

Museumsrapport 2007

# Maskinerne i haven

tre erindringsbaserede rundrejser  
i Danmarks nukleare landskab

Henrik Knudsen

Elmuseet

Steno Museet

Roskilde Museum

2. reviderede udgave. Enkelte rettelser tilføjet 3/6 2008.

# Indhold

Forord | *side 2*

## Del 1

Neutroner i samfundets tjeneste – isotopteknik og isotopforskning i Danmark | *side 4*

Hellere nr. 1 på *Isotoplaboratoriet* end nr. 2 i *Direktionen*  
- et erindringsinterview om arbejdet på Isotoplaboratoriet med dets  
leder gennem 40 år, civilingeniør, dr. techn. Kaj Heydorn | *side 35*

## Del 2

DR3 og Risø som arbejdsplads | *side 74*

### *Indhold*

1. DR3 | *side 74*
2. Risø – en arbejdsplads i forandring | *side 83*
3. Erindringsinterviews | *side 94*
  - 3.1. Reaktorchefen: Et interview med civilingeniør Heinz Floto | *side 94*
  - 3.2. Vagtholdslederen: Et interview med maskinmester Leif Rødskov | *side 105*
  - 3.3. Reaktoroperatøren: Et interview med teknisk vagt Carsten Nikolajsen | *side 112*
  - 3.4. Helseassistenten: Et interview med helseassistent Ole Pedersen | *side 125*
  - 3.5. Værkstedspersonalet: Et interview med forskningstekniker Søren Roed | *side 133*
  - 3.6. Brugersiden: Et interview med materialefysikeren Bente Lebech | *side 140*

## Del 3

Nedlæggelse og dekommissionering – en kommenteret tidslinje | *side 152*

## Forord

Denne rapport rummer en række resultater af dokumentations- og indsamlingsarbejdet vedrørende de nedlagte nukleare faciliteter på *Forskningscenter Risø*. Projektet er et konsortiesamarbejde mellem *Elmuseet*, *Steno Museet* og *Roskilde Museum* og arbejdet er muliggjort gennem en bevilling fra *Kulturarvsstyrelsens* rådighedssum. Vi har haft tre målsætninger for arbejdet, som her skal omtales ganske kort.

For det første har vi villet dokumentere nogle af de aktiviteter, der på særlig vis har været med til at give reaktorerne betydning for almindelige menneskers hverdag og det danske samfund. Gennem tiderne er der foregået mange former for anvendelsesorienteret forskning, udvikling og produktion ved Risøs reaktorer. Da 2007 er *Industrikulturens År*, har vi valgt at fokusere på den produktion og distribution af radioaktive isotoper, som er foregået på Risø. Til trods for at isotoperne fra Risø har spillet en formidabel rolle for universiteter, hospitaler og industrivirksomheder i Danmark, har området næsten altid været blandt de mere upåagtede aktiviteter på Risø. Der er i den forbindelse foretaget et længere erindringsinterview med *Isotoplaboratoriets* leder Kaj Heydorn. Der er indsamlet nogle enkelte genstande og en del fotomateriale fra laboratoriet. Et lille udsnit af fotomaterialet er reproduceret i baggrundshistorien til interviewet med Heydorn. Tilsammen giver dette materiale et blik ind i et laboratorium, som påkalder sig en særlig interesse, fordi der inden for de samme vægge og med den samme begrænsede medarbejderstab er foregået både forskning, udvikling og produktion. Resultaterne af dette arbejde er præsenteret i rapportens første del, som pt. er under omarbejdning med henblik på at blive publiceret som artikel.

For det andet har vi villet dokumentere arbejdskulturen ved den store reaktor DR3, der var en af det industrielle Danmarks mest unikke arbejdspladser. Med det formål at få en bred og mangfoldig beskrivelse af DR3 som arbejdsplads, er der indhentet interviews med fem repræsentanter for de mest almindelige personalekategorier på stedet. I *Industrikulturens* år er det en væsentlig pointe, at DR3 til dagligt var en arbejdsplads for 60-70 ufaglærte, håndværkere, teknikere og ingeniører. Da de førstnævnte kun sjældent fortæller deres historie, er der blevet lagt vægt på at indhente *oral histories* blandt disse grupper. Instinktivt forventer man vel at se et universitetslignende forskningsmiljø - det vil derfor sikkert overraske mange i hvor høj grad dagligdagen ved reaktordriften lignede arbejdet på et kraftværk eller i et stort skibs maskinrum. Derudover er der lavet et interview med fysikeren, Bente Lebech, der gennem 35 år har brugt DR3 til eksperimentel materialeforskning ved hjælp af neutronspreddningsteknikker. Resultatet heraf er præsenteret i del 2.

Som det tredje delement rummer rapporten endelig en kort kronologisk opbygget oversigt over nedlæggelsen af de nukleare anlæg på Risø og forudsætningerne for afviklingsvirksomheden *Dansk Dekommissionerings* arbejde. Oversigten fokuserer på de overordnede politiske forudsætninger og begivenheder i forløbet omkring oprettelsen af afviklingsvirksomheden *Dansk Dekommissionering*. Dette arbejde udgør rapportens tredje del.

Som det fremgår, er der tale om en multifacetteret rapport, der anlægger tre vidt forskellige perspektiver på Risøs reaktorer.

Mange personer med relation til Risø og de berørte emner har med forbløffende beredvillighed stillet deres tid og hukommelse til rådighed for dette projekt: Det gælder ikke mindst interviewpersonerne Heinz Floto, Kaj Heydorn, Jørgen Kamp Knudsen, Kurt Lauridsen, Bente Lebech, Carsten Nicolajsen, Ole Pedersen, Erik Somer, Søren Roed og Leif Rødskov. Andre har stået på hovedet for at finde genstande, fotos og arkivmaterialer mv., nemlig Solvej Benvov og de øvrige medarbejdere på Risø Bibliotek, Jan Borring, Nils Heegaard, Kirsten Madsen, Per Hedemann Jensen og Henrik Prip. Kirsten Hjerrild Nielsen og de øvrige folk på *Dansk Dekommissionering* har bistået med tips, vink, praktisk hjælp og entusiasme. Alle skal have en stor tak for deres indsats.

Del 1

## Neutroner i samfundets tjeneste

### - isotopteknik og isotopforskning i Danmark

Før 1945 var der næsten ingen uden for de biokemiske og medicinske laboratorier, som anvendte radioaktive isotoper. Isotopteknik var før krigen en *research enabling* laboratorietechnik, som udelukkende blev anvendt af en meget begrænset gruppe frontforskere inden for biologisk, biokemisk og medicinsk forskning. Men efter Anden Verdenskrig gik det pludselig stærkt. I 1960 var isotop- og tracertechnik blevet en generisk teknologi med utallige anvendelser inden for natur-, landbrugs-, læge- og ingeniørvidenskab samt en stribe praktiske anvendelser indenfor sundhedsvæsen og industri. For at forstå Isotoplaboratoriets historie, er man nødt til at kende lidt til denne historie. Men først skal vi se lidt nærmere på, hvad radioaktive isotoper er.

### Radioaktive isotoper og isotopteknik

Isotoper er betegnelsen for atomer med samme kernetilstand (antal protoner), men med forskellig atomvægt. Grundstof nr. 17, gassen klor, findes i naturen i to isotoper, der har atomvægten 35 (75,8 %) og 37 (24,2 %). Begge isotoper har 17 protoner i kernen og vægtforskellen skyldes forskellen i antallet af neutroner. Hvor  $^{35}\text{Cl}$  har 18 neutroner i kernen har  $^{37}\text{Cl}$  20 neutroner i kernen. De to isotoper har samme antal elektroner og identisk elektronkonfiguration, hvilket indebærer, at de to isotoper har samme kemiske egenskaber. De to nævnte klorisotoper er de eneste stabile isotoper af klor og derfor de eneste, der normalt forekommer i naturen.<sup>1</sup>

Ud over de to nævnte isotoper kender vi otte ustabile klorisotoper, der for de flestes vedkommende udelukkende kendes fra laboratorierne. Disse ustabile isotoper er radioaktive og henfalder under udsendelse af radioaktiv stråling til andre isotoper. Hver isotop har sin egen sandsynlighed for at henfalde og tilbøjeligheden til at henfalde angives normalt i form af isotopens halveringstid, som er den tid, der går før det oprindelige antal atomkerner er halveret.

De radioaktive isotoper har praktisk taget samme kemiske egenskaber som de naturligt forekommende isotoper, hvorfor vi ikke ad kemisk vej kan adskille dem. Til gengæld kan vi konstatere deres tilstedeværelse og bestemme deres antal og koncentration i en prøve ved at måle den radioaktive stråling isotoperne udsender, når de henfalder. Dette gøres med forskellige apparater til detektion af stråling, som f.eks. GM-tællere og scintillationstællere. Efter udbredelsen af forstærker-elektronik efter Anden Verdenskrig blev det muligt at udføre den slags målinger både meget nøjagtigt og rutinemæssigt. Dette er grundideen i de forskellige former for isotop- og tracertechnik som benyttes i dag.

Anvendelsen af radioaktive isotoper kan inddeles i tre grupper:

- **Stof påvirker stråling:** Man kan bestemme mange materialeegenskaber ved at måle den måde stråling forandres ved passage igennem materialer. Dette bruges f.eks. til tykkelsesmåling.
- **Stråling påvirker stof:** Ioniserende stråling er i stand til at skabe ladede partikler – ioner – ved passage gennem stoffer. Det er den egenskab, som man bruger til at påvise stråling. Strålingens evne til at ionisere benyttes i utallige sammenhænge, som f.eks. katalyse af kemiske reaktioner eller som mordvåben, idet en poloniumisotop ( $^{210}\text{Po}$ ) for nylig er blevet brugt til at dræbe en russisk dissident i London.
- **Stråling følger stof:** I tracerundersøgelser benytter man sig af det forhold, at radioaktive isotoper af et stof har samme kemiske egenskaber som de naturligt forekommende isotoper. En rammende analogi er, at tracerisotoperne følger de naturlige isotoper præcis på samme måde, som et klokkefår følger sin fåreflok.

---

<sup>1</sup> Den ustabile isotop  $^{36}\text{Cl}$  produceres højt i atmosfæren, når protoner fra den kosmiske stråling indfanges i  $^{36}\text{Ar}$ . Der er dog tale om små mængder, idet blot 1 ud af  $1,4 \cdot 10^{12}$  Cl atomer i atmosfæren er  $^{36}\text{Cl}$ .

Vi skal i det følgende møde eksempler på alle tre effekter.

### Tracerforskningens pionerer

I tracer-teknikkens historie figurerer to skikkelser som pionerer, nemlig den ungarsk fødte kemiker George von Hevesy og den østrigske radiokemiker Friedrich Adolf Paneth. De to regnes tilsammen som tracer-teknikkens fædre.

København kom til at spille en vigtig rolle i tracer-teknikkens tidlige historie, idet Hevesy fra 1934 arbejdede ved Niels Bohrs Institut for Teoretisk Fysik. Hevesy fik ideen til at benytte radioaktive stoffer som indikatorer, da han i 1912 studerede under Ernest Rutherford i Manchester. Han havde her fået til opgave at isolere et stof, som var kendt under navnet "Radium D", fra naturligt forekommende radioaktivt bly. Man mente dengang, at der var tale om endnu et selvstændigt radioaktivt grundstof. Da han efter utallige forsøg ikke var i stand til at adskille de to stoffer, konkluderede Hevesy, at Radium D var kemisk identisk med bly. I dag ved vi, at der var tale om isotopen  $^{210}\text{Pb}$ . "Radium D" kunne derfor ikke isoleres fra radioaktivt bly, men Hevesy fandt ud af, at stoffet kunne isoleres fra radiumsalte. Det fortælles, at Hevesys første anvendelse af tracer-metoden fandt sted på det pensionat i Manchester, hvor han boede. Han mistænkte værtinden for at genbruge resterne af den hachis, der så tit blev serveret som aftensmad. Han anbragte en aften en lille mængde radioaktivt bly i resterne på sin tallerken. Og ganske rigtigt! I adskillige dage kunne han herefter spore radioaktivitet i værtindens bedagede hachis. I de følgende år udviklede Hevesy og Paneth anvendelsen af Radium D og en anden blyisotop kaldet Thorium B som radioaktiv indikator eller tracer for bly. Hevesy benyttede tracer-teknikken i begyndelsen af 1920'erne til at studere planters optagelse, lokalisering og transport af bly.<sup>2</sup>

Et vigtigt teknologisk gennembrud gjorde det fra 1931 muligt at producere helt andre radioaktive isotoper end dem, man hidtil havde kendt fra naturen, da den amerikanske fysiker Ernest Lawrence konstruerede den første cyclotron, hvori man kunne accelerere ladede partikler (f.eks. protoner) til meget høje energier. Ved at bombardere forskellige stoffer med disse partikler blev man i løbet af 1930'erne i stand til at producere en række nye isotoper i brugbare mængder. I slutningen af 1930'erne blev 5-6 cyclotroner verden over anvendt til isotopproduktion.

Andre eksperimentelle metoder til frembringelse af radioaktive isotoper fulgte snart efter. I 1933 opdagede det franske fysikerpar Irène Curie og Frédéric Joliot, at aluminium, bor og magnesium, der blev bombarderet med alfapartikler fra polonium, blev transmutteret til nye ukendte radioaktive isotoper af henholdsvis fosfor, nitrogen og silicium. Den italienske fysiker Enrico Fermi opdagede i 1934, at han kunne frembringe radioaktive isotoper ved at bombardere små stofprøver med en strøm af den nyopdagede neutrale kernepartikel neutronen. Neutronerne frembragte han ved at blande letmetallet beryllium med en alfakilde (igen polonium).<sup>3</sup> Men neutronintensiteten var lav og det samme var isotopudbyttet.

Lawrences cyclotron blev allerede fra starten anvendt til produktion af radioaktive isotoper til stråleterapeutisk brug, som f.eks.  $^{131}\text{I}$ , der kunne bruges til behandling af cancer og andre sygdomme i skjoldbruskkirtlen. Hvad tracer-teknikken angår, forblev den indtil slutningen af Anden Verdenskrig udelukkende en *research-enabling* teknik indenfor fysiologi, biokemi og medicinsk forskning. De direkte medicinske gennembrud lod vente på sig. Alligevel blev de potentielle perspektiver på ingen måder undervurderet. En editor af *New England Journal of Medicine* betegnede således i 1942 tracer-teknikken som en opdagelse, der ranglede på højde med mikroskopet og røntgenstrålerne.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Schmidt Nielsen 1995, s. 240; ff. Kraft 2006, s. 4-5; Hevesy 1943.

<sup>3</sup> Aaserud 1990, s. 148-149.

<sup>4</sup> Kraft 2006, s. 5. For et danske eksempel på denne sammenligning, se f.eks. Lund 1959, s. 15.

### Isotopforskning i 1930'ernes København

København kom til at spille en væsentlig rolle i den tidlige tracerforsknings historie. Efter nazisternes magtovertagelse i 1933 måtte Hevesy flygte til Danmark. Her forsøgte han – i starten uden det store held – at overtale biologer og biokemikere til at udnytte hans tracermetode. Med hjælp fra Niels Bohr og fysiologen August Krogh lykkedes det at stable et storstilet forskningsprogram på benene, som fik generøs støtte fra den amerikanske Rockerfellerfond og en række nationale fonde (herunder bl.a. Thomas B. Thriges Fond, Carlsbergfondet og Nordisk Insulin Fond). Forskningsprogrammet gik lidt uspecifikt ud på at anvende den nyeste indsigt og metoder fra fysikken på biologiske problemer. På Niels Bohrs institut blev der bygget en cyclotron, som blev brugt af fysikerne til deres forskning og af Hevesy til produktion af radioaktive isotoper. Cyclotronen stod færdig i 1938 og leverede fra det følgende år radioaktive isotoper til Hevesys eksperimentelle biologiske tracerforskning. Hevesys vision var at kortlægge næringsstofferne skæbne i organismen ved hjælp af tracere.

Figur 1. Den ungarske pioner inden for isotopkemi George von Hevesy arbejdede i mellemkrigstiden ved Københavns Universitets institut for Teoretisk Fysik. Hevesy havde en vision om at kortlægge næringsstofferne optagelse i organismen ved hjælp af radioaktive tracerisotoper. Efter Anden Verdenskrig udviklede tracer teknikken sig hurtigt til et af de allermest potente og revolutionerende forskningsredskaber for biokemi, fysiologi mv, da man ved hjælp af atomreaktorer kunne producere en lang række radioaktive isotoper forholdsvis billigt. Kilde: Steno Instituttets Billedsamling.



Indtil cyclotronen blev operationel måtte isotoperne fremstilles på andre måder. Hevesy producerede i 1935 ved neutronbestråling af svovl en radioaktiv isotop af fosfor ( $^{32}\text{P}$ ). Neutronkilden var en blanding af alfa-aktivt radium og beryllium, og neutronerne blev absorberet i en beholder med 10 liter svovlkulstof ( $\text{CS}_2$ ).<sup>5</sup> I samarbejde med medicineren Ole Chievitz benyttede Hevesy herefter  $^{32}\text{P}$  til verdens første dyrefysiologiske studier med tracer teknikken, som blev publiceret allerede samme år i tidsskriftet *Nature*. Hevesy og Chievitz undersøgte, hvordan fosfor fra føden optages, oplagres i knoglerne og senere igen udskilles gennem urin og ekskrementer hos rotter. Undersøgelsen viste, at knogledannelsen er en aktiv og dynamisk proces, hvor knoglernes fosforatomer kontinuerligt optages og udskiftes. I en anden samtidig undersøgelse, som Hevesy foretog i samarbejde med forskere på Carlsberg Laboratoriet, lod man planter vokse i et substrat, som indeholdt radioaktivt fosfor. Undersøgelsen viste, at fosforatomerne ikke er stationære, når de er optaget af planten og fordelt i bladene, men derimod

<sup>5</sup> Hevesy 1944, s. 21.



er mobile og skifter position fra blad til blad. Forskere på Tandlægehøjskolen benyttede fra 1937 mærkede fosforatomer til at undersøge fosforomsætningen i rotte- og mennesketænder. Strålefare blev der taget lempeligt på *dazumal*. Forsøgene foregik blandt andet ved at give et intetanende barn, som skulle have sunde tænder trukket ud, de radioaktive isotoper gemt i et stykke fristende chokolade!<sup>6</sup>

Hvad de isotoper, som blev produceret på Bohr Instituttets cyclotron, egentlig blev benyttet til, foreligger der desværre kun sparsomme oplysninger om. Men ifølge Hilde Levi, som var Hevesys assistent, leverede Bohrs institut radioaktive isotoper til den biologiske forskning i Danmark helt indtil 1952-53, hvor de amerikanske myndigheder ikke længere betragtede spredning af radioaktive isotoper som en sikkerhedsrisiko, hvorfor de som led i det amerikanske "Atoms for Peace" program så småt begyndte at frigive isotoper i større mængder.<sup>7</sup>

På Zoofysiologisk Laboratorium involverede lederen af laboratoriet August Krogh sig i 1935 i udforskningen af isotopernes biologiske virkninger, men efter helt andre retningslinjer end Hevesy. Krogh havde kontakt til den amerikanske fysiker Harold Urey, der i 1931 havde opdaget den tunge brintisotop, deuterium, og fik tungt vand (D<sub>2</sub>O) fra ham. Krogh var desuden hovedsageligt interesseret i at benytte isotoper til at studere biologiske membrans permeabilitet. Han overtalte en ung zoolog Hans Ussing til at undersøge det tunge vands fysiologiske virkninger, herunder dets indvirkning på frøæg. Dette blev starten på et langt og succesfuldt forskningsprogram om diffusion gennem biologiske membraner, som Ussing de næste mange år kom til at stå for. Krogh selv arbejdede sammen med sine medarbejdere under krigen bl.a. med at undersøge ligevægten mellem natriumioner i blodplasma og kropsceller ved hjælp af radioaktive isotoper.<sup>8</sup> Efter krigen lykkedes det Ussing at påvise, at amfibier (frøer) opretholder deres saltbalance ved aktiv transport af natriumioner (cellerne bruger energi på transporten), mens kloridionerne optages ved passiv diffusion.

Krogh var en af de første, der for alvor indså, hvor potent et analyseværktøj for biologisk og biokemisk forskning tracerteknikken egentlig var. Ved at bruge molekyler, der var mærkede med radioaktive isotoper, kunne man studere cellernes indre kemi, stoftransport i organismen og de enkelte trin i metabolismen.<sup>9</sup>

Det var Hevesy, der var den egentlige primus motor og arbejdshest i den "danske" isotopforskning. Det var på forbløffende kort tid lykkedes ham at gøre København til det sted, hvor unge forskere tog hen, hvis de ville udvikle deres kompetencer på dette område. Tracermethoden havde i de sidste par år før krigen vundet international accept, hvilket i første linje kan tilskrives Hevesys indsats.<sup>10</sup>

Når alt afhænger af én mands indsats lurer faren imidlertid. Midt under krigen måtte Hevesy flygte til Sverige og han vendte ikke tilbage igen. Og da man på Bohrs institut efter krigen i langt højere grad fokuserede på kernefysik, flyttede tyngdepunktet for den danske isotopforskning efter krigen til Københavns Universitets Zoofysiologiske Laboratorium, hvor Kroghs efterfølger som leder af laboratoriet Poul Brandt Rehberg - stadig med Bohrs støtte - samlede en lille forskergruppe bestående af Hilde Levi (der tidligere havde fungeret som Hevesys assistent) og Hans Ussing, som arbejdede med at udnytte isotopteknikken på forskellige biologiske problemer. Her forsøgte man at holde fanen højt.

Den position Danmark i 30'erne havde haft i isotopforskningen var imidlertid tabt efter krigen. På grund af den teknologiske udvikling under krigen var isotopteknikkens udvikling gledet over i hænderne på de lande, der rådede over atomreaktorer, hvilket i den første tid vil sige USA og Canada, men med tiden også England, Rusland, Norge mv. Udviklingen afspejler sig klart i de bibliometriske data. Under og efter krigen faldt antallet af danske bidrag til den radiokemiske litteratur til et uhyre beskedent niveau. Det var først i begyndelsen af 1960'erne, at det årlige antal radiokemiske publikationer nåede op på niveauet fra før

---

<sup>6</sup> Schmidt Nielsen 1995, s. 244.

<sup>7</sup> Aaserud 1990, s. 220-251, jf. især s. 250.

<sup>8</sup> Hevesy 1944, s. 26-28.

<sup>9</sup> Schmidt Nielsen 1995, s. 238-240 og 244-246.

<sup>10</sup> Aaserud 1990, s. 224-228.

krigen.<sup>11</sup> En af årsagerne hertil var simpelthen, at isotoper var en mangelvare indtil et stykke op i 1950'erne. Bohr instituttets cyclotron blev som sagt benyttet til isotopproduktion helt frem til 1953, men det var under alle omstændigheder beskedne mængder, der kunne produceres på denne måde.

### Manhattan-projektet og "Atoms for Peace"

I 1930'erne var radioaktive isotoper en sjælden og kostbar vare. En cyclotron skulle køre i mange timer for at producere de nødvendige mikroskopiske stofmængder. Men da de første atomreaktorer så dagens lys under det amerikanske atombombeprojekt (Manhattan-projektet), ændrede tingene sig drastisk. De reaktorer, der producerede plutonium til atombomberne, var samtidig de mest intense neutronkilder verden hidtil havde set. De kunne derfor også benyttes til at producere næsten ubegrænsede mængder af billige radioaktive isotoper. Man behøvede blot at sætte en prøve ind i reaktorkernen, hvorefter neutronbombardementet omdannede prøvens atomer til radioaktive isotoper.

Mange isotoper af biologisk interesse som  $^{14}\text{C}$ ,  $^{35}\text{S}$  og  $^{32}\text{P}$  kunne frembringes endog meget billigt på denne måde. For  $^{14}\text{C}$ 's vedkommende var der således tale om en omkostningsreduktion på hele 99%!<sup>12</sup> Mange andre isotoper egnet til tracerforskning, kunne produceres på denne måde.

Lederne af Manhattan Projektet var ivrige efter at støtte denne udvikling, fordi tracerteknikken demonstrerede, hvordan offentligheden og den almindelige borger kunne få udbytte af den militære atomteknologi. Isotoperne var – også set i forhold til civil energiproduktion, der endnu lå mange år ude i fremtiden – den mest løfterige civile anvendelse af atomenergien. Men det var ikke alle amerikanske beslutningstagere, der så sådan på sagen. Militæret var bekymret for spredningen af atomare hemmeligheder og vigtig atomteknologi. Blandt fysikerne var der dem, der helst så, at atomreaktorerne efter krigen i stedet blev benyttet til fysisk forskning. Men isotopernes fortalere satte sig hurtigt på dagsordenen. Allerede ved krigens slutning blev reaktoren i Oak Ridge anvendt til isotopproduktion i stor skala.<sup>13</sup> Af nationale sikkerhedshensyn var der dog indtil et stykke ind i 1950'erne ret snævre grænser for hvem og hvortil, der blev leveret isotoper. De amerikanske myndigheder tillod allerede fra 1947, at en begrænset og strengt kontrolleret eksport af radioaktive isotoper fandt sted til venligtsindede allierede og stabile nationer så som England og de øvrige vesteuropæiske lande. Men det gjaldt kun til forskningsmæssige og medicinske formål.<sup>14</sup> I 1950 udsendte den amerikanske atomenergikommission (AEC) således i alt mere end 6000 sendinger af isotoper, hvoraf omkring en sjettedel (975) blev eksporteret ud af landet.<sup>15</sup> Modtagerne var hovedsageligt hospitaler og forskningsinstitutioner i England og Vesteuropa (i alt 563). Men sikkerhedsforanstaltningerne var stramme og indimellem helt vilkårlige. Et militært laboratorium i Norge fik f.eks. i 1947 afslag på en ansøgning om 1 milliCurie  $^{59}\text{Fe}$  til metallurgisk forskning, fordi en af laboratoriets medarbejdere angiveligt var kommunist. Blandt europæiske forskere kunne de sparsomme og vilkårlige isotop-forsendelser naturligvis ikke undgå at skabe bitterhed og frustration. En amerikansk forsker skrev i 1947 efter en samtale med Niels Bohr, at europæiske forskere ville kunne forske i flere måneder ved hjælp af de amerikanske laboratoriers vaskevand!<sup>16</sup>

Restriktionerne på isotopområdet blev lettet efter 1953, som følge af den udenrigspolitiske ændring som Eisenhowers "Atoms for Peace" tale i FN i december 1953 afstedkom. Med det formål at vinde "the hearts and minds" iblandt befolkningerne i verdens ikke-kommunistiske lande begyndte USA herefter at gøre større dele af deres ikke-militære atomteknologi

---

<sup>11</sup> Heydorn & Levi 1979, s. 45.

