook dit heeft formatieve consequenties.

Budgettaire gevolgen

PM Tabel met mogelijke effecten – invulling voor de uitvoerings/kenniskosten en zo mogelijk ook de eventuele financiële bijdrage van de overheid en de vorm (omvang van deze bijdrage).

⁶ Het ruimtebeslag per energiebron wordt in het PEH nader bekeken voor de Nederlandse situatie.

⁷ Zie Bijdragebesluit Kernenergiewet <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2013-479.html>

⁸ adviesrapport 'Naar een Agenda en Platform Nucleaire Technologie en Straling' van Commissie van de Zande

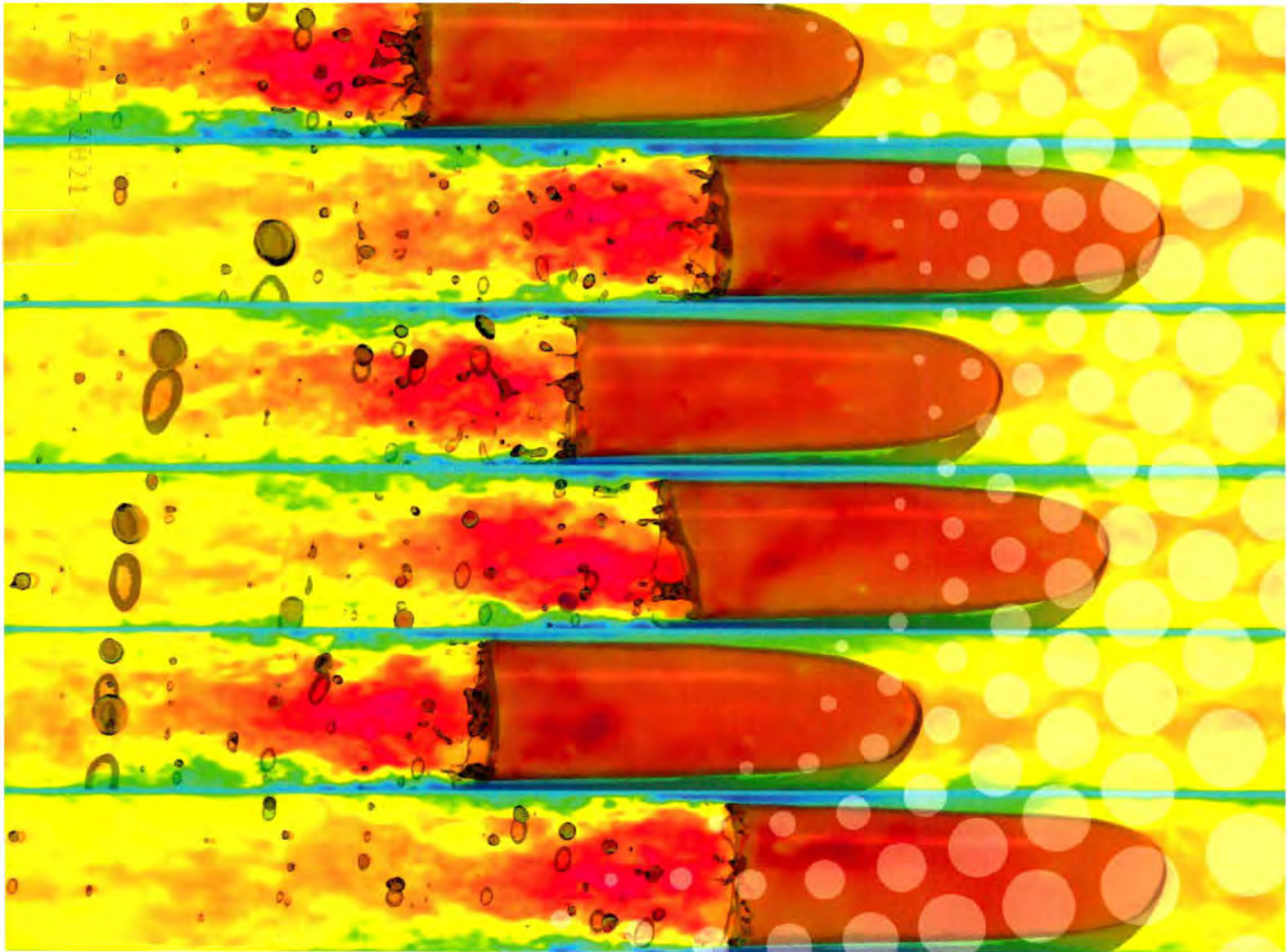
⁹ Zie hiervoor het fiche kennisbasis nucleaire technologie en stralingstoepassingen van het ministerie van IenW

Bijlage

Radioactief afval

Bij kernenergie ontstaat verbruikte splijtstof en radioactief afval. Dit wordt bovengronds opgeslagen in speciale gebouwen bij de COVRA in Vlissingen. Rond 2130 is eindberging van het afval voorzien in een speciaal geconstrueerde faciliteit in de diepe ondergrond, zoals men nu bouwt in Finland. Een dergelijke eindberging is een vereiste vanuit een Europese richtlijn¹⁰. Een eindberging dient sowieso gebouwd worden onafhankelijk van de keuze voor eventueel nieuwe kerncentrales. Bij het keuzeproses voor een geschikte locatie is maatschappelijke participatie van groot belang. Het Rathenau Instituut is daarom bezig om een mogelijk participatief besluitvormingsproces te doordenken, gericht op een maatschappelijke overeenstemming over eindberging van radioactief afval en verbruikte splijtstoffen. Rathenau zal daarover in 2024 advies uitbrengen. Naast deze nationale route is samenwerking rond eindberging tussen Europese landen ook mogelijk is. De vergunninghouder van een kerncentrale is verantwoordelijk voor de kosten van het afvalmanagement, inclusief ontmanteling en eindberging.

¹⁰ Euratom 2011/70 – richtlijn beheer radioactief afval en verbruikte splijtstof



19

NRG onderzoeksprogramma 2020

Management rapportage

VERTROUWELIJK



Nuclear. For life.

1.2 AANSLUITING MET HET INTERNATIONALE ONDERZOEK

Buiten Reikwijdte

Buiten Reikwijdte

In de afgelopen jaren zijn al de nodige relaties gelegd met Noord-Amerikaanse partijen. Zo is NRC, zoals vorig jaar reeds gemeld, door de Amerikaanse toezichthouder US NRC gevraagd een toelichting te geven bij haar gesmolten zout programma en bij de opgebouwde ervaringen. In de USA is een belangrijke ontwikkeling te vinden in het opzetten van het *Advanced Reactor Demonstration Program* (ARDP) met een budget van 210 M\$ vanuit het Department of Energy. Dit programma heeft drie pijlers. De eerste pijler richt zich op de realisatie van geavanceerde demonstratiereactoren. Hiervoor zijn de vloeibaar metaal gekoelde reactor Natrium™, die gekoppeld wordt aan een energie opslagsysteem met gesmolten zout, en de gasgekoelde hoge temperatuur reactor van X-Energy geselecteerd. De tweede pijler richt zich op reductie van risico's. Hiervoor zijn vijf reactorontwerpen geselecteerd waar het programma een belangrijke bijdrage aan zal leveren middels het faciliteren van onderzoek naar mogelijk showstopper technologie. Deze reactorontwerpen zijn: de gesmolten zout gekoelde hoge temperatuur reactor van Kairos Power de microreactor op basis van heat-pipes van Westinghouse, de gasgekoelde microreactor van BWXT, de geavanceerde lichtwater SMR van Holtec, en gesmolten zout snelle reactor van Southern Company en Terrapower. De derde pijler richt zich op concept ontwikkeling. De drie reactoren die hiervoor zijn geselecteerd zijn een seismisch geïsoleerde, geavanceerde metaalgekoelde natrium reactor, een modulaire gasgekoelde snelle reactor en een horizontale compacte gasgekoelde hoge temperatuur reactor. NRC is momenteel in gesprek met een aantal bedrijven in de eerste en tweede pijler over samenwerking en/of dienstverlening. Deze ontwikkelingen staan los van de bouw van de metaalgekoelde Versatile Test Reactor (VTR) voor onderzoeksdoeleinden en commerciële

ontwikkelingen zoals de lichtwater SMRs van NuScale en van GE-Hitachi.

