

De ATHENE-reactor voor de Technische Hogeschool Eindhoven

Citation for published version (APA):

Bogaardt, M., Brouwers, A., & Hulst, van, G. (1967). De ATHENE-reactor voor de Technische Hogeschool Eindhoven. *Atoomenergie en haar toepassingen*, 9(6), 140-147.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1967

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

De ATHENE-reactor voor de Technische Hogeschool Eindhoven

door

Prof. Dr. M. Bogaardt, A. Brouwers en
Ir. G. van Hulst

De ATHENE-reactor voor de Technische Hogeschool Eindhoven

door Prof. Dr. M. Bogaardt,
A. Brouwers en Ir. G. van Hulst

Inleiding

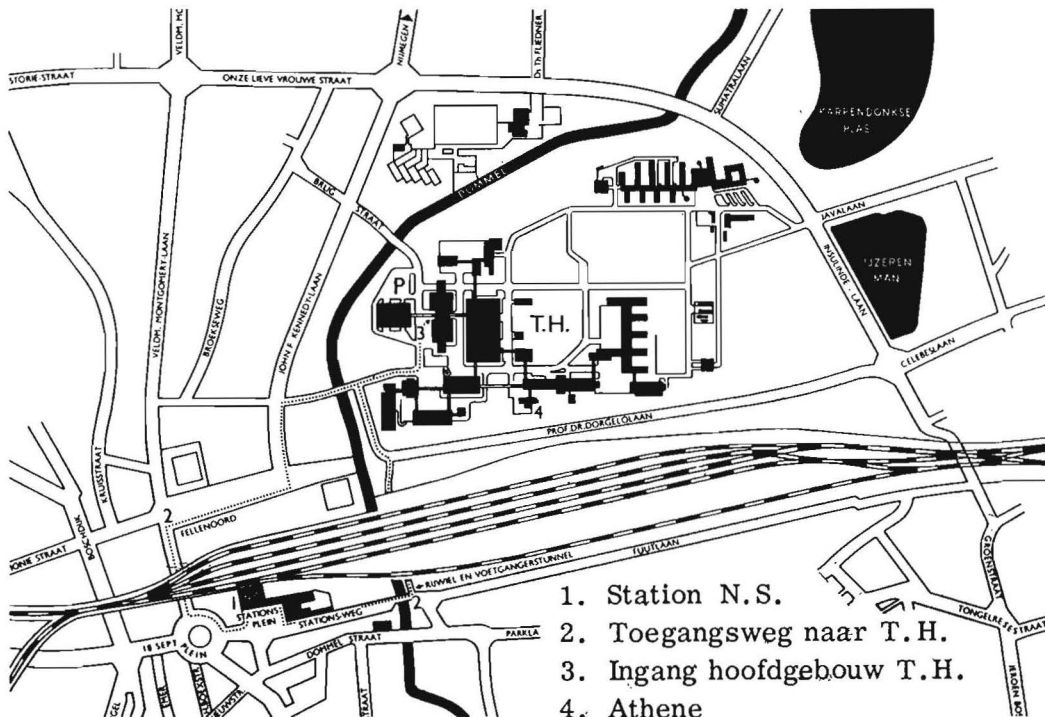
Het basisconcept voor het ontwerp van de ATHENE-reactor werd al in 1958 ontwikkeld bij de Afdeling Beoordeling en Ontwerp van het Reactor Centrum Nederland te 's-Gravenhage, vrijwel gelijktijdig met dat van de University Test Reactor in de Verenigde Staten. De concepten, die geheel onafhankelijk van elkaar tot stand kwamen, vertonen een zeer grote overeenkomst. Voor een beschrijving van de reactor wordt naar de hierna volgende paragrafen verwezen.

Het voorstel tot het bouwen van de ATHENE-reactor werd bij de Technische Hogeschool Eindhoven (THE) reeds in 1958 binnenskamers ahangig gemaakt en na uitvoerige deliberaties, ook met vele instanties buiten de THE, werd in mei 1960 bij het Reactor Centrum Nederland de opdracht geplaatst het ontwerp van de reactor op te stellen. In deze fase is tevens de naam van de reactor ontstaan, te weten ATHENE, hetgeen is

afgeleid van Atoomkernreactor Technische Hogeschool Eindhoven Nederland.

