

De zon in een Zuid-Franse donut

Het zou de belangrijkste energiebron van allemaal kunnen worden: kernfusie. Daarom werken wetenschappers en technici uit de hele wereld samen aan de ontwikkeling ervan. De nieuwe fusiecentrale ITER, die in Europa komt te staan, moet hun onderzoek een niveau verder helpen. Een reportage vanaf de bouwplaats.





TEKST: TIJDO VAN DER ZEE | BEELD: DAVID VAN DER BURG



Een verbrede vluchtstrook van de D554, de weg tussen de Zuid-Franse plaatsjes Vinon-sur-Verdon en Manosque, biedt een uniek uitzicht. De honderd hectare kale vlakke op de tegenovergelegen heuvelflank is namelijk het bouwterrein voor een van de grootste wetenschappelijke en technologische experimenten uit de geschiedenis. Met nog zes landen bouwt de Europese Unie daar ITER, Latijn voor 'de weg', een proefcentrale die de wereld warm moet laten lopen voor een nieuwe, schone, veilige en onuitputtelijke energiebron: kernfusie. Wetenschappers hopen dat fusie-energie rond 2050 haar intrede kan doen op de energiemarkt. Maar voordat onze spaarlampen op elektriciteit uit fusiecentrales branden is er nog een lange en onzekere weg te gaan.

Met een bouwhelm op haar hoofd en een zwaailicht op het dak van haar kleine witte Renault rijdt Sylvie André, woordvoester van Agence ITER France, over de hobbelige zandweggetjes van het bouwterrein. De graafmachines zijn genadig geweest voor enkele plukjes bos. 'Dat is voor zeldzame orchideeën en de beschermde grote eikenboktor,' zegt ze stellig. Bij ITER gaat alles volgens de Europese regelgeving, zelfs als het om een lastig insect als de boktor gaat. Even later is de bestemming bereikt, een eenzame vlaggenmast. 'Die staat precies op de plek waar straks het centrum van de fusiecentrale komt.'

NUCLEAIRE SPLIJTZWAM OF VERENIGENDE ENERGIE?
Eindelijk is het dan zover. Er wordt gebouwd. Het politieke getouwtrek is nog niet geheel voorbij, maar de wetenschappers hebben iets concreets om naar uit te kijken. Hun wetenschap wordt in de praktijk gebracht, niets mooiers is denkbaar. Meer dan twintig jaar geleden ontstonden de eerste plannen, het was in de nadagen van de Koude Oorlog tussen de

Verenigde Staten en de Sovjet-Unie. In 1985 en 1986 kwamen regeringsleiders Ronald Reagan en Michail Gorbatsjov tweemaal bijeen om de ontmanteling van hun enorme, veelal nucleaire, wapenarsenaal te bespreken. Gorbatsjov geloofde dat nucleaire technologie niet alleen tot verdeeldheid hoefde te leiden. Kernfusie was een heel andere tak van sport dan het gevaarlijke kernsplijting en wanneer de internationale gemeenschap de handen ineen zou slaan, stonden mooie dingen op stapel. Het verhaal gaat – vooral in Franse kringen vindt deze lezing gretig aftrek – dat de Franse president François Mitterrand met zijn diplomatieke kwaliteiten de twee wereldleiders op één lijn wist te krijgen.

Op aarde zijn de resultaten tot nu toe minder spectaculair

KERNFUSIE IS EEN FEIT

Al in de jaren twintig en dertig van de vorige eeuw waren natuurkundigen bekend met de principes van kernfusie. Maar het waren de Russen die deze kennis in de decennia na de Tweede Wereldoorlog als eerste wisten om te zetten in een fusiereactor, die zij een 'tokamak' noemden, een naam die tot vandaag algemeen gebruikt wordt. Japan, Amerika en Europa volgden met grotere tokamaks, die op hun beurt president Gorbatsjov inspireerden tot het initiatief voor een gezamenlijke megareactor. In 1988 resulteerde dit in een ontwerpvoorstel voor ITER, een fusiereactor die in volume zeven keer zo groot zou worden als de grootste bestaande reactor, de zogenaamde JET in het Engelse plaatsje Culham.

Kernfusie is geen fictie. Het is de grootste energiebron in het heelal en hofleverancier van

warmte in de zon. Op aarde zijn de resultaten tot nu toe minder spectaculair, maar daarom niet minder indrukwekkend. In de JET in Culham zijn wetenschappers erin geslaagd atomen te fuseren, waardoor zij behoorlijk wat energie opwekten. Maar nog geen netto-energie: om kernfusie te laten plaatsvinden wordt er in de JET in Culham nog altijd dertig procent meer energie ingepompt, dan dat de machine opbrengt.

