

## Chronologie ‘Doel-3 fenomeen’

**Tijdens regulier onderhoud werd medio 2012 in reactorvat 3 van de kerncentrale van Doel een voor deze centrale nieuwe inspectie uitgevoerd. Men vond duizenden zogenaamde ‘laminaire indicaties’ zonder dat duidelijk was wat die betekenden of hoe die waren veroorzaakt. Een paar maanden later vond men ook in zustercentrale Tihange dezelfde soort aantekeningen, zij het wat minder groot in aantal.**

Er werd een relatie gelegd met de RDM (Rotterdamse Droogdok Maatschappij) die de betreffende delen van de Belgische reactorvaten smeedde. De vondst van deze ‘indicaties’ in België kreeg veel internationale aandacht. Ook het reactorvat van kerncentrale Borssele (door RDM gemaakt), kwam in de belangstelling te staan. Inmiddels weten we dat alleen in Doel en Tihange van alle door RDM gemaakte reactorvaten indicaties zijn gevonden.

- Voor EPZ was deze vondst aanleiding voor een project om vast te stellen wat in Doel-3 precies aan de hand was en wat dat zou kunnen betekenen voor de KCB. Er werd onder andere contact gelegd met Doel en oud-RDM’ers om informatie in te winnen.
- Ook een aantal buitenlandse centrales startte soortgelijke acties, zoals in Zweden en Zwitserland.
- De WANO (*World Association of Nuclear Operators*), besteedde vanwege de internationale afname van RDM reactorvaten aandacht aan de vondst. De WANO zorgde ook voor informatieuitwisseling op internationaal niveau.
- De Duitse vereniging van centrales VGB werd ingelicht en betrokken. Ook de kerncentrale Borssele is daar bij aangesloten; de KCB is van Duitse makelij.
- De Belgische toezichthouder FANC betrok haar buitenlandse collega’s, waaronder de KFD, zodat die goed op de hoogte waren.

Het werd EPZ door eigen onderzoek duidelijk dat het in Doel-3 gevonden fenomeen niet op de KCB van toepassing kon zijn. Om het hele onderzoek bij Doel te blijven volgen werd een projectgroep ingezet. EPZ had zelf veel vragen en die waren ook uit de samenleving te verwachten. Er volgde intensieve informatieuitwisseling met WANO, Doel en andere ‘RDM-kerncentrales’. De VGB liet op verzoek van Duitse kerncentrales ook een onderzoek uitvoeren. Centrales in Zwitserland en Zweden met een RDM vat hebben tijdens hun reguliere onderhoudsstop het reactorvat met ultrasoon

onderzocht (en niets gevonden). EPZ analyseerde intussen diepgaand de eigen fabricagedocumentatie die het complete fabricageproces van het reactorvat tussen 1968 en 1973 beschrijft. De documentatie toont aan dat tijdens opeenvolgende stappen in het productieproces alle onderdelen van het reactorvat vier maal volledig ultrasoon zijn onderzocht. En er werd aan de hand daarvan een formele veiligheidsbeoordeling gedaan. De resultaten zijn in het najaar beoordeeld door de Kernfysische Dienst. Op basis hiervan heeft de minister in november 2012 de Kamer geïnformeerd dat er in geval van Borssele geen noodzaak was tot onmiddellijke uit bedrijfsname voor onderzoek.

Bij de voorbereiding is in het originele vatmateriaal van de KCB (dat overbleef na de productie) gezocht naar het ‘Doel-3 fenomeen’. Het werd niet gevonden. In de proefstukken werd vervolgens het ‘Doel-3 fenomeen’ nagebootst. Daarmee werd nagegaan of dergelijke indicaties veertig jaar geleden ook gevonden zouden zijn. Conclusie: ook rond 1970 zou met de toenmalige detectietechniek het ‘Doel-3 fenomeen’ aangetroffen zijn als het aanwezig was geweest. Het werd in het originele vatmateriaal niet aangetroffen. Intussen werd besloten om tijdens de onderhoudsstop in 2013 ook het KCB vat aan een gerichte inspectie naar het ‘Doel-3 fenomeen’ te onderwerpen. Deze inspectie zou de gemaakte analyse moeten bevestigen.