Net als in Nederland worden internationaal watergekoelde kleine modulaire reactoren (SMR) steeds meer gezien als een serieuze optie om kernenergie een goede uitgangspositie te geven in het klimaat- en energiebeleid na 2030 omdat deze leunt op beschikbare technologie. Ook de European Utility Requirements groep is bezig om een gestandaardiseerd kader te ontwikkelen voor lichtwater SMR's en zoekt hierbij aansluiting

met onder andere de IAEA. De basis voor dit kader vormt het huidige pakket EUR eisen voor generatie III reactoren dat internationaal zeer hoog wordt aangeschreven. NRG is betrokken bij dit SMR initiatief. Ook is NRG betrokken bij de ontwerpbeoordeling (EUR design assessment) van de APR1000, een Koreaanse Generatie III reactor gebaseerd op de APR1400. Dit is een interessant traject omdat deze reactor vanwege haar goede track record wordt gezien als potentiële opvolger van de kerncentrale Borssele.

Tabel 1.2

Verbinding tussen de onderzoeksthema's en domeinen binnen het PIONIER onderzoeksprogramma 2021-2024 en de SRIA van SNETP.

Tussen haakjes verwijzing naar de betreffende paragrafen in de SRIA. Voor het thema Stralingsbescherming (SB) en onderliggende domeinen betreft het de verbinding met de verschillende programma's binnen het CONCERT technisch platform.

THEMA	PIONIER	SRIA SNETP
Bedrijfsduurverlening	Facilitating Technologies	3.1 Operation and Construction (4.1 / 4.2 / 5.1 / 5.2)
	Review of Plant Programs for LTO	
	Ageing Management review for LTO	
	Revalidation of Time Limited Ageing Analyses	
Nucleaire modellering en simulatie	Facilitating Technology	3.1 Operation and Construction 3.3 Advanced Reactors and the Next Generation 5.1 Digitalisation, Modelling and Simulation (3.4 / 4.1 / 4.2 / 5.2)
	Heat Production and Cooling	
	Source Term Determination	
	Structural Integrity	
	Toolkit Development	
Nucleaire veiligheid en compliance	Facilitating Technology	3.4 SMR 4.1 Safety of Nuclear Power Plants 5.1 Digitalisation, Modelling and Simulation (3.1 / 3.3 / 5.2)
	Deterministic Safety Analyses	
	Probabilistic Safety Analyses	
	Compliance	
Spleijstoffen en materialen	Facilities and Instrumentation	4.2 Fuel, the Fuel Cycle, and SF Management 5.2 Materials (4.1)
	Fuels	
	Materials	
Radioactief afval management	Facilitating Technologies	4.3 Dismantling and Decommissioning (3.1 / 4.2 / 5.1)
	Waste Management	
	Decommissioning	
Innovatieve nucleaire systemen	Facilitating Technology	3.3 Advanced Reactors and the Next Generation (4.2 / 5.2)
	Safety Analyses	
	Fuels	
	Materials	
Stralingsbescherming	Dosimetry	EURADOS platform ALLIANCE platform NERIS platform
	Radioecology	
	Emergency Preparedness	

Buiten Reikwijdte

2.5 STRALINGS- BESCHERMING (SB)

Buiten Reikwijdte

Tegen de achtergrond van discussies over de kosten van kernenergie – en meer in het bijzonder de kosten voor nieuwbouw van Generatie III reactoren – worden watergekoelde small modular reactors ook in Nederland steeds vaker aangehaald als een optie die nader beschouwing verdient omdat deze leunt op beschikbare technologie. NRG speelt hierop in met haar bijdrage aan de European Utility Requirements groep. Zoals eerder genoemd is EUR bezig met de ontwikkeling van een gestandaardiseerd kader voor licht-water SMR's en zoekt hierbij aansluiting met onder andere de IAEA. In 2020 is zijn de aanbevelingen voor SMR met betrekking tot het EUR document (revisie F) uitgewerkt en zijn er een tweetal concept position papers opgesteld voor publicatie in 2021. Verder heeft EUR in 2020 de assessment van het ontwerp van de Generatie III Chinese EU-HPR1000 afgerond. Het ontwerp voldoet goed aan de generieke functionele gebruikerseisen die opgesteld zijn door EUR, hetgeen bevestigt dat dit ontwerp voldoende ontwikkeld is.



W: www.stichting-e-k.nl
M: info@energietransitiekernenergie.nl
T: +31 (0) 65.12 e

Aan de Minister van Economische Zaken en Klimaat
De heer B. van 't Wout
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC 's-Gravenhage

Betreft: Reactie SEK op "Het Energiesysteem van de Toekomst"
Datum: 29 april 2021

Geachte Minister Van 't Wout,

Buiten reikwijdte

Een reden te meer om kernenergie in de toekomstige energiemix nader te beschouwen is ook gelegen in het feit dat relevante ontwikkelingen op het gebied van bijvoorbeeld de zogenaamde Small Modular Reactoren (SMR), naast de bekendere grote kerncentrales zoals van Frankrijk of Korea, in een versnelling zijn gekomen die van grote invloed kunnen zijn op de infrastructuur en op de mogelijke locaties. Wij kunnen ons bijvoorbeeld voorstellen dat op geschikte industrieterreinen SMR's, in plaats van aardgas-gestookte centrales, elektriciteit opwekken. Daarmee wordt de noodzakelijke infrastructuur heel anders dan nu in de scenario's wordt geschetst. Voorts wordt het

ruimtebeslag voor infrastructuur en elektriciteitsopwekking drastisch verkleind. Dat laatste lijkt ons - naast kosten - een maatschappelijk belangrijke bate gegeven het vele concurrerende beslag op ruimte in ons dicht bevolkte land, waar natuurgebieden ook hun adequate plaats moeten behouden.

Tenslotte wijzen wij in deze eerste reactie op het 'internationale scenario', waarin de importafhankelijkheid voor energie hoog kan oplopen. Uiteraard het is slechts een scenario, maar wij ontraden sterk de energie-afhankelijkheden van het verleden, indien het niet nodig is, opnieuw in te bouwen.

Uiteraard zijn wij gaarne bereid een nadere toelichting te geven.

Aangezien het rapport II3050 gepubliceerd is en onderwerp van discussie is, hebben wij deze brief aan u ook openbaar gemaakt.

Namens het bestuur van de Stichting Energietransitie en Kernenergie (SEK),
Met vriendelijke groet,

5.1.2.e

5.1.2.e

5.1.2.e



Communicatiestrategie kernenergie



Aanleiding

- › Politieke belangstelling voor kernenergie in NL neemt sterk toe. Diverse moties zijn afgelopen twee jaar aangenomen.
- › In opdracht van EZK wordt een marktconsultatie gedaan om in beeld te krijgen of en zo ja onder welke voorwaarden er vanuit de markt interesse is om in NL een nieuwe kerncentrale te bouwen. Het rapport gaat voor het zomerreces naar TK.
- › Maatschappelijk draagvlak groeit maar is (nog) een stuk lager dan het draagvlak voor andere Co2-arme energiebronnen (Motivaction, 2017; SCP 2010; Perlaviciute en Squintani 2019; Ipsos 2019).
- › Kernenergie komt terug in verschillende verkiezingsprogramma's. Daardoor is de kans groot dat in regeerakkoord nieuwe stappen worden aangekondigd rond kernenergie.



Beleidsdoel

Strategisch doel

- › Energiesystemen op orde- van winning/productie tot verbruik

Operationeel doel

- › Waarborgen toekomstbestendige/betaalbare nucleaire (kennis)infrastructuur
 - Bijdragen kernenergiebeleid NL irt ENCO-rapport.



Beleidscontext

- › In verschillende Europese scenario's voor 2030-2050 en verder is een rol voor kernenergie. Wel zijn er grote onzekerheden. Het is nodig om een beter beeld krijgen bij de mogelijke rol van kernenergie in de NLse energiemix.
- › De marktconsultatie is een stap om in beeld te krijgen of en zo ja onder welke voorwaarden er vanuit de markt interesse is om in NL een nieuwe kerncentrale te bouwen.
- › Een belangrijk punt is dat de bouw van een centrale lang duurt en heel veel geld kost dat ook terugverdient moet worden. Gunstige voorwaarden voor financiering en een lange productieperiode zijn nodig.
- › Een nieuwe centrale kan niet voor 2030 in bedrijf en blijft zestig tot tachtig jaar in productie. Kernenergie vraagt om die reden om een breed maatschappelijk en politiek commitment over zeer lange periode.
- › Het beleid over de energievoorziening was de afgelopen periode sterk gefocust op de doelen in 2030. Kernenergie gaat pas na 2030 een rol van betekenis spelen. Tegelijkertijd vraagt en om nu al te handelen. Datzelfde geldt overigens voor waterstof. De komende tien jaar worden bepalend zijn voor de mogelijkheden in NL in de periode 2030-2050.
- › In een energiesysteem met steeds meer energie uit zon en wind kan kernenergie belangrijker worden. De keuze beïnvloedt het energiesysteem. Het heeft consequenties voor de betaalbaarheid, voorzieningszekerheid en het ruimtelijk beslag.
- › Belangrijke aandachtspunten zijn veiligheid van productie en opslag van radioactief afval. Experts zijn positief over de veiligheid van productie en oplossingen voor een veilige eindberging van langdurig radioactief afval.
- › Het politiek en maatschappelijk draagvlak voor een vierde generatie kerncentrale(bijv. SMR of Thoriumreactor) lijkt groter dan voor een derde generatie reactor. Tegelijkertijd is Thorium vanwege de stand van de techniek en de ontwikkeltijd en -kosten de komende decennia nog geen optie.



