

KERNENERGIE Generatie-4

Toekomstige kerncentrales met een hogere duurzaamheid.

ALGEMEEN

Er is een wereldwijde klimaatcrisis aanstaande en deze moet onmiddellijk worden aangepakt. Naar de mening van verschillende partijen (NEA, WNA, GIF) zou de bijdrage van kernenergie aan de elektriciteitsproductie in de wereld met ten minste 25 procent uitgebreid moeten worden als onderdeel van een schone en betrouwbare koolstofarme mix, in harmonie met een toename van hernieuwbare bronnen. Om dit te bereiken moet de nucleaire opwekking bijdrage in 2050 wereldwijd verdrievoudigen. Het huidige bouwtempo van kerncentrales in de wereld moet daartoe verhoogd worden van 7 naar 30 per jaar, uitgaande van kerncentrales van 1 GWe per eenheid van de huidige generatie-3. Vanaf 2040 kunnen ook generatie-4 kerncentrales hierbij een rol gaan spelen.

Generatie-4 kerncentrales zijn innovatieve kerncentrales waarvan verwacht wordt dat ze in de toekomstige energiebehoefte van de samenleving kunnen voorzien. Naast het voldoen aan de energiebehoefte, past deze generatie centrales een maatschappelijke ontwikkeling van duurzaamheid.

Wereldwijd wordt op dit moment gewerkt aan generatie-4 concepten die voldoen aan de volgende 4 uitgangspunten:

Duurzaamheid - Het leveren van duurzame energie welke voldoet aan de doelstellingen voor een schone lucht, een bedrijfszeker elektriciteitsnet en een effectief brandstofverbruik. Verder het minimaliseren van de hoeveelheid afval en verbetering van de beheersing hiervan, ter de bescherming van het publiek en het milieu.

Economie – generatie-4 kerncentrales moeten duidelijk een kostenvoordeel in de levenscyclus ten opzichte van andere energiebronnen hebben, in combinatie met minder financiële risico's als gevolg van verhoogde betrouwbaarheid.

Veiligheid – De generatie-4 kerncentrales zullen uitblinken in veiligheid en betrouwbaarheid; er zal een zeer kleine kans zijn op kernschade, in combinatie met een minimaal gevolg in het geval van een ongeluk. Noodhulpsystemen worden geoptimaliseerd en vereisen geen noodhulp op afstand.

Weerstand tegen Proliferatie - Het gebruik en de verwerking van nucleaire brandstof zal zo worden ingericht dat de materialen onaantrekkelijk zijn voor diefstal en terrorisme, samen met een fysiek beschermingssysteem om te voorkomen dat de brandstof in verkeerde handen terechtkomt.

Door het internationale forum voor generatie-4 (GIF) zijn de volgende 6 reactortypen aangewezen voor verdere ontwikkeling:

1. Gas gekoelde snelle reactor (GFR)
2. Lood gekoelde snelle reactor (LFR)
3. Natrium gekoelde snelle reactor (SFR)
4. Gesmolten zout reactor (MSR)
5. Superkritische water gekoelde reactor (SCWR)
6. Zeer hoge temperatuur reactor (VHTR)

De types 1 tot en met 4 zijn zogenoemde kweekreactoren, waardoor ook uranium-238 en thorium als brandstof kan worden gebruikt. Dit verhoogt de duurzaamheid van deze kerncentrales. De types 5 en 6 worden bedreven bij zeer hoge temperaturen, waardoor de rendement van de elektriciteitsconversie verbeterd wordt, wat ook tot resulteert in een beter brandstof verbruik.

HOE WERKT HET?

Kernenergie is energie die vrijkomt door atoomkernen van het erts uranium te splijten. Uranium heeft een zware, onstabiele atoomkern en deelt zich bij kernsplijting in twee of meer lichtere atoomkernen. Tijdens die splitsing komt er een grote hoeveelheid energie vrij, die andere uraniumatomen weer aanzet tot kernsplijting. Dat heet een kettingreactie. In een kernreactor houdt een kerncentrale deze kettingreactie onder controle.

In een kerncentrale liggen tienduizenden zogeheten splijstofstaven van uraniumoxide in een met water gevuld reactorvat. In de staven vinden kernsplijtingen plaats, terwijl er water langs stroomt. De energie die vrijkomt bij kernsplijting is warmte. Het water neemt die warmte op, bereikt een temperatuur van honderden graden Celsius en gaat dan over in stoom. Deze stoom drijft turbines aan die elektriciteit opwekken. Door de lage prijs van uranium en de lange bedrijfstijd van de kerncentrales uit de generatie-3, zullen de generatie-4 kerncentrales pas na 2050 nodig zijn.

Eén kilogram uranium (U235) levert bijna 23 miljoen kWh elektriciteit op: genoeg om bijna zeven duizend huishoudens een jaar van stroom te voorzien. De energie die uranium in zich heeft, wordt voor ongeveer 35 procent omgezet in elektriciteit (rendement).

Generatie-4 kerncentrales kunnen naast uranium-235 ook uranium-238 en thorium als brandstof benutten. Hierdoor wordt de beschikbare hoeveelheid splijstof in de wereld enorm vergroot.

ONTWIKKELINGSSTAND

Technology Readiness Levels (TRL) (volgens ISO 16290) van Generatie-4 kerncentrales is 6-8, afhankelijk het reactortype. Van de SFR bestaan prototypes in de wereld, waardoor de TRL hiervoor 8 is. De LFR en MSR hebben op kleine schaal al gefunctioneerd, maar opschaling naar een full-scale prototype heeft nog niet plaatsgevonden. Vandaar TRL van 7. De reactortypen GFR, SCWR en VHTR hebben een TRL van 6.

