

DE „GOUDEN GELUKSVOGELS” en de nieuwe AO-folder

Misschien lijkt deze combinatie wel wat vreemd. En toch, er bestaat een nauw verband tussen de nieuwe AO-folder en de „gouden geluksvogels”.

Want met de nieuwe AO-FOLDER is het „vangen” van „gouden geluksvogels” geen kunst meer.

Wanneer U aan Uw kennissen, vrienden, familieleden of gasten de jongste AO-boekjes laat zien, wanneer het actuele onderwerp van deze week bijv. toevallig in het gesprek te pas komt — en hoe vaak gebeurt dat niet? — en hun daarna dan dat leuke foldertje in handen geeft (bedoeld als een „stille wenk”) dan is het bijna zeker dat men zal zeggen:

„Ja, geef me als abonnee op. Want je hebt wat aan deze AO-boekjes. Je kunt over vele actuele onderwerpen meepraten.”

Inderdaad, dit is een juist standpunt. Bovendien, als men de boekjes bewaart, heeft men binnen enkele jaren een actuele encyclopedie die elke week bijblijft. Waarin men telkens weer wat kan opzoeken om zich gedetailleerd te laten voorlichten over begrippen, ontdekkingen en uitvindingen die telkens weer in het dagelijkse gesprek te pas komen.

WILT U EEN AANTAL NIEUWE AO-FOLDERS IN UW BEZIT HEBBEN, OM BIJ VOORKOMENDE GELEGENHEID DEZE EENS TE KUNNEN WEGGEVEN . . . WAARDOOR U WEER EEN „GOUDEN GELUKSVOGEL” KAN VANGEN?

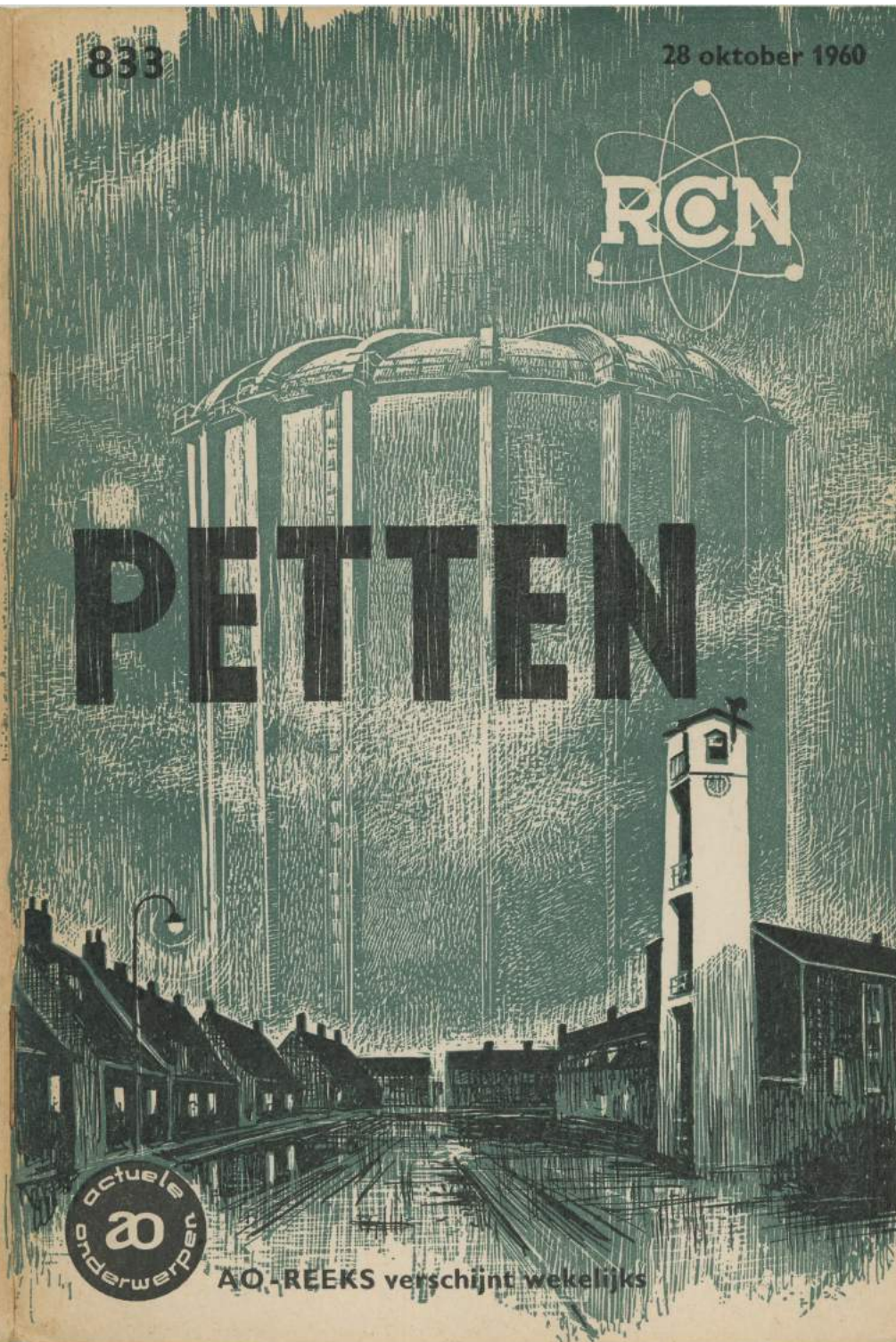
Even een briefkaartje naar de administratie-AO en binnen een paar dagen heeft U enkele folders in Uw bezit.

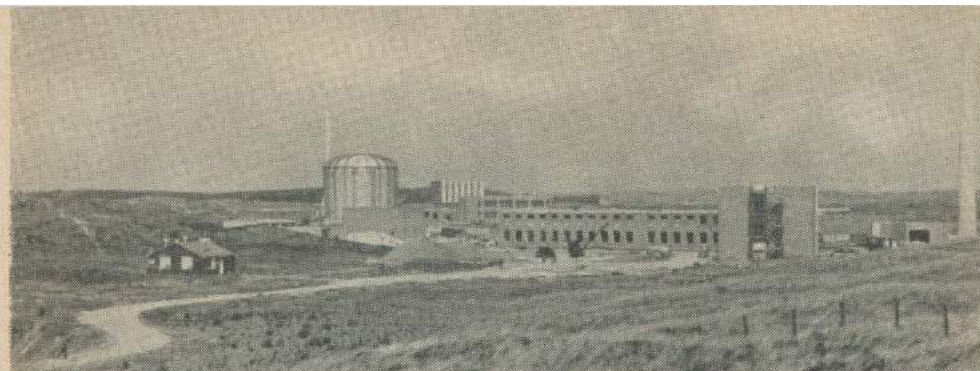


PETTEN



AO-REEKS verschijnt wekelijks





REACTOR CENTRUM PETTEN

door Dr. W. J. A. Schouten en de AO-redactie,
terwijl het Bureau Externe Betrekkingen
R.C.N. belangrijke aanwijzingen gaf en
illustraties ter beschikking stelde.