Beleidssporen en mijlpalen

- › Verkenning langere openstelling Borsele (na 2034)
?Haalbaarheidsonderzoek? | Convenant met eigenaar | Wetgeving aanpassen.
- › Verkenning nieuwe kerncentrales 2030 -2040
Marktconsultatie | Technische en financiële consultatie | Scenariostudies | ?Maatschappelijke dialoog energievoorziening? | ?follow-up mogelijke locaties?
- › Locatie eindberging radioactief afval huidige kerncentrales (IenW?)
pm I&W/Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS)



Communicatieve context

1. De veiligheidsperceptie rond kernenergie is aangetast door kernongevallen in Fukushima (2011) en Tsjernobyl (1986) en de gevolgen daarvan.
2. Rond veiligheid spelen nog twee belangrijke punten: de omgang met radioactief afval waar generaties na ons nog mee te maken krijgen en de risico's voor (cyber)terrorisme.
3. Kernenergie komt steeds verder uit de taboesfeer. Tegelijkertijd is het maatschappelijk draagvlak voor kernenergie in NL in 2018 nog steeds veel lager dan voor biomassa.
4. De voordelen van kernenergie vergeleken met andere bronnen komen meer op de voorgrond. Communicatie over de voordelen van kernenergie draagt bij aan meer draagvlak, communicatie over veiligheids- en risicoperceptie relatief weinig.
5. De belangrijkste voordelen van kernenergie: CO₂-arm, ruimtebeslag laag en de productiecapaciteit is flexibel en niet afhankelijk van weersomstandigheden.
6. Maatschappelijk is kernenergie een gevoelig onderwerp dat uit de taboesfeer komt. Tijd en ruimte zijn nodig om een open en brede maatschappelijke afweging te maken.
7. De afgelopen jaren lag de focus in communicatie rond de energietransitie sterk op realisatie van de doelen in 2020 (Urgenda) en 2030. Een sterkere focus op de periode na 2030 is voor dit onderwerp wenselijk.
8. Nederlanders koppelen draagvlak voor kernenergie vaak aan de notie dat het dan wel moet gaan om een tijdelijke/tussen oplossing.
9. Kernenergie kent -net als gaswinning, windenergie, en zonnevelden- twee communicatieve arena's met een eigen dynamiek die elkaar beïnvloeden: nationaal en in leefomgeving rond een mogelijke locatie.



Strategische uitgangspunten communicatie

1. Vanwege complexiteit van het onderwerp is vertrouwen en eerlijkheid belangrijk. Dat vraagt om neutrale en gebalanceerde info en geen PR.
2. Optie kernenergie brengen bredere samenhangende afweging energievoorziening.
3. Aandacht in communicatie op voordelen kernenergie draagt bij aan draagvlak om optie kernenergie te overwegen.
4. Lokaal draagvlak afhankelijk van kenmerken omgeving en vertrouwen in instanties.
5. Gebalanceerd, eerlijk en open communicatie. Over waarden, belang en kennis.
6. Communicatie op niveau van kennis, feiten en cijfers helpt weinig - juist ook op niveau van maatschappelijke waarden is een gesprek nodig.
7. Koppelen aan nationale identiteit kansrijk, wel minder sterk dan bijv. waterstof.
8. Naast aandacht voor uitersten ook inzicht verkrijgen in opinie bij "stille midden".



Communicatiedoel

Strategisch doel

- › Bijdragen aan een open en brede maatschappelijk afweging over een mogelijke rol van kernenergie in de Nederlandse energievoorziening (opinievorming).

Tactische doelen

- het beschikbaar en vindbaar maken van neutrale en gebalanceerde informatie (kennis, belang & waarden).
- het transparant maken van de stappen die we zetten en het tijdspad (zorgvuldig proces).
- het faciliteren van de dialoog over de optie kernenergie als onderdeel van een bredere dialoog over de energievoorziening.

Operationele doelen

- Frequentie en duur bezoek website(s).
- Aantal berichten actieve webcare EZK.
- Media-aandacht en teneur rond optredens bewindspersoon en/of ambtelijke top.
(bij keuze brede maatschappelijke dialoog worden aanvullende doelen geformuleerd)



Met wie communiceren?

- › Brede groepen in de Nederlandse samenleving met interesse voor de energietransitie en/of kernenergie in NL.
- › Omwonenden van (mogelijke) locatie van een kerncentrale die willen weten wat het voor hen betekent.



Met wie communiceren?

Met wie?	Subgroepen	Wijze
Nederlandse samenleving <ul style="list-style-type: none">• publieke opinievorming	Burgers Landelijke media Belangenorganisaties Opiniemakers Tweede Kamer	Rijksoverheid.nl Social media, persbriefing Groepsgesprek/focusgroep (MLT) Website met verdiepende info (MLT) Onderdeel brede maatschappelijke dialoog (MLT/LT - afh. van regeerakkoord)
Omwonenden <ul style="list-style-type: none">• Maasvlakte• Borsele• Eemshaven• ?N-Brabant?	Regionale media Locale bestuurders en gemeenteraden Locaal opererende actiegroepen	Bezoek Stas aan Borsele Attenderen regionale bladen (DC) en bestuurders (beleid) Bijdrage aan evt. gebiedsproces (LT)



Elementen van narratief

- open en brede maatschappelijke afweging of we in NL ruimte zien voor kernenergie in energievoorziening.
- heeft impact voor heel NL en in het bijzonder ook voor de directe omgeving van een kerncentrale. Tijd en ruimte nemen om breed gedragen besluit te nemen.
- kernenergie is CO₂-arm, ruimtebeslag centrale is heel klein en opbrengst niet afhankelijk van weersomstandigheden.
- aandachtspunt is de prijs - kan kernenergie in periode na 2030 concurreren met energie uit wind, zon en waterstof?
- met onze ligging aan delta van rivieren, energie-intensieve industrie, ureenco en hoge veiligheidsnormen goede uitgangspositie.
- kernenergie kan voor Nederland een optie zijn, duidelijk is wel dat het geen hoofdrol zal krijgen.
- aandacht blijven houden voor veiligheid en omgang met langdurige opslag van radioactief afval.
- scenario's laten zien dat kans groot is dat kernenergie in Europa ook na 2050 een rol blijft spelen.
- duidelijk is dat het zonder kán en dat dan wel veel meer energie uit wind, zon en waterstof nodig is.



Mijlpalen e.a. communicatie momenten

- › 1 juli 2021 rapport marktconsultatie naar de TK
- › Bezoek kerncentrale Borsele

Mogelijke vervolgstappen*:

- › Formele technische consultatieronde: verkennende gesprekken met marktpartijen over de voorwaarden waaronder partijen bereid zijn te investeren in een nieuwe centrale
- › Daarna financiële consultatie: onderhandelen met marktpartijen over de precieze financiële, fiscale en bestuurlijke voorwaarden
- › Studie wegnemen instapdrempels: daarbij recente ervaringen met de bouw van kerncentrales in andere Europese landen betrekken.
- › Scenariostudie naar relatie tussen verschillende typen CO₂-vrij vermogen en op welke wijze kernenergie inpasbaar kan zijn in de markt. Hierbij betrekken systeemkosten, back-up kosten en op te stellen vermogens, leveringszekerheid en afhankelijkheid van het buitenland.



Communicatie aanpak – korte termijn

- › Communicatie rond rapport en TK brief marktconsultatie – 1 juli
 - beperkte update teksten rijksoverheid.nl
 - faq opstellen - als PDF aan RO.nl hangen
 - woordvoeringslijn en bericht social
 - webcare vragen social media te monitoren op reacties
 - analyse (social) media en onderzoeken draagvlak in NL.

- › Bezoek kerncentrale – timing n.t.b.



Communicatie aanpak – vervolg (MLT)

- › Communicatiestrategie V1.0
 - conceptversie ligt voor
- › Voorbereiden inzet nieuw kabinet
 - Input vanuit omgevingskennis
 - Belangrijkste issues en frames dmv (social) media-analyse
 - Analyse communicatieve arena kernenergie.
 - Bredere perceptie rond kernenergie in NLse samenleving dmv inventarisatie onderzoeken.
 - Evt groepsgesprek/focusgroep.
 - Kernenergie op website uitbreiden
 - Narratief kernenergie opleveren
- Eerste versie website opleveren met:
 - Inzet EZK
 - FAQ's
 - Uitleg kernenergie
 - Doorverwijzingen andere websites voor info.



