

Analyse, inform and activate

# LAKA

Analyseren, informeren, en activeren

*Stichting Laka: Documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie*

## De Laka-bibliotheek

Dit is een pdf van één van de publicaties in de bibliotheek van Stichting Laka, het in Amsterdam gevestigde documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie.

Laka heeft een bibliotheek met ongeveer 8000 boeken (waarvan een gedeelte dus ook als pdf), duizenden kranten- en tijdschriften-artikelen, honderden tijdschriftentitels, posters, video's en ander beeldmateriaal. Laka digitaliseert (oude) tijdschriften en boeken uit de internationale antikernenergie-beweging.

De [catalogus](#) van de Laka-bibliotheek staat op onze site. De collectie bevat een grote verzameling gedigitaliseerde [tijdschriften](#) uit de Nederlandse antikernenergie-beweging en een verzameling [video's](#).

Laka speelt met oa. haar informatie-voorziening een belangrijke rol in de Nederlandse anti-kernenergiebeweging.

## The Laka-library

This is a PDF from one of the publications from the library of the Laka Foundation; the Amsterdam-based documentation and research centre on nuclear energy.

The Laka library consists of about 8,000 books (of which a part is available as PDF), thousands of newspaper clippings, hundreds of magazines, posters, video's and other material. Laka digitizes books and magazines from the international movement against nuclear power.

The [catalogue](#) of the Laka-library can be found at our website. The collection also contains a large number of digitized [magazines](#) from the Dutch anti-nuclear power movement and a [video-section](#).

Laka plays with, amongst others things, its information services, an important role in the Dutch anti-nuclear movement.

Appreciate our work? Feel free to make a small [donation](#). Thank you.



[www.laka.org](http://www.laka.org) | [info@laka.org](mailto:info@laka.org) | Ketelhuisplein 43, 1054 RD Amsterdam | 020-6168294

de  
**KEMA**  
Suspensie  
Test  
**Reactor**



## wat is de K.S.T.R.?

De KEMA Suspensie Test Reactor (KSTR) is een eerste stap in de ontwikkeling van een nieuw soort kernreactor, een zgn. thermische kweekreactor van het type waterige suspensiereactor.

De splijtstof van deze proefreactor is  $UO_2/ThO_2$ , gesuspendeerd als 5 micron deeltjes in gewoon water, dat als moderator (remstof) dienst doet. De suspensie circuleert in een rondpompsysteem, dat hoofdzakelijk bestaat uit een reactorvat, een warmtewisselaar en een pomp. Er zijn dus geen vast opgestelde splijtstofelementen aanwezig zoals, b.v. in de reactor in Dodewaard. Door de directe overdracht van de bij de splijtingen vrijkomende warmte aan het water (de moderator) werkt de negatieve temperatuurcoëfficiënt heel snel, waardoor de reactor inherent veilig is d.w.z. hij remt zichzelf automatisch af indien door een of andere oorzaak het vermogen zou willen oplopen. De reactor kan dus niet „op hol” slaan.

*Kernreactorlaboratorium van de N.V. KEMA, Arnhem*



## hoe werkt de reactor?

De KSTR is geconstrueerd voor een vermogen van 1 MW thermisch. Dit kleine vermogen wordt bij deze proefreactor niet in electriciteit omgezet.

De constructie van een homogene suspensiereactor is in principe heel simpel. De voornaamste componenten van het hoofdsysteem zijn een reactorvat, een warmtewisselaar en een pomp.

In fig. 1 zijn deze componenten gemakkelijk te onderkennen (respectievelijk 1, 6 en 5 van fig. 1).

Om verlies van neutronen naar buiten te voorkomen is het reactorvat omgeven door een reflector (2) van BeO en grafiet. Het reactorvat is gemaakt van roestvrijstaal (inhoud 20 l, wanddikte 5-6 mm).