Bij de keuze van het reactortype heeft enerzijds van het begin af aan gegolden dat de reactor zou dienen voor reactorkundig onderzoek op academisch niveau en anderzijds dat de bouw van de reactor op het TH-terrein zou moeten kunnen plaatsvinden. Aan deze twee eisen kon gemakkelijk worden voldaan door een reactor te kiezen met een maximaal vermogen van 10 kW. Voor onderzoek, waarbij hogere neutronenfluxen nodig zijn, kan de TH gemakkelijk terecht bij de daartoe bijzonder geschikte reactoren van het RCN in Petten, van het Belgische Centrum te Mol en van het Reactor Instituut te Delft. Het onderzoek waaraan in eerste instantie gedacht is voor ATHENE, ligt op dat gebied waar de warmte en hydraulica enerzijds en de reactorfysica en dynamica anderzijds elkaar raken. Het is duidelijk dat dit raakvlak van bijzonder belang is voor de studie van reactorveiligheid. De belangrijkste ontwerpparameters van ATHENE zijn weergegeven in tabel I, terwijl in figuur 4 een

Fig. 1. Situatie van reactor op THE-terrein.



indruk wordt gegeven van de constructie van de reactor.

Nadat door een samenloop van omstandigheden de voorbereidingen voor de realisatie van de bouw van ATHENE geruime tijd hadden stil gelegen, kon in oktober 1965 door de THE aan de N.V. Neratoom offerte worden gevraagd voor de uitvoering van de bouw van de reactor volgens het RCN-ontwerp. Per 31 december 1965 kon de opdracht worden verstrekt.

De eerste paal voor het ATHENE-gebouw, dat door de firma Boele & Van Eesteren wordt gebouwd, werd op 8 juni 1966 geslagen en op 20 februari 1967 was de bouw reeds zover gevorderd dat met de montage van de reactor kon worden begonnen. Verwacht wordt dat de installatie in het begin 1968 voor de eerste maal kritisch zal worden.

Het ATHENE-gebouw

Het gebouw voor de reactor is geplaatst op het terrein van de Technische Hogeschool te Eindhoven aan de zuidzijde van het Laboratorium voor Warmte- en Stroomingstechniek (zie fig. 1). De reactor is opgesteld in een hal van 14×18 m met een hoogte van 10 m. In deze hal bevindt zich tevens het belangrijkste deel van het systeem voor de afvoer van de ontwikkelde warmte. Ook een opbergplaats voor radioactieve splijtstofelementen en de bedieningslessenaar met instrumentenpaneel zijn in deze hal ondergebracht. De reactorhal steekt gedeeltelijk in een laagbouw. Hierin bevinden zich een radiochemisch laboratorium, ruimten voor onderhoudswerkzaamheden, een telkamer, een bibliotheek, een instructielokaal en verschillende werkkamers. (fig. 2 en 3).

In het gebouw zijn distributiesystemen aangebracht voor elektrische energie, aardgas, water, perslucht, argon, stikstof en verwarming.

Speciale zorg is besteed aan de behandeling van het afvalwater en aan de ventilatie.

Een deel van het gebouw is semi-gasdicht uitgevoerd. Hierin wordt ten opzichte van de omgeving een geringe onderdruk gehandhaafd om, zo ooit radioactiviteit vrij mocht komen, deze binnen het gebouw te houden.

Figuur 3 geeft de bouwfase weer per 1 maart 1967.

De reactorkern

De kern van de reactor bestaat uit twee evenwijdig geplaatste rechthoekige aluminium bakken. Tussen deze twee bakken bevindt zich een grafietlichaam (zie figuur 4).

Teneinde verdamping en ongecontroleerde condensatie van koelwater te voorkomen, zijn beide bakken van een deksel voorzien. Deze deksels kunnen door een mechanisch overbrengsysteem buiten de reactorafscherming bediend worden.

TABEL I

De belangrijkste ontwerpparameters van ATHENE

<i>Algemeen</i>	
maximaal vermogen	: 10 kW
splijtstof	: hoog verrijkt uranium
kritische massa met één bak	: 1848 gram ^{235}U
kritische massa met twee bakken	: 3360 gram ^{235}U
moderator en koelmiddel	: licht water
kerngeometrie	: twee aluminium bakken; 148 x 503 x 1397 mm inwendig; op 619 mm h.o.h. afstand van elkaar; wanddikte 5 mm
reflector	: grafiet
overreactiviteit	: 0,5% $\Delta k/k$
moderator/splijtstof volumeverhouding	: 337
druk	: atmosferisch
maximale temperatuur	: 80 °C
<i>Splijtstofelementen</i>	
aantal houders voor splijtstofplaatjes	: 6 per kernbak
aantal plaatjes per houder	: 12
splijtstof	: uranium tot 93,27% verrijkt met de isotop ^{235}U
splijtstoflegering	: U-Al
afm. van de U-Al legering per plaatje	: 610 x 66 x 1 mm
uranium per plaatje	: 30 gram
bekleding van de U-Al legering	: Al, 0,5 mm dik
afmetingen van het plaatje	: 651 x 75 x 2 mm
h.o.h. afstand tussen de plaatjes	: 12 mm
<i>Reflector</i>	
materiaal	: grafiet
buitenafmetingen	: 1117 x 1409 x 1218 mm
reflectorafmeting tussen de kernbakken	: 354 mm
externe reflector minimaal	: 277 mm
<i>Neutronenabsorptieplaten</i>	
aantal per bak	: 3
materiaal	: boraf
valtijd	: 0,5 sec
afmetingen	: 150 x 375 x 6 mm
bewegingssnelheid van de platen:	
veiligheidsplaten	: 103 mm/min
regel- en compensatieplaten	: 210 mm/min
totale uittrektijd veiligheidsplaten	: 5 min
totale uittrektijd regel- en compensatieplaten	: 2,5 min
<i>Moderator en koelmiddel</i>	
medium	: gedestilleerd en gedemineraliseerd water
geleidbaarheid	: < 0,75 micro mho's/cm
zuurgraad	: 5,0 tot 7,0 pH