„Op het andere einde van de Hondsbossche Zeewering ligt het dorp Petten, dat met zijn lage, veelal met riet gedekte woningen en zijn armelijke, vervallen kerk een verlaten indruk maakt”. Aldus schreef Dr. H. BLINK in zijn bekend boek „*Ons heerlijk vaderland*”, dat in 1908 werd uitgegeven. Een halve eeuw later is de situatie volkomen veranderd. En niets kan misschien de geweldige verandering die zich in onze tijd voltrekt zo goed demonstreren als het beeld van het dorpje Petten zoals Dr. Blink het kende, vergeleken bij het Petten-R.C.N., dat wij zo juist hebben bezocht.

In Petten-R.C.N. staat een symbool van de toekomst: het is de grote koepel van de kernreactor. Wanneer u van het aardige dorpje langs de duinen in noordelijke richting gaat ziet u aan uw linkerhand, dus tussen de weg en de zee, het merkwaardige gebouwencomplex dat de nieuwe eeuw aankondigt. En het cilindervormige gebouw van de stalen koepel, dat reeds op verre afstand tussen de duintoppen opvalt, beheerst het geheel.

In het nieuws

Telkens staan de namen Petten en R.C.N. in het nieuws.

- Onlangs is een van de reactoren kritisch geworden; dit betekent dat de reactor in werking is getreden. Deze zal daarom binnen enkele weken formeel in gebruik worden genomen.
- De vaste commissie van de kernenergie van de Staten-Generaal heeft in deze maand een nota over de kernenergie uitgegeven waarin men schreef dat het R.C.N. binnenkort in de Euratom een belangrijke rol zou gaan spelen: „*Nu zal er misschien op het Europese vlak een mogelijkheid voor opdrachten zijn*”.

Petten

In het dorpje Petten zelf is men gereserveerd tegenover de vestiging. Niet door het eventuele gevaar dat zou kunnen ontstaan, want de goede voorlichting heeft er al voor gezorgd dat men begrip heeft gekregen voor het werk van het R.C.N. Wat men — ten dele — als iets onaangenaams ervaart, is het feit dat door de vestiging van veel „vreemdelingen” (de werkers van het R.C.N.) de oude dorpsgemeenschap ongetwijfeld zal veranderen.

Vooraf in de winter was Petten immers een rustig, besloten dorpje dat op zichzelf stond. De meeste inwoners vonden hun werkzaamheden bij de dijkwerken. Alleen 's zomers brachten de badgasten wat afwisseling.

Viermaal opgebouwd

Petten is een heel oud dorpje dat verschillende malen opnieuw is opgebouwd. In de oudste kronieken lezen wij van *Petheim*, een nederzetting in het moerasachtige land in het noorden van Holland. Overstromingen teisterden deze landstrekken; door lage dijken trachtte men aan het einde van de middeleeuwen dorp en grond te beschermen. Bij de St. Elisabethsvloed van 1421 werd de dijk echter weggespoeld, heel Petten verzonk in het water en een groot deel van de dorpelingen verdronk.

Actuele vragen reeds beantwoord door uw actuele AO-ENCYCLOPEDIË:

Algiers en Frankrijk?

Het a.s. huwelijk in Brussel?

Goudaankopen?

AO 712, ALGIERS

AO 768, KONING DER BELGEN

AO 804, GOUD

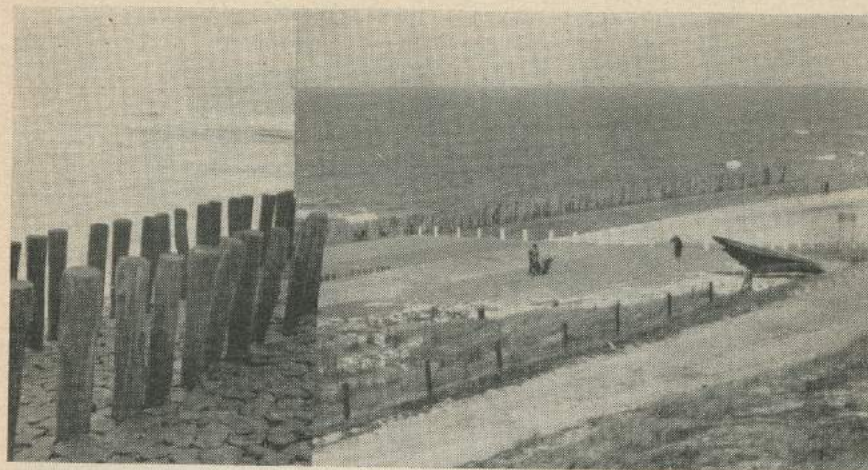
Deze drie AO-boekjes zijn nog verkrijgbaar

U leest over:

Atoomtheorie	op pag.	5
Elektronen	„ „	5, 11
Energie (kern) reactoren	„ „	8
Flux	„ „	11
Hoge flux reactor	„ „	3, 12
JEEP te Kjeller	„ „	10
Isotopen	„ „	6
Kern	„ „	5
Kernsplijting	„ „	7
Kettingreactie	„ „	7
Lage flux reactor	„ „	4, 14
Neutronen	„ „	6
Onderzoekings (kern) reactoren	„ „	8
Protonen	„ „	6
Uranium	„ „	6
Uranium 238	„ „	6
Uranium 235	„ „	6
Zwembassin-reactor	„ „	8
Splijtstof	„ „	12

Het nieuwe Petten werd meer landinwaarts opgebouwd. Ook dit Petten verdween in de zee bij een springvloed van 7 maart 1624. Opnieuw verrees Petten, maar de zee bleef knagen en telkens moesten huizen, het kerkje of het raadhuis afgebroken worden en meer landinwaarts opgebouwd, totdat eindelijk de zeewering (1780) sterk genoeg was om het geweld van het water te weerstaan.

Een zwarte dag brak voor Petten aan toen de Duitsers besloten het gehele dorp af te breken. Direct na 1945 werd met de herbouw begonnen en zo is dan dit dorpje minstens viermaal geheel opnieuw herrezen.



Reactor Centrum Nederland (R.C.N.)

Het gebouwencomplex in de duinen ten noorden van Petten bestaat uit verschillende groepen. Het zijn wat lage rechthoekige gebouwen voor de bediening van de twee reactoren, de laboratoria en de overige werkplaatsen. Voor onderzoek is het R.C.N. opricht. Men wil nagaan en zien wat men met dit materiaal kan bereiken. Er staan twee reactoren, een *hoge fluxreactor* waaraan nog wordt gebouwd en de *lage fluxreactor* die onlangs in werking is getreden.

Bij keuze voor de vestiging moest aan een aantal factoren worden voldaan (voldoende water, dichtbij zee, windrichting, ver van grote steden). Zo werd het Petten.

● H.F.R.

De hoge flux reactor, meestal H.F.R. genoemd, wordt ondergebracht in

Het wapen van Petten: drie putten.

De Hondsbosse Zeewering. Links dichtbij, rechts een overzicht van het laatste deel. Het strand van Petten.

een reactorhal, het reeds genoemde cilindervormige gebouw. De bouw van een installatie als de H.F.R. is geenszins een eenvoudig werk. Nieuwe materialen, waaraan bijzondere eisen worden gesteld, vereisen moderne nog nauwelijks toegepaste technieken.