Het reactorvat en de reflector bevinden zich binnen in een stalen drukvat, dat geconstrueerd is voor 80 atm. overdruk. Onder normale bedrijfsomstandigheden is de druk van het CO<sub>2</sub>-gas in het drukvat 40 atm. De reactor wordt bedreven bij een temperatuur van 250 °C. De totale druk in het hoofdsysteem is dan 60 atm., n.l. 40 atm. waterdampdruk en 20 atm. overdruk door middel van waterstofgas. Dit laatste dient om koken van de suspensie te voorkomen. Bovendien wordt dit waterstofgas in het suspensiesysteem geïnjecteerd en wel juist boven het reactorvat (3). Het wordt door de gasafscheider (4) weer uit het hoofdsysteem verwijderd. Dit alles heeft een drieledig doel:

1. Door het waterstofgas worden de gasvormige en neutronen absorberende splijtingsproducten, zoals xenon en krypton, uit de suspensie verwijderd (zgn. gestript), waarna ze onder uitzending van straling in vaste elementen overgaan, die in het gassysteem achterblijven.
2. Het eventueel door radiolyse in het reactorvat gevormde knalgasmengsel wordt door de waterstof tot ver beneden de expolisiegrens verdund.
3. Het waterstofgas wordt verzadigd met waterdamp, dat in het gassysteem wordt gecondenseerd in de condensor (8). Een gedeelte van dit condenswater wordt gebruikt als noodzakelijk spelwater b.v. voor de pomp.

Het ongecondenseerde gas (waterstof en zuurstof) wordt over een catalysator geleid, waar waterstof en zuurstof worden gerecombineerd tot water (12). Het overblijvende waterstofgas wordt weer in het hoofdsysteem geïnjecteerd, waardoor de gaskringloop gesloten is.

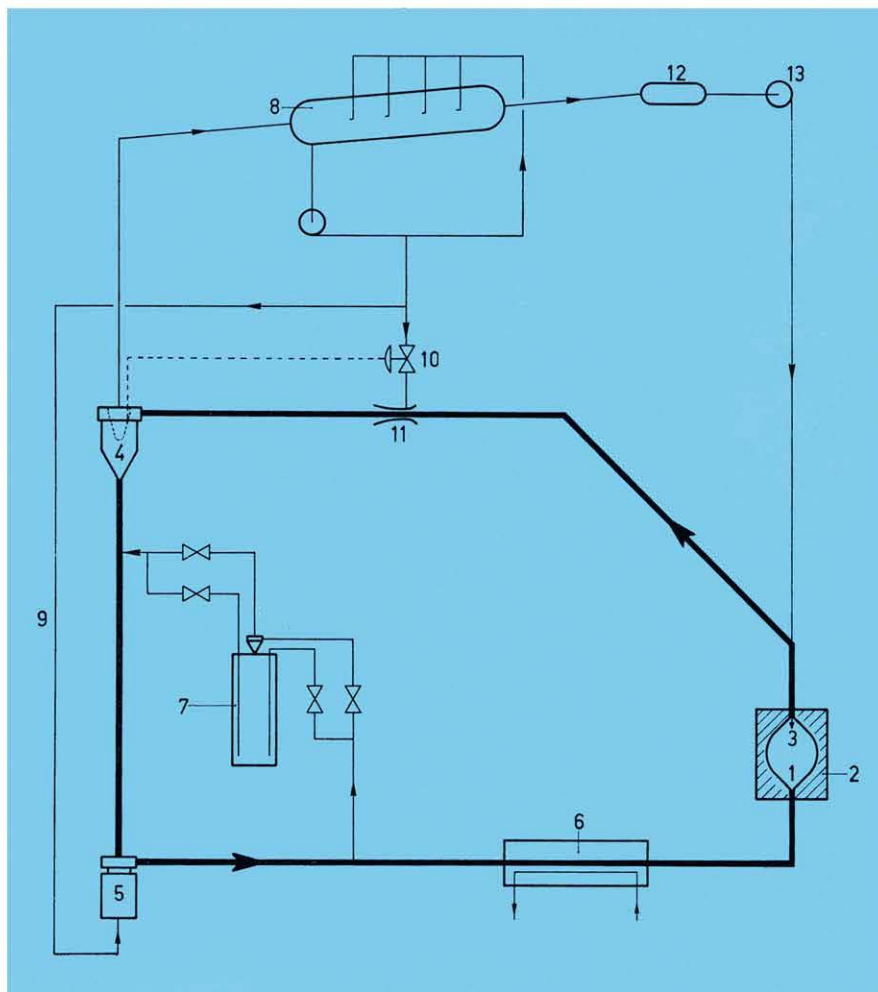
Een van de grote voordelen van de homogene suspensiereactor is de gemakkelijke regeling van de hoeveelheid splijtstof in het reactorsysteem.