In elke kernbak kunnen in totaal 6 aluminium houders voor splijtstofplaatjes worden geplaatst. Iedere houder kan 12 plaatjes bevatten.

De reactorkern wordt gekoeld door licht water. Het licht water dient tevens als afremmedium voor snelle neutronen. Rondom de kernbakken is grafiet geplaatst. Dit doet dienst als reflector voor de neutronen uit de kernbakken.

In de reflector en in het grafietlichaam tussen de kernbakken is een aantal voorzieningen aangebracht, deels ten behoeve van de bedrijfsvoering, deels voor experimentele doeleinden. Zo zijn er 7 uitsparingen voor de sensoren van de neutronenflux-meetsystemen. Voorts bevat de reflector zes sleuven, waarin de veiligheids- en de regelplaten op en neer bewogen kunnen

Fig. 2.

Het ATHENE-gebouw ontworpen door het Bureau van Embden, Coisy Roorda van Eysinga, Smelt, Wittermans; Maquette van H. P. van Kessel.

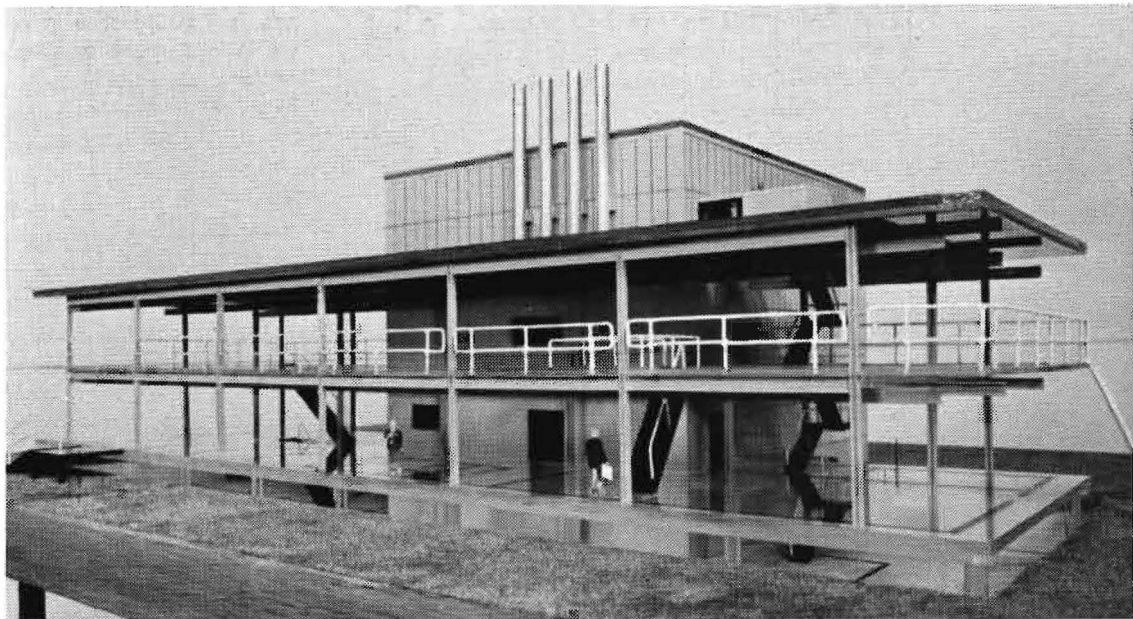


Fig. 3.

Foto van bouwfase van het ATHENE-gebouw per 1 maart 1967.



worden. De veiligheidsplaten bevinden zich aan de lange buitenzijde van iedere kernbak. De regel-, c.q. compensatieplaten zijn geplaatst op de kopse kanten van de beide bakken. Het materiaal van deze platen is boral, een legering van aluminium en borium.