Aan deze bouw wordt reeds enige jaren gewerkt. Door verscheidene tegenslagen bij de afbouw is het gereedkomen van de reactorinstallatie zeer vertraagd. Dit was een van de redenen waarom in 1959 werd be-



sloten voor het reactorcentrum een *lage flux reactor (L.F.R.)* te bestellen, die een Engelse firma kant en klaar kon leveren.

● L.F.R.

Deze L.F.R. is veel kleiner dan de H.F.R. Toch is het een belangrijke aanwinst voor het Centrum te Petten. Onderzoekingen, die met de H.F.R. te kostbaar zouden zijn, kunnen nu met de L.F.R. worden uitgevoerd. Tevens kan de L.F.R. dienst doen om personeel, dat in de toekomst met de H.F.R. zal moeten werken, de noodzakelijke opleiding en ervaring te geven.

De L.F.R. is door de Engelse fabrikant geplaatst en op 28 september kwam het bericht, dat deze reactor die dag voor de eerste maal in werking was getreden („kritisch was geworden” — zoals de vakterm luidt).

Het energieprobleem

Waarom worden tegenwoordig niet alleen in ons land maar in alle beschaafde landen kernreactoren gebouwd? Men zou dat zeker niet doen, indien niet vaststond, dat de

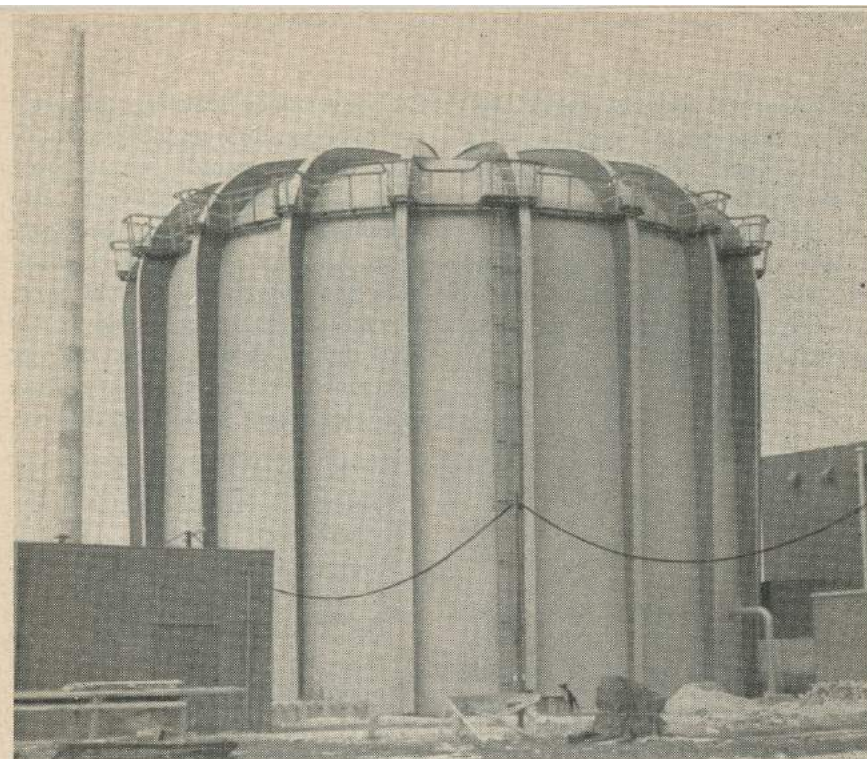
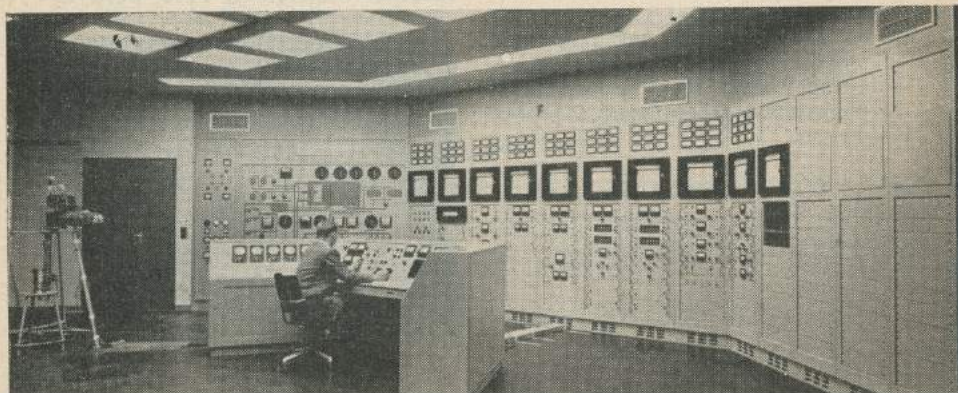
wereld binnen afzienbare tijd een nieuwe energiebron nodig heeft en dat de toepassing van kernenergie hierin kan voorzien.

Toen men in het begin van de twintigste eeuw op grote schaal met de produktie van elektriciteit begon, heeft men er niet bij stilgestaan dat de huidige energiebronnen (steenkolen, aardolie en -gas) beperkt zijn. Pas later is men gaan beseffen, dat deze bronnen niet blijvend in de energiebehoefte van de moderne maatschappij zullen kunnen voorzien.

Schattingen omtrent de nog aanwezige hoeveelheid steenkolen en olie hebben aangetoond, dat deze voorraden voor slechts enkele tientallen jaren voldoende zijn. Uiteraard zijn deze schattingen „vrijblijvend”, daar verbeteringen in de exploitatie- en produktietechniek, — bijv. van aardolie — de energievoorraad toch weer groter kunnen maken.

Maar hoe het ook zij, de hoeveelheid

Dit is de grote regelkamer van de H.F.R. Links een proefopstelling van het aandrijfmechanisme van een van de regelstaven. Een dergelijke mechanisme bevindt zich voor elk van de zes regelstaven aan de onderzijde van de reactor.



Een machtig bouwwerk is de grote hal van de H. F. R. die nu in Petten verrijst. Binnenin is men druk bezig, evenals op terrein. Links de pijp van de luchtafvoer.

steenkolen en olie is beperkt. Wanneer deze bronnen van energie eens zijn uitgeput, zou de mensheid voor een grote catastrofe komen te staan, als geen nieuwe vorm van energie — kernenergie — uitkomst bracht.

De nieuwe energiebron

Kort voor de Tweede Wereldoorlog ontdekte men, dat men door de splijting van atoomkernen, de enorme energievoorraden in deze kernen aanwezig, kon vrijmaken. Door het uitbreken van deze oorlog leidde de verdere wetenschappelijke ontwikkeling van deze ontdekking tot de toepassing van de kernenergie in atombommen. Maar thans is men groten-

deels geïnteresseerd in de vreedzame toepassing.

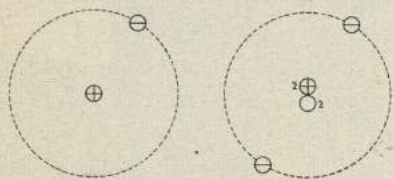
Een stukje atoomtheorie

Vrijwel iedereen weet tegenwoordig, dat de materie om ons heen is opgebouwd uit atomen. Deze atomen, die men aanvankelijk ondeelbaar dacht, zijn zelf ook weer opgebouwd: zij zijn samengesteld uit een zgn. kern, waaromheen één of meer elektronen bewegen. Men zegt ook wel: een atoom is eigenlijk een klein zonnestelsel.

