TEKST • WIM ERADUS

Toen er zes jaar geleden een meltdown was in de kernreactor van het Japanse Fukushima zat de schrik er goed in. Ook in Europa. Duitsland wist niet hoe snel zij haar kerncentrales moest sluiten. Is hiermee het definitieve einde van kernenergie ingeluid? Nee hoor! Er is namelijk een veelbelovend alternatief voor de huidige brandstof uranium: thorium.

GROENE ATOOMSTROOM

LIGT MET THORIUM EEN SCHONERE WERELD VOOR HET OPRAPEN?



De kerncentrale van Tihange (België).

Het kernenergietijdperk begon ruim zestig jaar geleden. Splijting van radioactieve elementen als uranium leverde grote hoeveelheden energie. Die kon men nuttig gebruiken. Grootmachten kozen toen voor 'uranium-gestookte' centrales, mede omdat van het radioactief afval uitstekend kernbommen konden worden gemaakt.

GESMOLTEN ZOUT

Na de Tweede Wereldoorlog deed Alvin Weinberg, leider van het *Oak Ridge National Laboratory* in Tennessee (VS), onderzoek met thorium, een ander radioactief element. Hij bouwde een experimentele kernreactor met een vloeibaar gemaakte splijtstof: thorium opgelost in een fluoridezout dat bij 600 °C smelt. Deze reactor leverde vijf jaar lang zonder problemen een vermogen tot 7,5 megawatt. Dat is genoeg energie voor meer dan 15.000 huishoudens. Hij liet zien dat de thoriumcyclus veiliger was en minder afvalproblemen opleverde dan de uraniumcyclus.

Alvin Weinberg

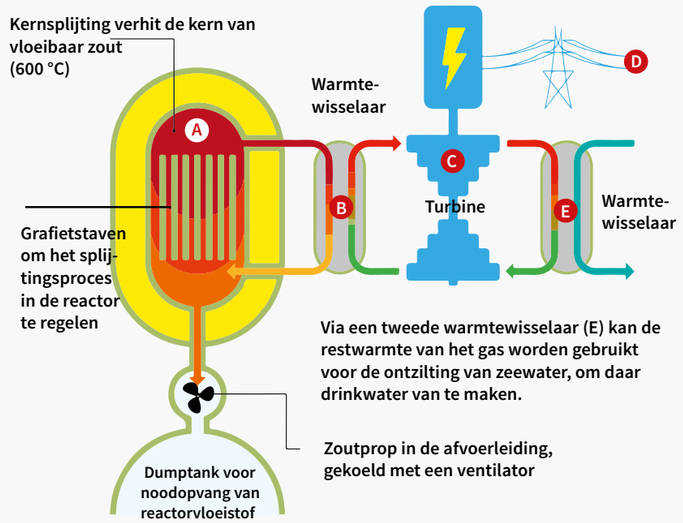
HOE WERKT HET?

De brandstof, thorium-232, wordt in de vorm van een vloeibaar zout (circa 600 °C) in de reactor rondgepompt. De kernreactie wordt op gang gebracht door toevoeging van een kleine hoeveelheid uranium-233. Daardoor wordt thorium-232 omgezet in de splijtbare isotoop uranium-233, waarmee warmte-energie kan worden opgewekt.

Het reactorvat staat via een leiding in verbinding met een lager gelegen dumptank. Een deel van die leiding wordt met een ventilator gekoeld, waardoor ter plekke een prop gestold zout ontstaat en wegvloeien wordt voorkomen. Als de elektriciteit onverhoopt uitvalt, stopt ook de koeling van deze leiding. De zoutprop smelt en de reactorvloeistof loopt weg in de dumptank, waar het stolt en de kernreactie uitdooft.

De kettingreactie van een thoriumreactor kan dus alleen maar uitdoven als er iets misgaat. Een meltdown, het door oververhitting smelten van de splijtstofstaven, zoals in Fukushima optrad, is dan ook uitgesloten. En dat is een groot voordeel!

ENERGIE UIT EEN REACTOR MET VLOEIBARE THORIUMFLUORIDE



Het hete zout (A) verhit stoom via een warmtewisselaar (B), welke een turbine (C) met dynamo aandrijft om elektriciteit op te wekken (D).