TER ADVISERING

Aan de Staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat – Klimaat en
Energie

*Prima, dank. Hoe gaag hoe
de gesprekken zijn*

nota

Advies verzoek tot gesprek met Estse kernenergie start-
up en stichting e-Lise

Directoraat-generaal Klimaat
en Energie

Directie Elektriciteit

5.1.2.e

1 0/0 5.1.2.e

5.1.2.e

eminezk.nl

Datum

25 juni 2021

Kenmerk

DGKE-E / 21153576

Bhm: 21155250

Kern 338

5.1.2.e

Bijlage(n)

3

Parafenroute

5.1.2.e

RRR

5.1.2.e

Aanleiding

- Op 28 mei jl. is aan u een verzoek verstuurd van stichting e-Lise, een Nederlandse pro-kernenergie organisatie, om een informatief gesprek aan te gaan met de Estse startup Fermi Energia (zie bijlage 1). Deze startup zet in op kernenergie in Estland en is blijkens het verzoek van plan begin volgend jaar een Nederlands energiebedrijf op te richten om uiteindelijk Small Modular Reactors (SMRs) te bouwen.
- Aanvullend hierop heeft u op 16 juni separaat van zowel Fermi Energia als van stichting e-Lise verzoeken gekregen voor een gesprek (zie bijlagen 2 en 3).

Advies

- We adviseren u in eerste instantie om informerende gesprekken op ambtelijk niveau te laten plaatsvinden:
 - Het gesprek met Fermi Energia met de 5.1.2.e ;
 - Het gesprek met stichting e-Lise met de 5.1.2.e
- De reden hiervoor is dat we eerst willen aanhoren wat de boodschap van deze partijen zijn: SMRs zijn nog nergens ter wereld gerealiseerd. Instappen in een First-Of-A-Kind reactor is blijkens de KPMG marktconsultatie niet wenselijk gezien de risico's die hiermee samenhangen. Hiernaast bestaat stichting e-Lise nog niet zo lang (ca. een half jaar).
- Indien akkoord kunnen deze informatieve gesprekken na 8 juli worden gepland. Het rapport over de marktconsultatie is gereed op 1 juli (waarnaar in het verzoek wordt verwezen) en het gesprek van u met de CEO van EDF zal op 8 juli plaatsvinden.

Kernpunten

- Het doel van e-Lise en Fermi Energia is om SMRs voor het voetlicht te brengen. Ze hebben op ambtelijk niveau ook een informeren gesprek met de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) gevoerd. Stichting e-Lise wil hiernaast ook beleid rondom kernenergie bespreken.
- Betrokkenheid van de overheid (o.a. EZK en ANVS) kan in een later stadium relevanter worden.

Ontvangen EBR



- Naar verwachting zal stichting e-Lise ook de media gaan zoeken aangaande Fermi Energia.

Over Fermi Energia

- Het betreft een startup met 12 fte. Fermi Energia heeft samenwerkingsovereenkomsten gesloten met Vattenfall (Zweden), Fortum (Finland) en Tractebel (België). Vattenfall heeft blijkbaar een investering van 1 miljoen euro toegezegd, waarschijnlijk voor de verdere marktontwikkeling van SMRs.
- Fermi Energia maakt volgens de tekst uit de verzoeken mogelijk gebruik van de GE Hitachi BWRX300; een Small Modular Reactor (SMR) van 300 MW uit de VS. Alhoewel deze reactor nog niet is vergund (en dus nergens gebouwd) gaat het hier volgens de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) om een serieus ontwerp gebaseerd op Generatie III reactoren, 90% van de systemen die gaan worden gebruikt draait nu al in bestaande kerncentrales. Deze reactor biedt voordelen op gebied van veiligheid (o.a. omdat het ontwerp compacter is). De inschatting is dat het snel kan gaan met dit ontwerp op het moment dat er geld is.

Toelichting

Over ANVS

- Fermi en stichting e-Lise hebben in mei een gesprek met de ANVS gevoerd. In de uitnodiging geeft e-Lise aan dat de ANVS;
 - ✓ onvoldoende tijd, budget en mankracht zou hebben om een vergunningaanvraag te behandelen. ANVS geeft aan dat zij op dit moment geen capaciteit vrijmaakt voor maandelijkse overleggen met Fermi/e-Lise zoals door Fermi Energia verzocht, aangezien dit momenteel niet gezien wordt als prioriteit. Een vergunningaanvraag van Fermi is nu niet aan de orde.
 - ✓ Belangstelling zou hebben voor het mede opzetten van een Estse regulator naar analogie van de ANVS. Dit is niet correct. ANVS geeft aan dat hier instanties als bijvoorbeeld de IAEA voor zijn.

Bijlage 1

Geachte mevrouw Yeşilgöz-Zegerius, beste Dilan,

Allereerst willen wij u feliciteren met uw aanstelling als Staatssecretaris van Economische Zaken & Klimaat. Als stichting e-Lise zijn wij zeer verheugd over juist uw aanstelling!

Wij stellen ons graag voor. Naar aanleiding van de Motie Dijkhoff heeft een groep van wetenschappers, journalisten, zakenlieden en overige enthousiastelingen de stichting e-Lise opgericht. Wij werken pro-deo als intermediair tussen gemeentelijke, provinciale en landelijke politici en overheden aan de ene kant en potentiële partners uit de nucleaire sector aan de andere kant.

Het is onze missie om de kans dat nieuwe centrales gerealiseerd worden in Nederland te maximaliseren, vanuit de overtuiging dat de inzet van kernenergie in de energietransitie meer voordelen biedt voor ons land dan het NIET inzetten ervan. Vanuit onze missie willen wij u graag wijzen op het volgende.

Wij hebben de afgelopen tijd het Estlandse Fermi Energia in contact gebracht met de Nederlandse nucleaire toezichthouder ANVS. Onlangs heeft een eerste (online) gesprek tussen deze partijen plaatsgevonden.

Fermi Energia is een bedrijf uit Estland (EU-lidstaat en NAVO-lid) dat kernenergie wil inzetten om Estland vrij te houden van Russische energie-invloed (men wil geen Russisch stroom en gas). Fermi Energia zet in op kernenergie in Estland en heeft daartoe samenwerkingsovereenkomsten met o.a. Vattenfall (Zweden), Fortum (Finland), en Tractebel (België).

De **5.1.2.e**, is lid van de Estonian Reform Party (Liberale zusterpartij van de VVD), is voormalig parlementslid in Estland en heeft o.a. gewerkt voor het Estse Ministerie van Justitie.

Fermi Energia wil begin volgend jaar bovendien, naast de in Estland te realiseren capaciteit, samen met een Nederlandse investeerder, ook een nieuw Nederlands energiebedrijf oprichten dat één of meer nieuwe kerncentrales in ons land wil realiseren – mogelijk de GE Hitachi BWRX300 (welke iets kleiner is van omvang dan onze eigen kerncentrale in Borssele en derhalve perfect past binnen de Nederlandse infrastructuur).

Bij genoemd gesprek heeft Fermi Energia aan de ANVS gevraagd of zij Estland wil ondersteunen bij het opbouwen van een eigen nucleaire toezichthouder, simultaan aan het starten van een vergunningsproces voor de door Fermi Energia geselecteerde kernreactor, de BWR-300 van GE Hitachi. De ANVS heeft bij dit gesprek laten weten dat zij, gesteld dat de Nederlandse politiek hiermee instemt, belangstelling heeft voor een dergelijke samenwerking, onder auspiciën van het IAEA.

Hieruit zou een win-win situatie ontstaan, ook voor Nederland, omdat niet alleen een NAVO-bondgenoot geholpen wordt met een strategisch belangrijke vraag, ook doet de Nederlandse toezichthouder ervaring op met het toelatingsproces van een Small Modular Reactor (SMR), kennis en ervaring die zeer nuttig zouden zijn zodra Nederland zelf zo ver is dat zij daadwerkelijk kiest voor uitbreiding van kernenergie.

Eén en ander betekent dat de ontwikkeling van SMR's nu echt in een stroomversnelling begint te gekomen. Enkele ontwerpen zijn al in het vergunningsstadium. GE Hitachi verwacht dat de eerste units al rond 2026 besteld en dan binnen 3 jaar gebouwd zouden kunnen worden. Ze zijn van een omvang (300 megawatt) die interessant is voor het stabiel houden van het Nederlandse elektriciteitsnet en deze reactoren kunnen goed worden toegepast ter vervanging van bestaande kolen/biomassa en gascentrales.