Om een snel stoppen van de reactor mogelijk te maken, kan men niet volstaan met zonder meer deze boralplaten in de kern te laten vallen. Het snel naar beneden brengen van deze platen wordt gerealiseerd door middel van een veer. Bij het bereiken van de onderste stand wordt de valbeweging afgeremd door een hydraulische demper. Deze is aangebracht in het aandrijfmechanisme van de regelplaat. Het uit de kern trekken van de platen tegen de veerwerking in, geschiedt elektrisch. In het aandrijfmechanisme vindt men nog eindstandsachakelaars voor het signaleren van de onderste en van de bovenste positie. Ook is een geefstelsel ingebouwd voor de standindicatie van de plaat op de bedieningslessenaar van de reactor.

Aan de zuidzijde van de reactor is het kanaal aangebracht voor de neutronenbron. De bron bestaat uit een mengsel van beryllium en het radioisotoop americium-241 en heeft een neutronemissie van $7,5 \times 10^6$ n/sec, een radioactiviteit van 3 curie en een halveringstijd van 458 jaar. In het kanaal zijn twee rustposities voor de bron; of geheel in de kern of geheel uit de kern. Deze posities worden gesignaleerd op de bedieningslessenaar van de reactor.

Reactorfysische aspecten

De splijtstofplaatjes bevatten 30 gram uranium tot 93,27% verrijkt met het isotoop ^{235}U . Dit betekent voor een element met 12 plaatjes een

maximale hoeveelheid ^{235}U van 336 gram. Per kernbak is dit 2015 gram. In totaal kan de reactor geladen worden met 4030 gram ^{235}U .

Met de beide kernbakken gelijkelijk geladen met splijtstof is de kritische massa voor de reactor berekend op 3360 gram ^{235}U . Voor een één-bakskern is de kritische massa berekend op 1848 gram ^{235}U . Voor twee geladen bakken is de kritische massa dus 10% minder dan tweemaal de kritische massa voor een één-bakskern. Deze 10% is een maat voor de nucleaire koppeling tussen de beide bakken bij een twee-bakskern.

Het verschil tussen de berekende kritische massa en de maximale lading is voor de één-bakskern en de twee-bakskern respectievelijk 167 en 669 gram ^{235}U . In het eerste geval is dit de

hoeveelheid ^{235}U in een half element. In het laatste geval is de overmaat aan ^{235}U tweemaal de hoeveelheid van een volgeladen element.

De splijtstofcoëfficiënt voor de één-bakskern en de twee-bakskern is berekend op respectievelijk 10 en 6 pcm per gram ^{235}U . Voor deze laatste bij gelijkmatige verdeling over de beide bakken. In de één-bakskern kan dus in totaal een overmaat aan ^{235}U met een reactiviteitswaarde van 1670 pcm worden ingebouwd. Voor de twee-bakskern is dit 4014 pcm.

De reactor zal steeds zo geladen worden dat een overreactiviteit van 500 pcm niet overschreden wordt. De extra capaciteit aan overreactiviteit is ingebouwd om bepaalde experimentele opstellin-

