

In de media wordt steeds vaker gesteld dat kleine modulaire reactoren (SMR's) duurzaam, goedkoop en veilig zijn, en een mogelijke investering in kerncentrales in de toekomst rechtvaardigen. De politieke partijen golven oppervlakkig op de hypes aangegeven door belangengroepen. Zo ontstaat een mythevorming, die onvoldoende aan een kritische bevraging wordt onderworpen. Deze tekst wil daartoe een bijdrage leveren. Eerst staan we stil bij de verschillende types SMR's in ontwikkeling. Daarna bespreken we drie belangrijke problemen: de nood aan een aangepaste brandstofcyclus, de kostprijs en de nood aan regelgeving en controle.

Er kunnen grote vragen gesteld worden bij de in het vooruitzicht gestelde voordelen van SMR's. In een recent rapport van de Nuclear Energy Agency van de OECD (NEA-OECD) worden de voorwaarden en moeilijkheden besproken om die voordelen te realiseren (Ref. 1). Geen enkele van de talrijke, technologisch sterk verschillende SMR's die in ontwikkeling zijn, komt daaraan tegemoet.

Als men in de toekomst in SMR's wil investeren, moet men goed afwegen welke risico's men wil nemen met het bouwen van kerncentrales die technieken gebruiken waarvoor nog weinig industriële en veiligheidservaring voorhanden is. Bovendien moet men onderzoeken welke de eventuele voordelen zouden kunnen zijn voor ons energiebeleid in het nieuwe energiesysteem waarin hernieuwbare energie zo goedkoop is geworden, een verwaarloosbare hoeveelheid CO₂ uitstoot en geen langdurig afvalprobleem veroorzaakt – zowel zonnepanelen als windturbine-wieken kunnen gerecycleerd worden, maar ook uitdagingen stellen voor duurzaamheid qua grondstoffen en mijnbouw, i.h.b. voor batterijen, terwijl nucleair afval honderden tot honderdduizenden jaren radioactief blijft, ook bij uraniummijnen.

Definitie en soorten SMR's

SMR's zijn “Small Modular Reactors”, kleine modulaire reactoren, met een vermogen tussen 10 MWe (MegaWatt elektriciteit) en 300 MWe. Vergelijk dit met het vermogen van onze kernreactoren, bv. Doel 4 (1039 MWe), of Doel 1 (433 MWe). Volgens het NEA-OECD zijn er vandaag ongeveer 70 verschillende soorten SMR's in ontwikkeling, verdeeld over een 15-tal verschillende concepten. De meeste zijn nog in een vroege ontwerpfase, behalve in Rusland (38MWe, 2019) en recent in China (Ref. 2).

De verst gevorderde ontwerpen in de westerse wereld zijn varianten van de bestaande grootschalige reactoren, zoals Licht Water Reactoren (LWR Generatie III en Generatie III+ reactoren). Zij vertegenwoordigen ongeveer 50% van de SMR's die ontwikkeld worden.

De overige zijn Generatie IV reactoren die andere koelsystemen dan water gebruiken zoals vloeibaar natrium, gesmolten metalen, gas of gesmolten zouten. Deze types zijn nog in een vroeg ontwikkelingsstadium of bleken in het verleden in het Westen al technisch-economisch te falen. In China wordt een kleine proefreactor met thorium splijtstof op laboschaal getest terwijl in Rusland wel 2 grote kweekreactoren commercieel in bedrijf zijn in Beloyarsk sinds 1981 en 2016

SMR van het type LWR Generatie III en Generatie III+

SMR's van het type Licht Water Reactoren gebruiken hoofdzakelijk dezelfde technologie als de huidige PWR (Druk Water Reactoren) reactoren. Ze gebruiken dezelfde kernbrandstof (ongeveer 5% verrijkt Uranium) en leiden tot evenveel of zelfs meer van hetzelfde soort kernafval als de huidige, grotere reactoren. Iets meer, omdat grotere reactoren een hoger rendement hebben en dus minder kernafval per geproduceerde hoeveelheid elektriciteit genereren. Met de SMR's van Generatie III en III+ reactoren is er verder evenzeer nood aan ondergrondse opslag van langdurig radioactief afval.