Verhoging van de concentratie kan geschieden door toevoeging vanuit het voorraadvat (7). Dit vereist slechts het op afstand openen van twee afsluiters.

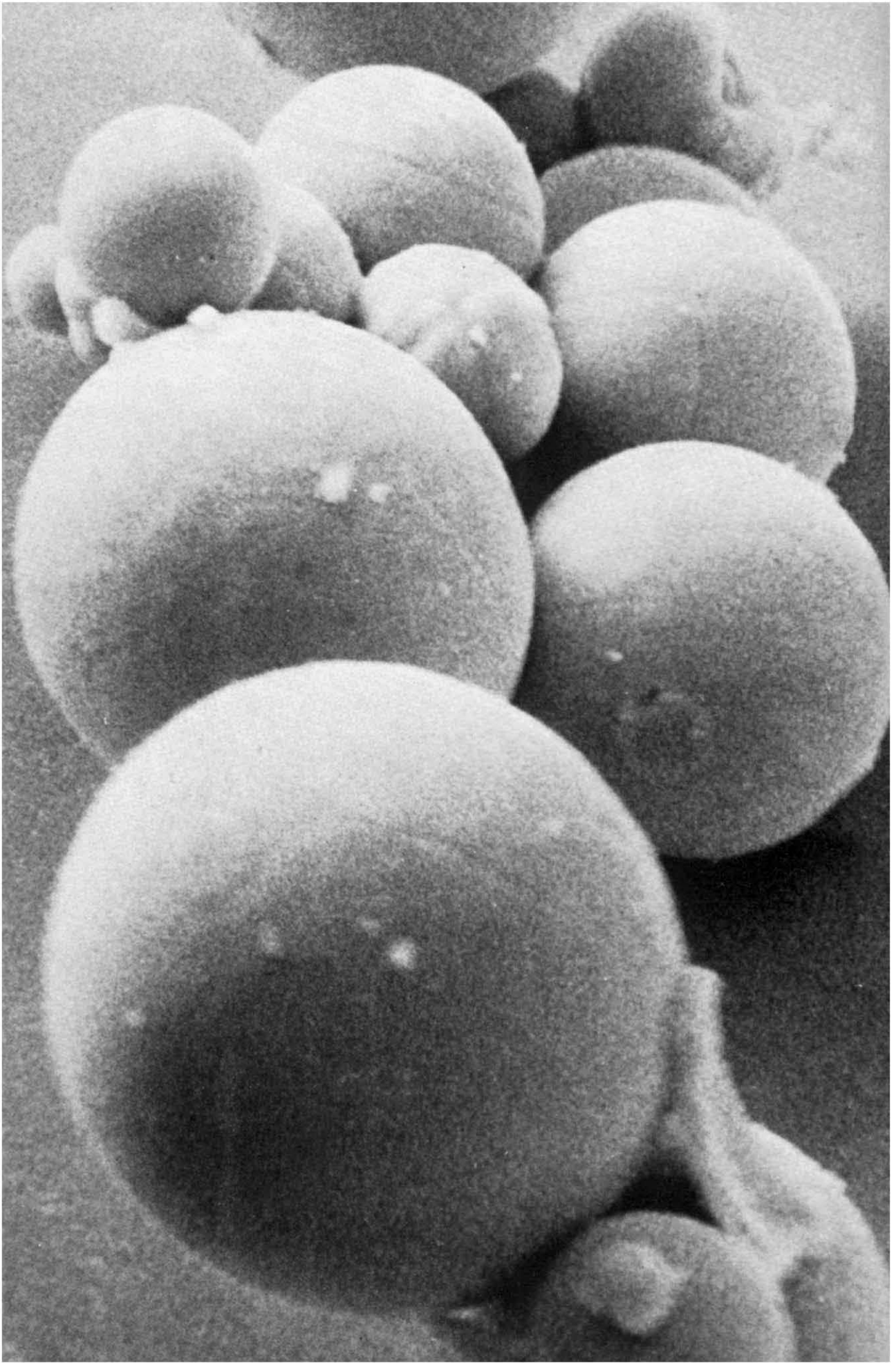
Om de concentratie te verlagen wordt de hydrocycloon, die zich boven op het voorraadvat bevindt in werking gesteld. Hiervoor behoeven slechts twee andere afsluiters geopend te worden.