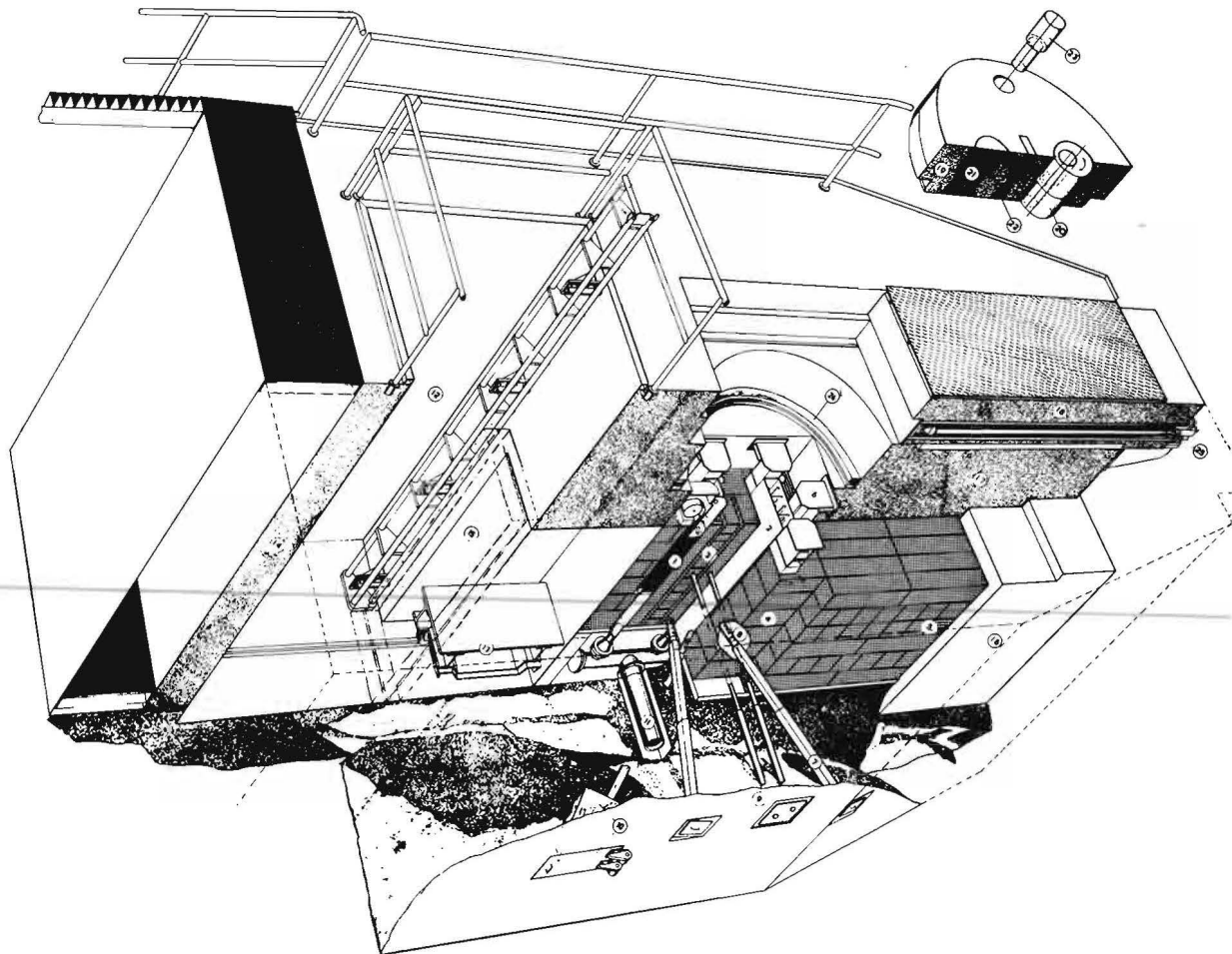
gen, zoals bijvoorbeeld een reactiviteitsoscillator, welke een groot negatief effect hebben op de neutronenhuishouding, te kunnen compenseren. Het beperken van de overreactiviteit tot maximaal 500 pcm wordt bereikt door bij een bepaalde kernconfiguratie een aantal aluminium plaatjes zonder splijtstof in de elementen te plaatsen („dummy-plaatjes”).

De gemiddelde reactiviteitsbijdrage per splijtstofplaatje is niet gering ten opzichte van 500 pcm, namelijk circa 280 en 167 pcm per plaatje voor respectievelijk de één-bakskern en de twee-bakskern. Om wat meer flexibiliteit te hebben bij het samenstellen van een kernlading zijn daarom tevens 12 splijtstofplaatjes aange-

Fig. 4. Overzicht van de kernreactor ATHENE.

1. Splijtstofelement
2. Kernbak
3. Grafiet binnenreflector
4. Grafiet buitenreflector
5. Thermische kolom
6. Regelplaat aandrijfmechanisme
7. Bestralingskanaal
8. Monsterhouder
9. Doorgaand bestralingskanaal
10. Neutronenbronkanaal
11. Dumpleiding
12. Experimentenbassin
13. Experimenteerwagen

14. Betonnen afschermingsmuur
15. Stalen afschermplaten
16. Vrijdgbare afschermingsdeur voor thermische kolom
17. Beton afscherming
18. Vrijdbaar bovenafschermingsdeksel
19. Roterend bovenafschermingsdeksel
20. Roterende plug voor splijtstofelement
21. Plug voor regelplaat aandrijfmechanisme
22. Plug voor polytheenplaten
23. Plug voor telkamers
24. Kogelkrans voor roterend bovenafschermingsdeksel
25. Pneumatische aandrijving voor vrijdbaar bovenafschermingsdeksel



Afscherming

De afscherming van de radioactieve straling van de reactor bestaat hoofdzakelijk uit zwaar beton met een soortelijk gewicht van minimaal $3,5 \text{ kg/dm}^3$. Aan de noord- en zuidzijde heeft deze betonnen afscherming een dikte van 1,8 m. Aan de oostzijde, waar de thermische kolom tegen de kern staat opgesteld, bestaat de afscherming uit een betonnen deur. De dikte hiervan is 1 m. Het verplaatsen van deze deur geschiedt elektrisch. In de deur zijn drie pluggen aangebracht, welke voorzien zijn van een slot. Door deze pluggen heeft men toegang tot drie horizontale $10 \times 10 \text{ cm}$ kanalen in de thermische kolom. Ten westen van de reactor bevindt zich het inwendig met aluminium beklede betonnen waterbassin. De afscherming bestaat dus hier uit de betonnen wanden (zie fig. 2) en het water. In dit bassin kan de nis bij de kernbak afgesloten worden door stalen platen. Zo nodig, bijvoorbeeld wanneer er geen water in het bassin staat, kan hiermede extra afscherming verkregen worden. Aan de bovenkant van de reactor bestaat de afscherming uit een draaibaar deksel met daarboven een verrijdbaar deksel.