De ITER-centrale in Cadarache daarentegen moet tienmaal zoveel energie gaan opwekken als erin wordt gestopt. De technische uitdagingen zijn echter enorm. Kernfusie vindt alleen plaats bij zeer hoge temperaturen. Op aarde fuseren atomen pas bij honderd miljoen graden. Dat is tien keer zo heet als op de zon. Zowel het opwekken als het beheersen van deze enorme hitte bezorgen wetenschappers en ingenieurs hoofdbrekens. Jean Marie Ané werkt als wetenschapper al vijftientig jaar bij de Franse tokamak *Tore Supra*. 'Ik ben vanaf het begin bij deze machine betrokken, het is mijn kindje,' zegt hij lachend. De *Tore Supra* is een stuk kleiner dan de ITER-centrale die gebouwd gaat worden maar oogt nog altijd imposant. Het gevaarte met een doorsnede van zo'n vijftien meter bestaat uit zware metalen balken, buizen en slangen in felle kleuren rood, blauw en geel, die een donutvormige buis in het midden omvatten. Die buis is het vacuümvat, waarbinnen het allemaal gebeurt. 'Als we de machine laten lopen, creëren we eerst een vacuüm. Dan injecteren we een gram gas, waterstof bijvoorbeeld, en verhitten het tot het verandert in plasma.'

HET BOTSEN VAN GELADEN PLASMADEELTJES
Naast de vaste, vloeibare en gasvormige toestanden is er nog een vierde toestand waarin atomen kunnen verkeren en dat is plasma. In een plasma weken elektronen los van de atoomkern

waardoor een geheel ontstaat van geladen deeltjes. Die geladen deeltjes stoten elkaar af. Door het plasma tot extreme temperaturen te verhitten, krijgen de atoomkernen echter zo'n immense snelheid, dat ze ondanks hun onderlinge afstoting tegen elkaar knallen en fuseren. Die hete vuurbal die plasma is mag de wand van het reactorvat niet raken. Niet alleen zou die wand onmiddellijk smelten, er zou ook zo veel hitte wegstromen, dat het plasma niet de gewenste temperatuur bereikt. Daarom wordt het plasma door sterke magneetspoelen gevangen in een magnetisch veld, waardoor het in het reactorvat blijft zweven.

'Wat we de komende tijd moeten uitvinden, is hoe de warmte die vrijkomt bij kernfusie kan bijdragen aan het instandhouden van het plasma. Dat is belangrijk, omdat we er dan zelf minder energie in hoeven pompen. Vergelijk het met een kaars: die steek je aan, maar blijft vervolgens uit zichzelf branden,' legt Ané uit.

Magneetspoelen, plasma's, verwarmingsinstallaties en hittebestendige materialen: de ontwikkeling en het gebruik ervan vergen het uiterste van de wetenschap. Het komt er in het kort op neer dat alle tot nu toe opgedane kennis nog niet voldoende is voor de bouw van een volwaardige fusiecentrale. Zo zal de ITER-centrale vanwege technische beperkingen niet langer kunnen draaien dan een schamele zestien minuten. 'Ik hoop dat we met steeds krachtigere computers in de toekomst betere berekeningen kunnen maken om onze zoektocht naar oplossingen te verkorten,' zegt Ané.