De elektronen, die met zeer grote snelheid banen om de kern beschrijven, zijn elektrisch *negatief* geladen. De kern is elektrisch *positief*

geladen en wel zodanig, dat de hoeveelheid positieve lading gelijk is aan de hoeveelheid negatieve lading van de elektronen tezamen.

Ook deze kernen zijn weer samengesteld uit bouwstenen: zij bestaan uit twee soorten deeltjes, *protonen* (positief geladen) en *neutronen* (ongeladen, dus neutraal).



Protonen en neutronen zijn ongeveer even zwaar, elektronen echter zijn uiterst lichte deeltjes en bezitten ongeveer $\frac{1}{1850}$ deel van het gewicht van een proton of neutron.

Afmetingen

De afmetingen van het atoom zijn zeer klein. De diameter ervan is 0,00000001 cm (10^{-8} cm). De kern van het atoom heeft een doorsnede van slechts 0,000000000001 cm (10^{-12} cm), d.w.z. $10.000 \times$ kleiner dan het atoom in zijn geheel. De atoom-„ruimte” is wel bijzonder leeg! Onze natuur kent 92 verschillende atoomsoorten*). De lichtste atoomsoort is waterstof, dat ook het eenvoudigste is. Hierop volgt *helium*, daarna *lithium*, enz. De zwaarste in de natuur voorkomende atoomsoort is *uranium*.

*) Het aantal elementen is omstreeks 100, doch hiervan komen de nrs. 93 en hoger niet meer in de natuur voor.

De bouw van de lichte atoomsoorten is eenvoudig. Bij waterstof bestaat de kern uit één proton waarmee zich één elektron beweegt. Een heliumkern bestaat uit twee protonen en twee neutronen; hieromheen bewegen zich twee elektronen. Bij een lithiumatoom vinden we een kern die uit drie protonen en vier neutronen bestaat en waaromheen drie elektronen banen beschrijven.

In nevenstaande figuur zijn een waterstof- en een heliumatoom schematisch getekend. De drie deeltjes neutron, proton en elektron zijn voorgesteld door cirkeltjes, waarbij het proton met een plus- en het elektron met een minteken is aangeduid.

Zware atoomsoorten

De bouw van de zware atoomsoorten is veel ingewikkelder. De uraniumkern bestaat uit 92 protonen en een nog groter aantal neutronen. Om deze kern bewegen zich 92 elektronen.

Van uranium bestaan verschillende vormen, zgn. *isotopen*.

Isotopen zijn atoomsoorten met hetzelfde aantal protonen in de kern (en dus ook hetzelfde aantal elektronen om de kern), doch met een *verschillend aantal neutronen*.

Zo bevat het uranium, dat in de natuur voorkomt twee isotopen, en wel:

voor 99,3% **uranium-238** (92 protonen en 146 neutronen) en voor 0,7% **uranium-235** (92 protonen en 143 neutronen).

Kernsplijting

Wanneer een uraniumkern van het uraniumisotoop U-235 door de een of andere oorzaak in twee of meer delen uiteenvalt komt bij dit proces, dat we *kernsplijting* noemen, een grote hoeveelheid energie vrij.

Teneinde een uranium-235-kern te splijten „beschiet” men deze met neutronen. Wanneer nu een neutron in een uraniumkern terecht komt ontstaat in deze kern een toestand van instabiliteit: de kern begint hevig te trillen en ondergaat vormveranderingen. Op een gegeven ogenblik splijt zij, meestal in twee delen, uiteen, waarbij zeer veel energie vrijkomt.

Het zou te ver voeren te trachten het vrijkomen van deze energie te verklaren. Het is echter wel nuttig een indruk te geven van de grootte van de hoeveelheid vrijgekomen energie.

De hoeveelheden energie die bij de kernsplijting vrijkomen zijn, vergeleken met wat we bij een normaal verbrandingsproces gewend zijn, enorm groot. Als alle atoomkernen van 1 kg uranium U-235 gespleten worden, komt er evenveel warmte vrij als bij het verbranden van 2600 ton steenkolen of 1.500.000 liter olie.

Men tracht altijd kernsplijting te veroorzaken door beschieting van bijv. uranium met neutronen. Het beschieten met de andere „bouwsteensoort” — protonen — zou grote moeilijkheden opleveren, daar immers in dit geval zowel de te beschieten kern als de projectielen beide positief geladen zijn; positieve ladingen stoten elkaar immers af en het is zonder meer duidelijk dat

Deze drie grondstoffen bevatten nu dezelfde hoeveelheid energie.

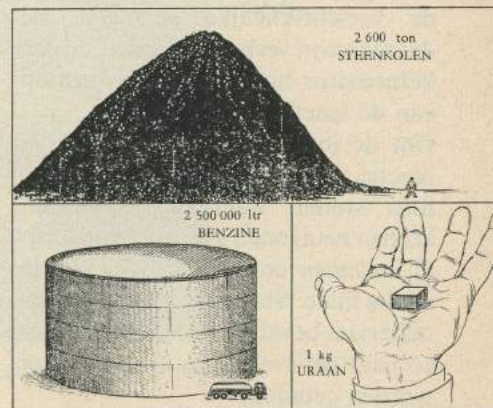
beschieting met protonen aanmerkelijk grotere energieën zou vragen dan de beschieting met de ongeladen neutronen.

Kettingreactie

Het zou van weinig — praktische — betekenis zijn, als één enkele kern werd gespleten. Het spreekt vanzelf, dat het splijtingsproces slechts van praktisch belang is, indien vele kernen kunnen worden gespleten en het proces continu en *regelbaar* verloopt. Het is een gelukkige omstandigheid, dat bij de splijting van de uraniumkern in twee of meer delen, behalve deze delen 'n twee à drie neutronen uit de brokstukken van de splijting te voorschijn komen. Men is erin geslaagd het proces zodanig te doen verlopen, dat tenminste één van deze neutronen een nieuwe splijting veroorzaakt. Dit is dus de z.g. *kettingreactie*.

Kernreactoren

Het apparaat waarin de kettingreactie verloopt noemt men een kernreactor.



Wanneer we een meer nauwkeurige definitie willen geven, moeten we zeggen: *Een kernreactor is een installatie waarin het proces van de splijting van atoomkernen zodanig verloopt, dat er een beheerste kettingreactie optreedt.*

De bij deze kettingreactie vrijkomende energie (warmte) kan worden benut, bijv. voor het opwekken van elektriciteit; men spreekt dan van *energie-(kern)reactoren*. Kernreactoren, die men gebruikt om met behulp van de vrijkomende neutronen onderzoekingen te verrichten, noemt men *onderzoekings-(kern)reactoren*.

Beheersing

De kettingreactie moet — in de letterlijke zin van het woord — beheerst verlopen. Dit betekent, dat de reactor een inrichting moet bevatten die het mogelijk maakt het aantal neutronen te regelen. Hierin ligt het verschil tussen een kettingreactie in een kernreactor en die in een atombom.

Bij een atombom laat men de kettingreactie „op hol slaan” met al de verschrikkelijke gevolgen die daaraan zijn verbonden, maar bij een kernreactor houdt men het verloop van de reactie in de hand.

