

FYSICA

Thorium geldt al tijden als de grote belofte van duurzame energie. Nu is China een stap dichterbij een reactor



Thorium is er in overvloed en is onder meer te vinden in Australië, de Verenigde Staten en India. Beeld HH

Een nagenoeg onuitputtelijke bron die bijna geen CO₂ uitstoot: de thoriumreactor zou - al tijden - het klimaat kunnen redden. Nu is China dicht bij een werkende centrale. Gaat het dan toch gebeuren?

Bard van de Weijer 17 september 2021, 11:12

Een dorre zandvlakte bij de Chinese stad Wuwei. Hier, op deze onherbergzame locatie waar gortdroge woestijnwinden de bezoeker geselen, moet het volgende hoofdstuk beginnen van de energierevolutie. China opent hier ergens de komende weken zijn zelf ontwikkelde gesmoltenzoutreactor die kan draaien op thorium.

Deze technologie vormt de basis voor een energiebron waarvan wordt gezegd dat ze veiliger is dan huidige kerncentrales, minder langlevend radioactief afval oplevert (dat in theorie driehonderd jaar in plaats van vele tienduizenden schadelijk blijft), die nagenoeg onuitputtelijk is (in elk geval voor de komende tienduizend jaar), minder beslag op de ruimte legt en bijna geen CO₂ de atmosfeer in jaagt.

Drie jaar geleden, toen Jan Leen Kloosterman op werkbezoek was in China om meer te horen over het project, was hier nog niks. En nu lijkt China klaar om deze grote, langverwachte stap te zetten. In 2011 kondigde het land aan in tien jaar tijd een werkende reactor te willen hebben. 'Ik sta versteld wat de Chinezen bereikten in de afgelopen tien jaar', zegt Kloosterman, hoogleraar reactorfysica aan de TU Delft.

Wat heeft China precies bereikt? Staat de wereld aan de vooravond van een nieuwe, nagenoeg duurzame energiebron? Hoe werkt een thoriumreactor? Wat zijn de voordelen? En de nadelen? Hoever zijn we en wat moet er nog gebeuren? Gaat thorium het energie- en klimaatprobleem oplossen? En hoe zit het met de veiligheid en het radioactieve afval?

Hoe werkt een thoriumreactor?

Thoriumreactoren (of beter: gesmoltenzoutreactoren met thorium en uranium als brandstof) werken net als kernreactoren die nu worden toegepast op het principe van kernsplijting, waarbij een zware onstabiele atoomkern zich deelt in lichtere kernen en enorme hoeveelheden energie vrijkomen. Thorium is een element (ontdekt in de 19de eeuw en vernoemd naar de Noorse god van de donder) dat lange tijd weinig toepassingen kende. Kampeerders van voor het ledlamptijdperk kennen het van het gaskousje, waarin thorium zat verwerkt, dat bij verhitting fel oplicht.

Thorium is van zichzelf niet splijtbaar. Maar als er een neutron in wordt geschoten, valt het uiteen in uranium 233. Uranium 233 is wel splijtbaar en daarmee kan thorium indirect dienen als brandstof voor een kerncentrale. Thorium levert massa's energie op: een gram bevat potentieel net zo veel energie als 2.500 liter benzine. Het is er in overvloed en is onder meer te vinden in Australië, de Verenigde Staten en India.



In de jaren zestig werd in de Verenigde Staten al een gesmoltenzoutreactor ontwikkeld, de Oak Ridge National Laboratory. Beeld Oak Ridge National Laboratory

Thorium kan worden opgelost in zout dat bij ongeveer 450 graden Celsius vloeibaar wordt en door de reactor kan stromen. Om de kernreactie op gang te brengen, is overigens ook een beetje verrijkt uranium of plutonium nodig.

Een ander verschil met reguliere kerncentrales is dat er geen splijtstofstaven worden gebruikt, die door water worden gekoeld, maar dat de brandstof opgelost zit in het zout, waarvan de hitte wordt gebruikt om stoom te genereren voor een turbine die elektriciteit produceert.