Fig. 1. *Schema van de KSTR*

1. reactorvat
2. reflector
3. gasinjector
4. gasafscheider
5. circulatiepomp
6. warmtewisselaar
7. voorraadvat
8. condensor
9. spoelwaterleiding voor de pomp
10. regelafsluiter die het niveau in de gasafscheider regelt
11. venturi
12. recombinator
13. ventilator







## hoe was de ontwikkeling?

Voordat de KSTR gebouwd werd zijn er jarenlang voorbereidende experimenten uitgevoerd. De reactorfysische en dynamische problemen werden onderzocht in een onderkritische reactor bij lage temperatuur. Daar de hoeveelheid splijtstof opzettelijk te gering werd gehouden om de reactor zelfwerkend oftewel kritisch te doen zijn, moest hij van buitenaf worden bestraald met neutronen. Daarbij werd het kritische punt tot op 1% benaderd.

De experimenten met deze zgn. nul-energie reactor zijn bijzonder gunstig verlopen. Door uitvoerige metingen zijn reeds talrijke eigenschappen van dit nieuwe type reactor nauwkeurig bekend geworden. Zo is b.v. gebleken dat de splijtstofconcentratie gemakkelijk binnen 0,1%

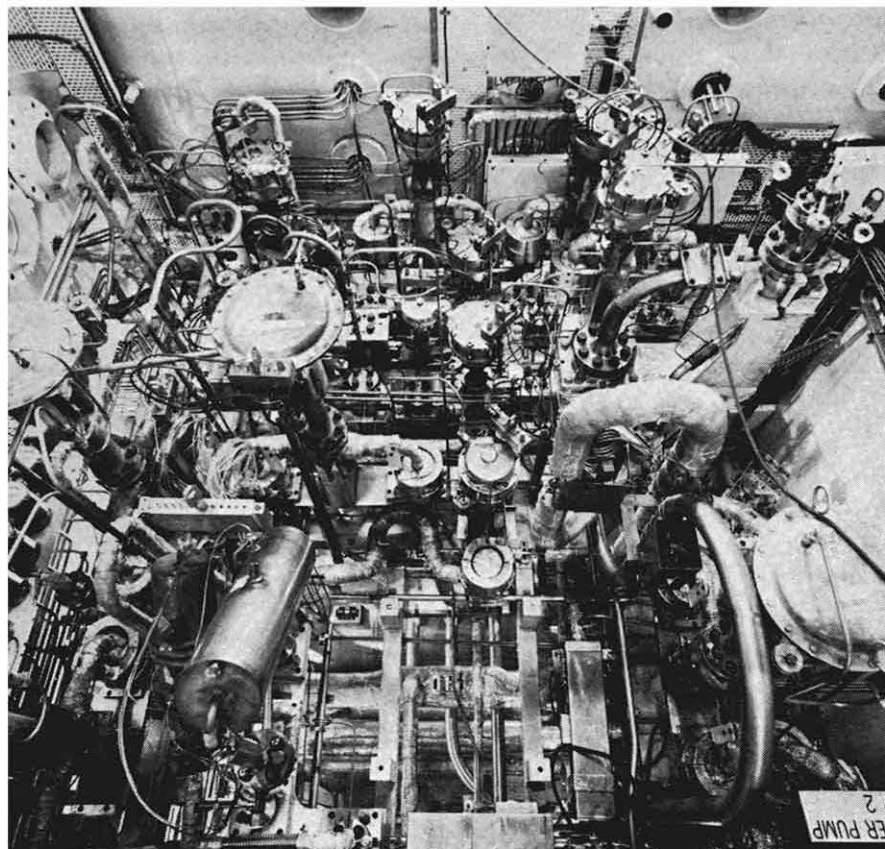