INTERNATIONAAL EVENWICHT

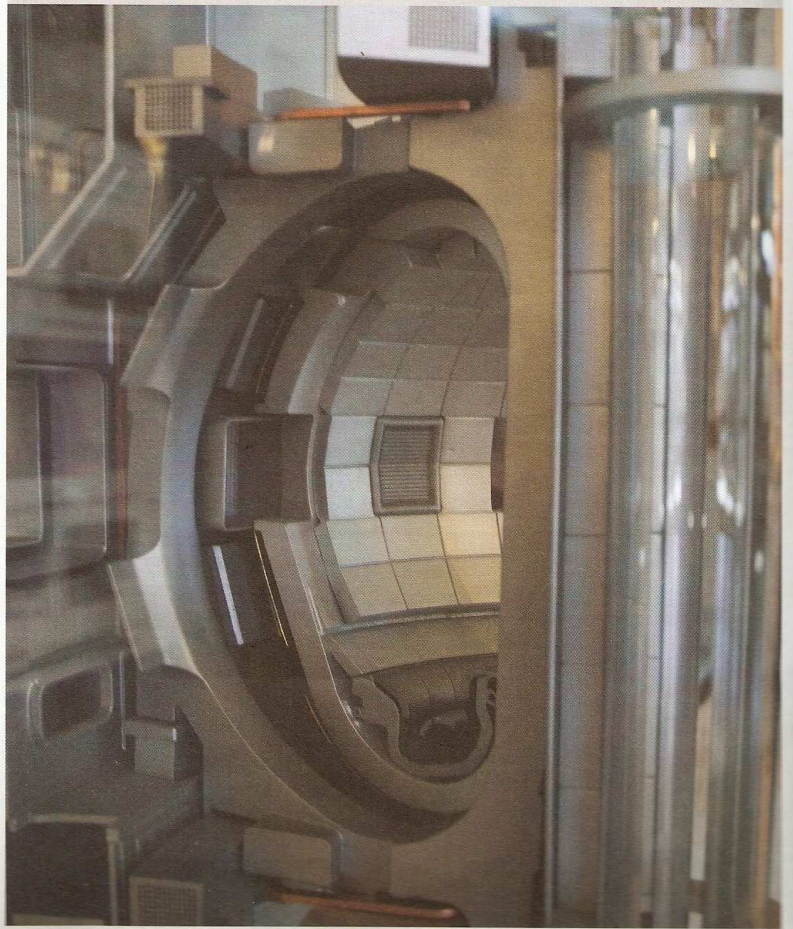
Nadat Gorbatsjov en Reagan besloten het kernfusieprogramma in gang te zetten, haakten Japan en Europa aan, in 2005 gevolgd door China, India en Zuid-Korea. De landen ondertekenden in 2006 een overeenkomst waarin met een ingewikkelde verdeelsleutel precies wordt bepaald welke landen welk onderdeel voor de immense ITER voor hun rekening nemen. Daarnaast bepaalt de overeenkomst hoeveel werknemers ieder land mag leveren in Cadarache en hoeveel geld elk land bijdraagt. Voor de komende dertig jaar stoppen de landen samen tien miljard euro in het project, waarvan Europa 46 procent betaalt en de overige landen elk 9 procent.

De Nederlander Akko Maas is projectmanager bij het gloednieuwe internationale samenwerkingsproject. 'Samen met mijn secretaresse stapte ik in 2006 als eerste het

KERNSPILTSING EN KERNFUSIE: WAT IS HET VERSCHIL?

Kernenergie? Nee bedankt! Deze slogan verwoordde jarenlang de gevoelens over kernenergie die in de samenleving leefden. Woordvoerders van kernfusie merken dat deze sentimenten ook hun sector aankleven. Toegegeven, kernsplijting en kernfusie vallen in dezelfde categorie, want beide leveren energie door reacties op subatomair niveau. Toch zijn de risico's voor veiligheid, milieu en gezondheid onvergelykbaar. Kernsplijting vindt plaats door een beschieting met een neutron op een uraniumatoom. Daarbij komen radioactieve splijtingsproducten vrij en enkele nieuwe neutronen die op hun beurt uraniumatomen splitsen. Dit levert een kettingreactie op die soms moeilijk in bedwang kan worden gehouden. Daarvan is de ramp in Tsjernobyl het trieste voorbeeld. Het radioactieve afval van kernsplijting moet veilig worden opgeslagen. Transporten van dit afval zijn gevaarlijk en leiden tot protesten. Het duurt duizenden jaren voordat het radioactieve materiaal weer veilig is.

Kernfusie vindt onder uitzonderlijke omstandigheden plaats en is potentieel een enorme bron van energie. De grondstoffen zijn deuterium en lithium. Beide stoffen zijn in ruime mate voorradig op aarde. In de centrale wordt lithium omgezet in tritium. Deze stof is wel radioactief, maar komt niet buiten de centrale. De restproducten van kernfusie zijn helium, een onschadelijk gas, en neutronen. Die neutronen bombarderen de wand van de fusiereactor. Die wordt daardoor radioactief. Wetenschappers zoeken nu naar wandmaterialen die een korte halfwaardetijd hebben, ofwel, die maar korte tijd radioactief zijn. In plaats van duizenden jaren streven onderzoekers naar honderd jaar. In tegenstelling tot kernsplijting is kernfusie geen kettingreactie. Het proces kan op ieder gewenst ogenblik onderbroken worden door de brandstoftoevoer te stoppen. Grootschalige ongelukken zijn daarom niet te verwachten.