Tussen november 2012 en maart 2013 werd een gerichte inspectie naar mogelijke Doel-3 indicaties in Borssele voorbereid. Inmiddels is tijdens de onderhoudsstop in april/mei 2013 deze inspectie onder overheidstoezicht uitgevoerd. De inspectie en de resultaten zijn gecontroleerd door expertbureau Lloyd’s dat door de toezichthouder is benoemd. De toezichthouder Kernfysische Dienst heeft de resultaten bevestigd en gerapporteerd aan de minister van Economische Zaken. Het reactorvat van Borssele heeft het ‘Doel-3 fenomeen’ niet en is in een betere conditie dan van een nieuw vat wordt geëist.



## Achtergrondinformatie

# 'Doel-3 fenomeen' en kwaliteit reactorvat Borssele

### Inspectie toont bewijsvoering aan

EPZ bewees in september van 2012 aan de toezichthouder dat de vatwand van kerncentrale Borssele vrij is van het 'Doel-3 fenomeen'. Dat gebeurde op basis van de aanwezige documentatie van de fabricage van het reactorvat. Met de nu uitgevoerde inspectie is aangetoond dat de documentatie (en daarmee de bewijsvoering) klopt.

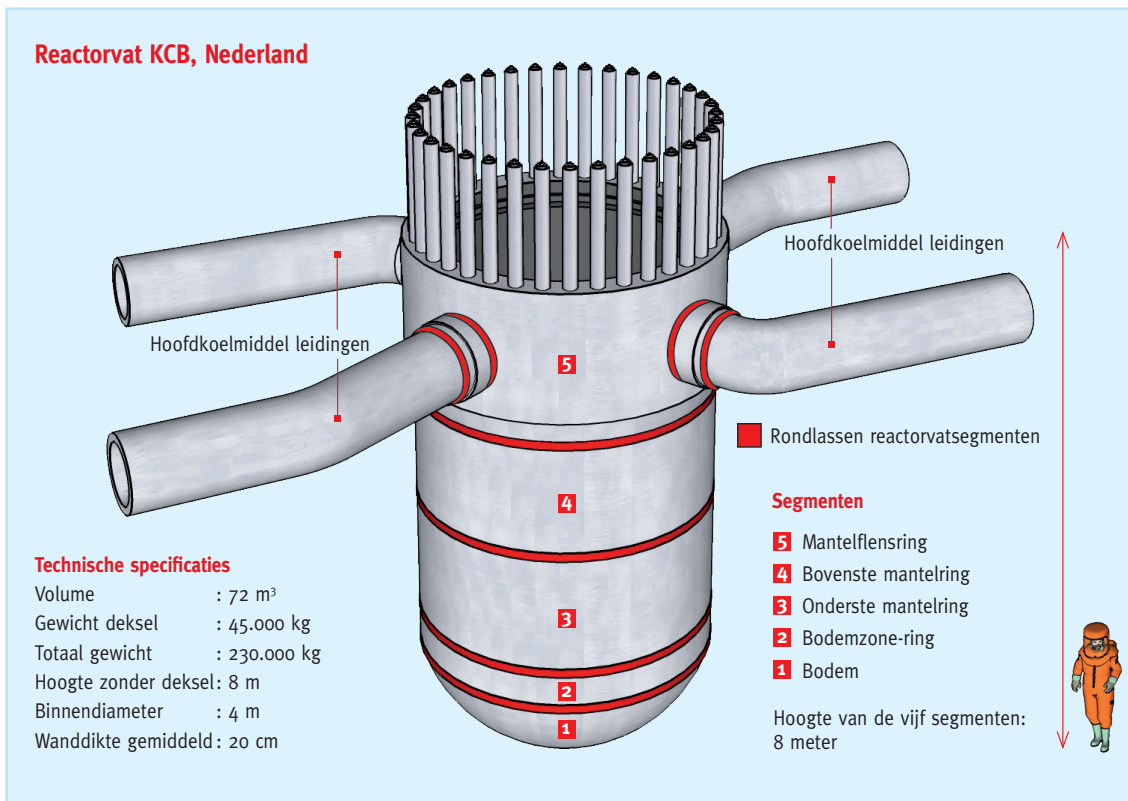
### Waarborgen zorgvuldigheid inspectie

De inspectie is uitgevoerd door het internationaal opererende inspectiebureau NRG (Arnhem) dat als enige in Nederland hiervoor is geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie. Namens de overheid controleerde Lloyd's of de inspectie op de juiste wijze plaatsvond en valideerde de inspectieresultaten. Daarmee is de zorgvuldigheid en de onafhankelijkheid van de inspectie gewaarborgd.

Het onderzoek dat EPZ door NRG heeft laten uitvoeren is internationaal gezien van hoge

kwaliteit en zeer omvangrijk. Het 'Doel-3 fenomeen' kenmerkt zich door de grote hoeveelheid dicht bij elkaar liggende scheurtjes die over de hele omtrek van de vatwand zijn verdeeld. Op basis hiervan is door de KFD, Lloyd's en NRG vastgesteld dat als in een 1 meter brede baan (van boven naar onder) geen sprake is van laminaire indicaties, het 'Doel-3 fenomeen' uitgesloten is. Er is besloten vier banen te onderzoeken aan elke zijde van het vat, vier keer zoveel als nodig.

Tijdens het productieproces zijn alle onderdelen van het reactorvat vier maal 100% ultrasoon onderzocht. Er zijn toen geen waterstofinsluitingen gevonden. Al de oorspronkelijke productiedocumentatie is bij EPZ aanwezig. Via analyse van deze documentatie kon vorig jaar al met zekerheid worden vastgesteld dat er geen 'Doel-3 fenomeen' in het reactorvat aanwezig is. Het nu extra uitgevoerde ultrasoononderzoek had tot doel een extra bevestiging te krijgen. Normaal gesproken is het afdoende