Een belangrijk voordeel van een gesmoltenzoutreactor is dat deze passief veilig is; zodra er iets misgaat, bijvoorbeeld doordat de pompen er bij een stroomstoring uitvallen, stopt de kernsplijtingreactie. Mocht het zout alsnog te heet worden, dan smelt een zogenoemde vriesplug (een soort plug van gekoeld en gestold zout) onder in het reactorvat, waarna het hete zout wegstroomt in opvangbekkens onder de reactor. Deze bekkens kunnen door de lucht worden gekoeld. Er zijn dus geen pompen nodig om in geval van nood oververhitting te voorkomen. Hierdoor moet het proces 'inherent veilig' zijn.

Nog een voordeel is dat alle brandstof in theorie grotendeels opgebruikt wordt, waardoor de energieopbrengst per gram thorium veel hoger is dan bij de huidige generatie kernreactoren die op uranium draaien. Ook is het grootste deel van het afval veel minder lang schadelijk: de halfwaardetijd (hoelang het duurt voor de radioactieve straling is gehalveerd) is zo'n dertig jaar, waardoor het na driehonderd jaar niet meer schadelijk is. Nog steeds een lange periode, maar deze periode is beter te overzien dan de vele tienduizenden jaren dat hoogradioactief afval uit gewone kerncentrales veilig opgeborgen moet worden. Nog een voordeel: een gesmoltenzoutreactor kan ook plutonium 'opbranden', het principe kan dus de wereld verlossen van grote hoeveelheden van het zeer schadelijke plutonium.

Is de gesmoltenzoutreactor nieuw?

Allerminst. Al in de jaren zestig draaide er een in de Verenigde Staten

deze nog niet op thorium, maar op uranium. Het vermogen van de Chinese reactor is gering, amper genoeg om duizend huishoudens te voorzien van elektriciteit. Het belangrijkste doel is om ervaring op te doen. China hoopt rond 2030 een reactor te hebben die ruim 150 keer krachtiger is. Dat komt in de buurt van het vermogen van de Nederlandse kerncentrale in Borssele.

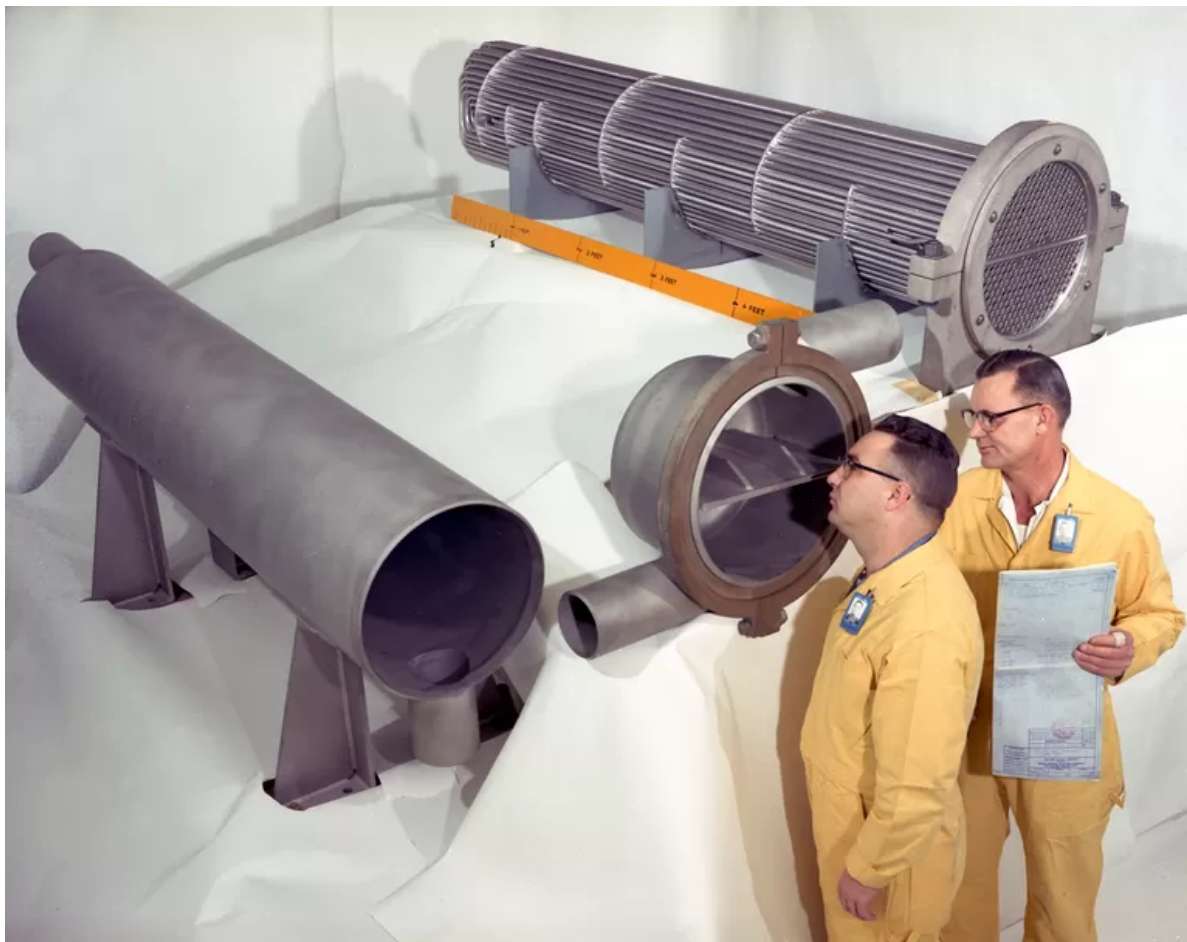
Waarom duurt het zo lang? We hadden deze technologie al een halve eeuw geleden.