Fig. 3. Gaszuiveringstelsel van de KSTR.

Fig. 2. Splijtstofbolletjes (gemiddelde  $\phi$  5 $\mu$ m) van  $UO_2/ThO_2$ , gefabriceerd volgens de sol-gel methode en gesinterd bij 1400 °C (vergroting 20 000 x)



Fig. 4. *Instroomstuk van het reactorvat*

nauwkeurig constant gehouden kan worden. De reactiviteit kan met behulp van het concentratieregelsysteem bijzonder nauwkeurig worden ingesteld.

Ook dynamisch vertoont de reactor geen enkele instabiliteit of neiging tot oscilleren. De gemeten reactorfysische grootheden kwamen binnen 1% overeen met de vooraf berekende waarden. Dezelfde berekeningsmethoden werden daarom met vol vertrouwen toegepast voor de KSTR.

Het gedrag van de splijtstof onder neutronenbestraling werd uitvoerig onderzocht in capsules, die in andere reactoren (o.a. Petten) werden bestraald.

Deze experimenten werden bij verschillende temperaturen (van 20 °C tot 300 °C) uitgevoerd, zodat verrassingen wat dit betreft bij de KSTR uitgesloten zijn.

Voor het onderzoek van technologische vraagstukken verband houdende

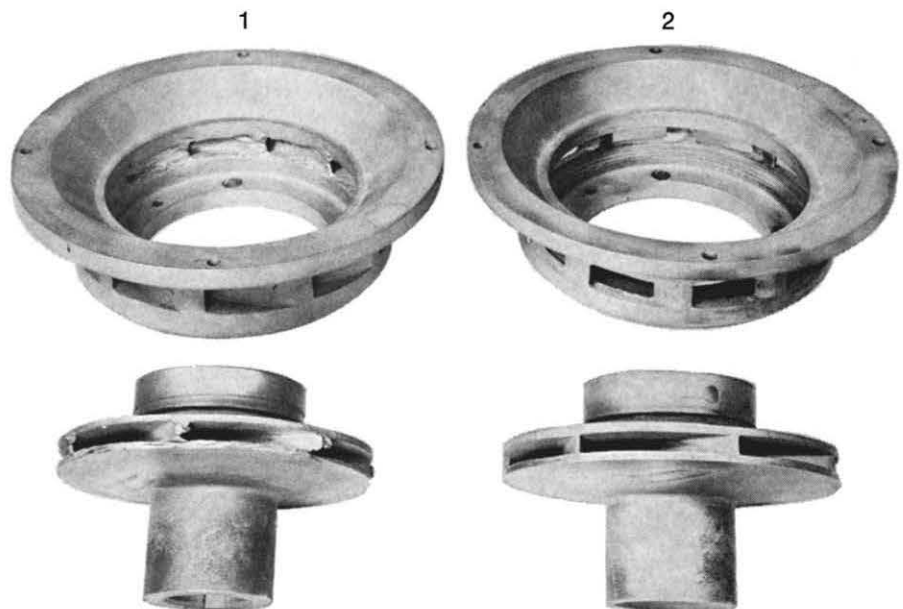


Fig. 5.