Om de intensiteit van een kettingreactie te kunnen regelen gebruikt men stoffen waarvan de atoomkernen neutronen absorberen. Vooral *cadmium* en *borium* doen dit in sterke mate. Staven of platen, die dit materiaal bevatten kunnen regelbaar en naar believen in en uit de reactor worden gebracht.

Reactor inwendig

De splijtstof wordt vaak in de vorm van platen of staven — splijtstofelementen — opgesteld. Tussen deze splijtstofelementen bevinden zich dan de regelstaven (of regelplaten) die op en neer bewogen kunnen worden. U ziet een zgn. *zwembassin-reactor* waarbij de splijtstofelementen (de zgn. reactorkern) zijn opgehangen in water op pag. 11. Bij de splijting van de uraniumkernen in enige brokstukken komen ook enige (2 à 3) neutronen vrij. Van deze neutronen moet er minstens één weer een andere uraniumkern splijten om de kettingreactie in stand

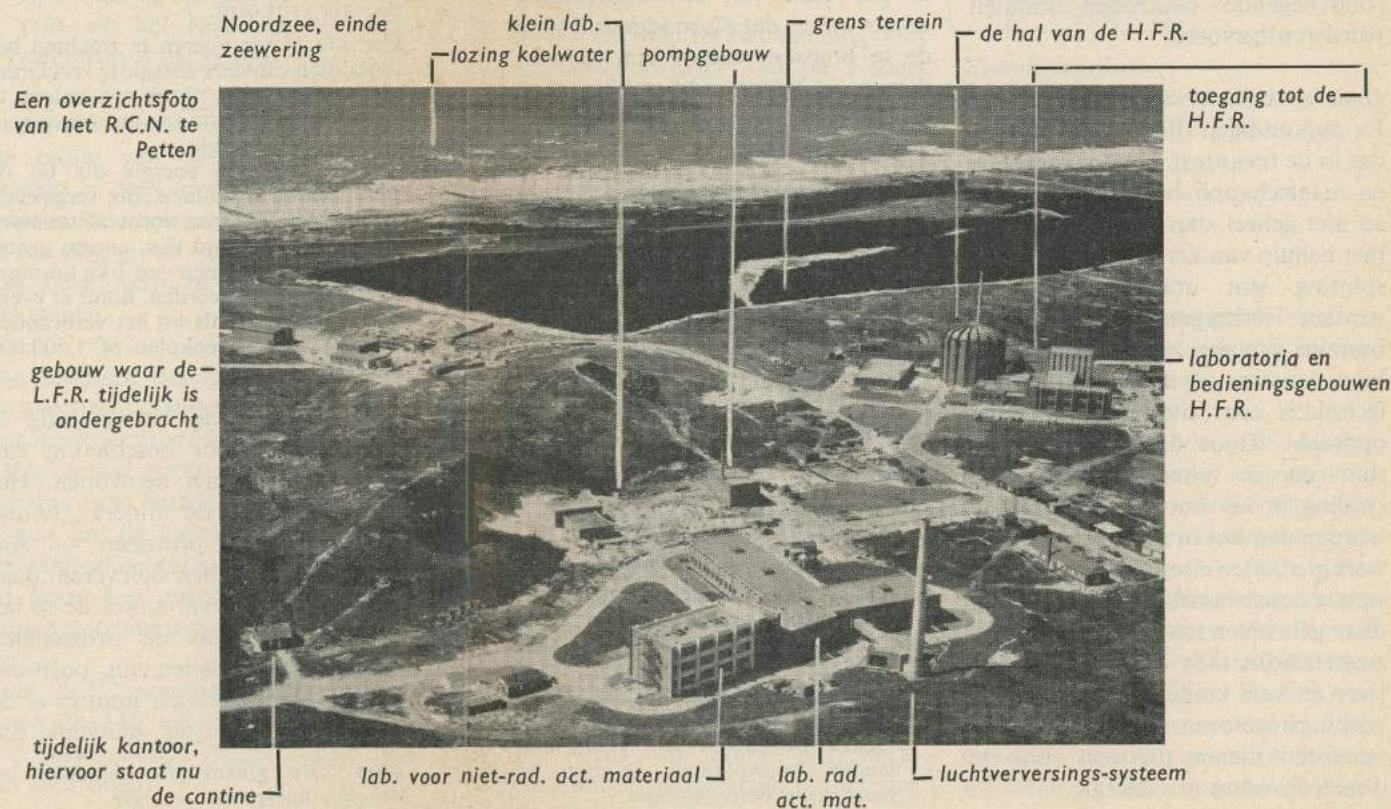
te houden. Nu is het zo, dat de vrijkomende neutronen een zeer grote snelheid bezitten, zo groot, dat zij weinig gelegenheid hebben om met een uraniumkern „in contact” te komen en deze te doen splijten. Zij moeten daarom worden afgeremd, tot een zodanige snelheid, dat de kans om splijting te veroorzaken het grootst is. Men doet dit door de neutronen te laten botsen tegen atoomkernen van bepaalde stoffen, zoals grafiet (koolstof), water en zgn. zwaar water (zie AO 406 „De strijd om zwaar water”). Bij deze botsingen verliest het neutron gedeeltelijk zijn snelheid.

Dergelijke stoffen noemt men *moderatoren*. In de reactor van ons voorbeeld is water als moderator gebruikt.

Energie

De energie die een kernreactor levert komt vrij in de vorm van warmte. Deze warmte is het gevolg van de zeer grote snelheid waarmee brokstukken van de uraniumkernen uiteenvliegen, de botsingen van de neutronen, en de radioactieve straling, die bij de splijting ontstaat.

De ontstane warmte moet worden afgevoerd. Men doet dit bijv. door water langs de uraniumstaven te



voeren. Dit water kan op deze wijze worden verhit tot stoom, waarmee men turbines kan aandrijven. Deze turbines kunnen op hun beurt gekoppeld worden aan generatoren, die dan elektriciteit leveren. Dit laatste is dus gelijk aan wat in elke elektrische centrale geschiedt.

In de zwembadreactor van ons voorbeeld is water behalve als moderator ook als koelmiddel gebruikt. Bij een dergelijke reactor — die geen energiereactor doch een onderzoeksreactor is — wordt het water niet in stoom omgezet.

Hierbij interesseert men zich vooral voor de onderzoeken, die met de rondvliegende neutronen kunnen worden uitgevoerd.

Onderzoekreactoren

De deskundigen zijn het erover eens, dat in de toekomst de voor industrie en maatschappij benodigde energie zo niet geheel, dan toch grotendeels met behulp van kernreactoren uit de splijting van uraankernen moet worden verkregen. Maar... het bouwen van een reactor die bruikbaar is voor energieproductie, is technisch een uitermate moeilijke opdracht. Door de hoge temperatuur en de intense radioactieve straling in het hart van de reactor worden aan het materiaal en aan de werkmethode eisen gesteld zoals bij weinig constructies voorkomen. Om de te gebruiken materialen te onderzoeken heeft men in de laatste tien jaren in vele landen tal van onderzoeksreactoren gebouwd. Deze reactoren dienen dus niet voor de directe levering van energie.

Met de resultaten van onderzoek die hierbij worden verkregen, hoopt men reactoren voor de energie-opwekking te kunnen construeren. In enkele landen (Engeland, Frankrijk, de Verenigde Staten, Rusland) is men al een stap verder. Daar zijn reeds kernreactoren die energie leveren in werking.