om van ieder onderdeel van het reactorvat een klein deel te meten. EPZ heeft er echter voor gekozen om van alle delen van het vat grote delen te onderzoeken. In totaal is veertig procent van het oppervlak geïnspecteerd, meer dan voldoende om het 'Doel-3 fenomeen' uit te sluiten.

De Kernfysische Dienst heeft het onderzoek beoordeeld, geaccepteerd en gerapporteerd aan de minister van Economische zaken dat in het reactorvat van de KCB het 'Doel-3 fenomeen' niet aanwezig is. Er zitten geen laminaire indicaties in het reactorvat van de KCB.

### Wat houdt het 'Doel-3 fenomeen' in?

Een reactorvat is opgebouwd uit aan elkaar gelaste ringen. In een tweetal ringen in Doel-3 zijn veel, wat men noemt, 'laminaire indicaties' gevonden. Deze groepen indicaties, in totaal zo'n achtduizend, liggen dicht bij elkaar en zijn over de hele omtrek van de ring verspreid.

### Hoe ontstaan deze scheurtjes?

Het is een bekend fenomeen waarover veel wetenschappelijke (metallurgische) kennis is opgebouwd. Het ontstaat door waterstofinsluiting tijdens het gietproces. De leverancier kan waterstofinsluiting wel beperken. Ook kan hij het waterstof weer afvoeren uit het materiaal. Dat is vakwerk dat de nodige tijd kost.

Problemen ontstaan als er teveel waterstof in het staal zit op het moment dat het afkoelt. Dan neemt waterstof enkele duizenden keer zoveel ruimte in als in warme toestand. Als die ruimte er niet is, dan maakt waterstof die ruimte. Op dat moment ontstaat er een scheurtje.

Het productieproces moet zo worden ingericht dat bovenstaande niet kan optreden. Er zijn verschillende aspecten die daar bij tellen.

- De ene staalsamenstelling is gevoeliger dan de andere. Het KCB-staal is minder gevoelig voor waterstofophoping dan het Doel-staal.
- De tijdsduur van de productie. Als staal tussendoor teveel afkoelt, is het afvoeren van waterstof moeilijker.
- De kwaliteit en omvang van het smeedstuk. De kwaliteit van een klein smeedstuk is gemakkelijker te beheersen omdat waterstof gemakkelijker is af te voeren dan uit een groot smeedstuk. De smeedstukken van Doel zijn veel groter dan dat van Borssele.