Er is vooral interesse in deze kleinere reactoren omdat ze flexibeler, sneller inzetbaar en goedkoper zouden zijn dan de extreem dure EPR (Europese druk water reactor), zoals die met véél vertraging gebouwd werd in Olkiluoto, Finland. Mogelijks bieden de kleinere Generatie III en III+ Licht Water Reactoren meer perspectief op beter energiegebruik, eventueel voor warmte. Bovendien kunnen ze gebruik maken van de bestaande infrastructuur voor de productie van de kernbrandstof, van dezelfde opwerkingsfaciliteiten (recyclage van gebruikte Pu en U brandstof, desgewenst in Frankrijk) en van de jarenlange ervaring met de bouw en uitbating van gelijkaardige technologie.

Twee concrete voorbeelden van “kleinere” LWR's zijn in een ontwerpfase. Het Amerikaans bedrijf NuScale heeft de VOYGR ontworpen, een van de zeldzame voorbeelden van een echt kleine en modulaire centrale (77MWe per module). Maar Nuscale heeft nog niet bewezen ook goedkoper gebouwd te kunnen worden en liep al 2 jaar vertraging op. Volgens een studie van het IEEFA (Institute for Energy Economics and Financial Analysis, Ref. 3) is de kostprijs per megawatt-uur sinds 2021 gestegen van 58 naar 89 USD/megawatt-uur. Daar moet nog minstens 30 USD/megawatt-uur aan subsidies (in het kader van Biden's IRA-programma) aan toegevoegd worden, naast 1.4 miljard USD subsidies van het Department of Energy (berekend voor een installatie van zes modulaire SMR's van elk 77 MWe). Anderzijds bereiden EDF m.m.v. Tractebel, CEA en Naval Tech, een inhaaloperatie voor, met de bouw van de NUWARD (2X 170MW) reactor met normale splijtstof. Ook zij krijgen daarvoor 0.5 miljard Euro subsidie van de Franse staat. Op het kostprijaspect wordt hierna dieper ingegaan.

Sommige LWR-projecten die als SMR's worden voorgesteld, zijn feitelijk niet modulair en niet klein. Voorbeelden zijn de reactoren van Rolls Royce (UK), GE-Hitachi (USA) of SNC-Lavalin (Canada), die uit één module bestaan met een vermogen van 300 tot 450 MWe, wat vergelijkbaar is met Doel I: 433 MWe).

Generatie IV

De Generatie IV reactoren die ontwikkeld worden zijn theoretisch wel in staat om na 2050 de langlevende fractie van het kernafval te verminderen, weliswaar tegen hoge kosten. Zij zouden ook een robuustere oplossing kunnen bieden voor kernafval. Het zijn ofwel *snelle kweekreactoren* met een koelmiddel dat neutronen weinig vertraagt en daardoor ook Plutonium (PU-239 en andere isotopen) produceert, ofwel *hoge temperatuurreactoren* met sterke carbide brandstofkorrels. Deze laatste zouden een veiliger exploitatie toelaten en zouden het langlevend afval effectiever dan nu verpakken voor geologische berging. Bovendien levert ‘verpakt’ Plutonium een minder groot risico voor proliferatie daarvan, lees: voor het gebruik daarvan in kernwapens.

Snelle kweekreactoren

In kweekreactoren worden de snelle neutronen die ontstaan bij de splitsing van U-235 gebruikt om U-238 om te zetten in Plutonium. Dit Plutonium is splijtbaar door trage neutronen, net zoals

U-235. Een kweekreactor produceert daarom meer splijtbaar materiaal dan hij verbruikt, vandaar de naam kweekreactor. Water, dat als koelmiddel in onze huidige centrales wordt gebruikt, vertraagt neutronen ‘teveel’, zodat er niet genoeg snelle neutronen overblijven om U-238 om te zetten in Plutonium. Daarom gebruikt men in kweekreactoren andere koelmiddelen, zoals b.v. vloeibaar Natrium, Lood, of complexe fluoride-zouten, die de snelle neutronen minder vertragen.