Het draaibare deksel is uitgevoerd in twee delen, met het oog op de beperkte hefcapaciteit (7,5 ton) van de loopkraan in de reactorhal. De totale dikte bedraagt 50 cm. Het materiaal is beton met een soortelijk gewicht van $5,2 \text{ kg/dm}^3$. In dit deksel is een aantal pluggen aangebracht. Hierdoor kan men desgewenst toegang verkrijgen tot de aandrijfmechanismen van de regelplaten, de sensoren voor het meten van de neutronenflux, de splitsstoelementen en de verticale voorzieningen in de reflector voor experimentele doeleinden. Het verrijdbare deksel hierboven heeft een dikte van 70 cm. Het beton hiervan heeft een soortelijk gewicht van $5,2 \text{ kg/dm}^3$. Het verplaatsen van dit deksel geschiedt pneumatisch.

Bestralingsfaciliteiten

Door de betonnen afscherming zijn vier horizontale kanalen aangebracht, die doorlopen tot aan de reactorkern zoals aangegeven in figuur 2. Deze kanalen kunnen worden afgesloten met een betonplug. Het achterstuk hiervan is groter van diameter dan het voorstuk. Het kanaal is hieraan aangepast, zodat straling door spleten voorkomen wordt.

Bovendien zijn er twee doorlopende horizontale kanalen aangebracht, welke tussen de beide kernbakken, dus door de middenreflector heen lopen. Voor deze kanalen is de afsluiting uitgevoerd als een plug, waarvan het buitenste deel uit lood en het binnenste deel uit geboreerde paraffine bestaat.

In de reflector zijn drie ronde verticale kanalen

aangebracht en twee rechthoekige sleuven tussen de beide bakken in. Deze uitsparingen zullen normaal met grafiet zijn gevuld. Dit kan echter verwijderd worden voor bestralingsdoeleinden of voor het plaatsen van experimenten, bijvoorbeeld een reactiviteitsoscillator.

Door het vullen van de sleuven in de binnenreflector met een ander materiaal dan grafiet kan men tevens de reactorfysische koppeling tussen de beide kernbakken beïnvloeden als ook het neutronenspectrum ter plaatse van het centrale, doorgaande horizontale kanaal. In de thermische kolom kunnen 6 stuks $20 \times 20 \text{ cm}$ grafietblokken verwijderd worden. Hierdoor wordt een grote bestralingsruimte verkregen. Er kunnen hier ook 3 stuks $10 \times 10 \text{ cm}$ grafietstaven verwijderd worden. Twee hiervan lopen door tot op de kernbak. De afmetingen van de thermische kolom zijn $150 \times 120 \times 140 \text{ cm}$.

Ook het bassin aan de andere zijde van de reactor kan dienst doen als bestralingsfaciliteit. Hier zullen onder andere afschermingsexperimenten onder water worden uitgevoerd.

Het koelsysteem

Het reactorsysteem is ontworpen voor een maximaal vermogen van 10 kW. De koeling geschiedt met water dat in de reactor tevens dienst doet als moderator voor snelle neutronen. Het water wordt toegevoerd door een leiding van $6'' \text{ } \varnothing$ (zie fig. 5). Deze leiding doet tevens dienst bij het snel afvoeren van het reactorwater naar de opslagtank 01-DI ($1,2 \text{ m}^3$) na het openen van de pneumatisch bediende afsluiter 01-V6. Deze klep opent bij een nooduitschakeling van de reactor. Het reactorwater wordt dan in circa 17 seconden afgevoerd, waardoor een reactiviteitsvermindering ontstaat van circa 30%. Op de halve hoogte van de kernbakken is een overloopleiding aangebracht. Bij een nooduitschakeling wordt hiermede een deel van het water afgevoerd via de normale afvoerleiding door middel van de pneumatisch bediende klep 01-V11.

Onder normaal bedrijf van de reactor is de stortklep 01-V6 gesloten. Het water wordt dan met behulp van de pomp 01-P1 (1 pk) uit de opvangtank 01-DI door de warmtewisselaar 01-EI gepompt naar de beide reactorbakken. Via overloper stroomt het dan weer door de afvoerleidingen terug naar de opvangtank 01-DI. In een hulpcircuit kan een deel van deze waterstroom door een zuiveringssysteem gevoerd worden. Dit bestaat uit een ionenwisselaar (02-STI) en een filter (fabr. Cuno, 5μ) (02-SI). In de opvangtank zijn verwarmingselementen aangebracht. Hiermede kan de temperatuur van het primaire water verhoogd worden. De ontwerp temperatuur voor het reactorsysteem bedraagt 80°C . In de warmtewisselaar stroomt het primaire wa-

ter uit het reactorsysteem en het secundaire koelwater door twee aparte spiralen, beide ondergedompeld in water, dat door een roerder in beweging wordt gehouden (zie fig. 5, warmtewisselaar 01-EI). Deze uitvoering is gekozen om lekkage van primair water naar het secundaire koelsysteem praktisch onmogelijk te maken.