<sup>12</sup> Krige 2006, s. 168.

<sup>13</sup> Creager 2004, s. 145-148.

<sup>14</sup> Krige 2006, s. 168ff.

<sup>15</sup> Creager 2004.

<sup>16</sup> Krige 2006, s. 169.

tilgængelig.<sup>17</sup> Man skal ikke på nogen måde overvurdere idealismen i denne kursændring. USA havde nemlig nu mistet sit reaktormonopol. I 1953 rådede både Canada, England, Norge, Holland, Frankrig og Sovjetunionen over fungerende forsøgsreaktorer, og de fire førstnævnte lande eksporterede allerede deres isotoper under langt svagere sikkerhedsrestriktioner. Den formentlig vigtigste leverandør af isotoper til Vesteuropa i begyndelsen af 1950'erne var det hollandske Philips-Roxane Isotop Laboratorium i Amsterdam, som enten producerede sine isotoper dels ved hjælp af en 30 MeV syncrocyotron eller fik dem fra det hollandsk-norske reaktorsamarbejde i Kjeller.<sup>18</sup> I 1950'erne var der altså kommet mange flere leverandører til og forsyningsituationen blandt vesteuropæiske forskere var nu en ganske anden, end i årene før det amerikanske reaktormonopol blev brudt. Hvis man ville sikre sig fortsat kontrol eller bevare sin del af det voksende marked for radioaktive isotoper, var man fra amerikansk side simpelthen tvunget til at slække på de efterhånden mere og mere absurde sikkerhedskrav.

Den amerikanske kursændring gav i de følgende år de civile dele af atomteknologien et gigantisk skub fremad. En lang række lande, der af den ene eller anden grund endnu ikke selv var gået aktivt ind i atomenergiforskningen, igangsatte store nationale forskningsinstitutioner på området. Det gælder ikke mindst Danmark, hvor udviklingen frem mod etableringen af Risø blev initieret få uger efter Eisenhowers tale, idet Akademiet for de tekniske Videnskaber (ATV) i vinteren 1954 nedsatte det atomenergiudvalg, som med tiden skulle blive spiren til den danske Atomenergi-kommission (AEK) og kommissionens forsøgsanlæg på Risø.

På grund af de store nationale atomprogrammer og udbredelsen af isotopteknik, skete der i årene efter krigen også en meget kraftig forbedring af måleudstyr. Strålingsdetektorer blev forvandlet fra at være primitivt forskningsudstyr, der blev produceret lokalt af laboratoriernes egne teknikere, til at være standardiseret og delvist automatiseret udstyr, som nu blev produceret af store kommercielle instrumentproducenter. GM-tælleren illustrerer denne udvikling: I 1948 blev de første seriefremstillede GM-tællere tilgængelige på det engelske marked.<sup>19</sup> Fire år senere var der i England over 20 firmaer involveret i produktion og markedsføring af GM-tællere.<sup>20</sup> I 50'erne kom der en række nye strålingsmonitører og scintillationsstøllere på markedet, der med tiden gjorde strålingsmåling og -monitorering til rent rutinearbejde.

Anvendelsen af isotopmetoder var før krigen et eksklusivt anliggende for små afgrænsede biologiske og biokemiske forskningsgrupper placeret i nærheden af verdens stadig meget få cyclotroener. Som følge af den massive promovering af den civile atomteknologi blev der i årene efter krigen skabt en veritabel isotopindustri, der leverede isotoper til brug inden for en bred vifte af formål indenfor videnskabelig forskning, teknisk og landbrugsvidenskabelig forskning, medicin og industriel produktion. I midten af 50'erne var selv museumsverdenen blevet dybt afhængig af <sup>14</sup>C dateringsteknik.

Med den bølge af lempelser på atomområdet, som fulgte i kølvandet på Eisenhowers "Atoms for Peace" tale, blev produktionen af radioaktive isotoper også for alvor åbnet for kommerciel deltagelse. Tracer-baseret videnskab blev i promoveret som fredelige og nyttige atomer i menneskehedens, sygdomsbekæmpelsens og det industrielle fremskridts tjeneste. Der opstod fra midten af 1950'erne og frem i USA en række specialiserede firmaer, som købte isotoper af AEC, inkorporerede dem i forskellige kemiske forbindelser og solgte dem på et stærkt stigende marked for isotopmærkede stoffer og farmaceutiske produkter. Området var hurtigt blevet forvandlet til en regulær fremstillingsindustri. Firmaet New England Nuclear var således i 1962 leveringsdygtig i omkring 400 isotopmærkede kemiske stoffer, salget nåede dette år op over 1 mio. dollars og op igennem 1960'erne steg afsætningen med mere end 50 % om året.<sup>21</sup> Aftagerkredsen var stadig domineret af forskere på det stærkt ekspanderende biomedicinske område.

<sup>17</sup> Krige 2006, s. 161.

<sup>18</sup> Hegelund 1954, s. 239.

<sup>19</sup> Kraft 2006, s. 10.

<sup>20</sup> Herran 2006, s. 575.

<sup>21</sup> Creager 2004, s. 153ff.

### Isotopcentralen

Der kom for alvor gang i den danske isotopsag i midten af 1950'erne. På baggrund af en henvendelse fra Niels Bohr, som gjorde opmærksom på, at radioaktive isotoper rundt omkring i verden havde fået en stigende betydning i teknik og naturvidenskab, nedsatte ATV i 1954 et isotopudvalg, der skulle indsamle oplysninger om anvendelsen af isotoper.<sup>22</sup> Blandt udvalgets første tiltag var, at man i samarbejde med Ingeniørforeningen, Dansk Lægeforening og Radiumstationen oprettede et kursus i industriel isotopteknik.<sup>23</sup> Efter nogen tid blev arbejdet konsolideret gennem ansættelse af en sekretær og her faldt valget på civilingeniør Erik Somer, der som elev havde deltaget i det første isotopkursus. Somer havde til dagligt en stilling på Teknologisk Instituts kemiske afdeling. I de følgende år markerede den energiske Somer sig gennem en omfattende foredrags- og publikationsvirksomhed som en af Danmarks førende eksperter vedrørende industriel anvendelse af isotoper. I god overensstemmelse med Teknologisk Instituts traditioner rejste han i disse år land og rige rundt for gennem foredrag i de lokale industriforeninger at udbrede kendskabet til isotopteknik hos små og mellemstore industrivirksomheder. Teknologisk Institut stillede lokaler til rådighed for oprettelsen af et laboratorium til håndtering af radioaktive stoffer. Laboratoriet blev taget i brug i 1956, og da AEK endnu ikke rådede over egnede laboratorier, fik et par af AEK's første kemikere lov at arbejde i laboratoriet. I efteråret 1956 blev isotopudvalgets arbejde konsolideret, da ATV besluttede at omdanne laboratoriet på Teknologisk Institut til et selvstændigt forskningsinstitut, Isotopcentralen (IC), hvis opgave skulle være at inspirere den danske industri til at benytte isotopteknik og yde bistand hertil.

Forholdet mellem de forskellige institutionelle aktører er interessant. I løbet af foråret 1956 begyndte AEK's planer for et kommende forsøgsanlæg på Risø at tage form. Der forelå allerede i sommeren 1956 kontrakter på to af Risøs kommende reaktorer. I forbindelse med den største af disse reaktorer, DR2, var der planlagt et isotoplaboratorium.<sup>24</sup> Man kan gætte på, at planerne for et stort, statsligt atomforsøgsanlæg har haft en vis indflydelse på ATV's dispositioner. ATV oprettede i 1956 Danatom, som gennem reaktortekniske studieprojekter skulle opbygge en statsuafhængig reaktorteknologisk ekspertise i elværkernes og storindustriens eget regi. På reaktorområdet udviklede der sig i de kommende år et temmelig fjendtligt konkurrenceforhold mellem Danatom og Risøs reaktortekniske forskningsgruppe.<sup>25</sup> Det kom til at gå langt mere fredeligt for sig på isotopområdet, bl.a. fordi der blev indgået en mundtlig aftale med AEK om, at Risø ikke ville gå ind i en konkurrence med IC, der skulle have patent på at servicere industrien og dække dens behov for isotoper og ekspertbistand.<sup>26</sup> IC blev hurtigt en hovedaftager af bestrålinger fra Risøs reaktorer. Før Risø fra 1959 blev leveringsdygtig i bestrålinger, fik IC alle sine bestrålinger foretaget i Norge (Kjeller) og England (Harwell).<sup>27</sup>

IC's hovedindsats kom dog hovedsageligt til at ligge på områder, som ikke direkte havde med industriel udnyttelse af isotoper at gøre. Til at illustrere denne pointe vil jeg kort opрисse tre af ICs vigtigste arbejdsområder.

Den første var strømnings- og recipientundersøgelser. Ved at tilsætte en kendt mængde radioaktive isotoper (A) til en strømmende væske som f.eks. et vandløb eller en kyststrøm kan man let og effektivt opnå en indgående viden om strømningsforhold ved at måle aktiviteten nedstrøms. Metoden udnytter det forhold, at strømningshastighed (Q) og antallet af impulser (N) et givet sted vil være omvendt proportionale.

$$QN = AF \quad \text{eller} \quad Q = AF/N \quad \text{hvor } F \text{ er en kalibreringsfaktor}$$

<sup>22</sup> Kilderne til det følgende er ATV (1987), Sevel (1976), Sevel (1978) og korrespondance med Erik Somer 28/3 2007.

<sup>23</sup> Korrespondance med Erik Somer 28/3 2007.

<sup>24</sup> Niels Bundgaard (1997) *Risøs første år – begivenheder og datoer*. Notat fra Risøs arkiv.

<sup>25</sup> Nielsen et al 1998, s. 113ff.

<sup>26</sup> Interview med Kaj Heydorn 15/1 2007, s. 44 (se næste kapitel). Korrespondance med Erik Somer, 28/3 2007.

<sup>27</sup> Somer 1959, s. 1.

Ved at tilsætte en kendt mængde isotoper og måle radioaktiviteten forskellige steder i den strømmende væske fås et billede af strømningshastigheden de forskellige steder. Typisk har det været  $^{82}\text{Br}$ , som er blevet benyttet som tracers isotop i disse målinger. Metoden kan benyttes til at undersøge strømningsforhold i snart sagt alle former for strømmende væsker i rørledninger, kedler, vandløb og langs en kyststrækning. IC excellerede i at lave strømningsundersøgelser ved anlæggelsen af kloakudløb. Før 1970'erne rensede man ikke spildevandet fra husholdninger og industri. Det blev ledt ud i vandet gennem kloakrørledninger, som blev ført nøjagtig så langt ud, at spildevandet ikke var til gene for beboerne langs kysten. Pointen var, at man med strømningsundersøgelser kunne kortlægge strømforholdene så nøjagtigt, at man kunne angive, hvor langt det som minimum var nødvendigt at føre kloakledningen ud i vandet. Det skulle jo helst ikke være for dyrt. Også dengang var miljøfilosofien, at man skulle have mest muligt miljø for pengene. IC havde til dette formål en båd, *R/V Isotop*, som man benyttede til at kortlægge strømforhold for kommuner, når der skulle projekteres store kloakudløb. I 60'erne og begyndelsen af 70'erne blev recipientundersøgelser et meget vigtigt arbejdsområde for IC med en betydelig aktivitet i de andre nordiske lande. Blandt andet blev der for WHO udført opgaver i Senegal, Brasilien og på Philippinerne. Dette indsatsområde ebbede ud, da miljøorganisationer i 70'erne under slagordet "Dilution is no Solution for Pollution" gik imod IC's indsats. I stedet skulle der etableres rensningsanlæg.<sup>28</sup>

Figur 2: Fartøjet *R/V Isotop* som Isotopcentralen benyttede til isotopbaserede recipientundersøgelser, når der skulle anlægges større kommunale kloakudløb. Billedet er spejlvendt. Billede fra Sevel (1978)



En lignende metode benyttede IC til at kortlægge sandvandring langs kysten ved hjælp af isotop-mærkede sandkorn. Den første kortlægning af den type lavede IC i Thyborøn Kanal i 1960. Undersøgelser af denne type blev benyttet til at forudse effekten af havne- og molebyggeri. Der blev på IC opbygget transportabelt udstyr, som blev brugt til at kortlægge strømningsforhold alle tænkelige steder lige fra dampstrømmen gennem Masnedøværkets kedler (1963) til strømningsforholdene i den fejlkonstruerede forsinkelsestank på Risø's reaktor DR2 (1959).

Et tredje endnu mere "jordnært" anvendelsesfelt for isotopteknik, som IC tog op, var lækagesporing. Hvis man før i tiden havde et nedgravet vandrør som var læk, var man i visse tilfælde nødt til at foretage store udgravningsarbejder for at finde lækagens placering. Med isotopteknik blev lækagesporing pludselig meget nemmere. Fremgangsmåden er den, at man fylder røret med vand tilsat en gamma-aktiv isotop, hvorefter der skylles efter med rent vand, indtil aktiviteten igen er væk. På det sted, hvor lækagen befinder sig, vil der efter gennemskylning stadig være aktivitet tilbage, som på jordoverfladen giver udslag på en strålingsmonitor. Gammastråler er nemlig i stand til at trænge igennem et jordlag på indtil to meter.

<sup>28</sup> Korrespondance med Erik Somer, 28/3 2007.

### Industriel anvendelse af radioaktive isotoper i Danmark

Erik Somer kunne allerede i efteråret 1956 konstatere, at radioaktive isotoper nu var blevet et vigtigt hjælpemiddel for industrien. I USA anvendtes isotoper i over 1500 virksomheder, i Tyskland var det ca. 550 virksomheder og i Sverige 150. Også i Danmark var virksomhederne i færd med at opdage isotopernes alsidige (generiske) anvendelsesmuligheder inden for forskning, udvikling, kontrol og produktion. Han estimerede, at der for indenværende var ca. 20 danske virksomheder, som havde budt isotoperne indenfor dørene.<sup>29</sup> Dette lyder måske ikke imponerende, men man må huske på, at der fra dette tidspunkt skulle gå det meste af et år før den første reaktor på Risø – den lille undervisningsreaktor ved navn DR1 – blev kritisk og endnu tre år før DR2 begyndte at producere isotoper.

I en længere artikel beskrev Erik Somer året efter en række konkrete eksempler på danske virksomheders brug af isotoper. Blandt de første isotoppionerer i dansk industri var de danske papirfabrikker, som benyttede sig af beta-aktive isotoper til tykkelsesmåling. Strålekilden blev anbragt under den løbende papirbane, hvor den kom ud af papirmaskinen. På oversiden var der anbragt en strålingsdetektor (et ionkammer). Jo tykkere papirbanen er, jo mindre stråling slipper der igennem til detektoren. På den måde kunne man løbende måle og justere papirbanens tykkelse uden mekanisk påvirkning, hvorved der kunne opnås en ensartet papirkvalitet og større materialeøkonomi. Samme metode benyttede Københavns Smergelfabrik A/S til løbende kontrol og styring af lim- og slibelagets tykkelse i firmaets produktion af slibepapir. I den kemiske analyseafdeling hos Sadolin & Holmblad A/S benyttede man isotoper til bestemmelsen af slidstyrken af firmaets lak- og malingsprodukter. Dette foregik ved at tilsætte en radioisotop til malingen, påføre den på et emne og udsætte det for slid. Ved at måle aktivitetsnedgangen i prøven, kunne man bestemme lakkens slidstyrke.

Svejsecentralen, som var et svejseteknisk forsknings- og serviceinstitut under ATV med en ret omfattende aktivitet, benyttede fra 1954 gamma-aktive isotoper til kvalitetskontrol af f.eks. runde svejsesømme på lange rør. Det foregik ved, at man gennem et lille hul anbragte en strålekilde midt i røret ud for den svejsesøm, der skulle kontrolleres. Rundt om rørets yderside var der anbragt en gamma-følsom film. Metallet bremser strålingen og jo tykkere metallet er, jo mere stråling bremser det. Eventuelle svagheder eller ujævnheder i svejsesømmen ville på filmen afsløre sig selv i form af områder med stærkere sværtning.

Dette var eksempler på, hvordan stråling fra radioaktive isotoper kunne udnyttes i firmaernes produktion og kontrolvirksomhed. Isotoperne blev her benyttet som strålekilder og ikke som tracere. Tracermethoden blev anvendt af batteriproducenten Hellesens A/S, som benyttede radioaktive isotoper til at kontrollere blandingseffekten, når fabrikken blandede de tørre bestanddele til batterierne. Det foregik ved at tilsætte en lille portion af en radioaktiv isotop ved blandingsoperationens start og derefter over tid udtage små prøver forskellige steder i blandingen og kontrollere deres aktivitet. Når afvigelsen i aktiviteten af prøverne var blevet tilstrækkelig lille, havde blandingen opnået den nødvendige homogenitet. Blandingsoperationer er tidskrævende og udgjorde ofte flaskehalse i produktionen. Med denne metode kunne man optimere blandingstiden og få en bedre udnyttelse af sine blandingсанlæg.<sup>30</sup>

Sadolin & Holmblad var formentlig den virksomhed i Danmark, der tidligst benyttede tracerteknikker og satsede mest på området. I hvert fald er virksomhedens laboratorium det eneste virksomhedslaboratorium i Danmark, hvis forskere inden 1960 publicerede rent videnskabelige artikler på området. Virksomhedens kemiker Poul Sørensen offentliggjorde således fra 1954 og frem jævnligt artikler i de internationale kemiske tidsskrifter vedrørende radioaktive isotopers anvendelse inden for analytisk kemi (herunder tracerteknik). Han var i 1950'erne faktisk den eneste industriforsker i Danmark, der bidrog til den internationale litteratur.<sup>31</sup> Mere bemærkelsesværdigt er det måske, at Sørensen i perioden fra 1953-1960 var den danske forsker overhovedet, der havde den højeste publikationsvirksomhed inden for det radiokemiske område. Efter i 1957, som den første i Danmark, at have opnået den tekniske doktorgrad på en afhandling om et radiokemisk emne, blev han i øvrigt ansat på Danmarks

<sup>29</sup> PM 1956, s. 402.

<sup>30</sup> Eksempler fra Somer 1957

<sup>31</sup> Heydorn og Levi 1979, s. 24-25.

Tekniske Højskole. Der er i dag ikke meget *high-tech* aura ved farveindustrien, men på dette tidspunkt var denne branche stadig en af de mest ingeniør- og forskningstunge industrigrene i dansk erhvervsliv og Sadolin & Holmblad var suverænt branchens forskningsmæssige duks.

De danske virksomheder havde således i smug taget hul på atomalderen, allerede før de første spadestik til Risø var taget. Til enkelte af de nævnte industrielle isotopanvendelser kunne man dog på dette tidspunkt købe robust og pålideligt standardudstyr, som egnede sig til det daglige arbejde ude i fabrikshallerne.

Isotopteknikken var en spændende ny frontteknologi og udgjorde som sådan i 1950'erne et led i ingeniørernes professionelle selvpromovering: Et kendetegn ved mange af tidens artikler om isotopteknik er understregningen af, hvem der udfører operationerne i form af fraseringer som f.eks. "Billedet viser civilingeniør xx i færd med...". Ofte var der tale om billeder af helt unge ingeniører. Isotopernes anvendelse i industrien understregede ingeniørens særlige professionelle rolle, som den der bringer de nyeste naturvidenskabelige landvindinger ind i produktionen. Tiden var præget af en fantastisk atomeufori, og ingeniørerne var ivrige efter at anbringe sig selv i rollen som dem, der gjorde atomerne nyttige.

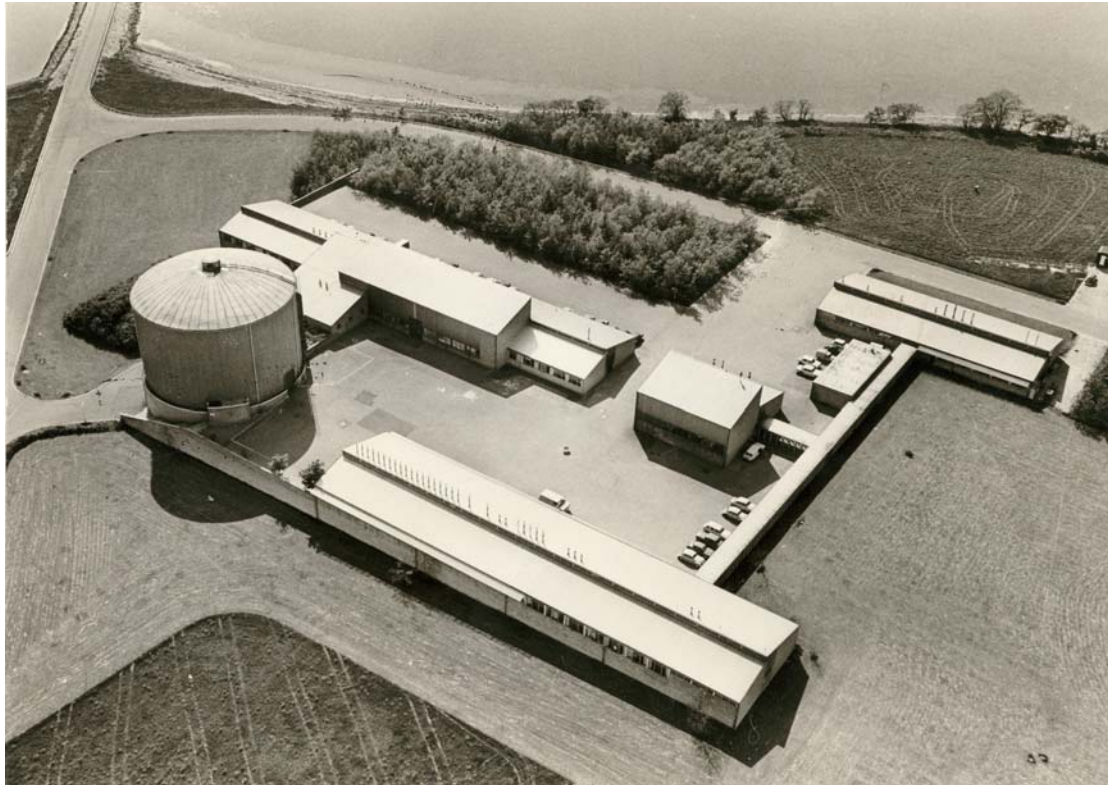
Erik Somer var i 1956 og 1957 heller ikke sen til at påpege, at isotoperne aktuelt var den af atomteknologierne, der havde størst betydning for industrien. Nok ville Danmark med tiden få vores første atomkraftværk, påpegede han og tilføjede så, at atomforskningen efter hans mening i nogle år fremover hovedsageligt ville blive nyttiggjort gennem industriens isotopanvendelse. Det var en bemærkelsesværdigt nøgtern bedømmelse, ikke mindst fordi det altdominerende tema i det offentlige billede af atomteknologien på denne tid var de mere eller mindre utopiske drømme om ultrabilig energi.

### DR2 og isotoperne

Den rutinemæssige igangsættelse af Risøs store amerikanske reaktor DR2 på fuld effekt i slutningen af november 1959 var en begivenhed, der i Danmark var imødeset med store forventninger. DR2 var i modsætning til den lille undervisningsreaktor DR1 en kraftig forskningsreaktor, der kunne generere en meget stor neutronflux. Teknisk var der tale om en relativt simpel letvandsmodereret forsøgsreaktor, hvor kernen stod i bunden af en åben tank, der var otte meter dyb. Reaktoren ydede maksimalt 5 MW termisk effekt. DR2 skulle dog meget hurtigt komme til at stå i skyggen af den noget større og meget avancerede engelske tungtvandsmodererede reaktor DR3, som Risø gjorde kritisk i det efterfølgende år. Men det er faktisk værd at bemærke, at DR2 ved åbningen i 1959 for en kort tid var den isotopproducerende reaktor i Europa, der havde den højeste neutronflux, hvilket betød, at man fra reaktoren kunne få isotoper med høj specifik aktivitet, dvs. med høj aktivitet pr. vægtenhed.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Somer 1959, s. 1; Nielsen 1959, s. 9.



Figur 3. DR2 med tilhørende driftsbygninger (i direkte forbindelse med den runde reaktorhal). Isotoplaboratoriet er den lange bygning nederst i billedet. Billedet er fotograferet fra Risøs meteorologimast omkring 1960. Kilde: Risøs Billedarkiv.



Figur 4. DR2 og Isotoplaboratoriet. Foto fra omkring 1957-58, hvor anlægget endnu ikke stod færdigt. Kilde: Risøs Billedarkiv.



DR2 var dog ikke primært konstrueret med Isotopproduktion for øje, hvilket da også ved åbningen blev pointeret meget kraftigt.<sup>33</sup> Reaktorens første leder, reaktorchef Karl Ove Nielsen opridsede ved åbningen af reaktoren de opgaver, som DR2 skulle bruges til at løse. Af denne præsentation fremgår det meget tydeligt, at DR2 i første linje var tænkt som et værktøj til at undersøge forskellige materialers opførsel under intensiv neutronbestraling. Dernæst var det planen, at DR2 skulle benyttes til neutronfysiske undersøgelser. Reaktorchefen nævner isotopproduktion som det tredje og sidste område.<sup>34</sup> Der er næppe tvivl om, at denne rækkefølge ret nøje afspejler Risøs prioritering af opgaverne.

Når de reaktorteknologiske materialeundersøgelser blev prioriteret højest, var det uden tvivl på grund af det såkaldte DOR-projekt, der var Risøs første store selvstændige satsning. DOR var en forkortelse for Deuterium modereret Organisk kølet Reaktor. Risø satsede de første år på at udvikle en helt ny reaktortype, som ingen andre lande havde taget op. Det er ingen hemmelighed, at DOR-projektet aldrig blev nogen succes, og at Risø derfor i 1963 måtte skrinlægge det. Set i historiens lys forekommer DOR-projektet nok i dag, at have været en halsbrækkende overambitiøs satsning, men da Risø blev åbnet, lignede det en god idé. Andre små lande som f.eks. Belgien satsede ligeledes på at udvikle en helt ny reaktortype. Ved at udvikle sin egen selvstændige reaktortype, ville Danmark i filosofien potentielt kunne erobre en vigtig markedsposition. Dansk industri kunne derved blive underleverandør af reaktorkomponenter til en dansk reaktorlinje, hvilket kunne skabe vækst og arbejdspladser. Det var en bevidst satsning på at erobre en højteknologisk niche. Til konstruktion af DOR reaktoren, skulle der gennemføres en lang række tests af konstruktionsmaterialer og det organiske kølemiddel.<sup>35</sup> Det var i denne kontekst, man skal se reaktorchefens liste.