Snelle neutronen kunnen ook gebruikt worden om transuranen i.h.b. langlevende minor actinides (zoals Americium, Neptunium en Curium), aanwezig in het kernafval van onze huidige kerncentrales, om te zetten in minder lang levende afvalproducten. We komen hier verder op terug.

Terrapower (van Bill Gates) bouwt zo een kweekreactor, gekoeld met *vloeibaar natrium*. Zowel de USA, UK, Japan als Frankrijk hebben in het verleden reeds meermaals natrium-gekoelde kweekreactoren uitgetoet. Ze hebben hun experimenten of centrales moeten stopzetten na enkele jaren gebruik, omwille van het complexe, langdurige splijtstofbeheer met multiple recycling, en omwille van het risico op ongeval ondanks de lagere druk in het reactorvat. Vloeibaar natrium is niet compatibel met zuurstof en water, reageert immers explosief met water (wat een probleem is voor de stoomgenerator) en is zeer brandbaar. Omwille van deze problemen en het delicate splijtstoftransport dat decennia lang zal nodig zijn, werd de civiele uitbating ervan over lange termijn technisch en economisch en politiek niet haalbaar geacht. Verschillende kweekreactor-projecten, zoals de Franse Phénix (2009) en Superphénix (1998) en de Japanse Monju (1995) zijn uit bedrijf genomen, het Duitse project in Kalkar is zelfs nooit opgestart. Het geeft aan dat deze kweekreactoren zowel technisch qua veiligheid als economisch moeilijk aanvaardbaar zijn in een democratie. Ook een eenvoudiger Frans project van 150MW, Astrid, bleef in de schuif steken. De USA gaat nu met een inhaalbeweging de concurrentie aan met Rusland, dat ook splijtstof levert aan een Chinees project voor een kweekreactor van 20MWe. In algemene zin vergroten kweekreactoren, door hun productie van Plutonium, natuurlijk de risico's op proliferatie naar kernwapens.

Westinghouse e.a. werken aan een Generatie IV-reactor met *vloeibaar lood koeling*. De multipurpose MYRRHA reactor, die niet voor elektriciteitsproductie bestemd is, die het SCK (het Studiecentrum voor Kernenergie in Mol) wil bouwen, zou gekoeld worden met een mengsel van Lood en Bismuth (“LFR” = Lead cooled Fast Reactor). Vloeibaar lood is echter zeer corrosief bij hoge temperatuur. Ook hier is de economisch-technische haalbaarheid nog niet bewezen. Bovendien gebruiken beide types reactoren kernbrandstof onder de vorm van MOx (Mixed Oxides van Uranium, Plutonium). In Europa zijn enkel Rusland en Frankrijk in staat om MOx of andere geavanceerde brandstof op nog beperkte schaal te produceren.

Een ander type Generatie IV-reactoren, die uranium of thorium als kernbrandstoffen kunnen gebruiken en *gesmolten zouten* als koelmiddel aanwenden, hebben het probleem dat deze gesmolten zouten zeer corrosief zijn, waarvoor voorlopig nog geen afdoende materialen beschikbaar zijn. Bovendien moet er een methode gevonden worden om de splijtstoffen van de kernreactie uit het gesmolten zout te verwijderen. Er is nog niet op enige schaal bewezen dat dit veilig en economisch kan. Overigens: door de grote beschikbare voorraden Uranium kwam/komt Thorium als splijtstof, met enkele voordelen maar ook risico's, niet van de grond, ondanks de mythevorming errond.