Desondanks besloot president Nixon in 1976 het thoriumonderzoek definitief te stoppen. Amerika was namelijk volop verwikkeld in een wapenwedloop met Rusland en gebruikte plutonium, een afvalproduct van uraniumcentrales, voor het maken van kernwapens. Daar was thorium niet geschikt voor. Weinberg werd aan de kant gezet en zijn ideeën raakten in de vergetelheid. Jaren later zoekt raketingenieur en NASA-medewerker Kirk Sorensen naar nieuwe mogelijkheden van energievoorziening voor ruimteschepen. Onverwachts krijgt hij een beduimeld naslagwerk, *Fluid Fuel Reactors* ('vloeibare brandstofreactoren'), onder ogen. Dat verandert zijn visie op energieopwekking ingrijpend. Sorensen: „Dat boek beschrijft de bouw van een reactor waarin thoriumfluoride

> „EEN MELTDOWN ALS IN FUKUSHIMA IS ECHT ONMOGELIJK"

in een vloeibaar zout (lithium- of berylliumfluoride) is opgelost. In moderne leerboeken kun je daar niets meer over lezen. Door dat boek kwam ik erachter dat thorium letterlijk ongekende mogelijkheden biedt om de wereldwijde energieproblematiek op te lossen."

VEILIGER DAN URANIUM

Een reactor met vloeibaar thorium blijkt wat voordelen te hebben tegenover bestaande uraniumreactoren. De meest voorkomende vorm uraniumreactor, de drukwaterreactor (onder andere te vinden in Borssele), werkt als een soort hogedrukpan. De warmte die bij de kernsplitsing van uranium vrijkomt verhit het omringende koelwater tot circa 300 °C. Bij die temperatuur bouwt het koelwater een druk op van 150 bar; dat is meer dan 50 keer zoveel als in een autoband! Via een warmtewisselaar wordt met het verhitte koelwater stoom geproduceerd, die een turbine met dynamo aandrijft voor elektriciteitsproductie.
Een thoriumreactor werkt weliswaar ook bij een hoge temperatuur, circa 600 °C, maar dan wèl onder normale atmosferische druk. Bovendien schakelt de thoriumreactor vanzelf uit als de temperatuur te hoog wordt of als de netspanning wegvalt (zie kader hierboven). Sorensen is enorm enthousiast over thoriumreactors. „Geen ontsnappend koelwater, geen stoom onder hoge druk. Een meltdown zoals in Fukushima is daarom echt onmogelijk."

WERELDWIJDE ENERGIEBEHOEFTE

Volgens Sorensen hebben thoriumreactoren nog meer voordelen. Zo is het hogere rendement interessant. „Bij een conventionele reactor is minder dan 1 procent van het uranium bruikbaar voor energiewinning, bij thorium ligt dit op praktisch 100 procent. Zo levert 1 ton thorium evenveel energie als 100 ton uranium (of 3,5 miljoen ton steenkool). Eén gram thorium produceert meer energie dan 2500 liter benzine."
Bovendien zit er vier keer zoveel thorium als uranium in de grond, wat thorium goedkoper maakt. Belangrijk voor het milieu is ook dat een thoriumreactor veel minder radioactief afval produceert dan een traditionele kerncentrale. Doordat de radioactiviteit sneller verdwijnt is een bewaartijd van ongeveer 300 jaar voldoende, in plaats van opslag voor tienduizenden jaren zoals bij het afval van een uraniumcentrale het geval is.
Sorensen, overtuigd van de grote voordelen, richtte zijn eigen onderneming op.

HELEMAAL OM

ENGELSE MILIEUACTIVISTE ZIET HET LICHT

Barones Katherine Worthington, een Engelse milieuactiviste, was fel tegenstander van kernenergie. Op een congres over klimaatverandering ontmoette zij Kirk Sorensen, die haar overtuigde van de voordelen van thorium als schone nucleaire brandstof. Vanaf dat moment was zij helemaal om, en verklaarde: „De wereld heeft dringend behoefte aan duurzame, koolstofarme energie om klimaatverandering tegen te gaan. Op thorium gebaseerde reactoren zullen de perceptie van kernenergie radicaal veranderen en brede invoering mogelijk maken." Een opmerkelijke 'bekering', omdat in de beeldvorming van milieuactivisten kernenergie nog steeds een duivels karakter heeft.



„Mijn doel is om binnen enkele jaren een werkend prototype te hebben en over tien jaar een grote gigawatt-variant. Ik verwacht dat op termijn thoriumreactoren in de wereldwijde energiebehoefte kunnen voorzien."