I næste række var Risø udset til at skulle være hjemsted for en stor del neutronfysisk grundforskning. Det var jo naturligt at benytte DR2's neutroner til det formål. Grundforskning inden for fysik spillede en endog meget stor rolle i Risøs arbejdsprogram de første mange år. Det nationale atomprogram prioriterede altså først og fremmest reaktorteknologisk F&U og fysisk grundforskning.

Isotopproduktionen var således ikke hovedformålet med DR2. Havde det været hovedformålet, havde man nok også fra starten valgt at konstruere DR2 med bedre muligheder for løbende at tage prøver ind og ud af reaktoren, mens den kørte. Til isotopproduktion var denne mulighed helt essentiel. Her skal man nemlig løbende kunne tage prøver ud af reaktoren under drift. Alene ud fra reaktorens konstruktion fremgår det således, at DR2 primært var konstrueret med materialetestning og neutronfysik for øje.

Det blev der heller ikke lagt spor skjult på. Men faktisk kan man i *Ingeniørens Ugeblad* ane, at redaktionen måske ikke helt delte Risøs syn på opgavernes prioritering. I anledning af den rutinemæssige igangsætning af DR2 rummede bladet nemlig den 21/12 1959 to artikler om DR2. Inde i bladet kunne man på side 9 finde reaktorchefens korte redegørelse om DR2, der rummede det ovennævnte prioriterede arbejdsprogram. På forsiden havde redaktionen anbragt en tre gange så lang artikel med overskriften "Nu kommer de første danske isotoper fra Risø". I denne artikel gjorde Erik Somer rede for en lang række industrielle muligheder, som den danske isotopproduktion åbnede op for. Placeringen af de to artikler ligner en slet skjult redaktionel protest mod Risøs forskningspolitiske prioritering.

<sup>33</sup> Somer 1959, s. 1; Nielsen 1959, s. 9.

<sup>34</sup> Nielsen 1959, s. 9.

<sup>35</sup> Nielsen (red.) 1998, s. 113ff.



Figur 5. Risøs amerikanskproducerede DR2-reaktor var, fra 1959 til den i 1975 blev lukket, Isotoplaboratoriets vigtigste bestrålningsfacilitet. Selvom DR2 ikke var ideel til isotopproduktion, bød reaktoren på en række forskellige bestrålningsmuligheder. Prøverne blev placeret i små aluminiumsdåser og derefter med håndkraft indført i reaktoren gennem et af reaktorens mange forsøgsrør. Fra toppen af tanken var der adgang til en bestrålningsfacilitet i selve reaktorkernen og fra hullerne på balkonen var der adgang til forsøgsrør i reaktortanken. Isotopproduktion kræver ofte korte og meget præcise bestrålningsstider. Isotoplaboratoriets vigtigste opgave inden opstarten var at få fremstillet særligt udstyr, der tillod udtagning af bestrålinger under drift, hvilket lykkedes for alle de nævnte faciliteter undtagen for den termiske kolonne. Den termiske kolonne var en grafitkolonne, som var beregnet til at producere et neutronbeam med lav energi (dvs. termiske neutroner). På billedet ses den mellem vindeltrappen og selve reaktortanken. Fra Isotoplaboratoriet var der desuden via rørpost direkte adgang til en bestrålningsposition, hvortil prøverne blev sendt i små beholdere kaldet "kaniner". Kilde: Risøs Billedarkiv.

### Isotoplaboratoriet – rammer og opgaver

På Risø blev isotoparbejdet henlagt under Isotoplaboratoriet, der var placeret som en sektion i Kemiafdelingen. Isotoplaboratoriet blev planlagt i 1956 sammen med de øvrige forberedelser i forbindelse med DR2. Den kun 25 år gamle kemiingeniør Kaj Heydorn blev i 1956 valgt til at opbygge og lede laboratoriet. Heydorn kom til at tegne laboratoriet indtil han i 1998 gik på pension. Laboratoriet stod færdigt til brug i begyndelsen af 1958, hvor det oprindeligt var planlagt, at driften af DR2 skulle indledes.<sup>36</sup> Opstarten af DR2 blev dog forsinket i 3/4 år, da der var utætheder i den amerikansk producerede reaktortank.<sup>37</sup> Laboratoriet var placeret i umiddelbar nærhed af DR2. Prøver til bestråling kunne via et rørpostanlæg sendes direkte over i en på en bestrålingsposition i DR2.

Isotoplaboratoriets opgaver faldt i fire grupper:

- varetagelse af bestrålingstjenesten ved Risøs to store reaktorer (DR2 og DR3)
- fremstilling og indkøb af alt radioaktivt materiale til brug på Risø
- fremstilling og distribution af radioaktivt materiale til brug uden for Risø
- forsknings- og udviklingsarbejde i forbindelse med de nævnte opgaver

Generelt var det sådan, at de første tre opgaver dominerede i opbygningsfasen, som varede indtil midten af 1960'erne. Forsknings- og udviklingsarbejde kom gradvist til i løbet af 1960'erne, efterhånden som de øvrige aktiviteter var blevet konsolideret.<sup>38</sup> Uden for disse områder varetog laboratoriet desuden rådgivning og bistand vedrørende bestrålinger såvel internt på Risø som eksternt. Det er karakteristisk, at opgaverne spændte fra rutinemæssig produktion og distribution til arbejde af grundforskningsmæssig karakter. ”En blandet landhandel” er Heydorns egen karakteristik af laboratoriets opgaver.<sup>39</sup>

Der var fra starten lagt visse rammer for Isotoplaboratoriets virksomhed, som ifølge Heydorn blev præciseret overfor ham under opbygningsfasen af hans chef Cecil Jacobsen.

For det første betød eksistensen af IC, at eventuelle henvendelser fra industrivirksomheder skulle henvises til IC. IC havde et nationalt monopol på rådgivning og distribution af isotoper til industrien og var særdeles aktive.<sup>40</sup> Dette betød ikke, at Isotoplaboratoriet ikke fik betydning for industrien, men kun at den industrielle udnyttelse af Risøs isotoper i de fleste tilfælde gik gennem IC. Det betød også, at Isotoplaboratoriets direkte samarbejdspartnere i højere grad blev sundhedsvæsnet og forskningsverdenen.

For det andet var der i 1957 indgået en stiltiende aftale med Norge, om at AEK og Risø ikke ville konkurrere med den norske isotopproduktion.<sup>41</sup> Baggrunden for denne beslutning skal formentlig søges i den danske interesse i at indgå i et større nordisk samarbejde på det nukleare område. De første forhandlinger om nordisk atomsamarbejde foregik i det fællesnordiske *Kontaktorgan* i 1957 – altså parallelt med opbygningen af Isotoplaboratoriet, DR2 komplekset og de øvrige Risø-faciliteter.<sup>42</sup> Norge ønskede i disse forhandlinger en fællesnordisk ”isotop pool” oprettet, hvortil Norge selv skulle være hovedleverandør. Der blev ikke på dette tidspunkt underskrevet nogen aftale, men Franz Marcus, der indgående har beskrevet historien om det nordiske atomsamarbejde, påpeger, at Danmark helt frem til slutningen af 1960'erne fortsat efterlevede ånden i de førte forhandlinger.<sup>43</sup> Derom kan der ikke være nogen som helst tvivl, når man læser det medfølgende interview med Kaj Heydorn.

Forholdet til den norske isotopproduktion afspejler Risøs generelle isotopolitik, som indebar at Isotoplaboratoriet helt skulle afholde sig fra at lave isotopprodukter, der i forvejen

---

<sup>36</sup> Niels Bundgaard (1997) *Risøs første år – begivenheder og datoer*. Notat fra Risøs arkiv.

<sup>37</sup> Bryrup et al. (1960) s. 146.

<sup>38</sup> Interview med Kaj Heydorn 15/1 2007, s. 46. Intern Rapport, Risø-M-172, *Activities of the Radioisotope Laboratory in the years 1959-1964*, 1964. Kopi fra Risø Bibliotek.

<sup>39</sup> Interview med Kaj Heydorn 15/1 2007, s. 58.

<sup>40</sup> Ibid. s. 44.

<sup>41</sup> Ibid. s. 38.

<sup>42</sup> Det nordiske forhandlinger er beskrevet i Marcus 1997, s. 39ff, især s. 45.

<sup>43</sup> Ibid. s. 67.

var på markedet.<sup>44</sup> Man skulle altså undgå at konkurrere med kommercielle leverandører. Dette hang igen nøje sammen med Risøs prispolitik, der i starten helt forbød Isotoplaboratoriet at fakturere bestrålingsopgaver og isotopleverancer. På den baggrund er det nemt at se, hvorfor Isotoplaboratoriet skulle holde sig fra de produkter, der allerede var på markedet. Ellers kunne man jo hurtigt få nok at bestille.

Heydorn forklarer prispolitikken som en konsekvens af, at holdningen i AEK's og Risøs ledelse var, at når den danske stat havde skudt et så formidabelt beløb i Risø, så skulle de ting og serviceydelser, som reaktorerne kunne levere, være gratis for danske brugere. Heydorn gør samtidig opmærksom på, at Risø-ledelsens videnskabelige orientering indebar, at forskning principielt var vigtigere end forretning. Det var kort sagt ikke fint at tjene penge. På Isotoplaboratoriet gav dette imidlertid anledning til en vis frustration, da man hurtigt opdagede, at kunderne bestilte isotoper, som de ikke altid fik benyttet. Efter forhandling opnåede Heydorn dog, at Isotoplaboratoriet kunne fakturere deres behandling og håndtering af bestrålede produkter. Med hensyn til bestrålingerne blev praksis den, at man for videnskabelige institutioner i Danmark lavede gratis bestrålinger, mens man fakturerede bestrålinger for udenlandske kunder og indenlandske bestrålinger til kommercielle formål.<sup>45</sup> Alt dette er levende og meget mere indgående beskrevet i det medfølgende interview.

Alt dette betød i praksis, at Isotoplaboratoriets program for isotopdistribution på forhånd var begrænset til kortlivede isotoper, dvs. isotoper hvis halveringstid var så korte, at de ikke kunne fås fra udlandet. Transporttiden fra de udenlandske reaktorer var på dette tidspunkt mindst 5-6 timer.<sup>46</sup> Fordi man i DR2 og DR3 rådede over nogle af de højeste neutronfluxe i Vesteuropa, havde man også ved Risø mulighed for at producere isotoper med høj specifik aktivitet, dvs. et højt indhold af de ønskede radioaktive isotoper. Derfor specialiserede laboratoriet sig i leverancen af såkaldte *carrier-free* (bærer frie) isotoper, dvs. isotoper med et lavt indhold af det pågældende stofs stabile isotoper. En mængde radioaktivt mærkede kemiske forbindelser var på dette tidspunkt blevet almindelige handelsvarer. Isotoplaboratoriet fokuserede derfor på at fremstille mærkede forbindelser, der ikke kunne købes på det kommercielle marked.<sup>47</sup> Begrænsningerne ansporede derved Isotoplaboratoriet til løbende at frembringe nye endnu ikke kommercielt tilgængelige forbindelser.<sup>48</sup> Laboratoriet fik derved en forsknings- og udviklingsaktivitet, som jeg vil vende tilbage til lidt senere.

Helt konkret kom laboratoriets hovedindsats til at foregå på fire felter, nemlig

- produktion og distribution af kortlivede isotoper
- fremstilling af radioaktive lægemidler på baggrund af kortlivede isotoper
- aktiveringsanalyse
- fremstilling af NTD-silicium

Neden for vil jeg gå mere i detalje med hver af disse opgaver.

### Isotopproduktionens omfang og udvikling – statistik og eksempler

På baggrund af en intern rapport fra slutningen af 1964 er det muligt at belyse omfanget af Isotoplaboratoriets bestrålingsvirksomhed og isotopproduktion og -forsendelser i opstartsfasen.<sup>49</sup> Graf 1 giver et overblik over Isotoplaboratoriets bestrålingsvirksomhed. Tallene fra 1964 dækker dog kun årets tre første kvartaler.

---

<sup>44</sup> Interview med Kaj Heydorn 15/1 2007, s. 39.

<sup>45</sup> Risø-M-172

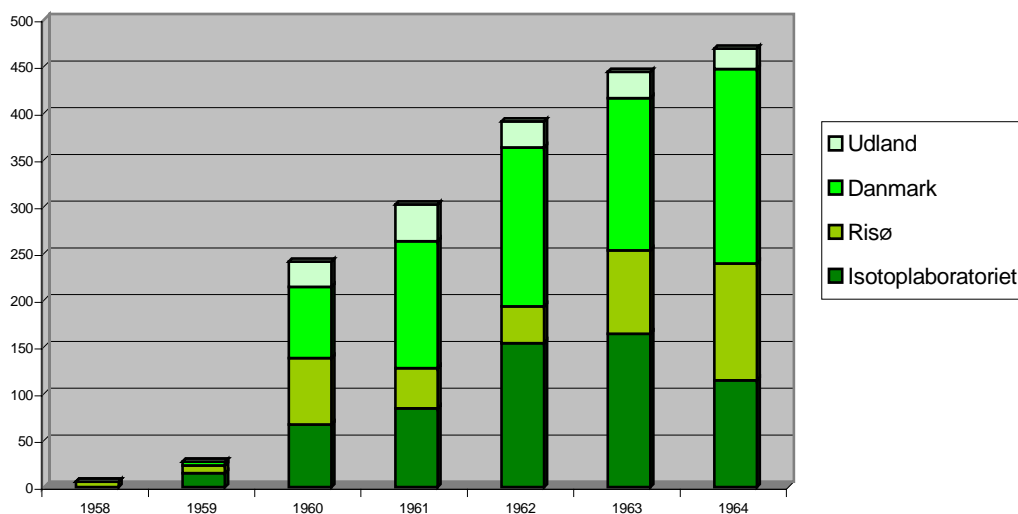
<sup>46</sup> Somer 1959, s. 1.

<sup>47</sup> Se Kruse 1960 og Heydorn 1960.

<sup>48</sup> Risø-M-172, s. 9.

<sup>49</sup> Oplysningerne og tallene i det følgende stammer næsten udelukkende fra Risø-M-172, s. 9.

Graf 1: Bestrålninger udført af Isotoplaboratoriet fordelt på modtagere



Der ses en ret markant vækst. Når bestrålingsvirksomheden startede allerede i 1958 skyldes det, at man før DR2 kom i drift fik udført enkelte bestrålninger i udlandet. Isotoplaboratoriet figurerer selv som modtager, hvilket skyldes, at udgangsmaterialet for laboratoriets produktion af isotoper i de fleste tilfælde var bestrålede stofprøver. I 1975 toppede antallet af bestrålninger, idet man i dette år gennemførte over 3000 reaktorbestrålninger.<sup>50</sup> Generelt lå man i 1970'erne og 1980'erne og svingede mellem 1300-2500 årlige bestrålninger.

I alle de her anførte år tegnede DR2 sig gennemsnitligt for omkring 80 % af alle bestrålingerne. De øvrige bestrålninger blev foretaget i DR3, idet DR1 næsten ikke blev anvendt til dette formål. De foreliggende oplysninger peger på, at hovedrekvirenterne var IC, universiteterne i København og Aarhus og sundhedsvæsenet.

Som et eksempel på laboratoriets bestrålingsvirksomhed kan nævnes, at Isotoplaboratoriet i 1960 af Radium Stationen/Finsen Institutet blev spurgt om de kunne levere <sup>60</sup>Co til de strålekilder, som blev anvendt til stråleterapeutisk kræftbehandling. I løbet af kort tid blev Isotoplaboratoriet leverandør til alle de hospitaler i Danmark, som på dette tidspunkt havde strålekilder, *in casu* Finsen Institutet, Rigshospitalet og radiumstationerne i Aarhus og Odense. Leverancen af strålekilder blev indstillet i 1983.<sup>51</sup> Personalet på laboratoriet var ikke særlig fornøjede ved disse leverancer, da der var tale om meget store aktivitetsmængder.

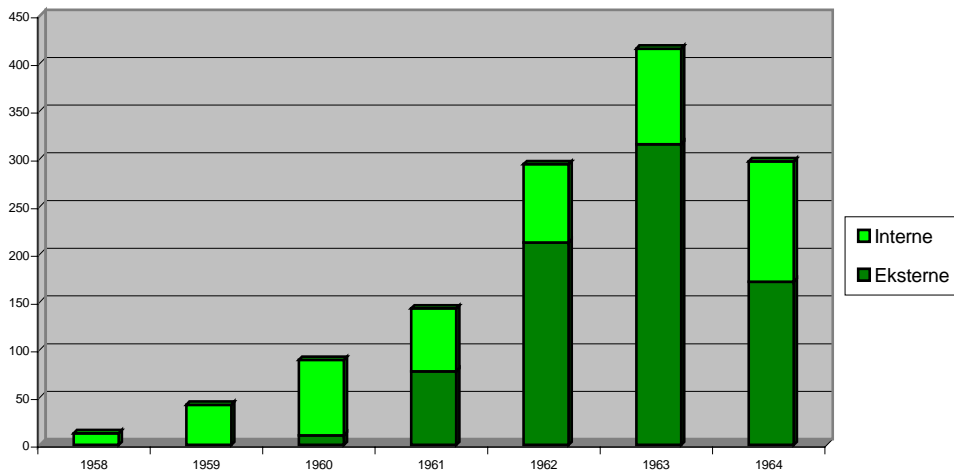
Isotoplaboratoriet leverede fra 1964 strålekilder til undervisningsbrug i folkeskoler og gymnasier. Disse "skolekilder" er små alfa-, beta- og gammakilder. Isotoplaboratoriets skolekilder er kendt af enhver, der har haft fysik i folkeskolen og gymnasiet, da de gennem tiden er blevet leveret til så godt som samtlige danske skoler. Isotoplaboratoriets skolekilder er fortsat idag en vare, der sælges i en lang række lande. For en mere detaljeret og dramatisk beretning om <sup>60</sup>Co leverancerne og skolekilderne kan der henvises til det medfølgende interview med Kaj Heydorn.

Omfanget af Isotoplaboratoriets isotopforsendelser i samme årrække. fremgår af figur 2.

<sup>50</sup> Intern rapport, Risø-M-2410. *Isotoplaboratoriet 1959-1984*, s. 8. Findes på Risø Bibliotek.

<sup>51</sup> Interview med Kaj Heydorn s. 43-44; Risø-M-2410, s. 8 og s. 20.

Graf 2: Isotopforsendelser fra Isotoplaboratoriet 1958 - 1964



Ligesom ved graf 1 omfatter tallene for 1964 kun tre kvartaler. Der kan også på dette område konstateres en kraftig vækst i de første år – efterfulgt af en mindre stagnation i 1964. Leverancen af isotoper toppede i perioden fra 1968-1978 med ca. 800-900 årlige leverancer.<sup>52</sup> Set i internationalt perspektiv var den danske isotopproduktion dog kun en dværg. Til sammenligning kan det nævnes, at Englands samlede isotopdistributionsprogram allerede i 1952 nåede op over 20.000 forsendelser årligt.<sup>53</sup>

Den største aftager af isotoperne var sundhedsvæsnet. I 1963 gik således 60 % af isotopforsendelserne til medicinsk brug. Isotoplaboratoriet stod i dette år for ca. 15 % af det samlede isotopforbrug til medicinske formål.<sup>54</sup> I det nedenstående er der nævnt en række konkrete eksempler på isotopleverancer. Vi skal derfor ikke her fordybe os yderligere i denne statistik. Det er vigtigt at påpege, at kurven intet som helst siger om Danmarks samlede behov og forbrug af isotoper på dette tidspunkt, hvilket skyldes de begrænsninger, som laboratoriets arbejde var underlagt.

Den første radioaktive præparat, som Isotoplaboratoriet overhovedet leverede, var en forsendelse af *carrier-free*  $^{32}\text{P}$  til rodundersøgelser leveret den 17. december 1959.<sup>55</sup> Udgangspunktet var svovl, som ni dage forinden var blevet indsat i DR2. Leverance af  $^{32}\text{P}$  til undersøgelse af planters optagelse af næringsstoffer til Risø's egen Landbrugsafdeling og til Statens Planteavlslaboratorium hørte til Isotoplaboratoriets løbende rutineopgaver.<sup>56</sup> Det var naturligvis en af laboratoriets fornemste opgaver at servicere landets agrokemiske forskningsinstitutioner. En anden af de løbende leverancer var store mængder af  $^{82}\text{Br}$  til IC's mange strømnings- og spildevandsundersøgelser, som vi har nævnt tidligere. Som et sidste eksempel på leverance af isotoper og mærkede forbindelser, skal nævnes, at laboratoriet i en lang årrække leverede store mængder af stoffet hippuran mærket med  $^{131}\text{I}$  til de danske hospitaler. Leverancerne heraf strakte sig fra 1962 og helt frem til 1980'erne. Hippuran var et stof, som hele verden over blev benyttet til diagnostiske nyreundersøgelser.<sup>57</sup> Et atomforsøgsanlæg er måske ikke det første sted, man ville lede efter en lægemiddelproduktion, men faktisk var Isotoplaboratoriet af Sundhedsstyrelsen godkendt som lægemiddelproducent. Fra 1960'erne og helt indtil 1998 producerede man på baggrund af kortlivede reaktor isotoper en række sterile produkter til diagnostisk brug, som var godkendt til injektionsbrug. Laboratoriet producerede også den i internationalt perspektiv sjældent set isotop  $^{47}\text{Ca}$ , som Rigshospitalet anvendte til forskning

<sup>52</sup> Risø-M-2410, s. 8.

<sup>53</sup> Herran 2006, s. 574.

<sup>54</sup> Risø-M-172, s. 9.

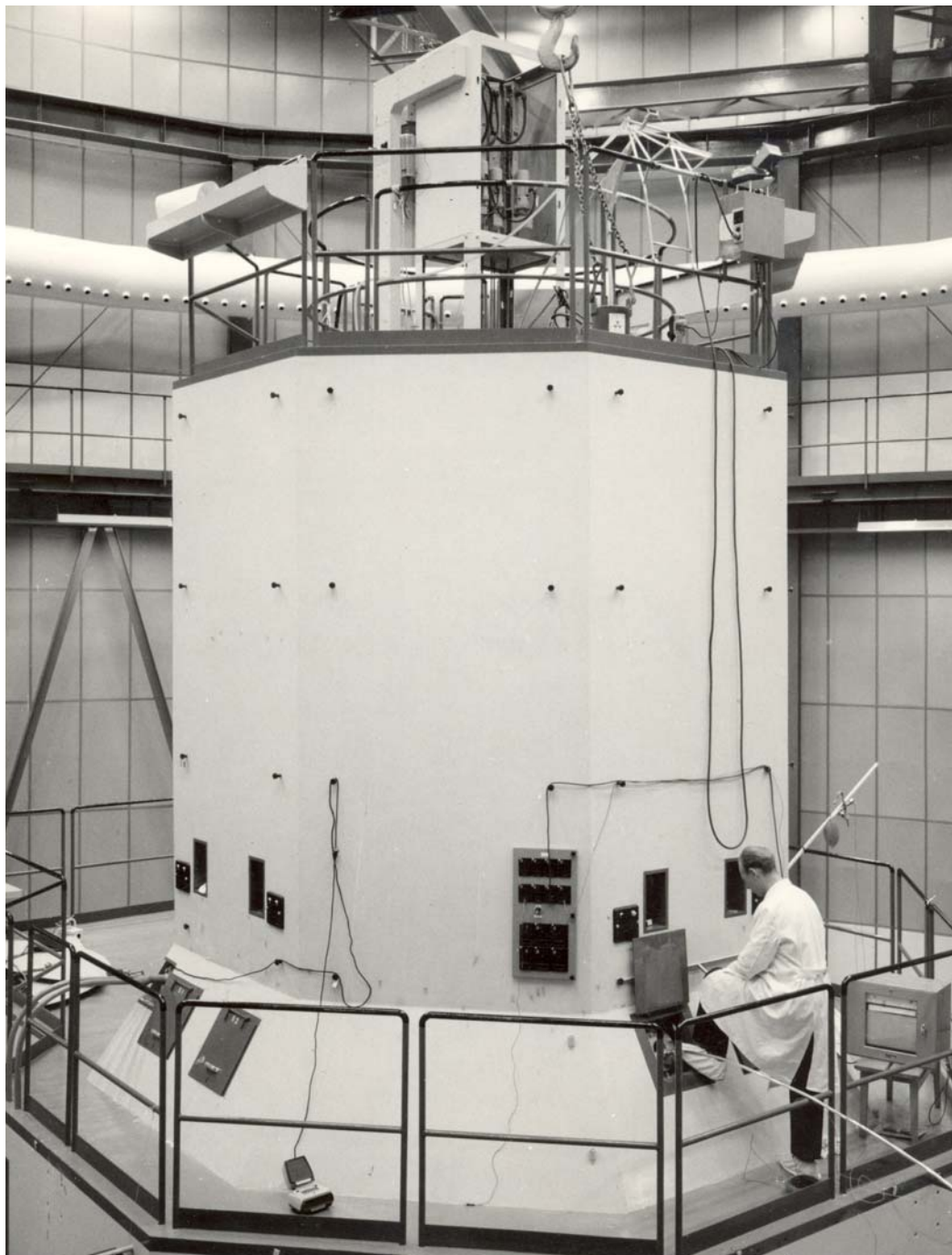
<sup>55</sup> Risø-M-2410, s. 3.

<sup>56</sup> Kruse 1960, s. 339.