Experts (en ook China) denken dat de eerste commerciële gesmoltenzoutreactor op thorium pas rond 2040 in bedrijf komt. Dat het zo lang duurt, komt doordat een aantal technieken nog niet ver genoeg ontwikkeld zijn. Zo is niet duidelijk of de gebruikte reactoronderdelen lang genoeg bestand blijven tegen de straling, de corroderende werking van het zout en de temperaturen van meer dan 700 graden Celsius.

Een van de grootste uitdagingen is om de zoutoplossing te voorzien van nieuwe brandstof (en afvalstoffen eruit te filteren) terwijl de reactor in bedrijf is. Dankzij het ‘online’ toevoegen van brandstof en verwijderen van afvalstoffen, hoeft de reactor nooit uitgeschakeld te worden en kan al het thorium (en het beetje uranium) optimaal worden benut.

‘We hebben dit proces nog niet onder de knie’, zegt Kloosterman. ‘Met de chemie van uranium en plutonium hebben we al veel ervaring. In het lab lukt het al wel om thorium te zuiveren, maar nog niet op industriële schaal.’

Bij het splijtingsproces ontstaan veel andere elementen die de samenstelling van het zout op termijn veranderen als je niet filtert. Die moeten er ook uit. Bijvoorbeeld met een methode die *helium bubbling* wordt genoemd. Hiermee worden belletjes heliumgas door de zoutoplossing gejaagd, die onderweg bijvoorbeeld het splijtingsproduct xenon wegfilteren. Xenon heeft als kenmerk dat het neutronen absorbeert en dat beïnvloedt de kettingreactie negatief. Ook molybdeen en andere ongewenste stoffen kunnen met helium uit het zout worden gehaald.



Technici in de Oak Ridge National Laboratory. Beeld Oak Ridge National Laboratory

Is de thoriumreactor niet hetzelfde lot beschoren als kernfusie, die andere belofte van onuitputtelijke schone energie? Die komt er ook maar niet.

Nee, zegt Kloosterman. 'In principe hebben we de technologie voorhanden. Er zijn geen wetenschappelijke uitdagingen zoals bij kernfusie.' Het is, zegt Kloosterman, vooral een kwestie van geld. Met voldoende financiering kunnen we de technologie met zekerheid ontwikkelen. De uitdaging is nu vooral opschaling, zegt de hoogleraar.

Drie jaar geleden was er alleen nog maar een zandvlakte aangewezen waar de centrale moest komen, en nu staat-ie er. 'Ze ontwikkelen niet alleen de technologie, maar ook de achterliggende industrie om op grote schaal materialen te kunnen leveren die nodig zijn om gesmoltenzoutreactoren in grotere aantallen te bouwen.'

