

Toelichting op “Huidige stand van zaken van het onderzoek naar nieuwe vormen van kernenergie en versnelling van nieuwe kernenergietechnologieën”

Prof. Dr. Rudy J.M. Konings
Technische Universiteit Delft

De splijtstofketen omvat alle bewerkingen die splijtstof van kernreactoren ondergaat, van mijnbouw tot geologische opberging, met als doel materiaal in de juiste chemische en fysische vorm (uranium oxide, UO_2 , in de vorm van tabletten) te brengen, en na gebruik veilig te isoleren zodat de impact zo klein mogelijk is. De splijtstofketen voor bestaande lichtwaterreactoren is ver ontwikkeld, en is gebaseerd op uranium dat wordt verrijkt in de splijtbare isotoop U-235, bijvoorbeeld door URENCO. Een groot aantal stappen worden op industrieel niveau aangeboden, voornamelijk aan de voorkant van de keten.

In Nederland is de nucleaire afval strategie – de achterkant van de keten - duidelijk geregeld. Er is een centrale opslag (COVRA) voor het radiologisch afval van kerncentrales, uraniumverrijking, onderzoek, ziekenhuizen, etc. Het kernaafval van de kerncentrales (Dodewaard, Borssele) is/wordt opgewerkt in fabrieken in het buitenland en verglaasd kernaafval wordt opgeslagen in het HABOG voor een periode van tot 100 jaar, gedurende welke een definitieve geologische opslag kan worden gerealiseerd. Afgescheiden plutonium uit de kernsplijtstof wordt als mixed oxide (MOX = (U,Pu) oxide) in de Borssele reactor verbruikt in de periode tot de nu geplande einde levensduur (2033). Dit wordt de U/Pu splijtstofketen genoemd, waarbij Pu het U-235 vervangt als splijtstof, en er dus geen verrijkt U meer nodig is.

Nieuwe kernenergietechnologieën hebben in de Nederlandse situatie een kans op doorbraak als er tijdig een sluitende verwerkings- en afvalroute is opgezet.

Vele Generatie IV en SMR-ontwerpen gebruiken splijtstoffen die verschillen van het uraniumoxide dat in de huidige lichtwaterreactoren wordt gebruikt, zoals mixed oxide met een hoog (20-30 %) plutonium gehalte, gesmolten zout, of nitride. Voor vele van deze nieuwe splijtstoffen is de bestaande verwerkingsroute niet geschikt omdat de chemische vorm niet compatibel is, de stralings- en warmteniveaus te hoog zijn, of omdat het splijtstofontwerp hermetische insluiting als uitgangspunt heeft. Dit betekent dat er andere methoden moeten worden toegepast zoals opslag zonder opwerking (hogetemperatuurreactor), aanpassing van de bestaande opwerking (metaalgekoelde reactoren), of alternatieve opwerking (gesmoltenzoutreactor). Diverse van deze methoden zullen moeten worden onderzocht en ontwikkeld. Vanuit oogpunt van kosten en maatschappelijke acceptatie is het van belang de verwerkingsmethoden zo vroeg mogelijk in de ontwikkelingsfase mee te nemen.

Plutonium speelt een grote rol in Generatie IV reactoren omdat het hergebruik als een belangrijk argument voor de duurzaamheid van kernenergie wordt gezien. De U/Pu splijtstofketen maakt het mogelijk het beschikbare uranium veel efficiënter te gebruiken in zogenaamde kweekreactoren, waarin meer Pu wordt geproduceerd uit U dan geconsumeerd door splijting. Ook thorium wordt regelmatig als kweekmateriaal genoemd. Thorium kan in uranium worden omgezet (Th/U splijtstofketen) en in de gebruikte splijtstof zijn minder zware elementen aanwezig (zwaarder dan uranium – transuranium), wat een positief effect heeft op de radiotoxiciteit en warmteproductie op lange termijn.

Er is voldoende verarmd uranium beschikbaar om kweekreactoren voor vele jaren te voorzien van splijtstof.

Door gebruik van verarmd uranium in kweekreactoren wordt een restproduct ingezet, waardoor nieuwe mijnbouw wordt vermeden. Bij winning en afscheiding vanuit erts komen vervalproducten van uranium en thorium vrij in lucht, water en bodem, wat relatief gezien een substantiële bijdrage levert aan de radiologische gevolgen van het gebruik van kernenergie. Als gevolg van vele decennia van uraniumverrijking zijn de hoeveelheden verarmd uranium enorm. Daarnaast zijn er ook grote hoeveelheden opgewerkt uranium. Het gebruik van beschikbaar verarmd uranium als kweekstof in reactoren is dus een verstandigere keuze dan thorium dat via nieuwe mijnbouw wordt verkregen. Op thorium gerichte mijnbouw vindt nauwelijks plaats, en thorium is een bijproduct van de productie van zeldzame aarden. Het kan als nuttige toevoeging de eigenschappen van sommige splijtstoffen verbeteren.

De gesmoltenzoutreactor is een onmisbare schakel in het sluiten van de splijtstofketen.

Opwerking en hergebruik van splijtstof van Generatie IV reactoren zal moeten worden herhaald in de loop der tijd, waardoor de kwaliteit van het plutonium zal veranderen/verslechteren, waardoor hergebruik moeilijker wordt. Vaste splijtstoffen zoals in de meeste reactoren worden gebruikt, hebben weinig flexibiliteit en kunnen niet snel worden aangepast aan de veranderende samenstelling. Er is dus behoefte aan een reactor die hierop makkelijker kan inspelen. De gesmoltenzoutreactor biedt deze mogelijkheid omdat de fysische toestand van de splijtstof vloeibaar is, waardoor de koppeling tussen eigenschappen/stabiliteit en samenstelling minder kritiek is. Voor het verder ontwikkelen van de splijtstofketen van deze reactor zullen wetenschappelijke en technische uitdagingen moeten worden aangepakt zodat het sluiten van de splijtstofketen realiteit wordt.