<sup>57</sup> En beskrivelse af Nyreundersøgelse med hippuran findes her: <http://www.nuclearonline.org/PI/Mallinckrodt%20Hippuran.pdf>

omkring optagelse af Ca fra kosten og til diagnostiske bestemmelser af Ca-optagelsen i tarmen.<sup>58</sup>

### Isotopproduktionens billede a-z



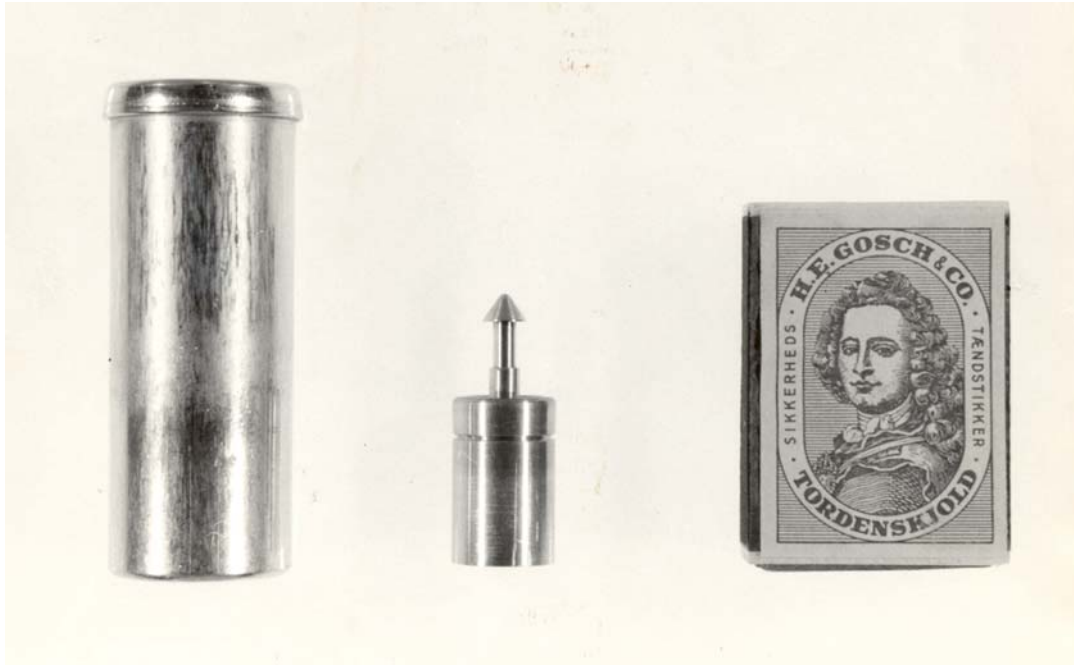
Figur 6. Isotoplaboratoriets leder, Kaj Heydorn udtager en prøve fra et af DR2's såkaldte S-rør. Disse forsøgsrør var vandfyldte og gik ned i reaktortanken endte i positioner lige uden for reaktorkernen. Det bestrålede materiale befandt sig i en lille dåse af aluminium, som var anbragt i en speciel holder for enden af en wire. Prøven blev først trukket netop så langt op i røret, at neutronbestrålingen ophørte, i hvilken position den skulle hvile i ca. ½ time til den kortlivede aktivitet var klinget af. Foto fra 1960, Steno Instituttets Billedsamling.

<sup>58</sup> *Brugerundersøgelse vedrørende leveringen af kortlivede isotoper*, Isotoplaboratoriet, 1996.



Figur 7. I umiddelbar forlængelse af fig. 6 viser dette billede den sidste del af proceduren for udtagning af prøver fra S-rørene. En ½ time efter endt bestråling var bestrålingsdåsen stadig stærkt radioaktiv, og arbejdet krævede derfor særlige beskyttelsesforanstaltninger. Prøven blev med en wire trukket op i en blycontainer afskærmet med 65 mm. bly, som på billedet er placeret ved forsøgsrørets munding. Containeren, der var så tung, at der skulle bruges en kran til at løfte den, var forsynet med en aftagelig bundprop (ses liggende på balkonen). Den siddende person er ingeniørassistent Poul Horsdal. Hele operationen blev overvåget med en transportabel strålingsmonitor af en (uidentificeret) helsefysiker. Foto fra 1960. Indsætning og udtagning af prøver skete ved handkraft og kunne foregå, mens reaktoren var i drift. Steno Instituttets Billedsamling.





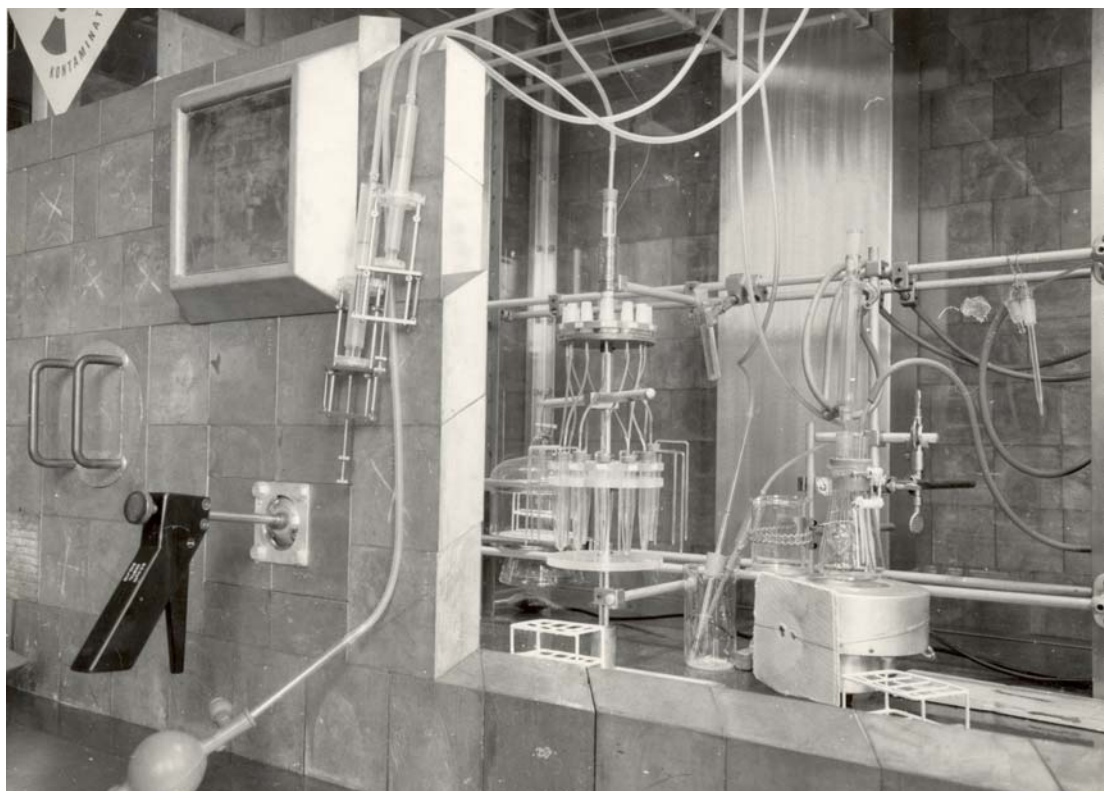
Figur 8. Standardbestrålingsdåser af aluminium til bestråling i DR2's S-rør (t.h.) og V-rør (i midten). Illustration fra 1960. Kilde: Steno Institutets Billedsamling.



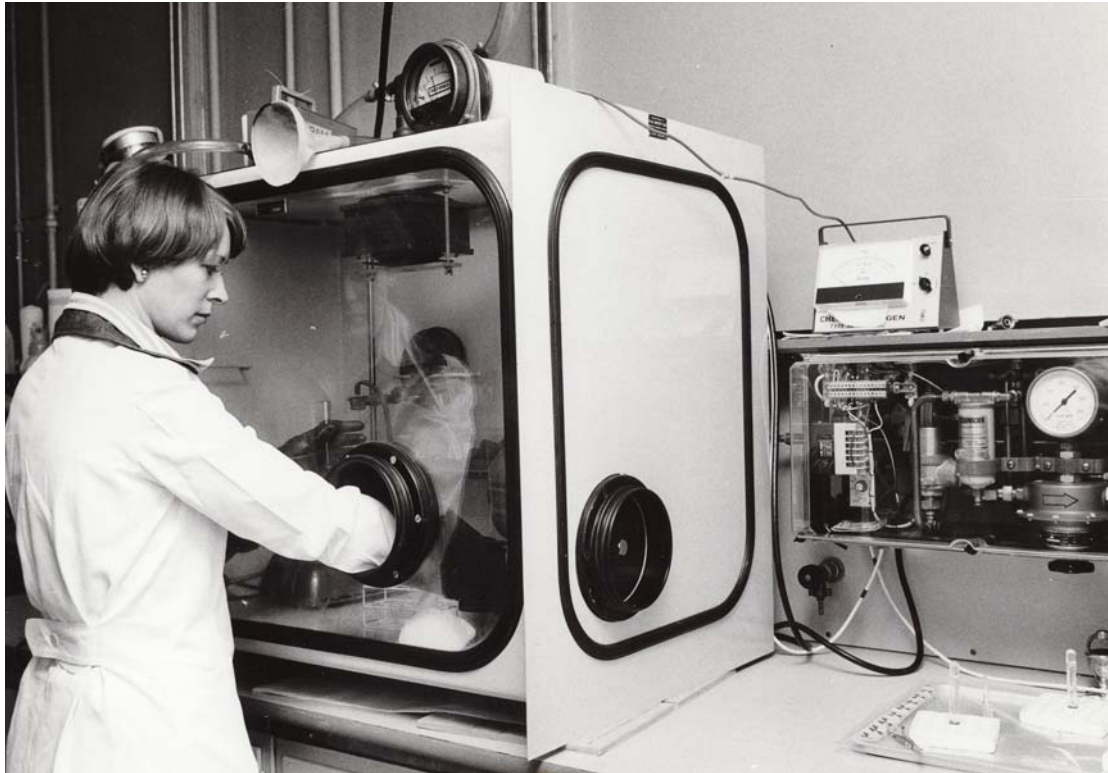
Figur 9. Isotoplaboratoriets sende/modtagestation for bestrålinger via rørpost. Til højre i billedet ses selve rørposten, som gik direkte over i DR2. I midten af 1960'erne blev der også indrettet en rørpostforbindelse til Risø's største reaktor DR3. Til rørpostbestrålinger var bestrålingsdåsen lavet af magnesium (en såkaldt "kanin"). Efter endt bestråling dumper den aktiverede prøve ned i en speciel vogn, der ses ved siden af blyvæggen. Med fjerngreb (såkaldt "telematisk udstyr") kunne det radioaktive materiale udtages af prøvebeholderen ved hjælp af manipulatorerne. Hele processen foregik bag en afskærmning på 10 cm bly, der skulle beskytte personalet mod beta- og gammastrålingen. En del af afskærmningen er fjernet, for at vi kan se ind i arbejdscellen Billede fra 1960, Steno Institutets Billedsamling.



Figur 10. Celle indrettet til radiokemisk separation af  $^{32}\text{P}$ , som er en ren beta-emitter. Der behøves derfor kun en afskærmning af plexiglas for at beskytte personen mod strålingen. Forskeren på billedet er civilingeniør Børge Kruse, som var ansvarlig for en stor del af laboratoriets isotoparbejde i de første mange år. Isotoplaboratoriet leverede fra starten i 1959 store mængder såkaldt carrier-free  $^{32}\text{P}$  til undersøgelser af afgrøders næringsoptagelse både på Risøs egen Landbrugsforsøgsafdeling og dets statslige forsøgsvæsen. Foto fra 1960. Steno Institutets Billedsamling.



Figur 11. Arbejds celle til brug ved syntese af pipsan mærket med den gammaaktive isotop  $^{131}\text{I}$  (omtalt i teksten). Pipsan blev brugt til bestemmelse af hormoner af medicinske forskere ved Københavns Universitet og var en af Isotoplaboratoriets specialiteter. Billede fra 1960. Steno Institutets Billedsamling.



Figur 12. Laboratorieassistent Anni Schultz Rasmussen håndterer radioaktivt mærkede forbindelser i handskekasse. Laboranterne på Isotoplaboratoriet var vanen tro udelukkende kvinder. Laboranter og teknikere var typisk dem, der modtog de største strålingsdoser. For gravide kvinder indebar dette et specielt problem, idet fostret er mest følsomt over for stråling i perioden inden graviditeten normalt kan konstateres. Foto fra 1970'erne. Risø's Billedarkiv.



Figur 13. Før forsendelse blev det radioaktive materiale emballeret i specielle blyfurede transportbeholdere og placeret midt i en trækasse med luft til alle sider. Trækasserne var designet til at møde de særlige internationale krav til transport af radioaktivt materiale. Personen på billedet er forsøgsassistent Mogens Offersen, som er i færd med at kontrollere strålingsniveauet med en transportabel strålemonitor af "cutie pie"-typen. Foto fra 1970'erne, Risø's Billedarkiv.



Figur 14. Efter pakning og kontrol blev de radioaktive leverancer transporteret til Roskilde station, Kastrup Lufthavn eller direkte til storkøbenhavnske brugere i Isotoplaboratoriets Taunus Transit, som var indrettet specielt til dette formål. Blandt brugerne af isotoperne fra Risø var universiteter, hospitaler og industrivirksomheder. Foto fra 1970'erne. Risøs Billedarkiv.

### Isotoplaboratoriet som forskningsmiljø

Allerede fra de første år drev laboratoriet en vis forsknings- og udviklingsaktivitet, som primært var knyttet til mærkede forbindelser. Det bedste eksempel herpå, er laboratoriets produktion af pipsan mærket med  $^{131}\text{I}$  og  $^{35}\text{S}$ . Stoffet blev i første omgang benyttet af en medicinsk forsker på Københavns Universitet, som brugte det til at bestemme visse hormoner (bl.a. østrogen) i stofmængder ned til nogle få nanogram. Isotoplaboratoriets bidrag bestod i at udvikle en ny og mere effektiv måde at syntetisere det mærkede pipsan. Arbejdet hermed indbragte senere en af laboratoriets medarbejdere en teknisk doktorgrad.<sup>59</sup>

Fra midten af 1960'erne optog laboratoriet en neutronaktiveringsanalytisk service. Aktiveringsanalyse er en måde, hvormed man kan bestemme en stofprøves indhold af grundstoffer både med hensyn til mængde og art. Når en prøve udsættes for intensiv neutronstråling i en reaktor vil atomkernerne indfange nogle af neutronerne, hvorved de omdannes til en række forskellige isotoper. Ved at måle prøvens gamma-spektrum kan man nu konstatere, hvilke radioaktive isotoper prøven indeholder og i hvor store mængder de er til stede. Ved at regne baglæns kan man nu bestemme prøvens oprindelige sammensætning. På den måde kan man bestemme selv meget små mængder stof. Aktiveringsanalyse er f.eks. velegnet til at bestemme sporstoffer – altså stoffer som kobber, selen og arsen, der normalt kun forekommer i meget små mængder i levende væv. Bestemmelsen af sporstoffer i biologiske materialer blev en af laboratoriets specialiteter og en stor del af Isotoplaboratoriets forskning i 1970'erne og 1980'erne omhandlede sporelementer og analysemetoder til bestemmelse heraf. Aktive-

<sup>59</sup> Heydorn 1960, s. 87; Risø-M-2410, s. 42.

ringsanalyse blev opfundet af Hevesy og Hilde Levi i 1936. Det var efter Anden Verdenskrig på IC, at man først beskæftigede sig kommercielt med dette område.<sup>60</sup>

Heydorn fortæller, at han selv begyndte at forske, efter at han i 1967 kom hjem fra et studieophold ved General Atomic i USA. I USA skulle han lære at lave aktiveringsanalyse og her opdagede han, at man sagtens kunne udføre forskning i et laboratorium, hvis hovedaktivitet var produktions- og servicefunktion. Heydorn lægger ikke skjul på, at Isotoplaboratoriet havde en ret lav status i Risøs interne hierarki. Der er næppe tvivl om, at succesfuld forskning var nødvendig, hvis laboratoriets status i Risøs organisation skulle forbedres.

I det medfølgende interview med Heydorn er der beskrevet to eksempler på, hvordan Isotoplaboratoriet gennem aktiveringsanalytisk arbejde blev inddraget i biokemisk og medicinsk forskning. Det ene drejer sig om årsagerne til den såkaldte *Blackfoot disease*, hvor laboratoriet blot lavede analyser. Det andet drejer sig om at bestemme den genetiske årsag til *Menkes sygdom*. Jeg skal ikke her gentage, hvad der bliver sagt i interviewet, men blot fremdrage nogle karakteristika ved denne type forskningsarbejde, som kan tjene til at karakterisere Isotoplaboratoriet som forskningsmiljø. Det var for det første karakteristisk, at Isotoplaboratoriets indsats inden for aktiveringsanalyse primært rettede sig mod det medicinske og biokemiske område. For det andet er det karakteristisk, at Isotoplaboratoriet ikke nøjedes med at udføre selve aktiveringsanalysen, men aktivt søgte at få indflydelse på, hvordan resultaterne blev tolket. Dette indebar, at laboratoriets videnskabelige medarbejdere indgik i et samarbejde med de forskere, der leverede prøverne, og derigennem blev optaget i rekvirenternes forskergruppe. Der var derfor ikke tale om et simpelt kunde-leverandør-forhold, men om et forskningsmæssigt samarbejde, hvor det blev diskuteret hvilke analyser der var nødvendige, hvordan de skulle fortolkes og i hvilken form og hvor resultaterne skulle publiceres. Isotoplaboratoriets medarbejdere kom på den måde til at publicere inden for mange forskellige felter. Der skete i disse tilfælde en slags *trade off*. Isotoplaboratoriets unikke aktiveringsanalytiske ressourcer (reaktoren, metodekendskab, laboratoriet) blev brugt til at skaffe laboratoriet direkte indflydelse på hvordan analyserne skulle fortolkes.



Figur 15. En af Isotoplaboratoriets måleopstillinger til aktiveringsanalytiske undersøgelser. Opstillingen kunne registrere op til 16.000 måleresultater samtidigt. Til behandlingen af disse resultater benyttede man bl.a. Risøs Borroughs B 6700 computer. Billede fra 1977. Steno Institutets Billedsamling.

<sup>60</sup> Korrespondance med Erik Somer, 28/3 2007.

Isotoplaboratoriet blev på den måde et kognitivt knudepunkt i et netværk, der forbandt Risøs reaktorfaciliteter med forskellige forskergrupper på universiteterne. Netværket forbandt Risøs reaktorer med alt lige fra medicinske problemer, vævsprøver fra ufødte fostre, taiwanesiske børn og engelske kålblade! Ud af det kunne der f.eks. opstå ny viden om genetisk betingede sygdomme. Reaktorfaciliteter, som oprindeligt var bygget til materialetestning og neutronfysik, blev med Isotoplaboratoriet i rollen som mediator en uundværlig ressource for helt andre forskningsfelter som genetik og biokemi. Isotoplaboratoriet selv blev en slags udvekslingszone (*trading zone*), hvor der kunne veksles ressourcer mellem forskellige discipliner, forskningsfelter og institutioner.

En stor del af den forskning, der er blevet udført på Isotoplaboratoriet har handlet om at udvikle specifikke aktiveringsanalytiske metoder og om at udvikle redskaber til fortolkning af analytiske resultater. Man inddelte i årene efter Anden Verdenskrig ofte forskningen i grundforskning og anvendt forskning. Den forskning, som Isotoplaboratoriet lavede, lader sig dog ikke indplacere i denne simple skematik. Når forskningen på isotoplaboratoriet fik karakter af grundforskning, var det som regel, fordi rekvirenterne eller laboratoriets egne folk var stødt på helt konkrete analytiske problemer, som kun kunne løses gennem forskning. Det betyder, at Isotoplaboratoriets forskning var anvendelsesorienteret grundforskning eller det, som man i samtidens jargon kaldte baggrundsforskning.

### "Vi skovlede nærmest silicium gennem reaktoren"

På et enkelt område kom Isotoplaboratoriet på Risø til at indtage rollen som international pioner og banebryder, nemlig gennem udviklingen af produktionen af NTD-silicium. Isotoplaboratoriets indsats inden for NTD-silicium er en spændende og unik innovationshistorie, der udviklede sig som et samspil mellem en privat virksomhed og et offentligt forskningsmiljø. Det er samtidig en historie om, hvor svært det i 1970'erne var at have en regulær produktion på en statslig forskningsinstitution og hvor svært det i praksis kan være at lave et offentligt-privat teknologipartnerskab. Det er altså en historie med mange moraler. Historien, som den fortælles her, er i hovedsagen baseret på filmen *NTD-Silicium: Fra forsøg til produktion* og på det medfølgende interview.

NTD står for *neutron transmutation doped*, eller som det hedder på dansk: neutron dote-ret. Dette kræver imidlertid en lille forklaring. Transistorer, integrerede kredse og andre elektroniske komponenter består af halvledermaterialer. Det kan f.eks. være silicium, som er gjort halvledende ved tilsætning (dotering) af små mængder fremmede stoffer som fosfor og germanium. Lige siden man i 1950'erne blev i stand til at lave transistorer og andre halvleder-komponenter, havde man benyttet kemiske teknikker til at dotere silicium. Ved høj temperatur er det nemlig muligt, at få fosfor til at diffundere ind i siliciumkrystaller. I slutningen af 1960'erne kom nogle forskere ved elektronikvirksomheden Siemens' forskningslaboratorium på den tanke, at man som et alternativ også ved hjælp af reaktorneutroner kunne dotere silicium. Silicium er næst efter ilt det mest almindelige grundstof på jorden. Det naturlige silicium indeholder tre stabile isotoper, hvoraf omkring 3 % er isotopen  $^{30}\text{Si}$ . Denne isotop kan ved indfangning af en langsom neutron omdannes til den ustabile  $^{31}\text{Si}$ , som ved udsending af en betapartikel vil henfalde til den stabile fosforisotop  $^{31}\text{P}$ . Henfaldstiden er ca. 2,6 timer. Ved at bestråle siliciumkrystaller med langsomme neutroner kan man derfor erstatte en nøje kontrolleret mængde Si-atomer med fosfor. Vigtigere endnu er det dog, at fordelingen af fosforatomer herved bliver helt jævn. Den konventionelle kemiske diffusionsteknik var ikke i stand til at give en helt jævn fordeling af fosforatomerne, fordi der altid vil være flest fosforatomer i overfladen af den behandlede krystal. NTD-processen er dog i virkeligheden mere kompleks, fordi der på grund af neutronstrålingen uundgåeligt opstår sidereaktioner, som danner nogle uønskede stoffer.

For at NTD-processen kan gennemføres, er man nødt til at have et meget rent produkt, da urenheder selv i meget små mængder vil skabe radioaktive stoffer, som gør det umuligt at benytte produktet til noget som helst. I begyndelsen af 1970'erne var producenterne af siliciumkrystaller blevet så dygtige, at de var i stand til at producere silicium med en renhedsgrad, der oversteg alle andre industrielle produkter. Teknikken dertil hedder zone smeltning (*float*

zone) og de rene Si-krystaller, der kommer ud af processen, kaldes FZ-silicium. Den danske virksomhed Topsil excellerede på dette område og var med helt fremme i verdenseliten. Topsil har fra firmaet blev etableret i 1960 specialiseret sig i at lave ultra rene enkeltkrystaller af FZ-silicium.

Topsils daværende udviklingschef H. Janus blev på en international konference, hvor også kraftkomponent virksomhederne ABB og ASEA deltog, opmærksom på de tyske forskeres arbejde. Da han igen var hjemme i Danmark, kontaktede han Kaj Heydorn på Isotoplaboratoriet for at høre, om de ville medvirke til at lave en forsøgsbestråling. Heydorn fortæller, at han i starten var meget skeptisk overfor denne tanke, da hans hidtidige erfaring fortalte ham, at det bestrålede Si ville være alt for radioaktivt til, at kunne benyttes til noget som helst. Men han var dog villig til at lave et forsøg.<sup>61</sup> Den 22. april 1974 indsatte Isotoplaboratoriets medarbejdere en lille Si krystal på ca. 50 g i den termiske kolonne på DR2. Efter 12 timer blev krystallen taget ud. Til alles overraskelse var den ikke særlig radioaktiv! Allerede fem dage senere kunne krystallen returneres til Topsil.

NTD-silicium var relativt dyrt i forhold til konventionelt kemisk doteret Si. Det betyder, at NTD-Si i dag hovedsageligt benyttes i elektriske komponenter, hvor der kræves særlig stor ensartethed, præcision og pålidelighed, som f.eks. højspændingsensrettere, -dioder og -thyristorer. De thyristorer, der bruges i den skandinavisk-danske 250 kV højspændings jævnstrømsforbindelse KontiSkan, er ifølge flere kilder produceret af NTD-Silicium, som har været en tur i Risøs DR3 reaktor.<sup>62</sup> Til kraftkomponenter spiller prisen en langt mindre rolle end i almindelig forbrugerelektronik.

Topsil var allerede på dette tidspunkt gennem et tysk firma ved at byde ind på leverancen af højspændingsensrettere til et stort amerikansk kraftværk, der var under opførelse. Der var altså potentielt et marked, hvilket var baggrunden for, at tyskernes forskning i første omgang interesserede Topsil. Dette er en vigtig pointe, fordi man ellers let kan komme til at tro, at historien om NTD-Si fra starten kun handlede om forskning og videnskab, hvilket bekræfter samlebåndsmodellen for innovation. Ret beset var det omvendt: Siemens-gruppens forskning blev interessant, idet det øjeblik, hvor Topsil så et marked for et produkt.

DR2 blev i de følgende måneder benyttet til at lave en mindre produktion, som skulle indgå i en produktion af prøvekomponenter, der skulle testes i USA. Prøveleverancen blev fuldført. Men så opstod der pludselig et højst uventet problem: Risøs ledelse besluttede nemlig i løbet af 1974 at lukke DR2 for bestandigt! Man havde dog ikke lige fået meddelt denne beslutning til Isotoplaboratoriet, som havde givet Topsil tilsagn om, at man var i stand til at bestråle firmaets silicium, hvis de gik hen og fik ordren til USA. Hvis Topsil fik sin ordre, ville Isotoplaboratoriet være i den pinagtige situation, at man ikke var i stand til at bestråle, hvorved begge parter ville miste deres professionelle og kommercielle troværdighed. Heydorn gik derfor nu til Risøs direktion og forlangte med det samme at få midler til at opbygge nye bestrålingsfaciliteter ved DR3. Direktionen var da også indstillet på, at der hurtigst muligt blev opbygget nye bestrålingsfaciliteter i DR3. Dog ikke til bestråling af silicium, som man i direktionen ikke havde nogen interesse i. Holdningen var rimeligvis den, at Risø som statsinstitution ikke kunne skyde penge beregnet til forskning ind i faciliteter til et privat firmas produktion. Året var 1975 og skillelinjen mellem offentlig og privat var trukket hårdt op. Topsil bevægede sig også dengang på fallittens rand, så de havde heller ikke selv penge til at finansiere en bestrålingsfacilitet.

I den situation valgte Heydorn at spille højt spil. Uden direktionens viden bestilte han ved Risøs konstruktionsafdeling sammen med de øvrige faciliteter også en siliciumbestrålingsfacilitet. Med den anden hånd lod han Topsil søge den statslige *Fondet til Fremme af Teknisk og Industriel Udvikling* om et beløb, der kunne dække regningen for fremstillingsarbejdet på Risøs værksted. Det var ikke på dette tidspunkt tilladt for forskerne på Risø at søge midler uden om direktionen. Til alt held klappede det hele i sidste ende, fordi Topsil både fik sin fondsbevilling og den første ordre på NTD-silicium. Topsil blev med Risøs hjælp det første firma i verden, der bragte NTD-Silicium på verdensmarkedet.

<sup>61</sup> NTD-Silicium: *Fra forsøg til produktion.*

<sup>62</sup> Se f.eks. NN 1982, s. 12.