Als de belofte zo groot is, waarom gaat er dan niet veel meer onderzoek naar deze technologie?

principe kan dat: er zijn veel scenariostudies die zeggen dat de wereld klimaatneutraal kan worden met zon, wind, water en vormen van energieopslag. En de thoriumreactor kent niet alleen maar voordelen; hoewel het een stuk lastiger is om de technologie te gebruiken voor de productie van kernwapens, is het volgens fysici niet onmogelijk. Als de wereld straks vol staat met dit type reactoren, is de kans misschien ook groter dat een land zijn reactors gebruikt voor de productie van een kernwapen.

Hoewel onder ideale omstandigheden het meeste radioactieve afval na driehonderd jaar onschadelijk is, is er nog altijd een klein deel afval dat wel duizenden jaren veilig opgeborgen moet worden. Dat is voor tegenstanders als Greenpeace en World Information Service on Energy (Wise) een reden om de technologie te verwerpen. Het gaat niet om het volume, stelt Wise. Dat is bij conventionele kerncentrales ook relatief klein. Het gaat erom dat de wereld vele toekomstige generaties niet kan opzadelen met een levensgevaarlijke afvalvorm waarover we geen controle meer hebben.

Voorstanders als Kloosterman stellen dat het onzeker is of het lukt om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Doordat de wereldbevolking groeit en daarmee de energiebehoefte. Zij pleiten ervoor om nu alvast enkele kerncentrales te bouwen, zodat het aandeel CO₂-arme energie sneller groeit en de kans groter is dat de wereld de klimaatdoelen haalt. Deze conventionele kerncentrales kunnen stap voor stap worden vervangen door gesmoltenzoutreactoren op thorium, zodra de technologie gereed is.

Bovendien, zegt Kloosterman, hoeven we niet te wachten tot we het online zuiveren en toevoegen van brandstof onder de knie hebben. Over een jaar of tien zijn er commerciële thoriumreactoren die een jaar of acht kunnen draaien op één brandstoflading. Vervang na acht jaar de reactorkern, of delen daarvan, en je kunt weer acht jaar verder. De resterende brandstof in het zout van de ontmantelde reactor kun je later verder 'opbranden' als de technologie van het online toevoegen van brandstof onder de knie is, stelt de hoogleraar.

Bedrijven als het Amerikaanse Terrestrial Energy denken rond het

kunnen dus al eerdere ‘veilige’ reactors zijn, ook al werken die nog niet optimaal.

Komt de thoriumreactor er wel of niet?

Of deze route gaat werken is niet zeker. Een van de onzekerheden is of gesmoltenzoutreactoren economisch kunnen concurreren met zon en wind. Een ding is duidelijk, zegt Kloosterman: ‘Met de huidige budgetten zal Europa nooit een eigen reactor krijgen. Europa investeert 5 miljoen euro in vier jaar tijd, China stak de afgelopen tien jaar 300 miljoen in het thoriumproject.

Om tot een eigen reactor te komen, en in de toekomst niet afhankelijk te zijn van China, moeten een of twee Europese landen bereid zijn een paar honderd miljoen te steken in een demonstratiereactor, vergelijkbaar met de bouw van de Iter-kernfusiereactor in Frankrijk. ‘Als je ziet hoeveel er naar de energietransitie gaat, is dit in feite kleingeld.’



URANIUM SNEL DUURDER

Prijzen van uranium, brandstof voor kerncentrales, zijn de afgelopen weken sterk gestegen. Speculanten voorzien de komende jaren een sterke groei van de vraag naar uranium nu de wereld meer en meer op zoek gaat naar CO₂-arme brandstoffen. De bouw van nieuwe kerncentrales zal leiden tot een tekort aan uranium, omdat de afgelopen jaren weinig is geïnvesteerd in nieuwe mijnen, is de verwachting van sommige beleggers. Prijzen zijn inmiddels eenderde hoger dan aan het begin van het jaar.



Ondertussen in de kosmos

Gaat de thoriumreactor het klimaat redden?

00:00 / 23:54