Wij signaleren naar aanleiding van eerder genoemd gesprek echter het volgende: de ANVS (en waarschijnlijk geldt hetzelfde voor EZK) beschikt op dit moment over te weinig tijd, budget en menskracht om grote vergunningsaanvragen m.b.t. nucleaire projecten goed te kunnen behandelen. Waar de delegatie van Fermi Energia voorstelde om aan dit eerste, oriënterend gesprek opvolging te geven, gaf de ANVS aan dat men intern eerst moest kijken of er voldoende tijd was, en wie ze specifiek op dit project zouden kunnen zetten.

We willen langs deze weg onze ongerustheid uitspreken over het feit dat er mogelijk sprake is van ondercapaciteit bij de ANVS (en EZK) inzake het vergunnen van een of meerdere grootschalige nucleaire projecten (naast de reeds lopen aanvragen van SHINE, Pallas, Defensie en de doorlopende aanvragen vanuit de medische wereld).

Fermi Energia, en de met een Nederlandse partner te vormen Nederlandse Joint Venture, willen graag (digitaal) kennis met u maken. **5.1.2.e** heeft aangegeven dat Fermi graag ziet dat ook vertegenwoordigers van de Stichting e-Lise bij die kennismaking aanwezig zijn om te helpen de 'afstand' te overbruggen en de rode draad te bewaken; we zijn immers al geruime tijd met ze in gesprek.

Als Stichting e-Lise zijn wij uiteraard graag bereid om u, voorafgaand aan een dergelijke ontmoeting, bij te praten over de gesprekken die tot dusverre gevoerd zijn, ook omdat ons is gebleken dat over de feitelijke ontwikkelingen m.b.t. SMR zeer lastig betrouwbare informatie te vinden is in de (sociale) media.

Over het betreffende reactorsysteem van GE Hitachi zult u ook geïnformeerd worden via het rapport dat KPMG binnenkort zal opleveren (GE Hitachi heeft op aanraden van e-Lise deelgenomen aan de marktconsultatie). De reden om voor te stellen nu al kennis te maken is dat Fermi ook los van de Marktconsultatie al werkte aan het hier beschreven voornemen.

We hopen dan ook zeer dat we van u een uitnodiging mogen ontvangen voor een kennismakend gesprek.

Met vriendelijke groeten,

5.1.2.e



15.06.2021, Tallinn

Your excellence Dilan Yeşilgöz

Request for an introduction meeting

Fermi Energia is an Estonian company planning to build and operate Small Modular Reactors in Estonia and beyond. WMC Energy is an independent Dutch physical commodity merchant and industrial asset development company. We have followed closely serious and thoughtful energy debate and positive votes by Tweede Kamer der Staten-Generaal of Netherlands on nuclear energy. Now is the right time to move from thinking to action.

The goal of Fermi Energia is to provide an opportunity to reach carbon neutrality with reliability and affordability to Baltic consumers. The Small Modular Reactors that Fermi Energia is considering are currently being developed and licensed with government funding in the USA, UK, and Canada. While the technology is not yet ready for a Final Investment Decision, credible public announcements confirm that power generation by 2027 and 2028 is feasible.

The founders of Fermi Energia, based on their discussions with energy industry and policymakers, saw in 2018 that without private initiative there will be no serious effort by the government or existing utilities to consider SMR technology deployment in the Baltics. This has proven to be correct in Estonia, and it is a wider problem in Europe, as Fermi Energia concludes based on extensive discussions within the European nuclear energy industry. Fermi Energia is pleased to have as of mid-2021 above 1300 private shareholders in Estonia, but also shareholders like Tractebel Engineering SA (BE) and Vattenfall AB (SE). We see that developing a SMR deployment project with private capital is possible, if government is willing to fulfill some boundary conditions. We do not see any need for subsidy for SMRs in the EU given robust price signal from EU Emissions Trading System, and a great role for SMRs in reaching carbon neutrality in 2050.

We (Fermi Energia and our Dutch partner WMC Energy) propose to have a physical meeting with the State Secretary for Economic Affairs and Climate Policy on 30th or 31st August in Den Haag. In this meeting, we would like to:

- Introduce Fermi Energia OÜ and WMC Energy BV
- Introduce practical SMR deployment issues (technologies, deployment programs, limitations) relative to Europe.
- Introduce our plan for market led SMR deployment option in the Netherlands (economics, financing, organization, licensing, fuel cycle).
- Learn more about the political and official decision-making process in Kingdom of Nederland regarding potential SMR deployment
- Discuss SMR deployment solutions that would meet the expectations of Dutch society.

Given the nature of nuclear energy, we see practical cooperation with national government and municipalities as crucial. To build the confidence to invest into a multi-year project, we see this introductory meeting as a necessary first step.

With regards,

5.1.2.e

5.1.2.e

Fermi Energia OÜ

5.1.2.e

5.1.2.e

WMC Energy BV

5.1.2.e

Van: 5.1.2.e @e-lise.nl
Verzonden: woensdag 16 juni 2021 13:27
Aan: 5.1.2.e @fermi.ee; Yeşilgöz, D. (Dilan); 5.1.2.e
CC:
Onderwerp: RE: Letter of request for a meeting
Bijlagen: Request for a Meeting with State Secretary for Economic Affairs and Climate Policy.pdf

LS,

I replied to this message with the current mail-address of the State Secretary & 5.1.2.e (Senior Policy Advisor)

I would also like to note that the e-Lise foundation desires a separate meeting to discuss some nuclear policy matters.

With kind regards,

5.1.2.e



With kind regards,

5.1.2.e

From: 5.1.2.e @fermi.ee 5.1.2.e @fermi.ee>
Sent: woensdag 16 juni 2021 13:06
To: 5.1.2.e @tweedekamer.nl
Cc: 5.1.2.e @wmc-energy.com>
Subject: Letter of request for a meeting

Dear Mrs. State Secretary

Please find enclosed request for a meeting with me and 5.1.2.e on potential Small Modular Reactor deployment in Netherlands.

We can confirm positive early exchanges with ANVS and certain openness on siting by some provinces in Netherlands.

Kind regards,

5.1.2.e

5.1.2.e



TER ADVISERING

Aan de Staatssecretaris EZK – KE

Cc: aan de Minister

Directoraat-generaal Klimaat
en Energie

Directie Elektriciteit

Auteur

5.1.2.e

T 070 5.1.2.e

5.1.2.e

minezk.nl

Datum

1 juli 2021

Kenmerk

DGKE-E / 21176453

Bhm: 21176482

Kopie aan

5.1.2.e

(elektriciteit)

Bijlage(n)

2

nota

Kamerbrief aanbieding marktconsultatie kernenergie

5.1.2.e

Parafenroute

5.1.2.e

BBR /
5.1.2.e

5.1.2.e

Aanleiding

De Kamer is een rapport toegezegd ter uitvoering van de motie Dijkhoff (VVD) c.s. Hiertoe is opdracht gegeven aan consultancybureau KPMG. Met bijgevoegde brief aan de Kamer voldoet u aan de toezegging.

Advies

U wordt geadviseerd in te stemmen met deze brief. Het streven is dat de marktconsultatie kernenergie openbaar wordt gemaakt en maandag aan de Tweede Kamer wordt verstuurd voor het Commissiedebat van 7 juli te doen.

Kernpunten*Proces*

- ✓ Met deze aanbiedingsbrief wordt het KPMG rapport (zie bijlage) voor het zomerreces in finale vorm aan de Tweede Kamer gestuurd, in antwoord op de motie Dijkhoff c.s.. Er wordt geen verdere duiding gegeven maar wel aangegeven wordt dat het een onderwerp voor een volgend kabinet is. Wel kondigt u een aantal stappen aan:
 - een scenariostudie die ingaat op de mogelijke rol en omvang van kernenergie in de energiemix richting 2030 – 2050 en verder;
 - bij het onderzoek naar versterking van de kennisinfrastructuur en levensduurverlenging Borssele wordt aangesloten bij bestaand beleid.
- ✓ De politieke discussie over de consequenties van de marktconsultatie en mogelijke vervolgstappen komt na afronding van het onderzoek aan de orde. Uit de marktconsultatie komen nieuwe onderzoeksvragen en discussies voort, bijvoorbeeld over de samenhang met andere beleidsterreinen en -afwegingen, bijvoorbeeld met betrekking tot draagvlak, ruimte, en netcapaciteit en de mogelijke rol van kernenergie in de energietransitie. Uiteraard kan de uitkomst van de formatie ook richting geven.