In het secundaire koelsysteem wordt het water aangevoerd via een buffertank om eventueel terugstromen naar de waterleiding te voorkomen. Met de centrifugaalpomp 03-PI wordt het koelwater door de warmtewisselaar afgevoerd naar de rioolput buiten het gebouw.

Het gehele koel- en waterzuiveringssysteem staat opgesteld in de pompkelder. In deze kelder is een lensput aangebracht. Hierin is een pomp geplaatst, die automatisch aanslaat, wanneer het waterniveau in deze put te hoog wordt. Dit water wordt dan afgevoerd naar het afvalwaterbehandelingssysteem van het ATHENE-gebouw.

Instrumentatie

Voor het bepalen van de neutronenflux in de reactor zijn er zeven meetssystemen. Hiervoor worden er twee gebruikt bij het opstarten van de reactor. Het meetbereik van deze startkanalen komt overeen met een reactorvermogensgebied tussen circa 10^{-5} en 1 Watt.

Twee meetkanalen geven een lineaire presentatie van het vermogensniveau vanaf 10^{-3} Watt tot vol vermogen. Naar keuze kan een van deze meetssystemen gekoppeld worden met de automatische regeling van het vermogensniveau van de reactor.

Eén meetstelsel geeft het niveau van het reactorvermogen in één meetbereik over ruim 6 decaden in een logaritmische schaal. Dit meetkanaal wordt onder andere gebruikt om het reactorsysteem te beveiligen tegen te snelle toename van het nucleaire vermogen.

Twee identieke meetssystemen hebben uitsluitend tot doel de reactor te beveiligen tegen het overschrijden van een te hoog vermogensniveau. Het meetgebied van deze systemen loopt over ongeveer 4 decaden tot ruim 150% van het nominale reactorvermogen.

Naast deze meetkanalen voor de neutronenflux in de reactor zijn er nog drie meetssystemen voor gammastraling. De sensoren hiervan zijn over de reactorhal verdeeld opgesteld. Het meetgebied van deze gammameetssystemen loopt van 0 tot circa 500 mr/uur, over twee bereiken, hetgeen verkregen wordt met behulp van twee GM-buizen per sensor.

De procesinstrumentatie heeft als doel het lokaal bepalen van drukken, temperaturen, debieten, waterniveaus en watercondities in het systeem. Wanneer het belangrijk is voor het bedrijf worden de gemeten waarden doorgegeven aan het

instrumentenpaneel. Tevens zijn op enkele plaatsen instrumenten aangebracht teneinde een bepaald apparaat te beveiligen, zodat – overigens ongewoonlijk – bedrijfsstoringen zoveel mogelijk worden voorkomen.

Instrumentenpaneel en bedieningslessenaar

De nucleaire instrumentatie (met uitzondering van de sensoren en de voorversterkers) en de presentatie van een deel van de procesinstrumentatie zijn ondergebracht in de bedieningslessenaar en het instrumentenpaneel. Zittend achter de lessenaar heeft men goed zicht op de meters in de lessenaar en op die in het instrumentenpaneel, terwijl men tevens het grootste deel van de reactorhal kan overzien. Op de bedieningslessenaar wordt informatie gegeven over de belangrijkste bedrijfsgegevens zoals vermogensniveau, tijdconstante van de verandering hierin, posities van de borlplaten. De bedieningsorganen op de lessenaar zijn op elkaar aansluitend geplaatst van links naar rechts voor starten en bedrijven van de reactor. De hierbij behorende signaleringen geven informatie over de schakelstanden van de bedieningsorganen.

Het instrumentenpaneel is verdeeld in 5 secties. In sectie 1 zijn relais gemonteerd voor onder meer de afhankelijkheidsschakelingen. Op sectie 2 worden de belangrijkste procesgegevens gepresenteerd. Op de secties 3, 4 en 5 vindt men indicaties voor nucleaire parameters.

Boven alle secties zijn lichttableaus aangebracht ten behoeve van de vooralarmering en indicaties voor nooduitschakeling.

Het alarmeringssysteem is zo uitgevoerd dat bij normaal bedrijf de contacten voor het melden van de storing gesloten zijn. De gloeilampen in de tableaus zijn dan gedoofd. Bij een storing wordt het desbetreffende meldingscontact geopend. Een claxon treedt in werking. De lampen in de bijbehorende lichtmeldingen gaan knippen.