Hoge temperatuur reactoren

Ten slotte zijn er de Generatie IV-reactoren die met een zeer hoge temperatuur gas (Bv. Helium op 800°C) gekoeld worden (“HTGR”= High Temperature Gas Cooled Reactor). Zij gebruiken

kernbrandstof ingebed in een koolstofstructuur in speciale vorm: TRISO (Tristructural Isotropic), korrels, die een “carbide pebble bed”, een bed van carbidekeitjes vormen. In deze “keitjes” of korrels wordt het Uranium ingebed in laagjes koolstof en keramisch materiaal. Dit biedt het voordeel dat het smelten van de kern zeer onwaarschijnlijk wordt. Deze korrels bieden ook een robuuste afscherming tegen proliferatie. Bovendien zou afvalstockage mogelijk worden zonder dat opwerking of P&T (Partitioning and Transmutation, zie hierna) vereist zijn. De (nog) hogere temperaturen zouden ook ruimer kunnen gebruikt worden als warmtebron voor industriële processen. De gebruikte brandstof kan echter moeilijk gerecycleerd worden, zodat langdurige geologische berging van het kernafval onvermijdelijk is.

Gezien er voldoende Uranium is voor meer dan 100 jaar is de bevoorrading nu geen bezwaar, maar moet het nucleair afvalbeheer wel werk maken van de berging van grafietafval dat zich al 50 jaar stelt maar met Gen IV reactorontwikkeling algemeen en HTR i.h.b. grotere proporties zal aannemen.

Er worden door het Amerikaanse Department of Defense ook militaire micro-reactoren van dit type voorbereid voor inzet op het slagveld (Ref. 3).

Een extra uitdaging: de aangepaste brandstofcyclus

Een tot nu toe nauwelijks besproken probleem van de SMR's is dat zij nopen tot een deels ándere splijtstofcyclus. Sommige SMR's van het Licht Water Reactor type en sommige SMR's van het generatie IV type gebruiken om efficiëntieredenen Uranium met een hogere graad aan verrijking (max 20 %), HALEU genaamd (High-Assay Low-Enriched Uranium). Rusland is wereldwijd nu de enige industriële producent van HALEU, maar Westinghouse (USA) maakt samen met Cameco (Canada) met Amerikaanse financiële steun een inhaalbeweging. Daarnaast zijn er SMR's die gerecycleerde brandstof (zoals MOx, een mengoxyde van U en Pu) van andere reactoren als deel van hun brandstof kunnen gebruiken.

Het kernafval van onze huidige reactoren bevat naast de resten van Uranium-235 en Uranium-238 ook Plutonium, en andere transuranen i.h.b. minor Actiniden (zoals Ameritium, Neptunium en Curium), en een hele reeks splijtingsproducten.

Men zou ook deze verschillende fracties beter van het kernafval kunnen scheiden (scheiding of Partitioning) dan de vroegere (Eurochemic in Dessel) en huidige opwerking (in La Hague). Aangezien al dit materiaal zeer radioactief is, is dit een complex en gevaarlijk radiochemisch proces dat meermaals moet worden doorlopen. Het hergebruikte Uranium en Plutonium genereert immers opnieuw kernafval. Dit vereist innovatieve opwerkingsinstallaties die nog maar met zeer beperkte capaciteit bestaan voor civiele toepassingen in Frankrijk en Rusland. Omwille van de hoge kostprijs en de milieurisico's kan maar op enkele plaatsen in de wereld geïnvesteerd worden in dergelijke dure opwerkingsinstallaties. Bovendien vergroot het transport van Plutonium van en naar die opwerkingsinstallaties het gevaar van proliferatie naar kernwapens. Frankrijk overweegt zijn installatie te vernieuwen in Cap La Hague, terwijl een kleine Japanse civiele realisatie uitblijft door technische moeilijkheden. Intussen gaan er experimenten met opwerking door in geheime militaire installaties.

Het Uranium en Plutonium kan deels hergebruikt worden als MOx kernbrandstof. De minor actiniden en het Pu, die het afvalbeheer moeilijker maken, zouden in kweekreactoren deels en geleidelijk in opeenvolgende cycli omgezet kunnen worden in energie en korter levende radioactieve materialen. De resthoeveelheden en i.h.b. de niet afbreekbare splijtingsproducten dienen dan wel nog steeds verder verglaasd te worden, zoals eerder gebeurde in Eurochemic en

La Hague. (En nu een eeuw in koelbunkers gestockeerd in Belgoproces/NIRAS in Dessel), m.a.w. een verpakking voor berging in kleilagen of diepe rotsformaties zal ook na de hiervoor genoemde complexe chemische scheidingsprocessen nodig blijven.