Inhoud rapport

Het rapport van KPMG gaat in op de onderzoeksvragen van de marktconsultatie kernenergie: onder welke voorwaarden zijn marktpartijen bereid te investeren in

Ontvangen BBR



kerncentrales in Nederland, welke publieke ondersteuning is daarvoor nodig, en in welke regio's is er belangstelling voor de realisering van een kerncentrale?

De rapportage van KPMG, met daarin een management samenvatting, is bijgevoegd. Belangrijke bevindingen die hieruit naar voren komen zijn:

- ✓ Keuze technologie: Een overgroot deel van de marktpartijen benadrukt het belang van het kiezen voor een bewezen technologie die voldoet aan de geldende veiligheidseisen, waarbij er brede consensus is om voor een generatie III+ reactor te kiezen.
- ✓ Keuze 'groot' versus een SMR (Small Modular Reactors): Daarnaast worden SMRs door veel marktpartijen als een interessante optie gezien, maar commerciële beschikbaarheid van SMRs laat nog (even) op zich wachten, waardoor nog onduidelijk is hoe kwetsbaar ze zijn voor FOAK (First of A Kind) problematiek.
- ✓ Overzicht financiering: Als onderdeel van de marktconsultatie zijn de (on)mogelijkheden van private financiering onderzocht, alsmede de randvoorwaarden die private financiers hierbij naar verwachting zullen stellen. Uit het interviewprogramma volgt dat marktpartijen naar verwachting diverse voorwaarden zullen stellen aan eventuele participatie.
- ✓ Garanties en risico bereidheid van private financiers: Op basis van de interview feedback is het de verwachting dat private financiers diverse garanties zullen vragen van de overheid. Private financiers zijn bereid om risico's te lopen die ze kunnen beheersen. Overige risico's zullen private financiers bij de overheid willen beleggen.
- ✓ Rendement en cashflows: Private financiers geven aan dat omzetgaranties onvermijdelijk zijn in het geval van private financiering. Aan deze wens kan via diverse financieringsstructuren invulling worden gegeven.
- ✓ Financieringsstructuren: Bij vrijwel alle praktijkvoorbeelden wordt een financieringsstructuur toegepast, waar de overheid en/of de leverancier van nucleaire technologie direct en/of indirect bij betrokken zijn.
- ✓ Financieringsmix: door de substantiële financieringsomvang, substantiële risico's en doorlooptijd lijkt betrokkenheid van de overheid onvermijdelijk. Indien de juiste randvoorwaarden worden gecreëerd, en wanneer sprake is van een bewezen technologie en design, biedt de ontwikkeling van een SMR mogelijk meer mogelijkheden voor private financiering.
- ✓ Non-financiële elementen (maatschappelijk draagvlak, politiek klimaat, ESG en afhandeling afval): Voldoende maatschappelijk draagvlak en een stabiel overheidsbeleid zijn randvoorwaardelijk voor private financiering. De propositie dient te passen binnen ESG (*Environment, Social and Governance*) kaders van investeerder. Het classificeren van kernenergie als een groener, duurzamer investering wordt gezien als een pre.
- ✓ Regelgeving: In het recente verleden zijn kosten- en tijdsoverschrijdingen als gevolg van het vergunningsverleningsproces veel voorkomend geweest. Het ontwerp en vergunningsproces levert zo groot risico op en daarmee een barrière om een kerncentrale te ontwikkelen. Marktpartijen pleiten dan ook voor vooral voor transparantie, harmonisering en voorspelbaarheid in het Nederlandse vergunningverleningsproces. Marktpartijen zijn voorzichtig optimistisch dat dit in Nederland zal gebeuren.

- ✓ **Bouwtijd:** Een generatie III+ kerncentrale kan naar verwachting gerealiseerd worden na 11-15 jaar vanaf de start van het vergunningstraject. Voor een SMR op basis van een generatie III+ reactor ontwerp duurt het naar verwachting zo'n 10 jaar vanaf start van het vergunningstraject, maar zal een bewezen ontwerp pas op zijn vroegst in 2027-2035 beschikbaar worden.
- ✓ **Ontmanteling:** Het ontmantelen van een kerncentrale is een complex en langdurig proces dat tot 20 jaar kan duren (bij directe ontmanteling). De gemiddelde kosten van directe ontmanteling voor Europese kerncentrales worden geschat op ongeveer EUR 0,6 miljoen per MW. In Nederland wordt de voorkeur gegeven aan financiële zekerheidsstelling middels fondsvorming. Marktpartijen zien daarbij over het algemeen wel graag aanvullende garanties van de overheid om risico's af te dekken waar ze beperkt controle over hebben en grote financiële gevolgen hebben.
- ✓ **Afval:** het Nederlandse systeem voor de verwerking en opslag van nucleair afval voor de middellange termijn wordt als positief ervaren door marktpartijen. De opslag capaciteit van COVRA wordt momenteel uitgebreid waarmee voldoende capaciteit ontstaat om het nucleaire afval uit Borssele tot aan de voorgenomen sluiting van 2034 op te slaan, als voor het afval van de mogelijk nieuwe Pallas reactor in Petten. Ondergrondse eindberging lijkt een reële en technisch haalbare lange termijn oplossing voor radio actief afval, maar wordt pas in 2130 gerealiseerd om economische redenen.
- ✓ **Inzet kerncentrale:** Een kerncentrale kan worden ingezet als basislast of als regelbaar vermogen. Marktpartijen adviseren om een kerncentrale in Nederland te laten draaien als basislast. Wil de overheid dat een kerncentrale volcontinu kan draaien, dan is overheidsingrijpen in de markt noodzakelijk. Kernenergie kan ook als CO₂-vrij regelbaar vermogen worden ingezet om het net stabiel te houden, maar dit is een relatief dure oplossing. Bij inzet als regelbaar vermogen kan nucleaire capaciteit (overschot) mogelijk worden benut voor waterstofproductie om de rentabiliteit van kerncentrales te verbeteren.
- ✓ **Borssele:** Marktpartijen adviseren levensduurverlenging van Borssele vanuit financiële overwegingen en het behoud van kennis/'value chain' in Nederland. Bij een levensduurverlenging zal gekeken moeten worden naar de financierings- en eigenaarsstructuur van Borssele. Borssele zal nog een veiligheidsevaluatie moeten ondergaan om te kunnen verlengen, maar marktpartijen geven aan daar geen problemen mee te verwachten.
- ✓ **Impact lokale economie:** Marktpartijen geven aan dat zij verwachten dat de bouw van een kerncentrale in Nederland een positieve bijdrage kan leveren aan de Nederlandse economie. Inschattingen lopen uiteen van circa 20% tot 80% van de totale werkzaamheden. Ook na de ingebruikname levert een kerncentrale een bijdrage aan de (lokale) economie en werkgelegenheid.
- ✓ **Locatie:** op basis van de interviews zijn er twee mogelijke locaties (Zeeland en Brabant) te definiëren waarbij één (de gemeente Borssele) het meest kansrijk is. De twee mogelijke locaties hebben naar verwachting geen uitdagingen qua congestie. De realisatie van meerdere (SMRs) op meerdere locaties in Nederland lijkt op basis van de interviews niet haalbaar.

Toelichting

- ✓ Voorgaande kabinetten hebben ambitieus ingezet op het CO₂-vrij opwekken en gebruiken van energie. Om de energietransitie en verdere elektrificatie van de samenleving mogelijk te maken werd geen CO₂-arme energiebron bij voorbaat uitgesloten: ook kernenergie niet.
- ✓ Kernenergie kan een bijdrage leveren aan de energietransitie omdat het CO₂-arm is en regelbaar vermogen kan leveren. Grote internationale organisaties (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), International Energy Agency (IEA), Nuclear Energy Agency van de Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD-NEA), International Atomic Energy Agency (IAEA), MIT) zien kernenergie dan ook als complementair aan zonne- en windenergie¹.
- ✓ Voor kernenergie zijn de volgende scenario's denkbaar: (i) Verlengen bedrijfsduurverlenging Borssele na 2033 (al dan niet in combinatie met) (ii) de realisatie van nieuwe kerncentrale(s).
- ✓ De marktconsultatie kernenergie is hierbij relevant, omdat het kijkt naar de wijze waarop kernenergie economisch zo optimaal mogelijk gerealiseerd kan worden en welke rol de overheid daarbij kan spelen.
- ✓ In het stafoverleg van 17 juni hebben wij u het voorstel gedaan voor het uitvoeren van een scenariostudie, waarbij o.a. wordt gekeken naar de relatie tussen diverse typen CO₂-vrij vermogen en hoe deze kunnen samengaan, op welke wijze kernenergie inpasbaar kan zijn in de energiemix en welke omvang het dan betreft. Hierbij dient ook nagedacht te worden over financieringsstructuren die een efficiënte inzet bevorderen en de werking van de markt niet ondermijnen.
- ✓ Een mogelijke opzet voor een dergelijke scenariostudie (waarbij lopende onderzoeken worden betrokken) kan de komende tijd worden uitgewerkt en aan u worden voorgelegd.