Figur 16. *Mennesket og tyren*. I en blyafskærmet Si-flaske flyttes en færdigbestrålet Si-krystal fra det forsøgsrør, hvori den er blevet bestrålet til lagerområdet, hvor den skal stå til "afkøling" i en uges tid. Herefter er strålingsniveauet så lavt, at krystallerne kan håndteres med de bare næver. I reaktoroperatøernes jargon gik Si-flasken under navnet "den røde tyr", fordi den var så vanskelig at styre! Personen på billedet er reaktormester K. Bue Olsen. Foto fra sidst i 1970'erne. Risøs Billedarkiv.

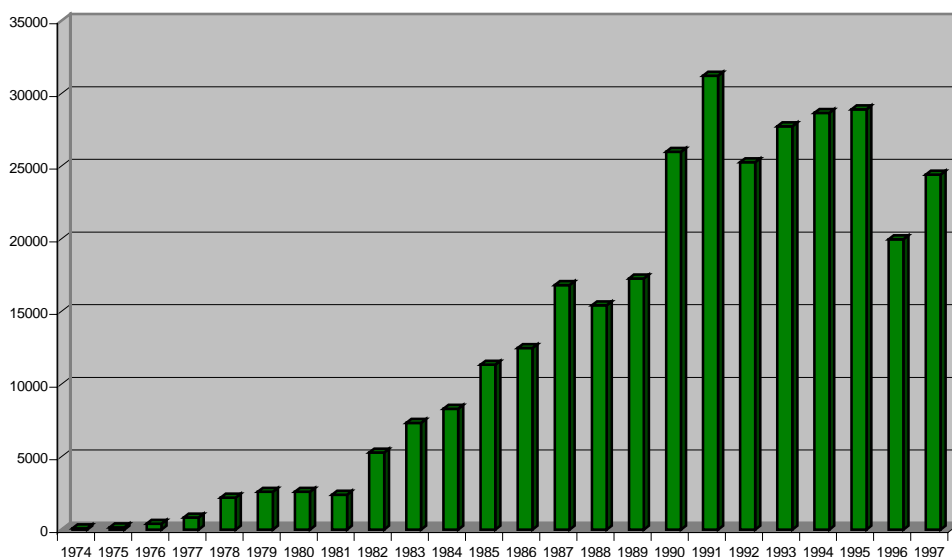
I løbet af de næste 25 år lykkedes det for Isotoplaboratoriet at opbygge en række bestrålingsfaciliteter og skaffe andre kunder end Topsil. Et af de forhold, der motiverede Isotoplaboratoriet til at skaffe nye kunder, var blandt andet, at Topsil i flere omgange gik fallit. De deraf følgende finansielle problemer for Risø er levende beskrevet i det medfølgende interview. I 1980 indgik man kontrakt med den tyske kemikoncern Wacker Chemie om bestråling af al deres silicium. Wacker var på dette tidspunkt en af de største spillere på siliciummarkedet. Året efter var Isotoplaboratoriet med ved kongehusets officielle besøg i Japan og fik herigennem en række vigtige kontakter i den japanske siliciumindustri. I de kommende år bestrålede Risø silicium for tre japanske kunder. I 1987 var man nået så vidt, at Isotoplaboratoriet lagde beslag på alle de lodrette forsøgshuller i DR3. Man bestrålede dette år i alt 16 tons Si, hvilket svarede til 95 % af kapaciteten på toppen. Man måtte altså se sig om efter endnu en facilitet. I 1990 rømmede fysikerne det første vandrette forsøgsrør, som dermed gav plads til den ekspanderende Si-bestrålingsforretning. I 1997-98 overtog man endnu et af de vandrette forsøgsrør. I de vandrette rør blev der opstillet avancerede anordninger, der automatisk fragtede Si-krystallerne ind og ud af reaktoren. Da produktionen i 1991 nåede sit højdepunkt og alle faciliteterne kørte på højtryk, bestrålede man i DR3 årligt lige omkring 30 tons silicium. Man skovlede simpelthen Si gennem reaktoren, som Heydorn fortæller. Man havde da faciliteter til at håndtere Si i størrelserne fra 2'' til 5''.

Indtægterne fra produktionen af NTD-Si overskyggede i de seneste år helt Isotoplaboratoriets øvrige indtægter fra salg af isotoper og isotopprodukter. Nogle tal kan belyse udviklingen i indtægter fra produktionen af NTD-Silicium: I 1981 nåede indtægterne for første gang op omkring 1 mio. kr og i 1984 rundede man 4 mio. kr. Den gennemsnitlige årlige indtægt fra

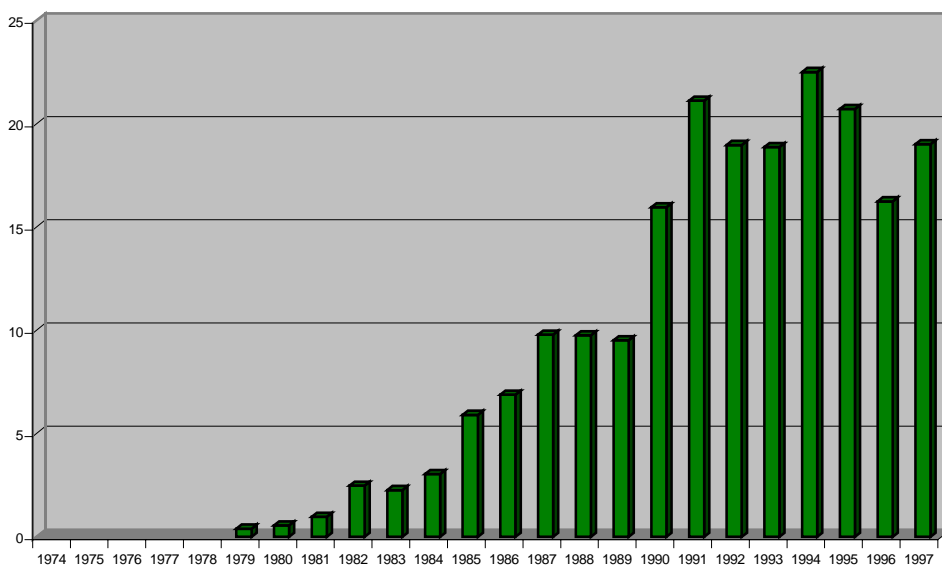


produktionen af NTD-silicium androg i perioden fra 1991-97 ca. 20 mio. kr.<sup>63</sup> De præcise data er givet i graf 3 og 4.<sup>64</sup>

Graf 3: Bestrålet silicium i kg 1974 - 1997



Graf 4: Indtægter fra NTD-Silicium 1974 - 1997 i mio. løbende kr



De folk, som jeg har talt med, siger samstemmende, at siliciumbranchen er præget af et enormt hemmelighedskræmmeri, hvilket gør det vanskeligt at bedømme omfanget af verdensmarkedet og de gældende priser. Det mest almindelige estimat er, at DR3 i 1990'erne bestrålede ca. 1/3 af verdensproduktionen af NTD-silicium.<sup>65</sup> Heydorn mener dog, at Isotoplaboratoriet i de første år (altså i 1970'erne) sad på helt op mod 95 % af verdensproduktionen og fastholder, at man selv i 1990'erne sad på halvdelen af markedet. Indtægterne fra denne produktion har dækket en betydelig del af driftsudgifterne ved DR3.

<sup>63</sup> Risø-M-2410, s. 7. Nielsen (red.) 1998, s. 375.

<sup>64</sup> Talmateriale og regnskabstal 1998, modtaget fra Kay Heydorn.

<sup>65</sup> NN 1982, s. 12. Samtale med civilingeniør Nils Hegaard 31/1 2007.

Hvordan gik det til, at Risø kunne fastholde denne internationale førerposition? Det mest åbenlyse svar er, at man på Risø arbejdede meget målbevidst med kvalitetssikring og kvalitetsudvikling. Produktionen blev således i 1993 ISO 9002 certificeret, som den måske første statsinstitution i Danmark. Et andet svar kunne være, at mange af de øvrige spillere på doteringsindustrien var universitetsreaktorer. Her havde man naturligvis ikke de samme traditioner og muligheder for at tænke i kommerciel produktion. På den måde havde Risø ifølge civilingeniør Nils Hegaard en klar konkurrencefordel. Selvom det ikke lå i kortene i 1970'erne, fik Risø nemlig i løbet af 1980'erne lært at tænke i kommercielle baner. En tredje forklaring er, at DR3 var en meget stabil og veldrevet reaktor, som gennem tiden kun har haft ganske få uplanlagte nedlukninger. På den måde var det måske et lykketræf, at DR2 blev lukket ned allerede i 1975.

### Atomalderen varer ikke evigt

I efteråret 2000 fik NTD-silicium produktionen en brat ende, da Risø ledelsen den 28. september besluttede at lukke DR3 med omgående virkning. Planen havde indtil da været, at reaktoren skulle køre til 2006, hvor reaktoren skulle lukkes. Baggrunden for lukningen var, at man i slutningen af 1999 havde konstateret en utæthed i et af reaktorens drænrør. Efter nogle undersøgelser blev skaden udbedret. Da reaktoren igen startede op i begyndelsen af 2000, var der imidlertid målinger, som indikerede, at selve reaktortanken muligvis også var læk. Reaktoren blev lukket og der blev igangsat en uvildig korrosionsundersøgelse, som dog ikke kom til noget endegyldigt resultat. Mens undersøgelserne stod på i sommeren 2000 gav forskningsminister Birte Weiss flere gange udtryk for, at hun helst så, at reaktoren lukket inden for en kort årrække. Risøs ledelse valgte i den situation at gøre nedlukningen af DR3 permanent og igangsætte forberedelser på at afvikle reaktoranlægget. Samtidig besluttede Risø at lukke samtlige eksisterende nukleare anlæg på Risø, hvilket var sammenfaldende med et strategisk skift, der indebar, at Risøs forskning i alternativ og vedvarende energi blev styrket.<sup>66</sup> En strategiændring, som ubetinget fandt støtte hos Birte Weiss.

Beslutningen om at lukke kom som en stor og meget ubehagelig overraskelse for dem, der brugte reaktoren til daglig.<sup>67</sup> Isotoplaboratoriet havde for nyligt indgået nye kontrakter med de japanske aftagere. Der blev på laboratoriet aktuelt opbevaret store mængder silicium, som man pludselig ikke var i stand til at bestråle. Man måtte ganske enkelt meddele aftagerne, at man ikke kunne opfylde kontrakterne. Det danske firma Topsil stod uden bestrålingsfacilitet, og måtte i hast se sig om efter udenlandske bestrålingsfaciliteter.

Med lukningen af DR3 mistede Danmark sin sidste facilitet til isotopproduktion og sagde dermed farvel til muligheden for at forsyne sine egne universiteter, sundhedsvæsen og erhvervsvirksomheder med isotoper. Samtidig mistede man en enestående teknologisk spidskompetence, som havde sikret landet et solidt fodfæste i en højteknologisk niche. Isotoplaboratoriet blev endeligt lukket i 2003, for så pludselig i 2005 at genopstå af asken under navnet Hevesy Laboratoriet. Det nye laboratorium producerer sine isotoper ved hjælp af en 16,5 MeV cyklotron og fokuserer på radiofarmaci og biomedicinske tracerer til hospitaler. Emnemæssigt er der hermed en vis kontinuitet med den lægemiddelproduktion, der ophørte i 1998.

Det var visionen om et fremtidigt højteknologisk industrisamfund, der i 1950'erne havde motiveret et næsten enigt korps af politikere til at sætte gigantiske summer ind i opbygningen af Risø. Når beslutningen om at lukke den store reaktor fire årtier senere ikke udløste et langtrukket slagsmål, var det et tydeligt symptom på, at industrisamfundet og tanken om national selvforsyning var gået fra fremtidsvision til romantik. Reaktorerne blev – uanset om det nu var berettiget eller ej - på dette tidspunkt associeret med ubehagelige og umoderne størrelser som affaldsproblemer, atomenergi og industrisamfundet. Affaldsproblemet var stadig uløst, atomenergi havde efterhånden i nogle år været i unåde og industriproduktionen var vi i færd med at sende til Kina.

---

<sup>66</sup> [http://www.risoe.dk/presse/06\\_dr3\\_nedlaegges.htm](http://www.risoe.dk/presse/06_dr3_nedlaegges.htm); Jf. også gennemgangen i denne rapport del 3.

<sup>67</sup> Samtale med civilingeniør Kirsten Andresen (22/9 2006) og Nils Hegaard (31/1 2007).

Hvis der skal spindes en kritisk ende på den historie, er det måske, at de som levede af reaktorfacillitterne havde glemt at fortælle almindelige mennesker, at forsøgsreaktorerne også havde mange og meget forskellige anvendelser. Man havde ikke fortalt, at forskerne med reaktoren som redskab havde løst årsagsgåden om Menkes Sygdom, at vi med hjælp fra NTD-silicium hver dag fik S-togene til at køre næsten planmæssigt og at forskerne ved hjælp af reaktoren havde bestemt neutronens halveringstid og meget, meget mere. I hvert fald havde man forsømt, at fortælle historierne højt nok. Det er ikke sikkert, at det havde ændret på det politiske resultat. Men det havde måske bevirket, at svaret på spørgsmålet om nedlukning havde været langt mindre selvindlysende for politikerne og befolkningen.

### "En blandet landhandel"

Isotoplaboratoriet er interessant, fordi dets arbejdsområde var præget af en enorm diversitet og spændvidde. Den kemiske oparbejdning og inkorporering i diverse forbindelser spændte over hele spektret af kemiske grunddiscipliner fra uorganisk kemi til biokemi. Laboratoriets arbejde spændte også over hele spektret fra praksis til teori - fra rutinemæssig produktion til grundforskning. Endelig blev de mærkede forbindelser og isotoperne benyttet i mange forskellige dele af samfundet.

I den internationale videnskabs- og teknologihistoriske litteratur har isotoper indtil for få år siden været et noget forsømt område. Men i de sidste 2-3 år er der i den internationale litteratur pludselig kommet voksende fokus på de engelske og amerikanske programmer for produktion og distribution af isotoper.<sup>68</sup> Den nyeste litteratur på området gør meget ud af at understrege isotopproduktionens industrielle og kommercielle karakter. Flere forfattere har bemærket den spænding, der opstod når militært orienterede forskningsorganisationer også skulle huse en kommerciel aktivitet som isotopdistribution. Dette gælder f.eks. Angela Creagers studie af AEC's isotopprogram.<sup>69</sup>

I Danmark havde man ikke denne konflikt. Området var i Danmark derimod præget af en anden konflikt. På den ene side havde man nemlig Risø, som i de første 25 år orienterede sig mod reaktorteknologisk F&U og fysisk grundforskning, mens man på den anden side havde Isotoplaboratoriets isotopproduktion, som orienterede sig mod sundhedsvæsenet, universiteterne og industrien. Isotoplaboratoriet havde med sin produktions-, distributions- og faktureringsvirksomhed svært ved at hævde sig i et miljø, hvor legitimitet og status blev skabt gennem forskningsresultater. Forskning var på Risø finere end forretning og drift. Der ses også en tydelig konfliktlinje mellem Risø som en stats- og embedspræget forsøgs- og forskningsinstitution og Isotoplaboratoriet som en kommerciel og erhvervsrettet aktør. Først da Risø-ledelsen i 1980'erne blev mere kommercielt orienteret bliver konfliktlinjerne gradvist udvisket.

Et gennemgående tema i Isotoplaboratoriets selvforståelse og selvhævdelse har været, at laboratoriet gennem sine aktiviteter utrættelig har arbejdet på "at konvertere de flest mulige reaktor-neutroner til samfundsnyttige produkter."<sup>70</sup> Siliciumproduktionen blev på samme måde promoveret som en lukrativ og værdiskabende "eksport af neutroner".<sup>71</sup> Der er ingen tvivl om, at Isotoplaboratoriet hele tiden har anset sig selv som en af afdelinger på Risø, der i særlig grad levede op til institutionens formål om at virke "til samfundets tarv".<sup>72</sup>

---

<sup>68</sup> Se f.eks. Creager 2004, Herran 2006 og Krige 2006.

<sup>69</sup> Creager 2004. Se især s. 149.

<sup>70</sup> Risø-M-2410, s. 1.

<sup>71</sup> NN 1982.

<sup>72</sup> Jf. Interview med Kaj Heydorn, f.eks. s. 39, 41 og 52.

## Litteratur

- Aaserud, Finn (1990) *Redirecting Science. Niels Bohr, philanthropy and the rise of nuclear physics* (Cambridge: Cambridge University Press).
- ATV (1987) *Akademiet for de Tekniske Videnskaber 1937-1987* (København: ATV)
- Berg, Ole (1960) "Radioisotopernes anvendelse i dansk industri og forskning", s. 331-334, i *Ingeniør- og Bygningsvæsen*, nr. 17, årg. 55.
- Bryrup, E. et al. (1960) "Om reaktormontage på Risø: DR 2-anlægget" s. 144-164, i *Ingeniøren*, nr. 4, årg. 69.
- Creager, Angela. N. H. (2004) "The Industrialization of Radioisotopes by the U.S. Atomic Energy Commission", s. 141-168, i Karl Grandin, Nina Wormbs & Sven Widmalm (eds) *The Science – Industry Nexus, History, Policy, Implications* (Sagemore Beach (MA): Science History Publications/USA).
- Clausen, Thomas (2007) *NTD Silicon for Power Electronics* (Topsil) Netdokument: <http://www.siliconquest.com/eng/products/Topsil%20NTD%20Applnote.pdf>
- Hegelund, Jørgen (1954) "Radio-isotoper", s. 239-240, i *Ingeniør- og Bygningsvæsen*, nr. 18, årg. 49.
- Herran, Nestor (2006) "Spreading Nucleonics: The Isotope School at the Atomic Energy Research Establishment 1951-67" s. 569-589, i *BJHS* årg. 39, vol 4.
- Hevesy, George de (1944) "Some applications of isotopic indicators", Noble Lecture, December 12, 1944. [http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1943/hevesy-lecture.pdf](http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1943/hevesy-lecture.pdf)
- Heydorn, K. (1960) "Production of radioisotopes in Denmark", s. 78-87, i *Ingeniøren, International Edition*, vol. 4.
- Heydorn, K. (1966) "Industriell anvendelse af radioaktive isotoper fra Risø", s. 377-385, i *Ingeniør- og Bygningsvæsen*, nr. 15, årg. 61.
- Heydorn, K. og H. Levi (1979) *Radionalytical Chemistry in Denmark. A Bibliography 1936-1977* (Roskilde: Risø National Laboratory).
- Kraft, Alison (2006) "Between Medicine and Industry: Medical Physics and the Rise of the Radioisotopes 1945-65", s. 1-35, i *Contemporary British History*, vol. 20, nr. 1.
- Krige, John (2006) "Atoms for Peace, Scientific Internationalism, and Scientific Intelligence", s. 161-181, i *OSIRIS*, vol. 21.
- Kruse, B (1960) "Radioaktive Isotoper fra Risø", s. 335-340, i *Ingeniør- og Bygningsvæsen*, nr. 17, årg. 55.
- Lund, Alf. 1959. Isotoper i medicinalindustrien, s. 15-21, i *Medicinsk Forum*, årg. 12.
- PM (1956) "Isotopcentralen – og industrien", s. 402-403, i *Tidsskrift for Industri*, årg. 57.
- Marcus, Franz (1997) *Half a Century of Nordic Nuclear Co-operation. An insider's Recollections* (Roskilde: NKS Sekretariatet).
- Nielsen, Henry, Keld Nielsen, Flemming Petersen, Hans Siggaard Jensen (1998) *Til samfundets tarv – Forskningscenter Risøs historie* (Roskilde: Risø National Laboratory)
- Nielsen, Karl O. (1959) "Reaktor DR2 bliver nu sat i regelmæssig drift", s. 9, i *Ingeniørens Ugeblad*, nr. 47, årg. 3, 21/11 1959.
- NN (1982) "Eksport af neutroner", s. 12-13, i *Årsberetning. Forsøgsanlæg Risø*.
- Schmidt-Nielsen, Bodil (1997) *August og Marie Krogh. Et fælles liv for videnskaben* (Kbh.: Gyldendal).
- Sevel, Torben (1976) "20 år med isotopteknik", s. 24-25, i *Ingeniøren*, årg. 2, nr. 17.
- Sevel, Torben (1978) "Isotopcentralen/ATV: en præsentation", s. 143-148, i *Stads- og havneingeniøren*, årg. 69, nr. 7.
- Somer, Erik (1956) "Radioaktive isotoper og industrien", s. 255-257, i *Tidsskrift for Industri*, årg. 57.
- Somer, Erik (1957) "Radioaktive isotoper i industrien", s. 189-194, i *Ingeniør- og Bygningsvæsen*, nr. 11, årg. 52.
- Somer, Erik (1959) "Nu kommer de første danske isotoper fra Risø", s. i *Ingeniørens Ugeblad*, nr. 47, årg. 3, 21/11 1959.

## Hellere nr. 1 på *Isotoplaboratoriet* end nr. 2 i *Direktionen!*

- et erindringsinterview om arbejdet på Isotoplaboratoriet med dets leder gennem 40 år, civilingeniør, dr. techn. Kaj Heydorn.

Interviewet fandt sted mandag 15/1 2007 på Kaj Heydorns kontor på Kemisk Institut, DTU.

Henrik: Vi skal tale om Isotoplaboratoriets historie og vi har her forinden uformelt snakket om din uddannelsesmæssige baggrund og den måde, hvorpå du endte på Risø. Det vil jeg gerne lige samle op på først.

Baggrund Heydorn: Jeg er fabrikingeniør - dvs. kemiker - fra Den polytekniske Lærestalt årgang 1954. Født i 1931. Mit første job var på Dansk Sojakagefabrik, hvor jeg arbejdede under laboratorieforstander, dr. techn. Per Søltøft. Der er en lille historie her, som jeg gerne vil tilføje. På Sojakagefabrikken ansatte man egentlig kun kemikere, som havde fået udmærkelse til eksamen, hvilket jeg desværre ikke havde. Men til kandidatfesten på Hagemanns Kollegium havde jeg en direktørfrue til bords. Jeg må have gjort indtryk på hende, for der blev pludselig åbnet en dør for mig. Efter en kort tid på Sojakagefabrikken blev jeg indkaldt som værnepligtig til Civilforsvarskorpset (CF). Da Per Søltøft netop på dette tidspunkt blev tildelt et professorat i teknisk kemi på Polyteknisk Lærestalt, forlod han og jeg laboratoriet nogenlunde samtidigt. Efter et kort ophold ved CF-kolonnen i Thisted blev jeg sendt på CF-skolen ved Bernstorff Slot i København, hvor jeg skulle uddannes til befalingsmand. Det var i efteråret 1954. Efter kort tid blev jeg dog udpeget til assistent for professor, dr. phil Jørgen Koch på Københavns Universitets Institut for Teoretisk Fysik (UITF), eller som det jo hedder i dag Niels Bohr Institutet. Jørgen Koch var konsulent for Civilforsvarsstyrelsen vedrørende kernevåben og beredskab, og på basis af eksisterende oplysninger om atombombens virkninger - "Effect of Atomic Weapons" fra 1950 - havde han brug for en assistent til udførelse af beregninger, der kunne støtte vurderingen af virkningerne af den langt kraftigere brintbombe, der var bragt til eksplosion på Bikini-øerne i foråret 1954. Det var min første kontakt med det miljø, som dannede grundlag for og tog initiativ til nedsættelsen af Atomenergikommissionen (AEK) i 1955, altså personkredsen omkring Niels Bohr. AEK's Sekretariat blev ledet af Christian L. Thomsen, og havde til huse i en barak i Institutets baghave. Jeg blev ret hurtigt gode venner med Christian L. Thomsen, der spurgte mig om ting, som han ikke ville ulejlig professorerne med.

Bohrs Institut

AEK

AEK flyttede senere ind i Ridebanefløjten ved Christiansborg, og i foråret 1956 indrykkede man en bredt formuleret annonce i aviserne, hvor de søgte om civilingeniører, cand. mag'er osv. til forefaldende arbejde i forbindelse med opbygningen af det forsøgsanlæg, som man havde tænkt sig at etablere på Risø. Inspireret af Chr. L. Thomsen reflekterede jeg på denne annonce, og i maj 1956 blev jeg kontaktet af professor Otto Kofod-Hansen, som havde kontor på Institutet næsten lige ved siden af mit eget, men som lige var blevet ansat af AEK. Han fortalte mig, at han gerne ville ansætte mig sammen med to andre til at kortlægge det eksisterende radioaktivitetsniveau på Risø og dets omgivelser. I sit eget "dollargrin" kørte han os alle tre til Risø, hvor han viste os området og de bygninger, som var derude. Heriblandt en villa, kaldet "Lodsens hus", hvor vi skulle indrette os, så snart jeg kunne tiltræde.

Henrik: Havde du på dette tidspunkt stiftet bekendtskab med radioisotoper og tilgrænsende emner?

Heydorn: Absolut! Jørgen Koch var jo chef for og ophavsmand til den elektromagnetiske isotopseparator, som tillige med instituttets gamle cyclotron og nye Van de Graaf anlæg blev brugt ved fremstilling af både radioaktive og stabile isotoper. Siden Hevesy's ophold på

Instituttet før Anden Verdenskrig havde isotoper været et hovedemne både for Jørgen Koch og de øvrige eksperimentalfysikere. I den korte periode fra min hjemsendelse fra CF og til min tiltrædelse ved AEK var jeg rent faktisk ansat på Instituttet som Koch's videnskabelige assistent.

Henrik: Og på Den polytekniske Lærestanstalt?

Heydorn: Der beskæftigede man sig, så vidt jeg erindrer, ikke med radioaktivitet.

Henrik: Havde du været i udlandet på dette tidspunkt?

Risø

Heydorn: Når jeg i foråret 1956 blev engageret næsten fra den ene dag til den anden, så var det især fordi, målingen af radioaktiviteten i Risø-området skulle være afsluttet, allerede inden den første reaktor, DR1, ankom til Risø. Og det var jo planen, at den skulle komme allerede inden for et år. Derfor var der ingen tid at spille. Det var bare med at komme i gang med det samme. Sammen med de to fysikere var vi de første videnskabelige medarbejdere på Risø overhovedet. Vi måtte praktisk talt opfinde alting selv, og der var heller ikke rigtig tid til at finde ud af, hvad de havde gjort andre steder. Det var bare med at køre derud af. Men vi fik vores rapport færdig i løbet af det år; den udkom – på dansk – i juni 1957 som Risø rapport no. 1.