Een alternatief waar vele landen nu economisch en naar aanvaardbaarheid voor kiezen is om alles eerst tijdelijk op te slaan in droge of natte splijtstof stockage pools (respectievelijk zoals in Doel of Tihange tot 2080 is voorzien). Na afkoeling moet dat dan geborgen in diep geologische formaties zoals klei, (Frankrijk), graniet (Finland) of zout (USA) zonder de scheiding van deze verschillende fracties van het kernafval.

Voor de SMR's van de Generation IV met onzeker afvalreductie perspectief moet nog een hele nieuwe industriële keten ontwikkeld worden voor zowel reactorconstructie als herhaalde recyclage en transport van brandstof en afvalbehandeling. Als België hier weer, zoals in de jaren 60-70 met Eurochemic, het voortouw wil nemen moet de blackbox van de opwerking (P&T, geavanceerde scheiding zoals pyroprocessing en de transmutatie) eindelijk geopend en transparant gemaakt worden. Dit is het geval voor de nieuwe soort snelle neutronen reactoren zoals MYRRHA (waar ook medische radio-isotopen zullen geproduceerd worden) en LFR-SMR, (Lead cooled Fast Reactor-SMR) demoreactor. Er moet duidelijk gemaakt worden waar en wanneer in hun splijtstof infrastructuur zal geïnvesteerd (kunnen) worden, wat de kostprijs en markt kan zijn, hoe de afvalverwerking kan gebeuren, en wat de economische en andere implicaties (zoals militaire) kunnen zijn. MYRRHA blijft ondertussen een boeiend maar zeer geïsoleerd avontuur wat splijtstof en koelmiddel betreft, dat kennis kan genereren over lood-gekoelde SMR's, en België kan voorbereiden op de LFR-SMR-technologie van Westinghouse. Men moet echter goed beseffen dat men, door de investeringen in en de kennis in opgebouwd voor de eerste fase nog maar van MYRRHA men eigenlijk reeds een impliciete keuze maakt voor één bepaald type SMR.

De kostprijs.

Generatie III+

Zoals bekend, zijn de grote reactoren van generatie III+ uitzonderlijk duur om te bouwen. SMR's zouden daar volgens sommigen aan verhelpen, ook al is schaalverkleining in strijd met het beproefde principe van "economies of scale". De kost van de grote generatie III+ reactoren is het gevolg van hun complexiteit en van de hoge veiligheidsnormen waaraan deze "inherent" veilige reactoren moeten voldoen. Zo heeft in de UK de overheid aan de bouwers van de reactor van Hinkley Point een hoge elektriciteitsprijs (van 103 Euro/MWh, geïndexeerd) moeten garanderen gedurende 35 jaar. (Ref. 4) en liep de Finse EPR-reactor bij Olkiluoto 14 jaar vertraging op met een drie tot vier keer hogere kostprijs, die ten laste van de Franse bouwer EDF (en dus van de Franse staat) kwam.

Frankrijk herzielt ondertussen zijn EPR (European Pressurized Reactor) project en plant 8 reactoren van een EPR2 versie, gereduceerd tot 1200 MWe vermogen. Twee daarvan zijn gepland in Gravelines, vanaf 2040. Economisch succes met een eenheidsprijs per reactor beneden de 8 miljard € zal alleen lukken met een soepelere en snellere vergunningsaanpak, wat de veiligheid van de reactoren niet noodzakelijk ten goede zal komen. Europa zal zich dan ook dringend moeten herpositioneren tegenover de commercieel agressieve USA die, vooral met Westinghouse, de bestellingen voor GenIII+ reactoren in Oost-Europa binnenrijft. Hoe dan ook is de particuliere sector niet meer geïnteresseerd om dergelijke centrales alleen te financieren: de

financiële risico's zijn te groot. Een enquête van KPMG (Ref. 5) laat zien dat de privé-sector alleen in de nieuwe generatie kerncentrales in Nederland wil investeren als de overheid een aanzienlijk deel van de kosten en de verantwoordelijkheden op zich zou nemen. Nederland heeft daarom, alleen al voor de verkennings- en onderzoeksfase voor mogelijk nieuwe kernreactoren, 5 miljard € subsidie voorzien.