*Pomponderdelen na 1000 bedrijfsuren*

1) *waaier en diffusor van een standaardpomp*

2) *verbeterde waaier en diffusor*



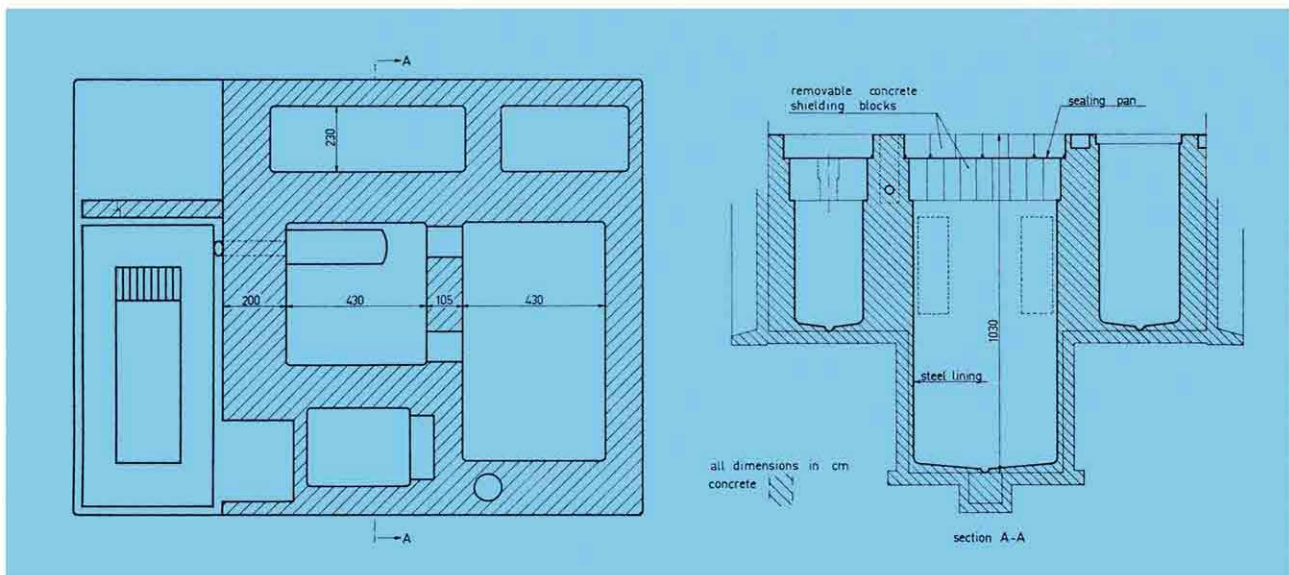
met circulerende suspensies werden verscheidene proefcircuits gebouwd, die lange tijd bij hoge temperatuur en hoge druk werden bedreven. Deze werden ook gebruikt voor het testen van bepaalde onderdelen die in de KSTR nodig zijn. Zo konden b.v. de erosieproblemen, speciaal in de pomp met succes worden opgelost door de constructie proefondervindelijk aan te passen. Fig. 5 geeft een afbeelding van de pompwaaier na 1000 bedrijfsuren met suspensie: geval 1 vóór het onderzoek en de aanpassing; geval 2 na de aangebrachte verbeteringen. Het verschil in erosie is duidelijk zichtbaar.

Om een stabiel stromingspatroon in het reactorvat te verkrijgen kon ook na uitvoerige proefnemingen een speciaal instroomstuk worden geconstrueerd, dat in fig. 4 is afgebeeld.

Uit experimenten met de nul-energie reactor is gebleken, dat hiermee een dynamisch bijzonder stabiele stroming is bereikt.