Ook ons land heeft in de voorbereidingen voor de omschakeling op kernenergie een werkzaam aandeel. Het was een verrassing toen in 1950 bekend werd, dat Noorwegen en Nederland samen een kernreactor zouden inrichten. Noorwegen was in het bezit van een hoeveelheid zwaar water, dat als moderator voor de te bouwen reactor zou kunnen dienen, en Nederland beschikte over een voorraad uranium dat reeds vóór 1940 was gekocht.

Op 30 juli 1951 kwam deze reactor te Kjeller, 23 kilometer van Oslo, in gebruik (zie AO 411). Dit was een proefreactor, JEEP (*Joint Establishment Experimental Pile*) genoemd, waarmee belangrijke experimenten werden gedaan en een groot aantal Nederlanders is opgeleid.

Enkele kernreactoren die begin 1960 in W.-Europa in gebruik of in aanbouw waren: België 3 (Mol, 2 v. onderz. 1 v. energie), Frankrijk 15 (10 o., 5 e.), Engeland 26 (17 o., 9 e.), Duitsland 11 (10 o., 1 e.), Denemarken 3 (3 o.), Italië 4 (3 o., 1 e.), Nederland 5 (alle v. onderz.; Petten, Wageningen, Arnhem, Delft). Bovendien zijn er in alle landen bouwplannen in min of meer gevorderd stadium.

Reactor Centrum Nederland

Enige jaren later gevoelde men in ons land behoefte aan een centraal lichaam dat leiding kon geven aan de onderzoeken over de toepassing van kernenergie voor vreedzaam doeleinden. De Nederlandse regering heeft toen het „Reactor Centrum Nederland” (R.C.N.) opgericht.

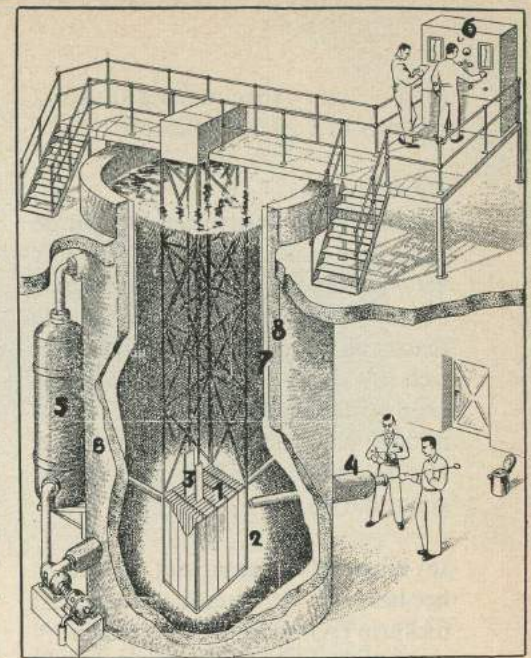
In deze stichting werken vier groepen samen:

- de regering;
- de Stichting FOM (*Fundamenteel Onderzoek der Materie*) als vertegenwoordiger van de wetenschap;
- de KEMA te Arnhem als vertegenwoordiger van de Nederlandse elektriciteitsproducenten
- en een aantal industrieën.

Het R.C.N. heeft ten doel het verwerven van wetenschappelijke en technische kennis en ervaring ten behoeve van vredesdoeleinden op het gebied van kernreactoren en hun toepassingen en het te algemene nutte beschikbaar stellen van deze kennis en ervaring alsmede van de verworven hulpmiddelen in het bijzonder aan Nederlandse instellingen en Nederlandse ondernemingen.

Het onderzoekcentrum te Petten

Het R.C.N. verricht vele activiteiten en neemt deel aan onderzoeken in binnen- en buitenland. Zij heeft een bouw- en werkprogramma dat voorziet in de bouw



Zwembassinreactor

1. splijtstofelementen
2. moderator en koelmiddel
3. regelstaven
4. stralingskanaal
5. pompinstallatie v.h. water
8. bediening
6. metalen ketel
7. betonnen muur

van een modern en goed ingericht onderzoekcentrum. Het belangrijkste apparaat in dit centrum is de *hoge flux reactor*.

Onder de flux van een reactor verstaat men het aantal neutronen dat daarbinnen per seconde het oppervlak van een vierkante centimeter passeert.

Bij een onderzoeksreactor van bescheiden afmetingen bedraagt de flux gewoonlijk 100.000.000.000 (dus 10^{11}) of iets dergelijks. De flux van de H.F.R. te Petten is echter 2×10^{14} , dus 2.000 maal zo groot en de ontwikkelde warmte, wanneer de reac-

tor op volle capaciteit werkt, komt overeen met 20.000 kilowatt.

De H.F.R.

De H.F.R. te Petten behoort tot de zgn. tank-type reactoren, die zeer verwant zijn aan de eerdergenoemde zwembadreactoren. Bij de tank-type reactoren bevindt de reactorkern zich in een reactorvat, waardoorheen water circuleert, dat als koelmiddel en moderator dienst doet. Het reactorvat bevindt zich in een groot bassin.

In bijgaand schema ziet u dat het hart van de reactor, de reactorkern (A) relatief slechts een klein gedeelte van de ruimte inneemt. Deze kern is ongeveer $60 \times 60 \times 60 \text{ cm}^3$ groot.

Om de kern bevindt zich een aluminium tank, 5 m hoog en 1.60 m in doorsnede. Deze tank (het reactorvat) is geplaatst in een betonnen bassin (C), met water gevuld, 8 m hoog, 6 m lang en 3 m breed. De betonnen muur (F), die dit bassin omgeeft is 3 m dik en dient om de straling die in de reactor optreedt, af te schermen. Ook het water in het bassin dient als afscherming.

In de fig. ziet u nog enige bassins (G) en (H), die dienen ter opslag van gebruikte splijtstofelementen, waarmee men bestralingsexperimenten kan verrichten.

Door het beton, het bassin en het reactorvat lopen een groot aantal kanalen, waarin bijv. materialen, die men wenst te

bombarderen met neutronen, kunnen worden gebracht (E).