Serieproductie voor Gen IV: een ijdele hoop?

Men wil met SMR's de kosten beperken door een vereenvoudigd ontwerp, standaardisatie van onderdelen, serieproductie, eventueel zelfs productie van kleine modules in fabrieken, met daarna transport naar de plaats van uitbating. Schattingen van NuScale (Ref. 6) zelf tonen echter aan dat "massaproductie" van hun modulaire 77 MWe reactoren zouden resulteren in een besparing van slechts 7 tot 14 USD/MWh op een kostprijs van 81 USD/MWh (31 USD/MWh subsidie niet meegerekend, zie hiervoor), niet meer dan 10 à 15 % dus. In dezelfde Bloomberg-studie wordt er ook op gewezen dat kernreactoren historisch een "negative learning curve" vertonen: zij worden juist duurder naarmate er meer gebouwd worden en in de mature fase van de innovatiecyclus uitzonderlijk niet in prijs afnemen. Dat is in sterk contrast met zonne- en windenergie, die over het laatste decennium 71 resp. 25 % goedkoper werden (USA kostprijzen).

Bovendien moet, om van de lage kosten van serieproductie te kunnen genieten, de markt voor één bepaald type SMR voldoende groot zijn. Dit betekent dat bijvoorbeeld op Europese schaal voor een of enkele technologieën gekozen moet worden en er 2 á 3 van de 70 projecten economisch haalbaar zullen zijn. Vergelijk dit met de vliegtuigindustrie, waar er slechts enkele grote spelers over bleven. De nieuwe elektriciteitsmarkt heeft ook veel minder behoefte aan grote productiecapaciteit om de basislast te dekken (de ondergrens van het continue elektriciteitsverbruik), zoals recent afdoend bleek met overschotten aan zonne- en windenergie.

Noodzaak aan duidelijke regelgeving en strikte controle.

Voor SMR's met min of meer beproefde technologie, maar zeker voor de types met nieuwe technologie is er nog nauwelijks regelgeving en controle, en ontbreekt het bij de overheid aan de nodige onafhankelijke expertise en aan voldoende grote testreactoren. Het testen en certifiëren van SMR's vergt nieuwe expertise die in vrijwel alle landen nog dient opgebouwd te worden. Bovendien zou het, om SMR's in veel landen uit te bouwen, wat nodig is voor de economische voordelen van serieproductie, beter zijn de vergunning en controle voor die kernreactoren in al die landen te harmoniseren. De Europese Unie is daarvoor niet bevoegd, reguliere, laat staan gereguleerde samenwerking zal dus nog vele jaren vergen.

Voor de nieuwe SMR's met hogere temperatuur geldt een bijzonder probleem. In een koolstofneutrale economie wil men de geproduceerde, nu deels in rivieren en via koeltorens verspilde warmte, zoveel mogelijk gebruiken voor industriële processen met een grote warmtevraag (staal, cement, chemie), voor waterstofproductie en voor de residentiële sector. Ook dit vraagt aanpassing van en afstemming tussen diverse soorten milieuregelgeving en -beleid. Tegelijkertijd nemen de veiligheidsrisico's toe als SMR's niet in een streng beveiligde en afgelegen nucleaire site, maar dichtbij woon- en industriegebieden bouwt.

Besluit

Volgens de Belgische Hoge Gezondheidsraad (2021, Ref. 5) is kernenergie in de huidige omstandigheden niet duurzaam. Dat contrasteert met de door felle lobbying verkregen status van 'groene energie' volgens de Europese energie-taxonomie. Voor SMR's duurt het, volgens het rapport van de OECD-NEA (2021, Ref. 1), tot minstens 2035 voor er voldoende bekend is over de

technologie van (diverse) SMR's, de vereisten aan de splijtstofcyclus, het afvalmanagement enz., voor een oordeel in termen van duurzaamheid. Pas dan zullen we, ook in België, een wetenschappelijk verantwoord besluit kunnen nemen over het soort SMR dat eventueel een rol kan spelen in de energie-mix. De impliciete keuze voor LFR-SMR (via de investeringen in MYRRHA) is daarom voorbarig en niet onafhankelijk van nog onzekere en sterk door het buitenland bepaalde opties.