I mellemtiden havde AEK ansat dr. Cecil F. Jacobsen som leder af Kemiafdelingen på Risø, medens Kofoed-Hansen var leder af Fysikafdelingen. Trods et ganske udmærket forhold til Kofoed-Hansen havde jeg klart tilkendegivet, at jeg som kemiker ikke nærrede noget ønske om at fortsætte som en slags pseudo-fysiker, men gerne ville over i Kemiafdelingen. Vi var jo karakteristisk nok ansat til forefaldende arbejde, og under en samtale med Cecil Jacobsen snakkede vi derfor om, hvad han havde brug for og hvad jeg kunne tænke mig. Jeg fortalte, at jeg gerne ville arbejde med isotoper. Fint sagde han, så kan De gå i gang med at opbygge et isotoplaboratorium.

Isotoplaboratoriet

Henrik: Er det virkelig sådan det foregår?

Heydorn: Ja, lige præcis sådan går det til. Han indviede mig derpå i planerne for Isotoplaboratoriet: hvor på Risø det skulle ligge og hvor stort det skulle være. Det skulle ligge tæt på den store amerikanske reaktor DR2, hvortil der allerede var afsat plads. Derudover måtte jeg altså selv finde ud af det. Det var jo også den fremgangsmåde, som jeg allerede var vant til fra arbejdet med kortlægning af radioaktiviteten på Risø. Medens det som nævnt var givet, hvor laboratoriet skulle ligge og hvor stort det skulle være, var der selvsagt ikke nogen diskussion om, hvad vi skulle lave. Simpelthen: forefaldende arbejde!

Nu gjaldt det bare om at få bygget et laboratorium til forefaldende arbejde med radioaktive isotoper, og det måtte jeg så selv prøve at finde ud af, hvordan man gjorde. Det resulterede i mange interessante konstruktioner, som helt sikkert ikke havde været lavet tidligere. Men når man er alene om tingene og ikke har nogen at spørge – ja så spilder man jo til gengæld ikke meget tid med ørkesløse diskussioner – så laboratoriet blev alligevel færdigt til tiden: samtidig med DR2.

Henrik: Du har ikke været så forfærdelig gammel på det tidspunkt.

Heydorn: Da jeg påbegyndte indretningen af Isotoplaboratoriet var jeg 26 år, men det var overhovedet ikke noget problem, og jeg var på ingen måde hæmmet af det. Det var nu altså stilen dengang, at man kastede folk på hovedet ud i et eller andet og så håbede man på, at de kunne finde ud af det.

Henrik: Havde du internationale forbilleder eller modeller at bygge laboratoriet op om?

- Indretning af laboratoriet
- Heydorn: Allerede i sommeren 1957 aflagde jeg et endags besøg på ”The Radiochemical Centre” (RCC) i Amersham, hvor man havde arbejdet med radioaktivt materiale siden 1940 og hvor jeg fik lejlighed til at konferere mine ideer med erfarne folk. Men ellers var filosofien dengang som nu, at det, vi opfinder her i landet, nu engang er bedre, end det man har fundet på andre steder. Den filosofi har spillet en stor rolle i Risøs udviklingshistorie.
- Jeg kom jo fra Niels Bohr Instituttet og der vidste man jo alt om radioaktivitet, så hvorfor skulle vi spørge nogen om noget? Så nej, grundlæggende er Isotoplaboratoriets indretning opbygget helt fra grunden af efter de ideer, som jeg kunne hente ved at læse forskellige rapporter og naturligvis også på basis af mit tidligere arbejde indenfor kemien på Lærestalten, Sojakagefabrikken og FDB’s centrallaboratorium i Århus. Jeg arbejdede under mit studium hver sommerferie et nyt sted og havde derfor nogle ideer om, hvordan et ordentligt laboratorium skulle se ud. At det så også skulle bruges til radioaktivitet – nå ja det blev taget som en ekstra udfordring. Og jeg tror nok, jeg kan sige, at der ikke fandtes noget laboratorium, der minder om Isotoplaboratoriet... Men i det store og hele har det tjent sit – ikke nærmere specificerede - formål rimelig godt. Den første leverance af radioaktivt materiale fra Isotoplaboratoriet fandt sted december 1959.
- Studiekreds
- På basis af de erfaringer, som jeg havde gjort og de ideer jeg havde fået afprøvet, var jeg i 1958 en meget aktiv deltager i Dansk Ingeniørforenings Fabrikkeringsgruppen ”Studiekreds i indretning af laboratorier”. Netop i denne periode blev der bygget mange nye laboratorier i Danmark, og på kredsens foranledning skrev jeg sammen med to kolleger – ing. dr. Klaus A. Singer, der senere blev underdirektør på Risø og mag. scient. J. Wangel fra Retsmedicinsk Institut - et kapitel om indretning af isotoplaboratorier til en bog, der blev udsendt af Ingeniørforeningen. Heri redegjordes for mine ideer.
- Henrik: Var der innovative løsninger i selve laboratoriedesignet?
- Celledesign
- Heydorn: Indretningen af selve arbejdspladserne for radioaktivt arbejde blev baseret på et originalt design af celler – traditionelt omtalt som stinkskebe. En enkelt har sågar overlevet den totale ombygning af laboratoriet, der fandt sted for ganske nylig i forbindelse med etableringen af Hevesy Laboratoriet i 2005. Eftersom jeg på design tidspunktet kun havde en uklær forestilling om, hvad det ”forefaldende arbejde” måtte komme til at omfatte i de kommende år, gjaldt det om at maksimere fleksibiliteten samtidig med at sikkerheden på intet tidspunkt måtte komme i fare. Som materiale valgte jeg en ganske ny type rustfri stål (AVESTA 832SK) med et indhold af molybdæn på grund af dets forventede bedre korrosionsbestandighed; dette materiale var ganske dyrt og desuden vanskeligt at bearbejde. Atomenergikommissionens Forretningsudvalg under forsæde af departementschef H.H. Koch - broder til Jørgen Koch – var imidlertid helt indforstået med at Isotoplaboratoriet skulle have de bedst tænkelige arbejdsbetingelser. Næsten 50 år senere kan vi konstatere, at stålets overflade trods de mange års radiokemisk anvendelse fortsat er uden synlig korrosion!
- I princippet ville vi ikke lade os binde af, hvordan andre havde løst et problem; det var den nationale linje. Grundlæggende finder jeg det tiltalende at gøre tingene på en ny måde: det binder ens tankegang, hvis man altid starter med at studere, hvad andre har lavet. Efter min mening skal man først og fremmest gøre sig sine egne tanker – og først derefter gå ud og se, hvad de andre har gjort, så man kan undgå allerede erkendte fejltagelser! Det er også en god regel i videnskab: Hvis man vil ligge i spidsen, kan det altså ikke nytte altid at gå i de andres fodspor. Dette princip har i og for sig altid været grundlaget for Risøs arbejde: Hvorfor spørge de andre? Vi gør det bare meget bedre selv!
- I de første mange år efter laboratoriets færdiggørelse havde vi derfor en tæt strøm af besøgende. Nu sagde jeg nok, at der ikke var noget laboratorium, der lignede Isotoplaboratoriet, men måske har nogle af gæsterne hentet lidt inspiration. Sådan skal det naturligvis også være. Den bog, som vi skrev i studiekredsen, blev i hvert fald læst ét sted, nemlig på Carlsberglaboratoriet. Da jeg adskillige år senere blev inviteret til indvielsen af Carlsberglaboratoriets iso-

toplaboratorium fortalte bygherren mig, at det var bygget 110 % efter det, som var skrevet i kapitlet om bygning af isotoplaboratorier. Alle idéer og løsninger var simpelthen taget op og perfektioneret. Carlsberglaboratoriet havde det ligesom Risø i gamle dage: Når de byggede noget, skulle det simpelthen være verdens bedste. Så det gjorde de. De ting som vi havde lært under vejs, og som ikke var implementeret på mit eget laboratorium, var med i kapitlet og dermed i byggeriet.

Henrik: Der er vel også ting, der går galt, når man følger den metode?

Heydorn: Når man satser på at være med fremme i fronten, er risikoen for, at noget går galt, naturligvis større, men hvis det viste sig ikke at være godt nok, hvad vi lavede – ja så måtte vi jo finde ud af at gøre det bedre. Vi husker – heldigvis – bedst succeserne!

Vi, der fik lejlighed til at være med i opbygningen af Risø havde en helt fantastisk chance for at få prøvet vore ideer af, og skam få den, der ikke benyttede sig af denne enestående mulighed. Det er uendelig meget vanskeligere at få gennemført selv åbenbare forbedringer af noget eksisterende end at skabe noget nyt fra grunden af!

Alle mennesker er lidt konservative og vil helst gøre tingene på den måde, de er vant til. MEN igen havde vi den fordel, at ingen var vant til at arbejde med radioaktivt materiale og var derfor indstillet på at arbejde på en måde, som de ikke havde prøvet før.

Blysten

Du har i oplægget lagt vægt på forholdet til industrien: En af de konkrete ting, der skabte problemer under opbygningen af laboratoriet, havde at gøre med leverancen af de blysten, som vi benyttede overalt i laboratoriet. Vi opbyggede meterhøje vægge rundt om arbejdscellerne til beskyttelse mod stråling. De brugtes også ved reaktorerne, hvor du sikkert har set dem. De har en karakteristisk vinklet form således, at de kan stables op og derved danne en stiv væg uden bindemiddel

Henrik: Jeg kender dem godt. Vi har faktisk fået en 10-12 stykker af netop de blysten. De er vel 4" i tykkelsen.

Heydorn: De er ret gode til at illustrere, hvordan man arbejdede på Isotoplaboratoriet. Vi brugte dem både i 2" og 4" tykkelse. Det var den engelske atomforsøgsstation Harwell, som i sin tid opfandt dem, men konstruktionstegningerne var frit tilgængelige. Blandt Risøs opgaver var jo at ruste den danske industri til at udføre specielle opgaver, hvorfor vi henvendte os til metalvarefabrikken Paul Bergsøe & Søn. Det var populært at arbejde sammen med Risø dengang, og det var jo en større sag med disse sten; så de ville gerne være med. Jeg sendte dem så specifikationer og bestilte 60 tons blysten fordelt på alle de mange forskellige typer. Alle skulle støbes meget nøjagtigt i den korrekte form og med den tolerance, som jeg havde specificeret. Hvis den konkave vinkel var blot lidt større end den konvekse, ville muren ikke være stabil, fordi stenene kunne stå og vippe. Det ville være sikkerhedsmæssigt ganske ufor-svarligt.

Da den første leverance på adskillige tons ankom, kunne jeg desværre hurtigt konstatere, at vinklen ikke passede til specifikationerne. Men at kontrollere alle sten ville være uoverkom-meligt. Vi indførte derfor en ny statistisk metode udviklet i USA under Anden Verdenskrig – sekventiel prøvning - til at foretage kvalitetskontrol på partiet. En af fordelene ved denne metode var, at hvis man ved tilfældig udtagning fra et parti på 1000 sten kunne finde en sekvens på tre sten, som ikke levede op til vore specifikationer, så kunne man kassere hele partiet. Det havde de godt nok lidt svært ved at forstå ude på støberiet, men firmaets udviklingsingeniør, Niels F. Gram, der var min counterpart, lod sig overbevise, og det endte med, at de tog hele partiet tilbage. Alle senere partier blev underkastet en 100 % kontrol af firmaet selv – inden afsendelsen. Det var før ISO 9000 blev opfundet. Som senere underdirektør blev Niels Gram hos Paul Bergsøe & Søn lige til lukningen i 1985 og var i øvrigt æresmedlem af Dansk Metallurgisk Selskab. Han var i en periode Præsident for Akademiet for de Tekniske Videnskaber, hvor du måske er stødt på hans navn.



- Isotoppolitik      Henrik: Du har fortalt, at det var Cecil Jacobsen, der nærmest personligt gav dig den opgave at opbygge et isotoplaboratorium. Var der ikke nogen bag ved eller på niveauet over, der havde gjort sig nogle tanker vedrørende dette område?
- Heydorn: Det tvivler jeg meget stærkt på. I hvert fald har man aldrig delagtiggjort mig i slige tanker. Derimod blev det hen ad vejen yderst vigtigt at fortælle mig alt det, som jeg ikke skulle gøre!
- Henrik: Hvad var det, der gjorde dette område attraktivt for en ung ingeniør? Hvorfor valgte du personligt isotopområdet?
- Heydorn: Jeg så jo de enorme muligheder, der var for anvendelsen af isotoper på en lang række områder. Men man må også huske på, at det jo også var et område, der var klassisk herhjemme. Der var jo i Danmark en lang tradition for isotoparbejde, ikke mindst med Heve-sys arbejde før Anden Verdenskrig.
- Henrik: Og hvordan så det ud efter krigen?
- Heydorn: Ja man må jo nok sige, at under Anden Verdenskrig faldt det til næsten nul og efter krigen begyndte indsatsen først at stige igen, da vi startede på Risø. Jeg lavede for en del år siden sammen med Hilde Levi en undersøgelse [Risø Report 401], som viser at indsatsen på det nærmeste gik i stå under krigen og det varede et stykke tid, før arbejdet rigtig kom i gang igen. Min egen vej gik jo også gennem Civilforsvaret, via Niels Bohr Instituttet og så til AEK.
- Isotoper i DK før DR2      Henrik: Hvordan var forsyningssituationen med isotoper herhjemme før DR2 gjorde os i stand til at levere flere selv?
- Heydorn: På Blegdamsvej har man altid lavet sine egne isotoper, og det blev man også ved med i lang tid. Det var Jørgen Koch og Karl Ove Nielsen der stod for det...
- Henrik: Karl Ove Nielsen, den første reaktorchef på DR2...
- Heydorn: Netop! Jeg kendte ham jo allerede inde fra UITF, hvor instituttets mangeårige internationale samarbejde gjorde det muligt at fremskaffe, hvad man havde brug for, hvis man ikke selv kunne lave det. Hospitalerne var allerede langt fremme med anvendelsen af isotoper, men måtte nøjes med det, som man kunne få fra udlandet. Her var det frem for alt RCC i Amersham og IFE i Norge, der havde betydning. Norge byggede jo længe før Danmark en reaktor i Kjeller uden hjælp fra stormagterne. De bestemte derfor selv, hvordan den skulle være, og omvendt af situationen herhjemme var deres reaktor nærmest bygget til at fremstille isotoper. Norge var helt klart en hovedleverandør af radioaktive isotoper, længe før Risø blev til.
- Norge      Dette fik betydning da vi selv startede: Der var som sagt mange, der gerne fortalte os hvad vi ikke skulle gøre, og det var ganske klart fra begyndelsen, at vi ikke skulle konkurrere med Norge.
- Henrik: Fra officielt hold?
- Heydorn: Hvad jeg her siger, at vi ikke måtte, det var officielt. Hvad jeg måtte, måtte jeg så selv finde ud af. Men det var som regel klart, hvad jeg ikke måtte: Jeg måtte ikke gå nord-mændene i bedene.
- Henrik: Hvorfra fik du det at vide?

Heydorn: Det fik jeg at vide af min chef Cecil Jacobsen. Isotoplaboratoriet var jo i de første mange år en selvstændig sektion hørende under Kemiafdelingen. Det var ikke meningen at vi skulle konkurrere med eksisterende leverandører, men koncentrere os om at levere det, som man ikke kunne få andre steder fra. Det måtte jeg indrette mig efter – og det gjorde jeg gerne!

Henrik: Hvad var egentlig grunden hertil? Var det pga. officielle handelsaftaler...

Heydorn: Nej, snarere på grund af uofficielle aftaler

Henrik: ... eller venskaber?

Holdning til  
kommerciel  
virksomhed

Heydorn: Det tror jeg ikke. Hvad der lå bag, var nok snarere – hvis du erindrer mine sidebemærkninger i silicium-filmen – at det lå Atomenergikommissionen fjernt at bedrive kommerciel virksomhed. Hverken AEK's formand, Niels Bohr eller formanden for det magtfulde Forretningsudvalg, H.H. Koch, kunne tænke sig at sætte ressourcer af til at gå ind på et marked, hvor der i forvejen var andre. Det fandt man slet ikke nogen grund til, og jeg var for så vidt ganske enig heri.

Jeg måtte derfor satse på at lave nogle ting, som man ikke kunne få andre steder fra, og her var den logiske konklusion, at vi måtte koncentrere os om at fremstille kortlivede isotoper! Isotoper med halveringstid på et par timer eller derunder kan i praksis ikke leveres fra udlandet. I de første mange år bestræbte vi os derfor på at dække et behov for en række kortlivede isotoper, hvilket jo i sig selv var noget nyt og gav adgang til radioaktive isotoper, som man slet ikke havde kunnet få før. Dette var tillige et glimrende argument over for Forretningsudvalget, hvor Cecil Jacobsen skulle have godkendt alle dispositioner over 500 kr.

MEN, eftersom Danmark nu havde investeret umådelige og hidtil uhørte beløb i et atomenergiforsøgsanlæg, så mente man i sin visdom, at isotoperne skulle være gratis! Her var så en ny begrænsning: Isotoperne og alt muligt andet fra reaktorerne skulle være gratis og måtte ikke faktureres.

Heri var jeg ikke enig med Cecil Jacobsen og Forretningsudvalget!

Henrik: Når man tog afstand fra kommerciel virksomhed, var det så fordi, man så sig selv som forskere?

Samfundets  
tarv

Heydorn: Ja, helt sikkert. Det hed jo "Forsøgsanlæg", men det kunne i og for sig lige så godt have været kaldt forskningsanlæg. I den oprindelige formålsparagraf stod imidlertid "til samfundets tarv", og dette har jeg fremhævet adskillige gange til irritation for såkaldte "grundforskere" i og uden for direktionen. Desværre står den der ikke mere, men blev fjernet ved lovens revision.

Henrik: Er det din skyld?

Heydorn: Nej, det vil jeg ikke sige. Men af – misforstået – hensyn "til samfundets tarv" skulle under alle omstændigheder isotoper og bestrålinger være gratis!

Resultatet af denne beslutning kunne jeg godt have forudsagt og det viste sig også i løbet af kort tid: Ting, som er gratis, regnes ikke for noget!

Kortlivede  
isotoper

Kortlivede isotoper skal leveres ofte, og Isotoplaboratoriets vogn til transport af radioaktivt materiale kørte til København hver dag og bragte leverancerne direkte til de enkelte laboratorier. Der var således flere kunder, der fik leveret  $^{24}\text{Na}$  eller  $^{42}\text{K}$  regelmæssigt en gang om ugen; vor chauffør bemærkede imidlertid, at en stor del af de isotoper, som blev leveret f.eks. om onsdagen, stod urørt i samme hjørne af laboratoriet den følgende onsdag. Kunderne fandt det nemt og bekvemt at have en stående ordre på faste ugentlige leverancer, og det kostede jo ikke noget.

Henrik: Man kunne altså sagtens bestille meget mere end det, man havde behov for?

Heydorn: Ja, hvorfor skulle man ikke gøre det, når man kunne få leveret hver uge ganske gratis – og det kunne jo da altid tænkes, at man engang fik brug for det? Vi havde jo alligevel chauffører ansat til at køre ud med dem! Men det syntes jeg altså ikke var til samfundets tarv... Fra Risø til København og ikke mindst Århus kunne man levere på ret kort tid. I princippet leverede vi således kortlivede isotoper.

Henrik: Men det var måske alligevel godt i starten for at komme i gang og for at skabe interesse for isotoper?

Heydorn: Vist så! Og jeg rettede mig jo også efter det i den første tid. Men det var ikke særlig opmuntrende for den korpsånd, som jeg prøvede at skabe på laboratoriet.

Prispolitik

Jeg måtte derfor mobilisere mit forhandlingstalant. Jeg prøvede at forklare Cecil Jacobsen situationen, og at vi følte vi blev misbrugt og spildte vores tid. Men det holdt hårdt.

Det lykkedes at få omfortolket bestemmelsen således, at kun det radioaktive materiale, der var dannet ved bestråling med neutroner i reaktoren, skulle være gratis, men at man kunne opkræve en pris på det arbejde, som vi lavede.

Prisfastsættelse har jo altid været en besynderlig sag, og jeg fastsatte prisen på isotoper således, at den var stor nok til, at kunderne ikke bare var ligeglade, men alligevel lav nok til ikke at skræmme nogen væk. En almindelig isotopleverance kom til at koste 75 kr., og det føltes naturligvis som et noget større beløb dengang end nu. Det kom til at fungere nogenlunde efter hensigten, og det var sådan set blot det, vi var ude efter fra starten.

Men et andet resultat heraf blev imidlertid et uforudset administrativt problem, som skyldtes, at administrationen på Risø ikke så sig i stand til at udsende en faktura! Det havde man nemlig aldrig før haft behov for! Derfor måtte Isotoplaboratoriet selv begive sig ind i dette ukendte område, hvilket resulterede i, at Isotoplaboratoriet i en lang periode udsendte sine egne fakturaer.

Henrik: Det var vel også på dette tidspunkt sjældent, at akademiske institutioner lavede rekvireret arbejde og fakturerede for det.

Heydorn: Mig bekendt forekom det praktisk taget ikke på dette tidspunkt. Men det ændrede sig jo senere. For at springe mange år frem, blev Isotoplaboratoriets produktion og leverancer af radioaktive lægemidler til danske hospitaler, nedlagt kort før jeg i 1998 måtte trække mig tilbage. Direktionen havde besluttet, at Risøs service skulle fungere på kommercielle vilkår, og nedlæggelsen fandt sted med den begrundelse, at der ikke var økonomi i fremstilling af kortlivede isotoper. Efter vi havde startet med at skulle producere dem gratis, blev produktionen således nedlagt, fordi indtægterne - trods jævnlige prisforhøjelser - ikke kunne dække udgifterne. På den måde kan historiens gang nok forekomme lidt ironisk.

Reklame

Henrik: Gjorde i noget i starten for at skabe opmærksomhed om jeres isotopvirksomhed?

Heydorn: Det var ikke velset at gøre reklame for vor virksomhed, og jeg kan heller ikke sige, at vi selv gjorde ret meget for det. Vi var dog altid glade for den omtale vi fik, og de første mange år blev Risø og Isotoplaboratoriet omtalt meget i medierne, som regel for det gode; Risø var ganske populær dengang. Når vi ikke skulle konkurrere med hverken Norge eller andre, var der jo ikke behov for nogen særlig akkvisitionsvirksomhed. For de kortlivede isotoper ligger det jo i sagens natur, at der på dette område ikke var nogen alternativ leverandør. Folk hørte om os gennem mund til mund metoden, at den eller den havde fået lavet et eller andet, og kom så på denne måde til os. Vores kunder til de kortlivede isotoper, var næsten udelukkende hospitalerne.

Henrik: Betød fokuset på kortlivede isotoper, at man også tog folk ind udefra for at lave forskellige undersøgelser på laboratoriet?

Heydorn: Ja, det gjorde det.

Henrik: Fungere laboratoriet som et slags forskningshotel?

Gæstearbejdere Heydorn: Både Ja og Nej. Heldigvis havde Risø været så fremsynet at lave et herberg på den anden side af vejen, og det har vi haft megen glæde af: en virkelig fremragende idé. Der havde vi jævnligt folk boende og det var alle meget glade for. De folk, der kom og arbejdede på stedet, var i det væsentlige fra universiteterne – både fra Århus og København, og senere hen også fra udlandet..

Henrik: Vi har nu snakket om de kortlivede isotoper. Hvilke andre aktiviteter fandt der sted ved laboratoriet de første år?

Projekter Heydorn: De kortlivede isotoper var som nævnt i starten det mest oplagte arbejdsområde, når vi nu ikke måtte konkurrere med andre. Omfanget heraf er opgjort i rapporten [Risø-M-172; "Activities of the Radioisotope Laboratory in the years 1959-1964]. Men der var også andre radioisotoper og mærkede forbindelser, som man ikke kunne få andre steder, og som vi derfor kunne tage op. Du nævnte jo selv her i pausen radioaktivt mærket pipsan [p-iodo-benzen-sulfonsyreanhydrid]. Når vi kom til at fremstille lige netop det stof, skyldtes det en henvendelse fra dr.med. Ejgil Bojesen på Københavns Universitets Institut for Eksperimentel Medicin, som havde opfundet en metode til at påvise en række hormoner, som man hidtil ikke havde kunnet bestemme. Metoden baserede sig på stoffet, pipsan, men Bojesen havde brug for det i radioaktivt mærket form, og det kunne han ikke få nogen steder fra. Jeg fandt, at denne opgave måtte falde indenfor de rammer, vi havde udstukket, og en af medarbejderne fra Isotoplaboratoriet – Niels Hesselbjerg Christensen - gik i gang med pipsan-projektet og arbejdede i adskillige år tæt sammen med Bojesen. Dette er også et eksempel på, at der kom andre og brugte vores laboratorium. Det startede nemlig med, at Bojesen, der jo godt nok var læge men tilsyneladende også en udmærket kemiker, kom ned og fremstillede selv stoffet. Det kunne han således på glimrende vis gøre selv; men han kunne ikke få Sundhedsstyrelsens tilladelse til at lave det radioaktive præparat på sit eget Institut for Eksperimentel Medicin. Men efterhånden skulle så Hesselbjerg Christensen overtage produktionen af det radioaktive pipsan.

Dette udviklede sig til et meget interessant projekt, fordi der opstod ønske om at indbygge to forskellige radioaktive isotoper i det samme stof. Det lykkedes også Hesselbjerg at finde en bedre måde til at fremstille pipsan og lignende produkter, som blev patenteret i 1965. Undervejs introducerede Bojesen desuden endnu et stof, tosan [p-toluen-sulfonsyreanhydrid], som også skulle radioaktivt mærkes, og projektet udviklede sig således til også at blive relativt omfattende. Det var et glimrende projekt, dels fordi der var videnskabelige aspekter i det, og dels fordi det også kunne være af international interesse, eftersom der ikke på dette tidspunkt var andre metoder til bestemmelse af disse hormoner. Det gav os for første gang mulighed for at bidrage til samfundets tarv med andet end bare at forsyne folk med bestrålinger og isotoper.

Hesselbjerg Christensen engagerede sig kraftigt i projektet, brugte nogle år på det og fik på basis heraf en teknisk doktorgrad ud af det. Så det var et betydningsfuldt projekt for laboratoriets teknisk-videnskabelige omdømme. Samtidig kunne vi fuldt ud fakturere leverancerne af pipsan og tosan, fordi det var åbenbart, at de ikke havde noget med bestråling at gøre, og der var ej heller nogen konkurrence fra andre producenter. Men vi var helt afhængige af Bojesens muligheder for at skaffe fondsmidler eller andet, og det satte en naturlig grænse for projektets omfang; den sidste leverance af pipsan fandt sted i 1980.

Henrik: Jeg synes, jeg har læst i AEK's årsberetninger, at I eksporterede dette stof til USA. Kan det passe?

Heydorn: Nej, det tror jeg ikke. Som jeg husker det, var der stort set ikke andre forskere end Bojesen selv, der anvendte denne metode – den var ret kompliceret. Jeg har dog en svag erindring om, at der var en forskningsgruppe i Sverige, der forsøgte sig....