Bijzondere aandacht werd besteed aan veiligheidsaspecten. Het gehele reactorsysteem zit ingesloten in lekdichte stalen omhulsels verankerd aan dikke betonnen stralingsschermen, die in fig. 6 geschetst zijn. Dit gehele complex van gesloten bunkers bevindt zich bovendien nog in een geheel betonnen reactorhal, die ook van de buitenlucht kan worden afgesloten. Hierdoor wordt de kans op radioactieve besmetting van de omgeving bij een eventueel ongeval tot een minimum gereduceerd. Door de in het reactorsysteem ingebouwde beveiligingen is bovendien de kans op een ongeval al uiterst miniem.

Fig. 6. *Complex van gesloten bunkers voor de KSTR*



## het programma van de KSTR

In 1971 is de bouw van de KSTR gereed gekomen. Alle afzonderlijke systemen werden eerst getest. Daarna heeft het proefdraaien plaats gehad

van alle systemen tezamen (gekoppeld) bij verschillende temperaturen, maar nog met schoon water (zonder suspensiedeeltjes).

In deze fase werden alle kleine mankementen (de zgn. kinderziekten) verholpen.

Daarna heeft het bedrijven met een suspensie van natuurlijk uranium en thorium plaatsgevonden. Hierbij traden dus nog geen kernsplijtingen op. De bedoeling was om het systeem te testen als suspensiecircuit. Als zodanig waren de resultaten in overeenstemming met de uitvoerigheid van de voorbereidende onderzoeken d.w.z. boven verwachting gunstig. Officiële instanties hebben van deze resultaten kennis genomen.

*In het najaar van 1972 is de installatie zodoende gereed gekomen voor de uiteindelijke beproeving met verrijkte splijtstof d.w.z. 22,5%  $^{235}\text{UO}_2$  - 2,5%  $^{238}\text{UO}_2$  - 75%  $^{232}\text{ThO}_2$  met een concentratie tot 260 gr/l.*