¹ ENCO rapport: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/09/22/possible-role-of-nuclear-in-the-dutch-energy-mix-in-the-future>



TER ONDERTEKENING

Aan de Staatssecretaris EZK - KE

Gekend. Wel central
tekstuele punten. Indien je
probeer, dan kan het na

nota

Beantwoording Kamervragen CDA nieuwe generatie
kernenergie

aanpassing eruit
Anders eerst langs bij

Parafenroute

5.1.2.e

BBR
5.1.2.eDirectoraat-generaal Klimaat
en Energie
Directie Elektriciteit

5.1.2.e

T 070 5.1.2.e

5.1.2.e minezk.nl

Datum
1 juli 2021Kenmerk
DGKE-E / 21176801

Bhm: 21177140

Kopie aan

5.1.2.e

Bijlage(n)
1**Aanleiding**

Lid Bontenbal (CDA) heeft op 21 juni jl. een aantal vragen gesteld over nieuwe generatie kernenergie.

Advies

Indien u akkoord bent met bijgevoegde beantwoording van de vragen, kunt deze ondertekenen.

Kernpunten

- De vragen zien met name op nieuwe typen kerncentrales als Small Modular Reactors (SMRs) en fusiereactoren en de inpasbaarheid daarvan in het Nederlandse energiebeleid.
- Kern van de beantwoording van de vragen is dat SMRs en fusiereactoren een interessante optie kunnen zijn voor de toekomst, maar dat dit type reactoren vooralsnog niet commercieel beschikbaar is.
- Uit de marktconsultatie kernenergie volgt de aanbeveling om bij de eventuele bouw van een nieuwe kerncentrale te kiezen voor bewezen technologie. Dit om First of a kind (FOAK) problematiek te voorkomen.
- Ook wordt verwezen naar samenwerking in EU-verband om te komen tot een eenduidig kader voor regelgeving en het opzetten van gezamenlijk onderzoek voor SMRs.

Toelichting

- Bij de beantwoording van de vragen is aangesloten bij de Marktconsultatie Kernenergie en de aanbiedingsbrief hiervoor aan de Tweede Kamer.
- Belangrijke bevindingen die uit de Marktconsultatie naar voren komen en bij de beantwoording van deze Kamervragen zijn gebruikt zijn o.a.:
 - Keuze technologie: Een overgroot deel van de marktpartijen benadrukt het belang van het kiezen voor een bewezen technologie die voldoet aan de geldende veiligheidseisen, waarbij

Ontvanger BBR



er brede consensus is om voor een generatie III+ reactor te kiezen.

- Keuze 'groot' versus een SMR (Small Modular Reactors):
Daarnaast worden SMRs door veel marktpartijen als een interessante optie gezien, maar commerciële beschikbaarheid van SMRs laat nog (even) op zich wachten, waardoor nog onduidelijk is hoe kwetsbaar ze zijn voor FOAK (First of A Kind) problematiek. SMRs zijn nog in ontwikkeling. De algemene verwachting van marktpartijen in de marktconsultatie is dat in de periode 2027-2033 de eerste SMRs op basis van Generatie III+ technologie operationeel kunnen zijn.
- Locatie: op basis van de interviews zijn er twee mogelijke locaties (Zeeland en Brabant) te definiëren waarbij één locatie (de gemeente Borssele) het meest kansrijk is, gekeken naar draagvlak. De twee mogelijke locaties hebben naar verwachting geen uitdagingen qua congestie. De realisatie van meerdere (SMRs) op meerdere locaties in Nederland lijkt op basis van de interviews niet haalbaar. Andere provincies hebben in de interviews aangegeven geen belangstelling te hebben.

5.1.2.e

Van: 5.1.2.e
Verzonden: maandag 19 juli 2021 15:20
Aan: 5.1.2.e
CC: 5.1.2.e
Onderwerp: FW: EU SMR event - 29 June 2021
Bijlagen: Synthesis of possible EU SMR cooperation.docx

Ter info

Vandaag was de werkgroep atoomzaken in Brussel. Zie hieronder een terugkoppeling aangaande de workshop SMRs.

EU Workshop on Small Modular Reactors (SMRs), 29 June 2021 - Debriefing by the Commission

CIE geeft een terugkoppeling. Tijdens de workshop die werd bijgewoond door veel verschillende stakeholders (industrie, overheid, financiële spelers). Er was consensus om een inclusieve Europese SMR Alliantie op te tuigen die alle stakeholders erbij moet betrekken. Die moet een routekaart met een uitvoeringsstrategie uitwerken met aandacht voor energieontwikkeling, interactie tussen verschillende stakeholders, consolideren van de toeleveringsketen en een gestroomlijnd regelgevend kader. Tijdens de workshop was veel discussie over model en design SMR's en onder meer een model naar FRA design. CIE geeft aan dat FRA industrie andere LS, uitnodigde om integratie te zoeken in die industriële waardeketen.

NL dankt CIE voor de informatieve workshop en geeft aan interesse te hebben in verdere opvolging. Ook vraagt NL welke rol CIE neemt en hoe zich dat verhoudt tot het partnerschap en of er een verschil zit tussen partnerschap en alliantie. CIE geeft aan een faciliterende rol te nemen en zet momenteel een steering committee hiertoe op. Ook is CIE van plan binnen nu en 12-18 maanden een serie thematische workshops (zoals financiering, toeleveringsketen, regelgeving, technologie) te organiseren die inhoudelijk moeten bijdragen aan de alliantie. CIE geeft aan dat partnerschap en Alliantie hetzelfde zijn, nu gebruikt men de term alliantie.

DUI (steun OOS) vraagt of de presentaties en resultaat van de workshop gedeeld kunnen worden. CIE zal dit rondsturen. FRA benadrukt dit initiatief van harte te verwelkomen en steunen.

Van: ENER-SMR-EVENT@ec.europa.eu <ENER-SMR-EVENT@ec.europa.eu>

Verzonden: vrijdag 25 juni 2021 11:49

Aan: 5.1.2.e @ec.europa.eu>

cc: 5.1.2.e @ec.europa.eu>; 5.1.2.e

@ec.europa.eu>; 5.1.2.e @ec.europa.eu>; 5.1.2.e
 @ec.europa.eu>; 5.1.2.e @ec.europa.eu>

Onderwerp: EU SMR event - 29 June 2021

Dear speakers and attendees of the EU SMR event,

Attached please find a document, which is a synthesis of the consultations that the Commission held in the preparations of this event with many of you. It is for your consideration and views prior to or during the event.

Kind regards,
 5.1.2.e

5.1.2.e



European Commission

Directorate-General for Energy
Nuclear energy, nuclear waste and decommissioning

Euroforum Building 04/387
L-2530 Luxembourg

+352 5.1.2.e

5.1.2.e [@ec.europa.eu](mailto:5.1.2.e@ec.europa.eu)



Vision for a decarbonised energy sector including European Small Modular Reactors

In line with the objective set by the Paris Agreement, more and more countries are making pledges to achieve "net-zero" emissions. In that context, the European Union demonstrated a strong leadership, setting the ambitious goal to be the first economy to reach carbon neutrality by 2050.

This decarbonisation effort is embodied in the European Green Deal¹, the Recovery Plan for Europe² and a strong EU Industrial Strategy³ designed to facilitate a more conducive environment for industrial ecosystems. Supporting jobs creation in the EU and strengthening the overall EU's resilience capacities are also part of this strategic policy direction set up by European Commission's initiatives.

In its "A Clean Planet for all" communication⁴, the European Commission indicated that, along with a large share of renewable energy resources, nuclear energy would be part of the backbone of a low-carbon energy mix necessary to achieve carbon neutrality. This means that investment is needed in the nuclear sector, whether to prepare for a longer-term operation of existing facilities or to build new reactors, as presented in the latest "Programme Illustrative Nucléaire" (PINC)⁵ of the European Commission.

Small Modular Reactors (SMR) have a strong potential to be one of the elements that can contribute to EU's 2050 climate targets, decarbonised energy sector under the Green Deal, and the European economic recovery and industrial resilience. For SMRs to become an actual contributor to those aims, their use in Europe should start in the next decade (early 2030s). Current prospects in several EU Member States show that SMRs could contribute to the replacement of retired electricity generation capacity or be used for other applications such as industrial co-generation (industrial heat), district heating, and hydrogen production.