Henrik: Var der andre af den type udviklings- og forskningsprojekter?

Radioaktive  
lægemidler

Isotopapoteket

Heydorn: Pipsan-projektet var en blanding af udvikling – på andres præmisser – og egen forskning. Hvis ikke det var forskning, ville man jo ikke kunne få en doktorgrad på det. Men vi måtte vælge vores projekter med stor omhu, tildels for at undgå at træde andre over tæerne, men desuden skulle vi sørge for at kunne overkomme arbejdet. Store og komplicerede projekter kunne vi slet ikke overkomme. Men der er dog et andet eksempel af tilsvarende art, nemlig fremstilling af  $^{131}\text{I}$  mærket hippuran [o-iod-hippursyre], som vi påtog os på opfordring fra Sundhedsstyrelsen – til hvem vi altid har haft et fortrinligt forhold. Isotopapotekets historie giver et godt eksempel på vort samarbejde; det blev oprettet af Sundhedsstyrelsen i 1970, men hele deres virksomhed startede faktisk i et par lokaler nede hos os, hvor de nye medarbejdere begyndte deres virke. I mere end 2 år stillede vi – med glæde - lokaler til deres rådighed, og det sikrede samtidig et godt fundament for det fortsatte, frugtbare samarbejde. På deres foranledning prøvede vi nu på, om vi kunne fremstille  $^{131}\text{I}$  mærket hippuran. Grundlaget herfor var, at selvom stoffet godt nok kunne fås adskillelige andre steder fra, så var Sundhedsstyrelsen ikke tilfreds med kvaliteten. De var af den opfattelse, at vi med vores ry burde være i stand til at fremstille stoffet i en bedre kvalitet. Til gengæld ville Sundhedsstyrelsen så drage omsorg for, at kunderne blev henvist til os. Det var alt i alt en fornuftig og rimelig aftale.

Henrik: Hvad blev stoffet brugt til?

Heydorn: Nyreundersøgelser ved injektion i blodbanen. Det er en teknik til måling af gennemstrømningen i nyrene, som var meget anvendt af stort set alle hospitaler med en nefrologisk afdeling. Det var derfor et stof med et velkomment økonomisk potentiale.

Henrik: Altså i diagnostikken?

Heydorn: Ja, og Sundhedsstyrelsens opgave i denne sag var naturligvis at kontrollere kvaliteten af ethvert produkt, som skulle kunne benyttes på disse patienter. For Isotoplaboratoriet var det på ingen måde nogen simpel sag, fordi dette stof skulle injiceres direkte i patienterne.

Henrik: Så skal der vel standardiseres og så videre...

Heydorn: Ja, vist så, og det blev en stor opgave, kan jeg fortælle dig. Præparatet skulle nemlig fremstilles efter alle kunstens regler – eller *lege arte* burde jeg måske sige. Vi skulle ikke bare levere et bedre produkt end andre - vi skulle også for første gang selv fremstille et egentlig lægemiddel. Fremstillingen kommer ind under lægemiddelloven, som stiller en række strenge krav, og jeg troede i første omgang, at man kunne nøjes med at sterilisere produktet til sidst lige som ved de kortlivede isotoper. Men nej, nej: Hele fremstillingsprocessen skal udføres aseptisk.

Det viste sig at blive en virkelig udfordring for alle implicerede, og det tog også sin tid. Her var der nemlig tale om, at en række velkendte arbejdsprocesser nu skulle udføres på en anden måde, end vi havde været vant til, og hvad værre var: det skulle kontrolleres, at processerne var blevet udført korrekt! Især denne kontrol fra en kollega gav anledning til skarpe reaktioner. Ingen på laboratoriet havde nogen farmaceutisk ekspertise, men det endte alligevel med at gå godt: vort produkt blev godkendt som lægemiddel i 1962, og gennem mange år fremstillede

vi  $^{131}\text{I}$  mærket hippuran hver eneste uge. Her var det tilmed rimelig klart, hvad vi kunne tage for det, nemlig den pris, som hospitalerne var vant til at betale andre leverandører. Kunne vi lave det til den til enhver tid herskende pris på det internationale marked, så var det fint. Og det gjorde vi så; men det krævede en betydelig indsats til løbende rationalisering af arbejdsgangen.

Lægemiddelfremstilling er normalt noget man foretager på Novo Nordisk og andre steder, hvor man har helt andre ressourcer til rådighed, end dem vi havde på vores lille laboratorium, som slet ikke – og det kan jeg sige med sikkerhed - var bygget med henblik på lægemiddelproduktion. Så på dette tidspunkt blev der brug for al den fleksibilitet, som trods alt var forudsat fra begyndelsen: med de faciliteter, der var til rådighed, lykkedes det at få opbygget nogle celler til aseptisk arbejde, som med forbedringer hen ad vejen holdt i virkelig mange år. Vi fremstillede således et udmærket  $^{131}\text{I}$ -produkt, som vi leverede til mange hospitaler rundt om i landet, undertiden suppleret med det samme produkt mærket med en anden iod-isotop  $^{125}\text{I}$ . Produktionen fortsatte indtil udgangen af 1995, da brugen af gamma-kameraer i Danmark havde fortrængt den klassiske metode til nyreundersøgelse.

**Koboltkilder** Henrik: Jeg kan se af AEK's årsberetninger, at I også leverede  $^{60}\text{Co}$  til Rigshospitalet.

Heydorn: Ja, det er korrekt. Professor, dr.med Mogens Faber, som var leder af Finsen Laboratoriet, var altid parat med nye ideer til udnyttelse af Isotoplaboratoriets ekspertise og i høj grad medvirkende til skabelsen af det frugtbare samarbejde med medicinsk forskning, som har karakteriseret Isotoplaboratoriets arbejde gennem alle årene.

Der fandtes i 1960'erne koboltkilder til strålebehandling af kræftpatienter på Finsen Institut, Rigshospitalet, Radiumstationen i Århus og måske endda også i Odense. Med en halveringstid på kun godt 5 år vokser behandlingstiden år for år, og det er nødvendigt at udskifte kilderne med nogle års mellemrum. Faber mente, at det var en god idé, at vi fremstillede  $^{60}\text{Co}$  til udskiftning af disse ganske kostbare koboltkilder, og vi var glade for, at der for en gangs skyld var nogen, der sagde, hvad han syntes vi skulle gøre! Som udgangspunkt syntes vi også, at det lød fornuftigt; men vi var samtidig også lidt bekymrede, fordi der var tale om meget større aktiviteter end vi var vant til at omgås. Men vi besluttede os til alligevel til at gøre det, og den 24. marts 1961 afsendte vi den første koboltkilde til Radiumstationen i Århus i overværelse af såvel Niels Bohr som H.H. Koch – og begivenheden transmitteredes af Danmarks fjernsyn!

Henrik: Isotoplaboratoriet var kun beregnet på såkaldt semi-hot arbejde?

Heydorn: Ja, Isotoplaboratoriet var indrettet til at arbejde med aktiviteter, der kunne klares med en afskærmning på maksimalt 10 cm bly. Så arbejdet med koboltkilderne måtte udføres på toppen af reaktoren DR2. Det radioaktive  $^{60}\text{Co}$  måtte tages direkte ud af reaktoren, hvorefter der skulle foretages nogle målinger af kildestyrken inden anbringelsen i transportbeholderen. Tilsyneladende enkle processer, men en vanskelig operation at gennemføre uden egnede faciliteter. Trods omhyggelig planlægning var der et par medarbejdere, der fik doser i overkanten af det tilladelige. Men det lykkedes da, og der blev også skrevet en del om det i aviserne, hvilket jo sådan set også var meningen. Herefter meldte sig så de øvrige radiumstationer som potentielle kunder, herunder naturligvis Finsen Institut, som husede Radiumstationen i København – men på en måde havde vi næsten fået for meget reklame. I nogle år måtte vi påtage os selv at fremstille  $^{60}\text{Co}$  til teleterapikilder, selv om vi godt var klar over at det ikke var særlig fornuftigt; til den pris, det kunne købes for i udlandet, var det ikke risikoen værd. Efter de første leverancer var afsluttet, besluttede vi os derfor til at købe  $^{60}\text{Co}$  i udlandet i stedet for selv at lave det i reaktoren. Vi gjorde det en smule diskret, og det kom da vist heller ikke frem i avisen...

I samarbejde med magister Ari Brynjolfson på Acceleratorafdelingen opbyggede vi nu en facilitet med meget kraftige betonafskærmninger, hvor vi var i stand til at foretage de nødven-

dige målinger og ombytninger af gamle kilder med nye. Denne overflytning blev efterhånden noget af en rutinesag. Samtidig skulle vi naturligvis tage os af de brugte koboltkilder, men det var heldigvis ikke mit problem – men Knud Brodersens på Behandlingsstationen. I dag er disse teleterapi-kilder ikke længere i brug, og Isotoplaboratoriet har ikke siden vor sidste leverance i 1983 påtaget sig arbejde med så kraftige radioaktive kilder.

Procedure for Isotopforsendelser

Henrik: Angående det sikkerhedsmæssige fortalte du i pausen, at alle isotopforsendelser skulle godkendes i Sundhedsstyrelsen.

Heydorn: Ja, det er korrekt. I modsætning til hvad man somme tider kan høre, må jeg fremhæve det udmærkede samarbejde, vi havde med Sundhedsstyrelsen også på dette område. Sundhedsstyrelsen skulle skriftligt godkende alle leverancer af radioaktivt materiale fra Isotoplaboratoriet, så vel som fra andre leverandører. For at kunne levere de kortlivede isotoper på en aftalt dato, måtte vi selvsagt have godkendelsen senest med morgenposten den pågældende dag. Det var på Isotoplaboratoriet et ufravigeligt krav, at ingen leverance kunne forlade laboratoriet uden dette dokument. Men for at holde sig orienteret om, hvad der foregik på Risø, gennemgik Direktionen i de første mange år hver morgen al indgående post på deres morgenmøde. Morgenmødet kunne imidlertid let være nogle timer, således at vi ofte fik godkendte rekvisitioner så sent, at den daglige transport af isotoper til hospitalerne i København allerede var afgået og dermed umuliggjorde levering til kunder med pludseligt opståede behov. Efter forskellige forgæves forsøg på at opnå en forhandlingsløsning sørgede jeg for, at alle rekvisitioner blev adresseret til mig personligt. Jeg kunne derefter gå til Direktionen med postloven i hånden, hvoraf det fremgik, at det er strafbart at åbne andres post. Som resultat fik Isotoplaboratoriet i mange år specialudbragt al sin post hver morgen kl. 8, hvorimod alle andre afdelinger på Risø måtte vente til efter frokost.

Industrielt samarbejde

Henrik: Havde I samarbejde med industrivirksomheder?

Isotopcentralen

Heydorn: Det er vist det, man kalder et godt spørgsmål. Blandt de mange ting, som vi i starten fik at vide, at vi ikke måtte, var nemlig også, at vi ikke måtte samarbejde med industrien. Det havde Isotopcentralen nemlig eneret på, og min chef Cecil Jacobsen sad i dens bestyrelse!

Isotopcentralen var blevet oprettet i 1957 af Akademiet for de Tekniske Videnskaber for at stimulere og hjælpe industrien med at udnytte radioaktive isotoper. Isotopcentralen var altså oprettet før Risø påbegyndte sin virksomhed og dermed også før vi selv for alvor kom ind i billedet. De havde således en slags førstefødselsret til at vejlede industrien, og hver gang vi fik en henvendelse fra industrien – og dem fik jeg nogle stykker af – så måtte vi henvise dem til Isotopcentralen. Det var den senere kontorchef i Miljøstyrelsen, Erik Somer, der startede Isotopcentralen og var dens chef i mange år; i hele denne periode havde vi et ganske glimrende samarbejde, og Erik Somer er stadig en af mine gode venner.

Henrik: De var, så vidt jeg kan se, meget aktive...

Heydorn: Absolut, og Isotopcentralen var selvfølgelig en vigtig kunde for os. De var parate til at købe næsten hvad som helst, vi kunne klare, og det gik som regel udmærket. Jeg husker tydeligt, at Erik Somer hvert år ved nytårstid ringede og ønskede godt nytår, hvorefter vi gennemgik hvad der var sket i det forgangne år, talte om de problemer der havde været, og om der var noget vi skulle lave om på osv. Efter denne samtale var vi rustet til at gå det nye år i møde på allerbedste vis. Eventuelle akutte problemer var naturligvis blevet afklaret under vejs, og derfor var det typisk en af den slags samtaler, hvor man sagde: "jeg har nu gået og tænkt på, om vi ikke kunne gøre sådan og sådan, hvad siger I til det?" En sådan samtale var jo udtryk for et godt og konstruktivt samarbejde.

Spildevandsundersøgelser

Isotopcentralen excellerede i mange år i løsning af spildevandsproblemer i forbindelse med kommunal kloakering og gjorde en stor indsats på dette område. De anskaffede i 1964 en båd,

som de kaldte "Isotopen", til undersøgelser af udledningen fra kloaker. Dengang var det god tone, at når bare man ledte spildevandet tilstrækkeligt langt ud, kunne man sådan set smide hvad som helst i kloakken. Pointen var imidlertid, at man heller ikke skulle lede spildevandet længere ud end strengt nødvendigt, for så kunne det jo hurtigt blive dyrt. Isotopcentralen fandt så ud af, hvor langt de forskellige kommuner behøvede at lægge kloakudløbet ud, for at få projektet godkendt af Landvæsenskommissionen. Undersøgelserne blev foretaget ved radioaktive sporingforsøg, og til dette formål leverede vi den radioaktive isotop  $^{82}\text{Br}$ , fremstillet ved bestråling af ammoniumbromid i DR2. I den forbindelse opfandt vi også en lille praktisk ting, som blev til stor glæde for brugerne, idet vi leverede det radioaktive materiale i vandopløseligt plastic. Så længe der ikke var vand i nærheden, var det let at håndtere, og når det skulle bruges, kunne det let dispenseres. Og så var det billigt: Der var ikke så meget arbejde med selve fremstillingen, og bestrålingen var jo gratis efter den gamle bestemmelse, så de fik igennem mange år disse leverancer til en stykpris på 75 kr. Der var ikke mange konkurrenter, der kunne være med her, så også prismæssigt var de jo godt tjent med det. Men det var vi sådan set også, for vi leverede i hundredvis, måske i tusindvis igennem mange, mange år. Nye miljøkrav mindskede interessen for denne form for bortskaffelse af spildevand, og IC trak sig ud af markedet; men  $^{82}\text{Br}$  fandt stigende anvendelse til lækagesporing, som udføres den dag i dag af flere andre firmaer.

Henrik: Ja de indgik, så vidt jeg husker, omkring 1990 i det der hedder FORCE Institutet?

Heydorn: Det er korrekt: Isotopcentralen indgik i 1990 i FORCE Institutterne. Jeg skrev selv artiklen herom i Encyklopædien.

Henrik: Du siger, at I ikke havde så meget at gøre med industrien. Var den arbejdsdeling, du her har beskrevet, nedfældet i dokumenter?

Aftaler

Heydorn: Nej! Jeg har altid prøvet på at undgå den slags dokumenter; men man kan jo selvfølgelig blive tvunget til det. Papir og den slags dokumentation er godt til bogholderi, men med hensyn til samarbejde var det meget mere vigtigt, at Erik Somer og jeg snakkede om tingene. Jeg stoler mere på mundtlige aftaler alene af den grund, at en fornuftigt virkende aftale jo ikke kan være statisk. Samarbejde fremmes ikke af, at der kan komme en og sige: "jamen der står noget andet på dette stykke papir, som blev underskrevet for 20 år siden"! Først efter 25 års udmærket samarbejde blev vi tvunget til at underskrive en samarbejdsaftale med Isotopcentralen, og den har heldigvis aldrig været taget op af skuffen.

Derimod fik vi allerede i 1969 på Sundhedsstyrelsens foranledning en nedskreven aftale vedrørende Isotopapoteket. Den blev lavet af hensyn til deres ønske om at påbegynde deres arbejde nede hos os – og som tidligere nævnt blev de hos os i to fulde år. Den kommende chef for Isotopapoteket, Knud Kristensen, og jeg lavede en aftale den 10. april 1969 og lagde den ned i skuffen.

Henrik: Der var ikke en juridisk aftale? Det var jo et område med væsentlige, skal vi sige, juridiske implikationer?

Heydorn: Jura var et af de områder, som vi afstod fra at beskæftige os med på Isotoplaboratoriet. Ellers var der ikke noget, der var os fremmed; men ved jura satte jeg grænsen! Det måtte andre tage sig af.

Der var normalt ikke nogen, der kom og blandede sig i, hvad der foregik på Isotoplaboratoriet – så længe det gik godt; og det gjorde det vel det meste af tiden. Til gengæld var der stort set heller ikke nogen, der interesserede sig for vort arbejde. Direktionen forlangte naturligvis årsplaner, budgetter, regnskaber m.m. - men interesserede sig i virkeligheden kun for det økonomiske.

Aftalen med Isotopapoteket blev opbevaret omhyggeligt, indtil der i 1993 kom en fore-



spørgsel. Det viste sig, at ingen havde kigget i aftalen i de forløbne 24 år; men Sundhedsstyrelsen forlangte alligevel, at vi skulle have en ny. Knud Kristensen og jeg gik så vores gamle aftale grundigt igennem og blev enige om, at der ikke var grund til at foretage nogen ændringer; vi behøvede ikke engang at lave datoen om, kun årstallet! Så den 10. april 1993 indgik vi så en ny aftale med præcis samme tekst som 24 år tidligere – og den har vi heller aldrig brugt.

Med silicium produktionen var det naturligvis helt anderledes: her indgik vi altid nøje præciserede aftaler for en bestemt periode. Men hvis du gerne vil høre mere om den danske industri, så henviste vi altid loyalt til Isotopcentralen. Dog kunne det ske, at Isotopcentralen – i kraft af vort uformelle samarbejde - i konkrete tilfælde tilkendegav, at Isotoplaboratoriet bedre kunne tage sig af sagen. Der var således enkelte virksomheder, der direkte blev henvist til os, og så var der jo ikke noget problem. Men generelt var vi i højere grad engageret i samarbejde med hospitaler og universiteter, helt på linie med det øvrige Risø, som dengang var langt mere videnskabeligt orienteret end i dag. Vi havde samarbejde med stort set alle universiteter, måske mest med det Fysiske Institut på Århus Universitet, hvortil adskillige medarbejdere fra Risø i tidens løb flyttede.

Forskning Henrik: Vi skal også tale om forskningen ved Isotoplaboratoriet og selve forskningsmiljøet.

Heydorn: Ja, vor egen forskning kom først lidt senere. I den første fase havde vi fået startet en isotopproduktion med fokus på fortrinsvis kortlivede isotoper, der i væsentlig grad henvendte sig til hospitaler og universiteter. Vi var godt i gang med at fremstille radioaktive specialiteter til medicinsk forskning, og vi var gået ind i levering af store  $^{60}\text{Co}$  kilder. Den rapport [Risø-M-172], som jeg gav dig i starten, er fra slutningen af 1964 og resumerer, hvad vi havde opnået indtil da. På dette tidspunkt begyndte jeg personligt, at se mig om efter nye udfordringer. Jeg har altid lagt vægt på at gøre mig selv overflødig, og det var nu lykkedes civilingeniør Børge Kruse at få isotopleverancerne til at køre rutinemæssigt, medens civilingeniør Ulf Jacobsen tog sig af specialiteterne. Hvad skulle jeg så tage mig af?

Aktiveringsanalyse Det nye felt, som jeg besluttede mig til at gøre noget ved, var aktiveringsanalyse, baseret på bestråling af en analyseprøve med neutroner. Denne analysemetode havde hidtil i meget begrænset omfang været benyttet på Isotoplaboratoriet, nærmest som et kuriosum. Jeg mente imidlertid, at der her var et værktøj, som vi havde gode muligheder for at kunne udvikle og anvende inden for mange forskellige forskningsområder. Jeg havde også haft mulighed for at deltage i videnskabelige møder rundt omkring i Europa, som handlede om aktiveringsanalyse. Jeg var derigennem blevet klar over, at det var et ret uopdyrket felt herhjemme, og at der var mange ting man kunne gøre, som ikke hidtil var blevet gjort... og det til trods for, at aktiveringsanalysen faktisk blev opfundet på Niels Bohr Instituttet i 1936 af George von Hevesy og Hilde Levi.

Studierejse til USA Det lykkedes mig faktisk at overbevise Risø's ledelse om, at det var en god idé. De fandt det oven i købet så interessant, at de godt ville investere lidt uddannelse i sagen. Som tidligere nævnt var jeg aldrig blevet sendt ud for at lære at lave isotoper, men jeg insisterede nu på at få mulighed for at gøre mig bekendt med *state-of-the-art* aktiveringsanalyse, således at jeg ikke igen skulle starte helt fra grunden af. På basis af de symposier om emnet, som jeg havde deltaget i foretrak jeg et kommercielt laboratorium på General Atomic i San Diego, hvis leder, Dr. Vincent P. Guinn, nød den allerstørste internationale anerkendelse. Det syntes Direktionen var interessant, men ville i første omgang kun stille penge til et halvt år i udsigt; dertil svarede Dr. Guinn – over for hvem jeg allerede tidligere havde luftet ideen - at firmaet i så fald så sig nødsaget til at forlange betaling for mit ophold, medens de ville afstå herfra, hvis jeg arbejdede på deres laboratorium i et helt år. Heldigvis gik Cecil Jacobsen varmt ind for sagen, ikke mindst på grund af vores fortrinlige forhold til professor Mogens Faber på Finsenslaboratoriet, der klart så mulighederne for anvendelse af aktiveringsanalysen i den medicinske forskning. De mente begge, at man skulle styrke Isotoplaboratoriets kompetence indenfor aktiveringsanalysen, og Cecil Jacobsen anbefalede derfor AEKs Forretningsudvalg at bevilge et helt år. Han har senere fortalt mig, at han tilføjede, at det ikke ville blive så dyrt, fordi jeg ikke var gift!

Han var nemlig ikke klar over, at jeg faktisk havde konkrete planer i den retning, og det var jo en slem streg i regningen, fortalte han senere; men det stod ikke skrevet nogen steder i bevilningen, at det var en forudsætning, at jeg ikke giftede mig - så det måtte de finde sig i. Rent faktisk blev jeg gift på Hvidovre rådhus om formiddagen den 31. marts 1965, og samme aften forlod vi Danmark for at rejse til USA. Bryllupsrejsen foregik ombord på *Queen Mary*, der sejlede fra Southampton til New York, hvorfra vi fløj videre til Texas for at deltage i en international konference om aktiveringsanalyse.

Min kone og jeg tilbragte et pragtfuldt år i Californien, hvor jeg arbejdede hos firmaet *General Atomic* i San Diego, og hvor jeg kunne hellige mig aktiveringsanalysens mysterier. Til min undren - men efterhånden ikke overraskelse - foregik det her på ganske samme måde som på Risø: Vince Guinn gav mig nogle analyser, som jeg skulle foretage, og så måtte jeg selv finde ud af, hvordan jeg ville bære mig ad med det. Også her efter det snart velkendte, klassiske princip: *help yourself!*

Henrik: *General Atomic* var selv en af de helt store spillere på reaktorområdet.

Heydorn: Ja, det var et meget professionelt firma, som lavede deres egne reaktorer! Firmaet havde bl.a. opfundet TRIGA-reaktoren, som - i modsætning til Risøs reaktorer - var særdeles velegnet til neutron aktiveringsanalyse. Disse TRIGA-reaktorer er solgt til masser af universiteter rundt omkring i verden, og deres samlede antal overstiger formentlig en hvilken som helst anden reaktortype. Afhængig af kundens behov kunne man levere dem i en størrelse fra omkring 100 kW og op til ca. 5 MW. Der kører stadig en del TRIGA-reaktorer rundt omkring i verden, og de anvendes stadigvæk fortrinsvis til aktiveringsanalyse. Medens jeg opholdt mig på *General Atomic*, var de i øvrigt i fuld gang med at udvikle en kraftreaktor.

Jeg gjorde mange nye erfaringer på det år, jeg arbejdede på et amerikansk laboratorium. En af de første ting jeg erfarede var, at man ikke havde laboranter: man gjorde simpelthen alting selv, inklusive at gøre kontoret rent, når man syntes det trængte! Der var udelukkende ingeniører til at udføre aktiveringsanalyse, og det indbefattede, at man vejede sine egne prøver, tilberedte sine egne reagenser, udførte sine egne bestrålinger, rengjorde sit eget laboratorieudstyr, udformede sine egne FORTRAN programmer, skrev sine egne rapporter på maskine osv., osv. De fleste af disse selvfølgelige opgaver havde jeg enten aldrig prøvet - eller ikke gjort selv siden min studietid! Men det måtte jeg jo så se at finde ud af!

Nuvel, jeg fik altså en opgave af chefen: bestem indholdet af vanadin i disse blodprøver - hvilket i øvrigt viste sig at være et særdeles vanskeligt job - og jeg gik derefter rundt og spurgte mig frem hos alle de professionelle. De var uden undtagelse meget venlige til at yde hjælp - til selvhjælp! Men det korte af det lange er, at jeg lærte rigtig meget om aktiveringsanalyse på det år og fik lagt grunden til den doktorafhandling, som jeg skrev mange år senere. Det var også en spændende oplevelse i et helt år kun at beskæftige sig med én ting. Ikke mindst i opbygningsfasen var *Isotoplaboratoriet* en blandet landhandel, og som leder måtte jeg involvere mig i en lang række forskellige sager; efterhånden overtog andre selvfølgelig flere og flere områder, men alle de ting, som ikke var uddelegerede, var min opgave. Alt hvad der ikke lige var f.eks. bestrålinger, kortlivede isotoper eller pipsan, måtte jeg tage mig af, og det var svært at samle sig til at tænke en klar tanke - undtagen måske om søndagen. Men derovre var der ikke hele tiden nogen der ringede, ingen der forstyrrede. Jeg havde mit eget lille laboratorium, og Vince kom engang om ugen og spurgte mig, hvordan det gik? Og jeg svarede hver gang, at det gik godt! Så vi var begge glade og tilfredse, selv om han nok syntes, at jeg var noget længe om at afslutte den opgave, han havde givet mig!