Het 'Doel-3 fenomeen' is al tijdens de fabricage ontstaan. Het 'Doel-3 fenomeen' is dus het gevolg van waterstofinsluiting tijdens het productieproces. Het ingesloten waterstof vormde tijdens het afkoelen van de gietstukken scheurtjes.

## 'Doel-3 fenomeen'

### Wat werd er gevonden in Doel en Tihange:

- In een aantal ringen een grote hoeveelheid over de gehele omtrek verspreide laminaire indicaties.
- Nader onderzoek wees uit dat het scheurtjes betreffen, waarvan de richting ongeveer evenwijdig aan de wanden ligt.

### Het 'Doel-3 fenomeen' is te omschrijven als:

- Een grote hoeveelheid gegroepeerde laminaire scheurtjes die vrijwel over de hele omtrek van het smeedstuk zijn verdeeld.





### Kwaliteitsnormen en toezicht

Om dergelijke problemen aantoonbaar uit te sluiten, is een goede kwaliteitscontrole tijdens de fabricage essentieel. Uiteindelijk is staal nooit perfect. Dus ook in een gietstuk voor een reactorvat zijn kleine onvolkomenheden toelaatbaar. In de sterkteberekeningen van het vat is daarmee rekening gehouden. Door middel van inspecties wordt de grootte van eventuele onvolkomenheden vastgesteld en of deze toelaatbaar zijn. De toelaatbare indicaties en de toe te passen inspectiemethode liggen vast in de ontwerp-code.

Het reactorvat van Borssele voldoet aan de ASME-code, de geëigende Amerikaanse norm. In de ASME-code worden (onder andere) standaarden voorgeschreven voor staaleigenschappen en ook hoe je die moet inspecteren.

Siemens/KWU koos bij de bouw van de KCB voor een staalsoort die weinig gevoelig is voor waterstofinsluitingen. Siemens/KWU kende ook een totaal andere kwaliteitsfilosofie en -praktijk.

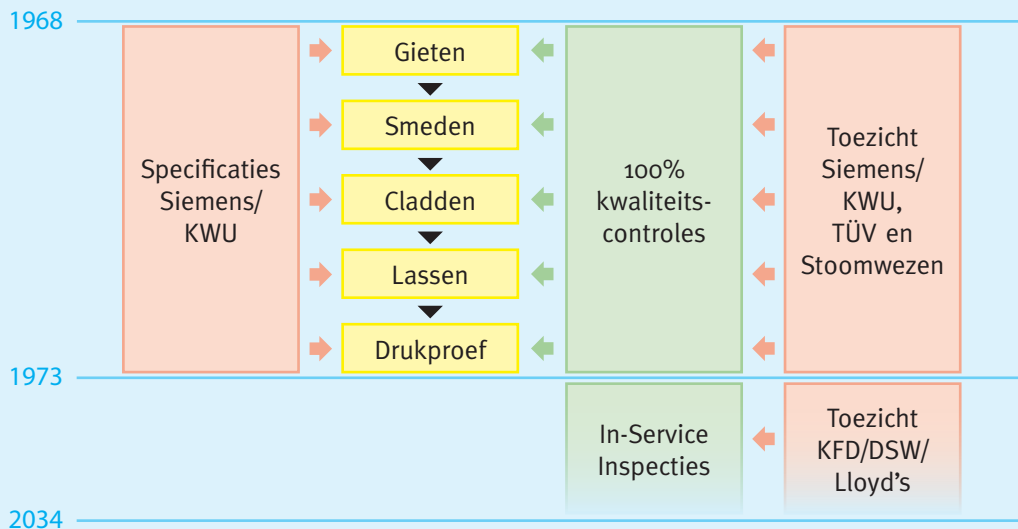
Siemens/KWU wilde met hele strenge specificaties duidelijk beter zijn dan volgens de geldende normen voor het staal nodig was. Siemens/KWU heeft aan de hand daarvan nauwgezet alle fabricagestappen gecontroleerd en de bevindingen uitstekend vastgelegd. Men was voortdurend op de werkvloer aanwezig. Alle partijen hebben door de gehanteerde werkwijze aantoonbaar uitstekende kwaliteit geleverd.