Het SCK blijft bovendien pleiten voor een gesloten brandstofcyclus met technisch geavanceerde maar economisch zeer onzekere opwerking. Dat gaat voorbij aan de ver gevorderde projecten voor definitieve berging van kernafval, zoals die ontwikkeld worden in Noord-Europa. De USA opteert tot nu toe voor een open brandstofcyclus, waarbij niet opgewerkt, maar weliswaar nog tijdelijk gestockeerd wordt. De "totale energieconcepten" voor de industrie (zoals de Hoge Temperatuur Reactor met nog robuustere afvalberging van carbide splijtstof) kregen van Agoria nochtans eerder ook al interesse en zullen verder worden bestudeerd in Frankrijk. Het is helemaal niet evident dat de industrie bereid zal zijn om de nodige financiële middelen op tafel te leggen om de nieuwe industrie-keten voor zowel reactoren als gesloten brandstofcyclus uit te bouwen. In de USA financiert het DoE (Department of Energy) 50% van deze kosten, op voorwaarde dat een consortium zo'n installaties wil ontwikkelen en bouwen, maar ook dan blijft de optie economisch onzeker.

Zoals aangegeven zal de oplossing Europees moeten zijn. We zullen op Europese schaal de duurzaamheid en de risico's van een nieuwe technologie moeten afwegen tegen de potentiële voordelen voor de economie en het klimaat. Ook voor SMR's zal de opslag van kernafval via geologische berging in kleilagen alleszins nodig blijven: ook die kan dus beter Europees opgezet worden. In België schuift Engie de beslissing over de keuze van de splijtstofcyclus, het al of niet opwerken (en hoe?) of direct stockeren, door naar de overheid, nadat het parlement eerder besloot met opwerking te stoppen na de afvalkater in de Kempen van de jaren '80 en de protesten tegen internationale nucleaire transporten. De gebruikte splijtstof wordt nu tijdelijk bovengronds opgeslagen in Doel en Tihange, tot 2080.

Bovendien is het belangrijk dat de bevolking voldoende geïnformeerd wordt over de mogelijke risico's en prijs/kosten implicaties en met onafhankelijk inzicht betrokken wordt bij de beslissing om al dan niet opnieuw in kernenergie te investeren.

Ten slotte blijft de kernvraag (*what's in a word?*) welk globaal energiebeleid er moet gevoerd worden. Het moge duidelijk zijn dat de eerste optie hernieuwbare energie is en moet blijven. Tegen wanneer zij fossiele en nucleair opgewekte energie volledig zal (kunnen) vervangen is nu moeilijk met zekerheid te zeggen, maar zowel de dreigende klimaatopwarming als de even dreigende en onopgeloste problematiek van het langdurige kernafval vragen met hoogdringendheid om een sterkere investering in hernieuwbare energie, wereldwijd.

Ref. 1: Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities, OECD/NEA, 2021

Ref. 2: Elec Nuc, Nuclear Power Plants in the world, CEA, 2019

Ref. 3: Nucleair risico, duurzame ontwikkeling en energietransitie, Hoge Gezondheidsraad, Brussel, 2021.

Ref. 4: <https://www.building.co.uk/focus/why-have-costs-gone-up-at-hinkley-point-c/5102058.article>

Ref. 5: Marktconsultatie kernenergie, KPMG, 2021

Ref. 6: <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2023-02-08/nuclear-power-small-isn-t-beautiful-conventional-is-better>

De ondertekenaars van dit opiniestuk zijn **Wim Aerts, Gilbert Eggermont, Ignaas Verpoest** en **Pieter Leroy**. Wim Aerts en Ignaas Verpoest zijn experts materiaalkunde; Gilbert Eggermont was als stralingsexpert verbonden aan het SCK en de VUB; Pieter Leroy als expert milieubeleid aan de Radboud Universiteit.