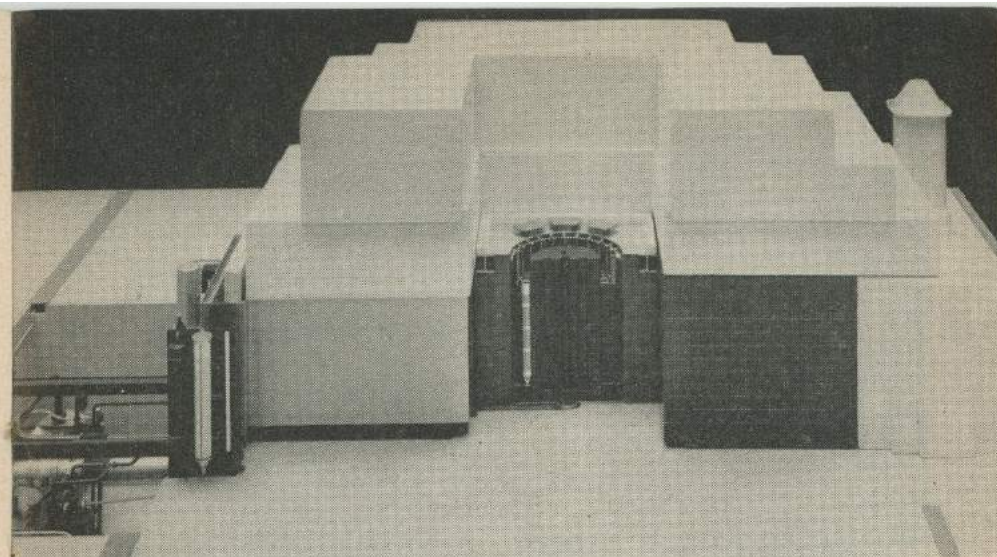
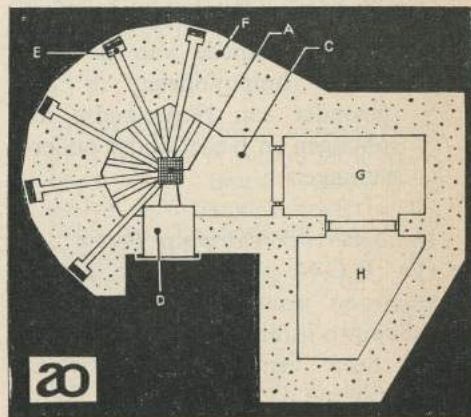
Dit brengt ons meteen op het doel van deze reactor. De H.F.R. is in de eerste plaats een *materiaalbeproe- vingsreactor*.

Men kan ermee nagaan hoe materialen, die in energiereactoren zullen worden toegepast, zich gedragen onder een neutronenbombardement. Hierbij wordt gedacht aan staal- soorten en splijtstofmaterialen. De H.F.R. is echter ook zeer geschikt voor fundamenteel, d.w.z. zuiver wetenschappelijk gericht, onderzoek.

Splijtstof

De reactorkern bestaat uit 35 splijtstofelementen in de vorm van platen. De splijtstof is zgn. *sterk verrijkt uranium*, d.w.z. uranium, dat voor 90% uit het isotoop U-235 en voor de rest uit U-238 bestaat.

Elk splijtstofelement bevat ongeveer 120 gr U-235, aangebracht in 18 dunne plaatjes, die bedekt zijn met aluminium. Dit is duur, maar het schijnt dat er een nieuwe ontwikkeling op dit gebied gaat komen.



Warmteafvoer

Bij de kettingreactie in de reactorkern ontstaat een grote hoeveelheid warmte (overeenkomende met 20.000 kilowatt). Deze warmte moet uiteraard worden afgevoerd. Dit doet men door water langs de splijtstofelementen te pompen. Dit water, dat zeer zuiver is, wordt niet afgevoerd, doch in een gesloten circuit — het zgn. *primaire circuit* — gehouden. *Men doet dit om te voorkomen, dat eventueel optredend radioactief materiaal in dit water buiten de installatie kan komen.*

De warmte die het water in dit primaire circuit opneemt, staat het weer af aan ander koelwater, het zgn. *secundaire koelwater*. Dit laatste wordt aangevoerd uit het Noordhollands kanaal en, nadat het de warmte uit het primaire koelwater heeft opgenomen, in de Noordzee geloosd. De uitwisseling van warmte tussen het primaire en secundaire koelsysteem geschiedt door warmtewisselaars.

Een doorsnee van de L.F.R. (lage flux reactor). Duidelijk zijn de reactorkern en een staaf splijtstof te zien. Links de put waarin zich het koelsysteem bevindt.

De regeling van de reactor geschiedt met regelstaven, die cadmium bevatten. Deze regelstaven kunnen in de reactorkern op en neer bewegen en aldus meer of minder neutronen absorberen.

Afscherming

De zware betonnen muren rondom het bassin dienen, zoals gezegd, voor afscherming van radioactieve straling. Voor de behandeling van bestraalde materialen, die door de bestraling radioactief kunnen worden, worden speciale voorzorgen getroffen. Deze behandeling kan bijv. gebeuren in één der bassins (G) en (H) of elders in een laboratorium, dat hiervoor speciaal wordt ingericht.

Het is interessant te vermelden, dat bij continu bedrijf van Petten-R.C.N. op vol vermogen, iedere drie weken de helft van de splijtstofelementen zal

moeten worden vervangen door nieuwe. Er is dan nl. 20% van de aanvankelijke hoeveelheid U-235 verbruikt, zodat de reactor te weinig splijtstof bevat om verder te kunnen „draaien”. Bovendien is door de splijting zoveel neutronen-absorberend materiaal in de kern ontstaan (de brokstukken van het splijtingsproces), dat men kan zeggen, dat de „vergiftiging” van de kern te groot is geworden.

Stoppen

De reactor wordt dan dus stopgezet en met behulp van op afstand bediende apparatuur worden 16 à 18 splijtstofelementen verwijderd en ondergebracht in het bassin (G). Nieuwe elementen worden ingebracht en de reactor kan weer worden gestart.

De verbruikte elementen, die zoals gezegd zeer radioactief zijn, kunnen worden gebruikt voor bestralings-experimenten of zonder meer in de bassins (G) en (H) worden bewaard tot de radioactiviteit zo laag is geworden (na ca 30 dagen), dat zij kunnen worden vervoerd. Toch zal ook dit vervoer moeten geschieden in zware loden vaten, zulks ter afscherming van de nog aanwezige straling. In een fabriek in de V.S. worden de splijtstofelementen opgewerkt en omgezet in nieuwe splijtstofelementen.

De L.F.R.

Hierboven werd vermeld, dat de lage flux reactor (L.F.R.) van het R.C.N. voor het eerst kritisch is geworden. Een reactor wordt kri-

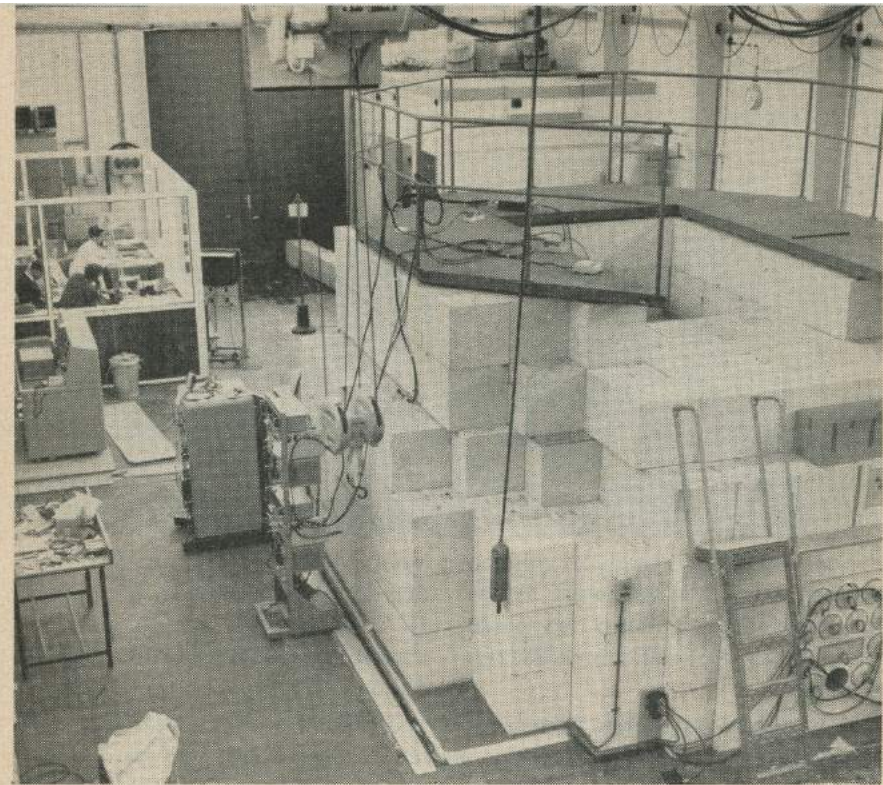
tisch wanneer een zichzelf onderhoudende reactie van kernsplijtingen optreedt.