With unique experience and expertise in nuclear technology (including significant research and development capabilities), the EU can play a key role in developing safe and competitive SMRs. An optimistic scenario by the OECD's Nuclear Energy Agency forecasts up to 20 GWe of SMR capacities installed by 2035 in OECD countries. A large part of the demand for new capacities will originate from the replacement of existing coal-fired power plants with a decarbonised and dispatchable source of electricity and industrial heat. In addition to a significant contribution to decarbonisation, SMRs can provide additional jobs, global export potential, and local economic value. Engagement in the commercial deployment of European SMR projects would prevent the loss of European

¹ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

² https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_en

³ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy_en

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773>

⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52017DC0237>

industrial and research capacities in cutting-edge technology, thus decreasing risks of Europe's dependence on foreign industries, mainly American, Chinese and Russian.

Fully committed to those policy priorities, the European nuclear industry called on the European Commission to set up an industry round table on SMRs to address topics such as regulatory frameworks, financing tools, R&D challenges to be overcome, industrial value chain consolidation, and the need for a minimum potential market size for SMR equipment manufacturing factories to be available and then profitable through the deployment of SMRs within Europe and abroad.

The first EU SMR workshop organised by the European Commission sets out the following shared vision for a decarbonised energy sector including European SMRs.

A European SMR Partnership

Convened organisations and stakeholders have proposed to launch a process to establish a European SMR Partnership as a collaboration scheme involving industrial stakeholders (vendors, manufacturers, SMEs), research & technological organisations (universities and industrial R&D centres), interested customers (Member States, utilities, end users, actors from other energy intensive industries), and European organisations (such as FORATOM and SNETP).

The Partnership will aim at creating enabling conditions for the first EU SMRs starting operation in the initial years of the next decade. Consistently with its aim, the Partnership will co-ordinate strategies and will enhance collaboration towards an integrated supply chain in Europe and a coherent set of complementary projects.

The European SMR Partnership will focus on:

- A strategic implementation plan, including design, licensing, financing and roadmap to build the first-of-a-kind in Europe by the end of this decade.
- Exploring the feasibility of a dedicated R&D public private partnerships (PPP) under the Euratom Research and Training framework programme, including the establishment of a strategic research agenda and the EU funding of projects implementing this agenda, following up the example of the on-going project European Licensing of Small Modular Reactors.
- Developing common codes and standards for innovative features to enable sharing costs of associated supporting R&D, and common processes to support SMR manufacturing and commissioning.
- Relevant studies and analyses of the European market for SMRs in the context of EU climate and energy strategies.
- Developing an industrial supply chain for those technologies currently mature enough to be deployed in the next decade. The cooperation of reactor designers and industrial partners should take the form of integrated project teams, study cases and prototypes displaying the viability and benefits of the approach.
- Promoting a European SMR "domestic" programme, to develop international marketing of the European SMR value chain within relevant EU and international activities and export opportunities. The Partnership will facilitate support from European institutions and national governments in their bilateral discussions with third countries and in international fora (roundtables, workshops and other promotional events), to seize opportunities and gain market shares when confronted with regional competitors from non-EU countries, which are strongly supported by their respective governments.

A tailored regulatory framework for SMRs

It is widely recognised that the streamlining of regulatory and licensing processes as well as their adaptation to the SMR specificities is an important prerequisite for their successful development and safe deployment. Approximation of regulations and of requirements across Europe should allow in-factory series manufacturing and reduce as much as possible country and site-specific design modifications. For example, this idea has led to the formation of regional and international forums such as the IAEA SMR Regulators Forum that elaborates common and generic licensing principles. Following this pattern and given the expressed interest of several Member States, a structured dialogue is envisaged between national nuclear safety authorities of the EU Member States having already expressed interest in deploying SMRs in the early 2030s.

The European Commission is called on to facilitate a joint discussion and assessment of a standardised/generic licensing scheme of the most mature designs, via ENSREG⁶ working groups formed by interested EU regulators. The licensing scheme in Europe should allow for introduction of innovation, timely evaluate the design progress, and facilitate new manufacturing roots and site construction using a European standardisation strategy based on consensual requirements and innovative approaches.

The working groups should tackle these issues on two levels or in a staged approach: first to elaborate a common regulatory language and, to a certain extent, align regulatory requirements for SMRs; secondly, address the standardised/generic design of selected models.

A roadmap towards the deployment of SMRs in Europe

Under the leadership of FORATOM⁷ and SNETP⁸ acting as hubs bringing together innovators and industry, entrepreneurs and investors, experts, graduates and employers, a series of workshops will consolidate the European SMR Partnership by the end of 2022.

As a first step, FORATOM and SNETP are called on to set up the EU SMR Partnership Steering Committee, responsible for giving general direction and reporting on overall progress of the Partnership. The Directorate General for Energy of the European Commission will act as a facilitator of the future work of the Steering Committee. The Steering Committee will obtain the agreement of a substantial number of stakeholders on a detailed joint roadmap supporting the development and deployment of SMRs in Europe. In particular, the roadmap will identify individual and existing collaborative actions to deliver the vision; further specify enabling conditions and new actions for near term deployment of SMRs in Europe.

A series of workshops, where stakeholders will share progress towards the vision, will progressively lead the Partnership to:

- identify the SMRs models/designs suitable for shorter term implementation and requiring early support. Currently, only the Light Water Reactor technology that is mature enough to be considered for industrial operations in early 2030s;
- identify the SMRs models/designs for support, with foresight on advanced technologies, such as lead-cooled, gas-cooled or sodium cooled type of reactors;

⁶ <http://www.ensreg.eu/>

⁷ <https://www.foratom.org/>

⁸ <https://snetp.eu/>

- provide input to joint regulatory discussions under ENSREG;
- present and discuss topical studies, e.g. on SMRs inclusion in hybrid energy systems / high RES power systems, or on the potential of SMRs in co-generation producing district and process heat, low carbon hydrogen and other applications;
- engage with and develop the European industrial supply chain hand in hand with the deployment of the SMR technologies.

With the participation of interested Member States, willing to dedicate resources to the development of SMRs, the workshops will also explore the feasibility of:

- SMRs according to economic analysis, business plans and financing schemes;
- setting up public private partnership (PPP) such as a R&D PPP in the Euratom research and Training framework programme, including the establishment of a strategic research agenda;
- Other possible schemes of public support at national and EU levels.

Committed to the principles underpinning this common vision, the convened parties to the first EU SMR workshop have outlined a roadmap towards expressing the potential of SMRs in Europe to contribute effectively to decarbonising the energy sector and to maintain industrial and research excellence.

5.1.2.e

Van: 5.1.2.e
Verzonden: dinsdag 20 juli 2021 12:02
Aan: 5.1.2.e
CC: 5.1.2.e
Onderwerp: RE: presentatie over SMRs
Bijlagen: LS Market consultation - update on SMRs.pptx

Excuses 5.1.2.e Ik zie hem nu pas. Ik heb een versie gemaakt met wat aanpassingen in grammatica en stijl (o.b.v. jouw bericht om 11:33):

De hoofdaanpassing is: "Technology and Market Readiness; a Dutch Perspective" i.p.v. "Technology and Market Readiness from Dutch Perspective"

Voor de rest heb ik wat lidwoorden en werkwoorden ingevoegd daar waar ze m.i. nodig waren!

Kijk maar of je er iets mee wil/kunt!

Ik kan vanmiddag nog meekijken, mocht dat nuttig zijn!

Groet,

5.1.2.e

Van: 5.1.2.e @minezk.nl>
Verzonden: dinsdag 20 juli 2021 11:33
Aan: 5.1.2.e @minezk.nl>; 5.1.2.e @minezk.nl>
CC: 5.1.2.e @minezk.nl>
Onderwerp: RE: presentatie over SMRs

Hi 5.1.2.e

Zie slide 16! Zolets?

Groet
5.1.2.e

Van: 5.1.2.e @minezk.nl>
Verzonden: dinsdag 20 juli 2021 11:09
Aan: 5.1.2.e @minezk.nl>; 5.1.2.e @minezk.nl>
Onderwerp: RE: presentatie over SMRs

Hi 5.1.2.e

Excuus voor de te late reactie. Ziet er goed uit! Had alleen suggestie om iets (aanvullends) te zeggen over belang van maatschappelijk draagvlak / 'social support'.

Succes!
5.1.2.e

Van: 5.1.2.e @minezk.nl>
Verzonden: maandag 19 juli 2021 15:46
Aan: 5.1.2.e @minezk.nl>; 5.1.2.e @minezk.nl>
Onderwerp: presentatie over SMRs

Hoi,

Hebben jullie nog opmerkingen op bijgaande presentatie?

Hoor het graag. Wil 'm vanavond nog insturen als dat lukt.

Met groet

5.1.2.e