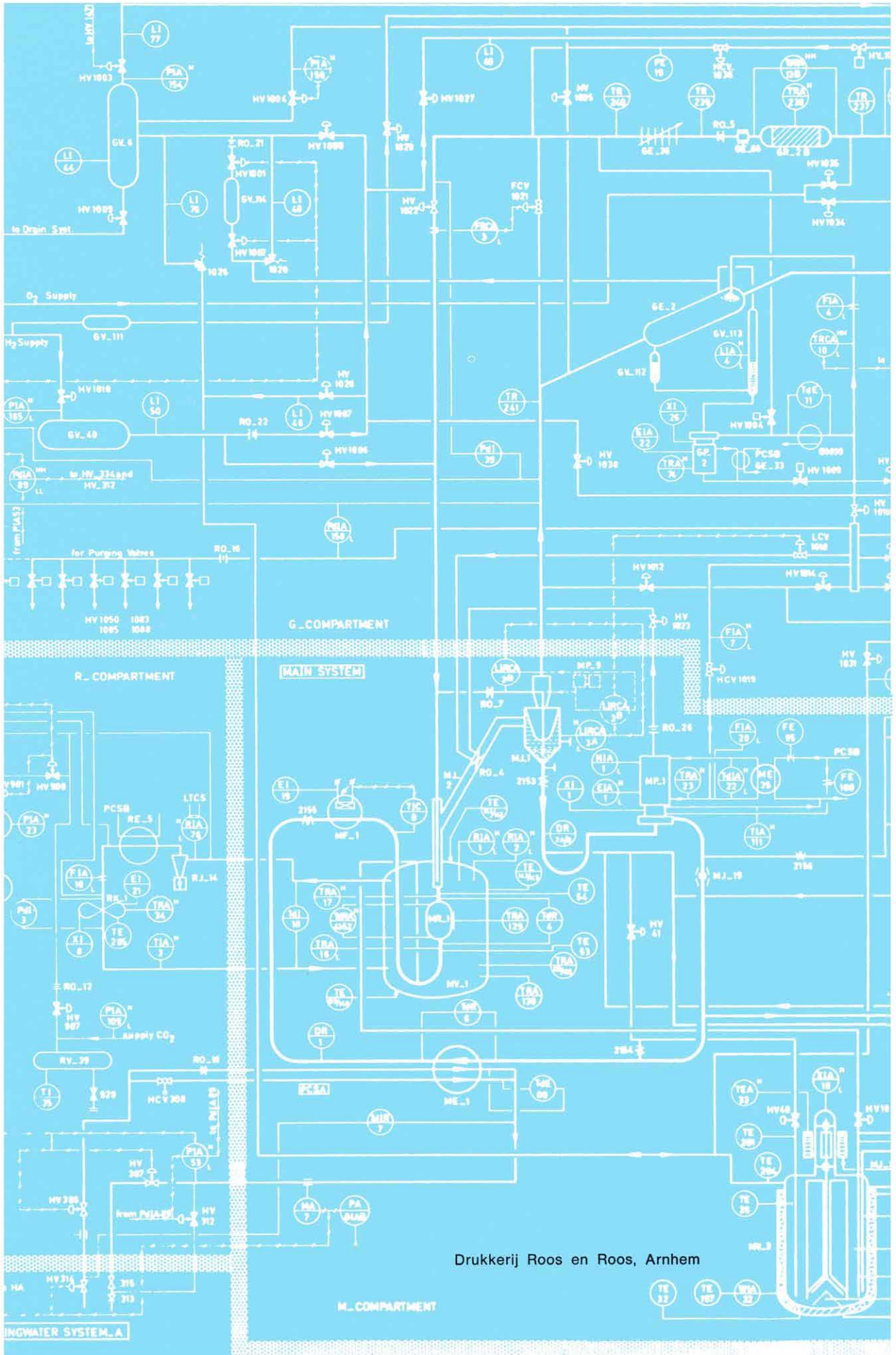
De eerste experimenten zullen echter nog onderkritisch zijn (nul-energie) om daarna het vermogen geleidelijk op te voeren tot 1 MW.

## waarom de KSTR gebouwd is

De KSTR is gebouwd om de eigenschappen en het gedrag van een nieuw type reactor, de suspensiereactor, te leren kennen. Bij gunstig resultaat kan dan worden overgegaan naar het ontwerp en de bouw van een prototype vermogensreactor met het doel het energie- en grondstoffenvoorraadprobleem voor lange tijd te helpen oplossen. Deze hoop is gerechtvaardigd door de volgende merites van dit type reactor:

- De suspensiereactor is een thermische kweekreactor die een betrekkelijk kleine investering aan splijtstof vereist. Dit is belangrijk met het oog op een steeds stijgende vraag naar kernenergie.
- De splijtstof als zodanig kan goedkoop gefabriceerd worden in een simpel chemisch proces. Voor dit type reactor behoeven geen gecompliceerde splijfstofelementen gefabriceerd te worden.
- Door de snelwerkende negatieve temperatuurcoëfficiënt van de reactiviteit is de reactor inherent veilig en kan het vermogen eenvoudig geregeld worden door middel van de warmte-extractie. De reactor kan dan ook zonder regelstaven bedreven worden.
- Gasvormige splijtingsproducten kunnen van het reactorsysteem gestript worden tijdens bedrijf.
- Splijtstof kan gemakkelijk tijdens bedrijf worden toegevoerd of afgevoerd.
- Doordat een kweekfactor van ongeveer 1 bereikbaar is kan de reactor, eenmaal gestart, in principe vrijwel onbepaalde tijd blijven werken. Een kweekfactor 1 wil immers zeggen dat de reactor evenveel nieuwe splijtstof  $^{233}\text{U}$  kweekt uit  $^{232}\text{Th}$  als hij zelf verbruikt. Wel moet op den duur  $^{232}\text{Th}$  worden gesuppleerd.





Drukkerij Roos en Roos, Arnhem