De L.F.R. is veel kleiner dan de H.F.R. Deze is vrijwel een getrouwe copie van de Argonaut reactor die in het Argonne National Laboratory nabij Chicago opgesteld staat. De $\pm 4,3$ kg splijtstof van deze reactor bestaat, evenals bij de H.F.R. uit 90% verrijkt uranium. Als moderator wordt grafiet gebruikt; het koelmiddel is water. De neutronenflux bedraagt $1,5 \times 10^{11}$ neutronen/cm²/sec, het vermogen is 10 kW.

Werkzaamheden te Petten

In 1956 gaf het R.C.N. aan de *American Car and Foundry Industries* opdracht een hoge flux reactor te bouwen. Deze Amerikaanse firma liet dit werk voor een deel door Nederlandse bedrijven uitvoeren.

Zoals eerder gezegd, worden bij de bouw van een kernreactor zeer hoge eisen gesteld aan materiaal en de behandeling hiervan. Ook bij reactorprojecten in de Verenigde Staten en elders ondervindt men hierdoor moeilijkheden, o.a. bij de vervaardiging van reactorvaten uit zeer speciaal aluminium en het lassen van onderdelen gemaakt van deze aluminiumsoorten. Dit heeft tot gevolg gehad, dat de H.F.R. op een later tijdstip zal gereedkomen dan oorspronkelijk was verwacht. Voorlopig ziet het er naar uit dat de reactor na het midden van 1961 gereed zal zijn. Intussen is een deel van het reactorcentrum, o.a. het



De hal van de L.F.R. met de afscherming van betonblokken.

scheikundig laboratorium, al in gebruik genomen. In een gebouw, bestemd voor de behandeling van radioactieve afvalprodukten, heeft de L.F.R. een tijdelijk onderkomen gevonden in afwachting van het gereedkomen van zijn definitieve behuizing. Op 1 oktober 1960 was reeds 188 man personeel te Petten werkzaam.

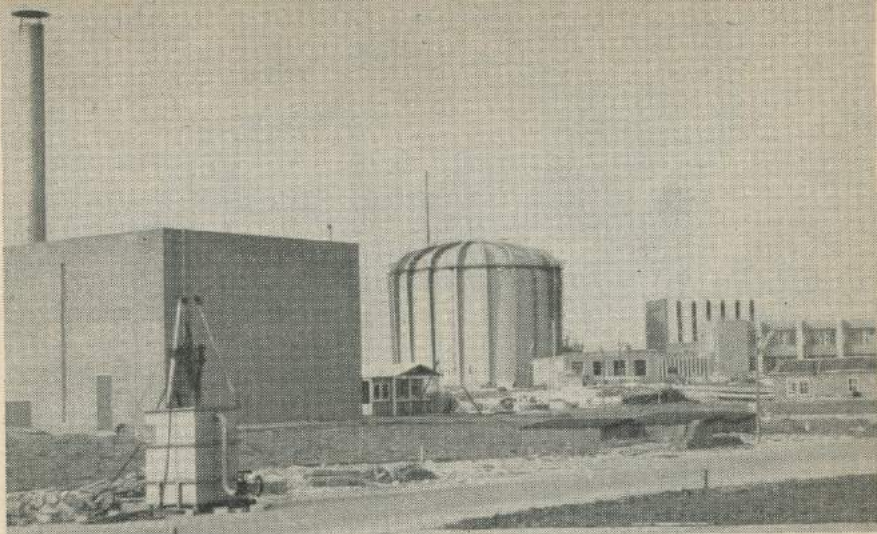
Vanzelfsprekend is men met de voorbereidingen voor het onderzoekswerk met de H.F.R. reeds lang geleden begonnen. Stafleden zijn bezig experimenten uit te werken en de hiervoor benodigde apparatuur wordt nu reeds gebouwd. De L.F.R. is bovendien een gelukkig oefenobject voor het be-

dieningspersoneel. Onderzoeken waarbij de H.F.R. niet nodig is, zijn geruime tijd geleden op gang gekomen. Dit zijn grotendeels onderzoeken op chemisch, natuurkundig en biologisch gebied.

Perspectieven

Als in 1961 de H.F.R. na kritisch zal worden kunnen eindelijk de onderzoeken met deze reactor beginnen. Petten zal dan spoedig uitgroeien tot een onderzoekingscentrum van internationale betekenis.

Welk een kostbaar bezit dit centrum is, blijkt uit de gelden die erin zijn geïnvesteerd. Tot en met 1959 be-



droegen de bouwkosten 26 miljoen gulden, maar men verwacht, dat de investeringskosten tegen het einde van 1963 tot f 65 miljoen zullen zijn gestegen.

Het onderzoekcentrum te Petten werkt reeds op volle toeren. De staf zal zich voorlopig nog blijven uitbreiden, naarmate meer faciliteiten beschikbaar komen. Als straks de H.F.R. gereed is, zal het aantal en de omvang van de onderzoeken nog sterker toenemen, onderzoeken, die er uiteindelijk op gericht zijn de kernenergie voor praktische toepassing bruikbaar te maken.

Als u meer over dit onderwerp wilt lezen:

Dr M. Bogaardt, Zo zijn onze atomen, 1958

Dr W. J. A. Schouten, Mensen en Atomen, 1960

C. J. J. Wiedkamp, Avonturen met Atomen, Rotterdam 1957.

AO-Reeks 278 - 306 - 364 - 406 - 411 - 433 - 485 - 509 - 531 - 549 - 697 - 708 - 757 - 778 - 803 - 805.

Deze AO werd voor u geschreven door:



Dr W. J. A. Schouten, geb. te Willemstad (1893). Hij studeerde te Leiden en promoveerde te Groningen tot doctor in de wis- en sterrenkunde. Hij was vele jaren leraar aan een lyceum te Arnhem en is thans werkzaam als technisch journalist. Van zijn hand verschenen verscheidene boeken en vele tijdschriftartikelen over sterrenkunde en technische onderwerpen. Voor AO schreef hij o.a. Kootwijk hoort de zon (423), Professor Lorentz (443), Albert Einstein (557).

AO-REEKS — Actuele Onderwerpen — (Hoofdred. C. J. J. Wiedhaup, Red. secr. Theo de Vries) een uitgave van de Stichting I V I O, 1e Weteringplantsoen 6-8, A'dam-C. Tel. (020) 34245 of 32607, Postgiro 287934, Gem. Giro I 422. Jaarabon. (50 nummers) kost f 13.90 ©