MEER ONDERZOEK

Jan Leen Kloosterman drukt zich een stuk voorzichtiger uit en kiest niet onvoorwaardelijk voor thorium als het gaat om energiewinning in de nabije toekomst. De hoogleraar, die zich bij het *Reactor Instituut* van de Technische Universiteit Delft bezighoudt met innovaties op het gebied van kernenergie, zet de ontwikkelingen in een breder verband. „De komende generatie uraniumkerncentrales, die binnen tien tot vijftien jaar marktrijp is, scoort ook hoog qua veiligheid en rendement. Fatale meltdowns kunnen worden voorkomen. Maar wat wel blijft is het grote afvalprobleem."
Kloosterman coördineert internationaal onderzoek naar de nieuwe mogelijkheden van kernenergie. De gesmoltenzoutreactor met thorium als brandstof is voor hem de meest belovende kandidaat voor een nieuwe generatie kernreactoren. „Weinberg toonde destijds overtuigend aan dat het principe levensvatbaar is", zegt Kloosterman. „Maar voordat je op grote schaal thoriumstroom kunt tappen moet er nog veel onderzoek worden gedaan. Het gaat dan met name om het oplossen van corrosieproblemen, want de hete zoutoplossing is erg agressief, en daarbij komt nog het continue bombardement van radioactieve deeltjes op de reactorwand." Dit alles zorgt ervoor dat de reactorwand snel roest. „Ook het chemisch verwijderen van de afvalproducten uit het gesmolten zout is nog een onderzoeksprobleem. Naarstig zoeken we naar materialen die het onder deze barre omstandigheden jarenlang kunnen uithouden." De uitdaging is de technologie zodanig te verbeteren dat deze niet slechts vijf jaar zonder echte

> 25.000 KILOMETER RIJDEN OP EEN EMMERTJE ZAND: HET KAN!

problemen blijft functioneren, zoals destijds bij de reactor van Alvin Weinberg, maar vijftig jaar, de gewenste levensduur van een kernreactor.

EMMERTJE ZAND

Thorium komt overal ter wereld relatief veel voor (er is evenveel thorium als lood!) maar er is nog nauwelijks een toepassing voor. Wat dat betreft zou het een uitkomst zijn als in de nabije toekomst de reactor met vloeibaar thorium kan worden ingezet in de energievoorziening. Kloosterman maakt het inzichtelijk. „Schep maar eens op het strand van India een emmertje vol zand. Daar kan 1 gram thorium in zitten, en daar kun je genoeg energie mee winnen om een auto 25.000 kilometer te laten rijden. Het is voor mij echt een enorme uitdaging om die energie eruit te halen."



MADE IN CHINA

Inmiddels ontdekken steeds meer landen de mogelijkheden van thorium. China, dat een sterk toenemende energiebehoefte heeft, besloot begin 2011 hier sterk op in te zetten. De *Chinese Academy of Sciences* is ervan overtuigd dat de thoriumreactor veel veiliger is, en schat in dat het afvalprobleem duizendmaal kleiner is dan met uranium als brandstof. In veel landen, met name India, worden de laatste jaren ook onderzoeken gestart, maar het Chinese nucleaire onderzoeksproject spant wereldwijd de kroon. Een team van zevenhonderd technici, waaronder 150 promovendi, houdt zich ermee bezig. Het is de bedoeling om eerst een kopie van de oude experimentele thoriumreactor van Weinberg in bedrijf te hebben, gevolgd door een verdere uitbreiding in de jaren 2020. Vanaf 2030 zouden de Chinese thoriumreactoren commercieel beschikbaar moeten komen. China denkt hiermee de goede weg te hebben ingeslagen om op een milieuvriendelijke en veilige manier te kunnen voorzien in zijn energiebehoefte. Wellicht krijgt een toekomstige 'groene' kerncentrale dus het label 'made in China'.

BOORDEVOL ENERGIE

De hoeveelheid thorium in deze knikker is voldoende om de energie te leveren die een mens in zijn hele leven gebruikt.



Thorium is een zilvergrijs, licht radioactief metaal dat vernoemd is naar Thor, de Noorse god van de donder. Vanwege zijn extreem hoge smeltpunt wordt thorium onder andere gebruikt in gloeilampen om een fel wit licht te krijgen. Thorium wordt ook toegevoegd aan de lenzen van kwaliteitscamera's en wetenschappelijke instrumenten.

• WEET MEER:

www.weet-magazine.nl/thorium1
www.weet-magazine.nl/thorium2
www.weet-magazine.nl/thorium3
www.weet-magazine.nl/thorium4