Het is niet te verwachten dat Nederland investeert in een generatie-4 prototype. De serieproductie van generatie-4 kerncentrales zullen pas na 2040 een rol kunnen spelen. Voor die tijd kunnen veilige generatie-3 kerncentrales het hiaat vullen. Het U-238 afval dat hierbij ontstaat kan dan later gebruikt worden in de generatie-4 kerncentrales.

CO2 BESPARING

Uitgaande van 6 kerncentrales van 1000 MWe wordt jaarlijks 9 Mton CO2 bespaart t.o.v. opwekking met gascentrales, bij een beschikbaar van 90%.

SOCIALE IMPACT

Generatie-4 kerncentrales zijn eenvoudig inpasbaar in de Nederlandse elektriciteits-netwerk. Er zijn geen grootschalige infrastructurele aanpassingen nodig. Daarnaast zijn de volgende voordelen te noemen.

Voordelen kernenergie generatie-4:

1. Bij de opwekking van kernenergie komen nagenoeg geen CO₂ en andere broeikasgassen vrij. De CO₂ footprint is vergelijkbaar met zonne-energie.
2. Als grondstof is uranium relatief goedkoop. T.o.v. generatie-3 gaan generatie 4 kerncentrales veel efficiënter of met de beschikbare brandstof. Ook Thorium is in deze reactoren bruikbaar als brandstof.
3. Voor kernenergie zijn we minder afhankelijk van politiek instabiele regio's, dan voor gebruik van olie en gas. Uranium en Thorium komen over de hele wereld voor in rotsen, bodem en zeewater.
4. Het is een regelbare vorm van elektriciteitsopwekking, in tegenstelling tot wind- en zonne-energie. Kernenergie kan daarom goed complementair naast deze twee vormen van energieopwekking gebruikt worden.

Nadelen kernenergie generatie-4:

1. Het grootste nadeel van kernenergie is het radioactieve afval uit een centrale, maar ook het afval van uraniumwinning en het sloofafval na sluiting van een kerncentrale zijn radioactief. Radioactieve straling vormt een groot risico voor de gezondheid. Hoogactief radioactief afval blijft tienduizenden jaren straling afgeven en vormt zo een risico voor vele generaties na de onze.
2. De kans op een ernstig ongeval is weliswaar klein, maar de mogelijke gevolgen zijn groot. Het gaat dan vooral om nadelige gevolgen op lange termijn door verhoogde stralingsniveaus.
3. Kerncentrales en fabrieken die kernafval verwerken vormen een risico voor misbruik. Ze kunnen geschikt worden gemaakt voor de productie van kernwapen
4. De bouw van een kerncentrale is erg duur (miljarden euro's), net als het slopen (ontmantelen).

M.b.t. het radioactieve afval (punt 1) kan opgemerkt worden dat er sprake is van een relatief klein volume, wat daardoor naar de mening van experts dit probleem goed oplosbaar is. In generatie-4 wordt minderlangdurig radioactief afval geproduceerd.

De kans op een ernstig ongeval (punt 2) is bij de generatie-4 kerncentrales nog kleiner geworden, maar vooral is de impact van een ernstig ongeval verkleind door toepassing van passieve ongevals-filters en corium-catchers. De impact van een ernstig ongeval wordt daardoor met 99% gereduceerd.

Het internationale non-proliferatieverdrag (punt 3) uit 1968 blijkt zeer effectief. Sinds de ondertekening van het verdrag is nog nooit uranium of plutonium uit kerncentrales onder IAEA toezicht gebruikt voor de productie van kernwapens. Wel hebben sindsdien 4 landen (India, Pakistan, Israël en Noord-Korea) kernwapens ontwikkeld, maar deze landen hebben het verdrag niet ondertekend. Men wil de splijtstofcyclus van generatie-4 zo inrichten, dat de splijtstoffen (U-233, U-235 en Pu-239) nergens in hoogverrijkte vorm voorkomen. Ze worden ten alle tijden ontmengt door andere isotopen. Eventuele dieven van het materiaal moeten daardoor beschikken over dure en complexe installaties om het bruikbare materiaal voor kernbommen af te zonderen. Dit verlaagt het proliferatie risico enorm.

Punt 4 wordt nader besproken in het volgende hoofdstuk.

Kernenergie is een gevoelig onderwerp in Nederland. Voor een uitbreiding van kerncentrale areaal als een van de gewenste transitie maatregelen is een maatschappelijke discussie noodzakelijk.

CAPEX/OPEX

Over de kosten van generatie-4 kerncentrales is op dit moment weinig zinnigs te vertellen.

GRONDSTOFFENGEBRUIK

Vrijwel alle lichtwaterreactoren werken met uranium waarin het aandeel van de splijtbare isotoop U-235 is verhoogd van 0,7% in natuurlijk uranium tot circa 5%. Bij het huidige verbruik zijn de bekende uraniumvoorraden voldoende voor circa 130 jaar. De verwachting is dat bij toenemende vraag veel meer uranium gevonden zal worden. Op de lange termijn kan uranium uit zeewater worden gewonnen of kan de niet-splijtbare isotoop U-238 of thorium worden gebruikt als kweekstof. Hiervoor zijn snelle kweekreactoren nodig die worden ontwikkeld in het kader van Generatie-4 International Forum(GIF).