hier helemaal alleen. Een onrealistische situatie. Ik heb potloden besteld, internet geregeld en faxmachines aangeschaft.' Niet lang daarna nam Maas de eerste personeelsleden aan. Tijdens die sollicitatiegesprekken hield hij rekening met het quotum voor elk land. 'Als vijf mensen op gesprek kwamen met dezelfde kwaliteiten en één van hen was een Koreaan, dan kreeg de Koreaan de baan.' De meeste fusie-expertise ligt echter nog in Europa, want terwijl in de rest van de wereld het onderzoek naar kernfusie op zijn gat lag of nog in de kinderschoenen stond, ging Europa stug door. Niet vreemd dus dat de meeste werknemers toch uit Europa komen. 'Maar Europeanen werken met tokamaks van meer dan twintig jaar oud. De wetenschappers bij die machines zijn er nog wel, maar de ingenieurs die de machines bouwden zijn inmiddels allemaal met pensioen. In landen als China en Korea zijn wel onlangs nieuwe tokamaks gebouwd. Hun ingenieurs kunnen we goed gebruiken om het internationale evenwicht tussen de werknemers te herstellen.'

EEN POLITIEK STEEKSPEL

De internationale constructie brengt ook onzekerheden met zich mee. Zo heeft het Amerikaanse Congres, in meerderheid Democratisch, om hun Republikeinse president dwars te zitten, het budget voor dit jaar terugschroefd tot een fractie van de toegezegde hoeveelheid. Akko Maas denkt dat het project zo'n stootje wel kan hebben. 'Dat was een politieke zet. Deelname aan ITER was toch een initiatief van Bush. Maar voor ons zal het geen desastreuze gevolgen hebben. Misschien

dat er dit jaar een of twee Amerikanen minder komen werken.'

Niet alleen in binnenlandse politiek is ITER een makkelijk doelwit. Ook op hoog internationaal niveau werd de centrale inzet in conflicten. Zo dreigde Bush in 2003 in reactie op de weigering van de toenmalige Franse president Jacques Chirac om troepen te leveren voor de Amerikaanse invasie in Irak, zijn steun aan de Franse locatie voor ITER in te trekken en zich

Vijf sollicitanten met dezelfde kwaliteiten? Dan kreeg de Koreaan de baan

te bejiveren voor bouw op Japans grondgebied. Anno 2008 heerst vooral optimisme; niemand wil de boot missen. 'Kazachstan heeft aangegeven als volledige partner te willen meedraaien. Ook uit Brazilië en Australië horen we positieve geluiden,' zegt Maas. Of deze wensen kunnen worden ingewilligd is echter nog niet zeker. De taakverdeling voor de bouw van de ITER-centrale is al rond en kan niet zomaar worden opgebroken.

ITER-CENTRALE IN AANBOUW

Terug bij de bouwplaats, waar Francois Gauché, directeur van Agence ITER France, de werkzaamheden overziet. Hij wijst naar een grote bulldozer, die een greppel graaft voor een grote glimmende buis. 'Wij, de Fransen,

prepareren de bouwplaats voor de bouw van de centrale. Daarnaast vangt we alle nieuwe medewerkers bij ITER op, ondersteunen hen bij het vinden van een huis, regelen het papierwerk en zorgen ervoor dat hun kinderen naar school kunnen.' Gauché is trots op het project en benadrukt de moeite die Frankrijk zich getroost heeft om alles te faciliteren. '90 procent van de onderdelen voor de centrale wordt in de partnerlanden gebouwd en naar Frankrijk verscheept. Zo ook bijvoorbeeld de immense magneetspoelen. Die komen aan in de haven van Marseille en leggen dan per konvoi de honderd kilometer naar Cadarache af. Daar hebben we de route op allerlei punten voor moeten aanpassen. We hebben bruggen versterkt, bochten verflauwd, heuvels afgevlakt en rotondes verwijderd.'

De ITER-centrale gaat vanaf 2016 zo'n twintig jaar proefdraaien. Dan moet genoeg kennis verzameld zijn voor de laatste stap op weg naar het fusietijdperk: een demonstratiecentrale, met als werktitel DEMO. Die gaat verder waar ITER gebleven is en zal de opgewekte warmte op grote schaal omzetten in bruikbare elektriciteit. Wie weet wordt ook deze installatie op Europees grondgebied gebouwd. Dat zal echter niet in Cadarache gebeuren. 'De DEMO moet naast een grote rivier liggen, of aan zee. Want de Durance, de rivier die hier stroomt, is veel te klein om zo'n centrale te kunnen koelen,' zegt Francois Gauché. Even lijkt hij een beetje teleurgesteld. □