Fig. 6. De montage van ATHENE, foto genomen tijdens het storten van de fundering voor het waterbassin.



ren met een frequentie van circa 120 per minuut. Wordt de storing opgeheven, dan zijn de desbetreffende meldingscontacten wederom gesloten. Dit wordt gesignaleerd door de knipperfrequentie te verlagen tot 45 per minuut. Door het indrukken van een knop „herstel” gaan de lampen uit en wordt de uitgangstoestand weer bereikt, mits uiteraard de storing inderdaad niet meer optreedt. Door het indrukken van de knop „test” wordt op alle meldingen een storing geïnitieerd, waarna de bovenomschreven procedure gevolgd wordt. De storingen, die voor of tijdens het testen optreden, blijven hierbij ongehinderd gesignaleerd.

Deze procedure geldt zowel voor het vooralarmstelsel als voor het uitschakel-alarmstelsel.

De beveiligingsvergrendelingen zijn opgezet volgens het ruststroomprincipe, met andere woorden om met een component een actie te laten uitvoeren, is het noodzakelijk dat de energietoevoer niet onderbroken is.

De afhankelijkheidsschakelingen zijn dusdanig opgezet dat in voorkomende gevallen de veiligheid prevaleert boven het in bedrijf houden van de reactor bij mogelijke storingen in een van de meetsystemen. Zo ziet men dubbel uitgevoerde meetsystemen in serie geschakeld in beveiligingsacties.

De energietoevoer naar de signaleringen is gescheiden van die naar de daarbij behorende acties. Dit is steeds zo gerealiseerd dat het uitvallen van de energietoevoer naar de signalering tevens de energietoevoer naar de daarbij behorende acties onderbreekt echter niet zonder meer de energietoevoer naar de signalering.

Elk van de systemen, die een reactiviteitsverandering in de reactor kunnen veroorzaken, kan worden getest zonder dat er een kans bestaat dat de reactor kritisch wordt. Dit geldt voor de beveiligingsplaten, de stortklep, de circulatiepomp van het primaire koelsysteem en voor de compensatie- en regelplaten. Voor het testen van een van deze systemen moet de bedrijfstestschakelaar in een bepaalde stand staan, waarbij het dan onmogelijk is de andere systemen zo te bedienen dat zij de reactiviteit van de reactor kunnen doen toenemen.

Het bassin

Aan de westzijde van de reactor bevindt zich een waterbassin van beton met aluminium bekleding. De afmetingen zijn zo gekozen dat bovenop en rondom het bassin de doseringssnelheden van straling beneden 2,5 mrem per uur liggen.

Op de bodem van het bassin zijn rails aangebracht. Hierop kan een wagen met experimenten in de nis worden gereden. In de nis is er alleen de aluminium bekleding tussen het bassinwater en de grafietreflector. Het verplaatsen van de

wagen in en uit de nis kan geschieden als de reactor in bedrijf is. Figuur 6 geeft een beeld van het storten van de fundering van het bassin.

De nis tegen de reactorkern kan worden afgeschermd met stalen platen. Hier zal alleen gebruik van worden gemaakt, wanneer door eventuele langdurige onderhoudswerkzaamheden het bassinwater verwijderd is en derhalve enige extra afscherming noodzakelijk zal zijn. De mogelijke behandelingen van het bassinwater zijn weergegeven in figuur 3.

Met de centrifugaalpomp 05-PI kan men bassinwater laten circuleren door de ionenwisselaar 05-STI en een filter 05-S2 (5 μ).

Het bassinwater kan afgevoerd worden naar een opslagtank of naar het afvalwaterbehandelingssysteem van het ATHENE-gebouw of direct naar het riool. De laatste afvoermogelijkheid heeft geen permanente aansluiting. Hiervoor dient een slang gekoppeld te worden tussen de afvoerpomp 04-PI en de afvoerleiding naar het riool. Het vullen van het bassin met water uit de opvangtank geschiedt met de centrifugaalpomp 04-PI.

Splijststofopbergplaats

In de zuid-west hoek van de reactorhal bevindt zich de opbergplaats voor splijststofelementen. Deze bestaat uit 28 inwendig gemoffelde stalen pijpen, welke in de vloer zijn ingestort. Van de opvulling tussen de pijpen bestaat de bovenste laag van 30 cm dikte uit beton van hoog soortelijk gewicht (3,5 kg/dm³).

De pijpen steken 5 cm boven het vloeroppervlak uit om te voorkomen dat bijvoorbeeld bij schoonmaken water in de opslagruimten loopt. Iedere pijp is aan de onderzijde aangesloten op een afzuigleiding. Zo nodig, kunnen de pijpen hierdoor geventileerd worden. Op deze wijze kan eventueel condenswater worden afgevoerd.

De bovenafscherming van de pijpen bestaat uit stalen pluggen.

Referenties

1. Prof. Dr. M. Bogaardt en A. Brouwers, ATHENE-veiligheidsrapport; THE/W/ATHENE 100; januari 1967.
2. Communicatie met Ir. F. Lekkerkerk en F. Luidinga van het RCN.