Met de fabricagedocumentatie uit dit proces kan EPZ aan de toezichthouder Kernfysische Dienst laten zien welke stappen er omstreeks 1970 zijn gezet, welke inspecties er zijn uitgevoerd en wat daarvan de resultaten zijn.

Ook is nog steeds reconstrueerbaar wie verantwoordelijk waren bij de vatinspecties. RDM moest met inspecties de geleverde kwaliteit aantonen en stond daarbij onder toezicht van Siemens dat de Duitse keuringsinstantie TÜV als ervaren partij had ingeschakeld. Het hele proces stond vervolgens ook weer onder Rijkstoezicht van het toenmalige Stoomwezen.

### Productieproces reactorvat KCB

Voor het reactorvat van KCB bestaat een zeer goed beeld van het fabricageproces: Controles door Siemens/KWU, TÜV en Stoomwezen zijn vastgelegd en nog steeds aanwezig.





### Staalsoorten

De reactorvaten van Doel en Borssele zijn van verschillende types koolstofstaal. Elk type staal heeft zijn voor- en nadelen. Het is niet zo dat het ene type beter is dan het ander. Echter, de constructeur moet wel rekening houden met de specifieke eigenschappen. Die moeten passen bij de ontwerp- en de fabricage-eisen.

Het Duitse Siemens/KWU koos voor de KCB voor een ander staaltypes dan de Franse leverancier van Doel. Beide consortia maakten wel gebruik van dezelfde toeleveranciers voor reactorvatonderdelen: gieterij Krupp en smederij RDM.

### Fabricage Borssele

EPZ beperkt zich in deze paragraaf tot de fabricagestappen van haar eigen reactorvat dat in zijn geheel door Krupp en RDM is gemaakt. Daaruit is een erkend kwaliteitsproduct is voortgekomen.

Het fabricageproces begint in 1968 bij Krupp met het gieten van de zogenaamde cilinders, waaruit later de ringen voor het vat worden gesmeed. Het vat bestaat uit meerdere van dit soort ringen.

Bij het gietproces van de cilinders ontstaat waterstof. De gieterij beperkt dit ontstaan zoveel als mogelijk en voert het waterstof tijdens het afkoelproces af uit het gietstuk. Vervolgens worden de cilinders naar de smederij van RDM in Rotterdam gebracht.

### Reactorwand KCB

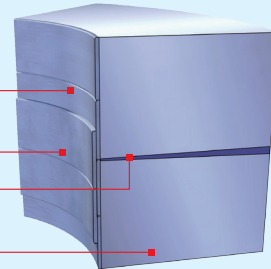
#### Technische specificaties

Cladding van RVS:  
gemiddeld 5 mm dik

Cladding van RVS:  
dubbel uitgevoerd

Lasnaad

Reactorwand:  
20 cm dik koolstofstaal



In Rotterdam zijn de ringen gesmeed. Daarna zijn de ringen teruggegaan naar Duitsland voor het 'cladden', het aanbrengen van roestvaststalen binnenlaag. Die voorkomt dat de koolstofstalen hoofdwand in contact staat met het primaire water. De afzonderlijke ringen zijn daarna weer naar RDM teruggebracht en aan elkaar gelast.

Bij elke fabricagestap is er vier keer een 100% inspectie geweest. Elk onderdeel is door en door geïnspecteerd. Visueel, magnetisch, met röntgenstraling en met ultrasoongeluid. Bij alle vier deze inspecties zouden eventueel aanwezig waterstofinsluitingen (laminaire indicaties) waargenomen zijn. De productiedocumentatie laat zien dat ze tijdens de opeenvolgende productiestappen bij geen van de inspecties zijn gevonden. Het complete reactorvat is tenslotte uitgebreid getest en aan aan een drukproef onderworpen.