Selvom *GA* laboratoriet var kommercielt, og i lighed med *Isotoplaboratoriet* kun eksisterede i kraft af, at der hele tiden var kunder, der skulle have lavet et eller andet til en bestemt dato og til aftalt pris, så foregik der samtidig en del videnskabelig forskning, bl.a. udvikling af computerprogrammer til behandling af store serier af måledata. Jeg kunne i forvejen programmere i ALGOL, men under mit ophold tog jeg et kursus i FORTRAN, simpelthen for at kunne læse deres programmer. Men dette med at lave videnskabelig forskning ved siden af

Forskning

et kommercielt arbejde, det var jeg ikke vant til hjemme fra. I det hele taget var mine amerikanske kollegers holdning til tilværelsen meget anderledes, end den jeg kendte fra Danmark. Jeg noterede mig i den forbindelse, at det var helt normalt og forventeligt, at der blev skrevet et antal publikationer om året, og at præsentere dem ved de halvårslige møder i American Nuclear Society eller andre steder. Som kommercielt laboratorium opfattede man det som en nødvendighed at holde sig ajour med udviklingen, samtidig med at man måtte dokumentere sin kompetence over for kunderne. Det skrev jeg mig bag øret!

Under mit næsten 1½ år lange ophold blev jeg også klar over, at mine venner og kolleger på General Atomic hverken var dygtigere eller arbejdede hårdere end mine kolleger på Risø. Så når de kunne kombinere kommercielt og videnskabeligt arbejde, så kunne vi da også gøre det på Isotoplaboratoriet. Helt klart!

Henrik: Så dit ophold i USA gav dig generelt et andet syn på det at forske?

Heydorn: Opholdet hos Vince Guinn åbnede mine øjne for en arbejdsform, der kom til at præge størstedelen af mit professionelle liv. Indtil jeg rejste til USA, havde jeg stort set kun skrevet de papirer, som jeg var nødt til at skrive; men nu så jeg helt anderledes på sagen. Under mit ophold var jeg selv med til at lave et par publikationer, og jeg præsenterede mit første aktiveringsanalytiske arbejde allerede i november 1965 ved et ANS møde i Washington. Jeg vidste nu, hvordan man greb sagen an og besluttede mig til at fortsætte ad denne vej efter tilbagekomsten til Danmark.

Vince Guinn og jeg bibeholdt hele livet den personlige kontakt gennem deltagelse i aktiveringsanalytiske møder over hele verden, og ved hans død skrev jeg en nekrolog om hans store betydning for mig og mange andre kolleger, se JRNC 2004.

Ånden på Isotoplab.

Henrik: Hvordan vil du beskrive ånden på Isotoplaboratoriet. Det er jo noget der placerer sig et eller andet sted mellem ren videnskabelig forskning og ren produktion.

Heydorn: Retrospektivt?

Henrik: Ja.

Heydorn: Det var næsten præcist det, jeg skrev i min indstilling til Direktionen, da jeg kort før min afgang i 1998 prøvede at få lov til at skrive Isotoplaboratoriets historie. Det må vel stadig anses for en usædvanlig konstellation, at man i samme hus med et relativt begrænset antal medarbejdere, dels drev 100 % ren basisforskning og dels 100 % ren kommerciel virksomhed med de samme mennesker og under samme tag. Det er i sig selv en spændende udfordring og dermed også meget inspirerende. For mit eget vedkommende ønskede jeg konsekvent, at alt hvad vi lavede indenfor aktiveringsanalyse skulle være nyttigt. Det er stadig det med "samfundets tarv" og ikke bare akademisk interesse. Alt hvad vi har publiceret, er skrevet på baggrund af et eller andet konkret behov, en generel interesse eller en nødvendighed inden for et eller andet emneområde. Så vore artikler handler om alt muligt mellem himmel eller jord, afhængig af hvad vi nu har haft af projekter, forslag, forespørgsler eller samarbejdspartnere i en given periode. I forlængelse heraf har vi bidraget med at tilpasse, udnytte, eller hjælpe til med at få den bedst mulige forskning ud af vore anstrengelser.

Ånden på Isotoplaboratoriet har alle dage været præget af ønsket om at være til nytte, og det har ikke været spor svært at argumentere for nytten af de ting vi lavede, uanset om de var af kommerciel eller videnskabelig natur. Skiftende personale har sat en ære i altid at leve op til forventningerne hos vore kunder, hvad enten disse var hospitaler eller universitetslaboratorier, danske eller udenlandske. Kortlivede isotoper kan der ikke forhandles med: de skal fremstilles og leveres samme dag, og eventuelle forsinkelser må ikke gå ud over kunden... Det var aldrig nødvendigt at bede hverken ingeniører, laboranter, sikkerhedsfolk eller chauffør om at blive ud over den normale arbejdstid, hvis der var indtruffet en forsinkelse under produktionen –

alle følte hver især et ansvar, og ingen gik hjem, så længe deres tilstedeværelse var nødvendig.

Sådan var ånden på Isotoplaboratoriet. Og den er i øvrigt meget rammende og morsomt beskrevet af skuespillerinden Mette von Kohl i en artikel i *Kristeligt Dagblad* i 1963.

Henrik: Så din egen indsats falder ned i den hat, der hedder anvendelsesorienteret grundforskning?

Heydorn: Jeg brugte ordet ”basisforskning”, men noget af det nærmer sig nok stærkt grundforskning. Men hvad er forskellen egentlig? Der findes sikkert nok f.eks. herude på DTU grundforskning, som ikke kan bruges til noget i dag – men måske engang i fremtiden? Men det ville ikke være noget for mig; selv grundforskning skal efter min mening have et formål ud over ens private ambition. Det tror jeg også er den herskende politiske opfattelse i dag.

Henrik: Du er jo også ingeniør, så det at søge en anvendeshorisont falder vel meget naturligt.

Heydorn: JA, jeg er kemiingeniør, og det har jeg bestemt aldrig fortrudt. Men jeg har altid syntes, at det var enormt inspirerende at samarbejde med folk med en helt anden uddannelsesmæssig baggrund. Således har jeg i højere grad samarbejdet med læger og biologer end med ingeniører – for ikke at tale om arkæologer! Det har hver gang været inspirerende at prøve at forstå deres ende af problemstillingen og at være med til at løse problemer, der intet har med radioaktivitet at gøre. Det var helt sikkert derfor, Kemisk Institut herude på DTU var interesseret i at overtage mig, da Risø ikke kunne bruge mig mere. Meget af det, jeg har beskæftiget mig med på Risø, rækker langt ud over isotopteknikken, som jeg ikke har kunnet videreføre her. Der har i årenes løb været mange interessante videnskabelige problemer, men den største udfordring som jeg gerne vil nævne her er... ja lad mig fortælle historien, så kan du selv drage konklusionen.

Sporelementer

*Sporelementanalyse* var i sin vorden dengang i 1960’erne, og det var derfor, jeg syntes, det var spændende. Der var ikke mange kemiske analysemetoder til rådighed, men atomabsorptionsspektroskopi (AAS), som blev opfundet i Australien nogle år tidligere, var netop blevet kommercielt tilgængelig på det tidspunkt, hvor jeg begyndte at interessere mig for feltet. Det er en af de mest følsomme analysemetoder vi råder over, og den bruges stadigvæk bl.a. her på laboratoriet. Men neutron aktiveringsanalyse med en kraftig reaktor som DR2, er svært at hamle op med; for mange grundstoffers vedkommende er den stadig uovertruffen, når det gælder om at bestemme ultraspormængder i mange forskellige materialer. Det var i begyndelsen typisk fysikere der arbejdede på dette område, og det var jo også fysikerne, der havde bestemt, hvordan vore reaktorer på Risø skulle være. Kemikere havde normalt ikke adgang til en reaktor, som de i almindelighed vidste meget lidt om – og traditionelt heller ikke interesse-rede sig for. Men jeg kendte masser af fysikere fra Niels Bohr Institutet - f.eks. Otto Kofoed-Hansen og Karl Ove Nielsen, men også fra afdelingerne på Risø. Før jeg blev gift, var det altid kollegerne fra Fysikafdelingen, jeg fejrede nytår sammen med på vores årlige skitur til Østrig. På løjperne og ved nytårskarvealet blev jeg gode venner med Hans Bjerrum-Møller – senere direktør for Risø, Ove Dietrich – senere direktør på NESÅ, Jens Als-Nielsen – gift med Jeanne Savery og senere chef for Fysikafdelingen, og mange flere med et nært forhold til Risøs reaktorer.

Alle disse udmærkede fysikere siger, at aktiveringsanalyse er pærenemt: vi behøver blot at bestråle en prøve i vores reaktor og derefter måle den med et af vore instrumenter. Så har vi lavet en analyse! Hvad skal man egentlig med en kemiker her - det er jo ren fysik. Dette synspunkt kunne jeg et langt stykke hen ad vejen godt give dem ret i. Men problemet var, at fysikere rundt omkring i verden fandt vidt forskellige resultater, selv om de målte på de samme emner – som f.eks. indholdet af vanadin i menneskeblod. Fænomenet blev i videnskabelige kredse betegnet med eufemismen ”geografisk variation”, men jeg savnede en begrundelse for at et måleresultat skulle afhænge af længde- eller breddegraden for det laboratorium,

Reference-  
materialer

der foretog målingen!?

For at sikre mig, at resultater fra Isotoplaboratoriet ikke skulle blive afvist af geografiske grunde, besluttede jeg mig til at fremskaffe det, som vi kalder referencematerialer for sporelementer. Dem var der godt nok ingen af i 1965, men der var noget på vej: Det første referencemateriale i verden for sporelementer var botanikeren Humphrey J. M. Bowen's såkaldte *Kale*. Hans udgangspunkt var nøjagtigt det samme, nemlig at sporelement analyser i bedste fald var af lokal interesse, indtil vi fik adgang til et ensartet materiale, som kunne analyseres sammen med andre prøver og dermed sikre en fælles international reference. Han besluttede sig til personligt at gøre noget ved sagen: Han udvalgte en bestemt kålart (heraf navnet Bowen's kale) til at være sit biologiske referencemateriale, og han dyrkede selv det fornødne kvantum på marken ved Universitetet i Reading. Han høstede, findelte, formalede, tørrede, homogeniserede, steriliserede og pakkede det hele selv, så han vidste nøjagtigt, hvordan alting var gjort... Nu fyrré år senere finder Bowen's Kale stadig anvendelse som referencemateriale for sporelementbestemmelse i planter.

Dette undgik ikke opmærksomheden hos National Bureau of Standards (NBS), som var ansvarlig for standard referencematerialer (SRM) i USA, og derfor følte at måtte kunne tilbyde et tilsvarende materiale til amerikanske kunder. I stedet for selv at dyrke deres udgangsmateriale fandt de en frugthave i nærheden af Washington, hvor de fik lov at høste bladene, hvorfra de fremstillede et referencemateriale, *Orchard Leaves*, på nogenlunde tilsvarende måde som Bowen. Men trods Bowen's manglende erfaring og NBS's mangeårige ekspertise med referencematerialer havde de ikke helt så stort held. Det materiale som NBS lavede var naturligvis anvendeligt, men det viste sig at have nogle mindre heldige karakteristika. Det lykkedes at få fat på både Bowen's Kale og SRM 1571 Orchard Leaves og analysere dem for sporelementer.

Henrik: Før vi går videre er du nok nødt til at uddybe, hvad sporelement analyse i grunden er.

Heydorn: Sporelementanalyse er en metode til bestemmelse af grundstoffer. Sporelementer er grundstoffer som forekommer i ganske lave koncentrationer; typisk sætter man grænsen for sporelementer til maksimalt 0,01 % [100 ppm]. Grundstoffer med en koncentration derunder, kalder vi sporelementer. Men f.eks. neutron aktiveringsanalyse kan ofte bestemme meget lavere koncentrationer.

Henrik: Og Bowen havde analyseret kålblades indhold af sporelementer?

Heydorn: Nej, han var botaniker og ikke analytiker. I stedet sendte han materialet til venner og bekendte over hele verden med forstand på sporelementanalyse, bad dem om at analysere det og sende ham resultaterne. Han ville så sidde hjemme i Reading og se, hvad der kom ud af det - og det så ikke godt ud, når man studerede resultaterne af denne første sammenligningsprøving for sporelementer. Det gør den slags sammenligninger såmænd stadig ikke, men det var dog langt værre dengang. Alle, der indsendte analyseresultater for Bowen's Kale fik en tilbagemelding, og ved de resultater, der var særligt ejendommelige, tog han sig tid til at korrespondere med de pågældende. Som tilsigtet dukkede der nu resultater op i den videnskabelige litteratur, og Bowen publicerede fra tid til anden artikler med de data, som han anså for mest pålidelige.

I modsætning til Bowen rådede NBS naturligvis over deres egne erfarne analytikere og så derfor ikke nogen grund til at sende materialet til potentielle konkurrenter – men som ven af huset fik jeg alligevel fat på en prøve af materialet kort efter dets fremstilling. NBS hyldede den klassiske, feudale idé, at deres analyser repræsenterede sandheden, hvorfor de udstedte et certifikat med angivelse af det rigtige indhold for alle vigtige sporelementer. Resten af verden kunne så købe en prøve af materialet med tilhørende certifikat og kontrollere deres egen analysers rigtighed.

Arsen

På dette tidspunkt var mit yndlingselement arsen – et velkendt gammelt, giftigt grundstof -

og jeg havde derfor brug for et referencemateriale for As; men NBS var endnu ikke selv gået i gang med analysearbejdet. Hvorfor arsen gik hen og blev mit yndlingselement, er en anden historie, som vi måske lige kan indskyde med det samme. Vi havde nemlig et interessant samarbejde med Rigshospitalet om arsenindholdet i blod. Du har sikkert hørt om vor samarbejdspartner, som hed Astrup...

Henrik: Medicineren Poul Astrup?

Blackfoot  
Disease

Heydorn: Netop. Han var dengang chef for centrallaboratoriet på Rigshospitalet, og han fik i midten af 1960'erne interesse for arsen, men måtte samtidig erkende, at det ikke kunne bestemmes med de analysemetoder, som centrallaboratoriet rådede over. Han henvendte sig derfor til Cecil Jacobsen med ønsket om at få analyseret nogle prøver for arsen. Astrup var blevet opmærksom på et sted i Taiwan, hvor mange mennesker lider af en endemisk sygdom, kaldet *Blackfoot Disease*, hvis årsag man ikke kendte. Astrup havde fået den idé, at der var tale om arsenforgiftning og havde fået Statens Medicinske Forskningsråds tilslutning til sammen med en assistent at rejse ud og tage blodprøver blandt folk, der led af denne overordentlig ubehagelige sygdom. Det gik fint nok med indsamling af prøverne, der efter hjemkomsten så skulle analyseres for arsen.

Jeg havde imidlertid et princip, som jeg har fastholdt gennem alle årene, og som han måske nok var den første, der blev udsat for. Jeg fortalte ham, at vi ikke ville sende en regning for hans aktiveringsanalyser, hvis han kunne overbevise mig om, at de var interessante, og at jeg deltog i hans projekt som ligeværdig partner. Men hvis han omvendt bare ville have analyserne udført som ren service, skulle han betale 1000 kr. per analyse. Ved Cecil Jacobsens mellemkomst indgik vi et kompromis, der indbefattede, at han stillede en laborant til rådighed, som jeg skulle oplære mod at blive medforfatter til eventuelle artikler baseret på vore analyser. Jeg påbegyndte oplæringen af hans laborant, og han sendte mig sine blodprøver til analyse i forventning om løbende at få resultaterne tilsendt. Blandt prøverne var enkelte meget højere end de øvrige, og jeg forhørte mig derfor om, hvorfra disse hidrørte? Han svarede hertil, at det skulle jeg slet ikke interessere mig for, da han frygtede, at det kunne påvirke resultaterne! Efter at han havde modtaget samtlige resultater, ville han imidlertid stadig ikke fortælle mig noget; da jeg insisterede, tilføjede han, at det jo var ligegyldigt, eftersom han allerede havde færdiggjort sin artikel om projektet. Den kom ganske rigtigt under hans navn i næste nummer af *Ugeskrift for Læger* og indeholdt alle vore resultater; blot under *Acknowledgement* fremgik det, at man havde fået lavet analyserne på Isotoplaboratoriet.

Jeg blev enormt sur – og med god grund! Ikke mange i hele verden kunne have lavet disse analyser, og ingen andre havde haft adgang til prøver fra *Blackfoot* patienter – en enestående lejlighed og et stort arbejde fuldstændig spildt. Men hvad gør man overfor et sådant *fait accompli*? Det var første gang jeg var udsat for den behandling, og jeg var stadig en grønskolling i forhold til den berømte Astrup. Men jeg var fast besluttet på at gøre noget! Under arbejdet med de mange analyser var jeg blevet gode venner med hans laborant Birgit Lund, som var med til at tage blodprøverne i Taiwan. Takket være hendes notater lykkedes det at få identificeret samtlige prøver, således at jeg nu havde de samme oplysninger som Astrup. Det sås tydeligt, at der var langt mere i disse data, end Astrup havde bemærket; i hans artikel stod der stor set intet af interesse. På basis af vore egne analyser og de oplysninger, jeg nu havde om Astrups prøver, gik jeg i gang med at skrive min egen artikel. Det kostede store anstrengelser og tog mig næsten et år, da det ikke var et emne, som jeg i forvejen vidste ret meget om. Manuskriptet sendte jeg til tidsskriftet *Clinica Chimica Acta* uden at være opmærksom på, at Astrup faktisk sad i dets redaktion! Jeg tror heller ikke, at han opdagede noget, før artiklen var optaget og trykt – oven i købet med hans navn i *Acknowledgement* som tak, fordi han havde udtaget prøverne. Det opdagede han i hvert tilfælde! Nu var det pludselig ham, der harmdirrende beklagede sig til Cecil Jacobsen; men jeg havde hele tiden holdt ham fuldt orienteret om situationen, så det kom han heldigvis ikke langt med. Men når enden er god, er alting godt: denne artikel er blevet mit mest citerede arbejde. Skrevet i 1970 citeres den stadig

en menneskealder senere for konklusioner, der lå gemt i de oplysninger, som Astrup forholdt mig uden selv at erkende deres værdi.

Henrik: Du nåede altså andre konklusioner end Astrup?

Heydorn: Ikke blot andre, men nye konklusioner.

Henrik: Kan du give eksempler?

Heydorn: Det var det første solidt underbyggede eksempel på *geografisk variation* af sporelementkoncentrationer i blod, som med sikkerhed kunne tilskrives forskelle i prøvernes proveniens i stedet for forskelle i analyselaboratoriets beliggenhed. På dette tidspunkt var normalindholdet af arsen i blod ikke kendt, men vi havde undersøgt indholdet af As i mit – formodentlig normale - blod, og det viste sig at være meget lavere end de prøver, som Astrup havde samlet ind. Ud over en geografisk variation, kunne jeg desuden påvise både en kønsmæssig og en individuel variation, og vi taler her om meget store forskelle. Vi kunne også sige, at indholdet af arsen i patienter med *Blackfoot Disease* var unormalt højt; derimod kunne jeg ikke sige noget om - og heri var jeg enig med Astrup - hvorvidt det var arsen, der var årsagen til deres sygdom.

Når denne artikel blev citeret så ofte, var det fordi den så klart demonstrerede, hvor meget sporelementindholdet i blod kan variere. Det var tværtimod karakteristisk, at indholdet ikke var konstant; prøver fra forskellige dage, men fra samme person kunne variere voldsomt, muligvis i forhold til deres kostindtag. Det var sikkert netop de samme forhold, der havde fået Astrup til at smide det hele i papirkurven.

Humphrey Bowen derimod fandt med det samme vore undersøgelser meget interessante! Han havde selv skrevet flere bøger om sporelementer, og gennem ham blev jeg citeret mange gange. Han skrev desuden til mig for at høre, om det var i orden, at han benyttede figurer fra min artikel i sine foredrag og i sin nye bog. Desuden sendte jeg ham vore resultater fra analyse af hans ”*Kale*”.

Fortolkning  
af analyser

Henrik: Vi taler vel også her om, hvor meget fortolkning af resultater betyder?

Heydorn: Det er netop baggrunden for, at jeg siden da har engageret mig meget i fortolkningen af vore måleresultater. Jeg kunne ikke acceptere, at analyseresultater, frembragt med den største omhu og et ofte betydeligt ressourceforbrug, aldrig blev brugt til noget på grund af modtagerens manglende indsigt. Fremover kunne kunderne vælge at købe resultaterne til fuld pris, og så kunne de gøre ved dem præcist, hvad de havde lyst til. Men hvis analyserne skulle indgå i et projekt med mig som deltager, krævede jeg fremover indflydelse på, hvordan resultaterne blev behandlet. Der er så mange eksempler på, at resultater, som vi måske havde brugt op til et halvt år på at frembringe, blot ville være havnet i en skuffe, hvis jeg ikke havde grebet ind. De fleste læger erkendte dog selv, at de ikke havde meget begreb om, hvordan man udtrækker mest mulig information fra analytiske data og var kun glade for, at jeg ville bistå hermed.

Et er jo imidlertid at sikre sig den fornødne indflydelse - et andet er at yde en kvalificeret indsats! Til trods for mine erfaringer med bearbejdningen af data fra Astrups prøver følte jeg mig ikke tilstrækkelig kompetent til at indfri egne eller andres forventninger til en tilbudt bistand. En ny udfordring ventede forude.

Heldigvis havde civilingeniør Else Damsgaard og hendes laboranter efterhånden overtaget Isotoplaboratoriets arbejde med udførelse af neutron aktiveringsanalyse inden for vore medicinske projekter. Dette skaffede mig den nødvendige tid til at udbygge mit kendskab til klassisk statistik og ikke mindst at stifte bekendtskab med den helt nye disciplin: *Kemometri*. Hermed forberedte jeg mig på at opfylde formålet med at lave aktiveringsanalyse og sikre mig, at resultaterne blev brugt til samfundets tarv. Problemerne i samarbejdet med Astrup var

en god lærestreg: man skal ikke blot lave analyserne, men også hjælpe folk med at bruge resultaterne, ellers kommer der tit og ofte ikke noget ud af anstrengelserne.

Lad mig lige vende tilbage til referencematerialerne fra Bowen og NBS, hvor vi i begge tilfælde publicerede resultaterne af vore analyser, før vi kendte andres resultater. Med hensyn til Bowen's *Kale* stemte vore resultater godt overens med den værdi, han senere anbefalede. Dette var derimod ikke tilfældet for SRM 1571 *Orchard Leaves*: Jeg havde nemlig rapporteret et indhold af arsen på 8,7 ppm, medens NBS et års tid senere udstedte et certifikat, hvor indholdet stod anført som  $14 \pm 1$  ppm. For Isotoplaboratoriet, som netop satsede på at opnå international anerkendelse af sin aktiveringsanalytiske kompetence, var det jo ikke så godt! Jeg gik derfor straks i gang med at lave nogle flere analyser, men fik hver gang nogenlunde det samme. Det er et godt eksempel på, at det ikke er nær så nemt at lave aktiveringsanalyse, som fysikerne dengang forestillede sig.

Denne uoverensstemmelse gav stødet til det næste skridt i min forskning; et skridt, som ikke var anvendelsesorienteret, men nærmest må kaldes grundforskning: Hvordan finder man ud af hvad, der er det rigtige? Eller sagt på en anden måde: Hvem har ret? Spørgsmålet opstår jo i virkeligheden hver gang, man analyserer det samme materiale forskellige steder og bliver dermed af central betydning for hele konceptet vedrørende brugen af referencematerialer! Situationen var jo den, at *National Bureau of Standards* i USA mente, at de var verdens bedste og derfor måtte have ret - og det ville de fleste nok også være enig med dem i! Men så sagde jeg til mig selv: "Nå ja, det er da meget naturligt, at de mener det derovre, men med hensyn til at bestemme arsen i biologiske materialer siger jeg med Fritz Jürgensen: Enhver har sine fortrin!" Det var vel ikke på forhånd givet, at det var dem, der havde ret; det kunne jo også være mig – men det var der nok ikke mange, der troede... Hvis sagen skulle afgøres på demokratisk vis, var der ingen tvivl om udfaldet! Men jeg var sådan set ikke ude efter at få ret; jeg var langt mere interesseret i at finde ud af, hvordan man finder ud af, hvem der har ret – eller hvordan man eventuelt kunne bevise, at man har ret. Hvad siger du? Hvordan finder man ud af sådan noget?

Henrik: Ja, det vil jeg egentlig blive lidt ked af at blive spurgt om. Men det er jo i grunden nærmest et filosofisk spørgsmål.

Heydorn: Det var der heller ikke dengang ret mange, der brød sig om at blive spurgt om, for der var ikke nogen, der havde et godt svar. Og dette næsten videnskabsteoretiske problem var udfordringen i den tankerække, som jeg søgte at udvikle i begyndelsen af 1970'erne og nogle år frem: Du har to forskere, der præsenterer to forskellige resultater, men du er kun interesseret i det rigtige – hvordan finder du det? I gamle dage – dvs før globaliseringen - var det jo nemt nok. Da var der jo ingen tvivl om at NBS havde ret – i USA – og at den af kongen udnævnte professors tal var de rigtige i Danmark.

Henrik: Altså en henvisning til en eller anden form for autoritet.

Heydorn: I Danmark var Statsprøveanstaltens analyser per definition altid rigtige. Efter amerikansk lov var analyser udført af National Bureau of Standards ufejlbarlige, i England gjaldt det samme for Laboratory of the Government Chemist. Hvert land havde sin egen version af sandheden; men det har jo intet med videnskab at gøre! Her lå den udfordring, som jeg brugte et par år til at tænke over. Hvordan kunne man på et sobert, videnskabeligt grundlag finde ud af hvad der er rigtigt? Dette var kernen i sagen – og ikke hvorvidt det ene laboratorium var bedre end det andet.

Den grundlæggende filosofi i dette som andre videnskabelige spørgsmål er, at man aldrig kan bevise, at noget er rigtigt - kun at noget er forkert! Jeg kunne derfor umuligt bevise, at vort eget måleresultat var rigtigt; men lige så umuligt ville det være for mig, at bevise at deres tal var forkert. Jeg kunne jo ikke se her ovre fra, om NBS havde lavet en eller anden fejl, som



de formentlig ikke engang selv ville være klar over.

Løsningen på problemet ligger i at identificere alle de fejl, som vi kunne have begået. Sammen med Else Damsgaard brugte vi derfor et par år på at checke alle tænkelige fejlkilder, som kunne have påvirket vores værdi, og at undersøge størrelsen af en sådan indflydelse på måleresultatet. I den periode spurgte jeg desuden kolleger rundt omkring i verden, hvilke fejl de troede, vi havde lavet. Det fik jeg mange forskellige svar på, og disse mulige fejlkilder blev checket på samme måde. Den samlede effekt af alle fejlkilderne på listen medførte en forhøjelse af vor oprindelige værdi med godt 10 % til 9,7 ppm. Men til gengæld kunne jeg nu dokumentere, at der var taget højde for alle tænkelige fejl, og på det grundlag udfordrede jeg så National Bureau of Standards. Det skete ved en konference i Cambridge, England, i juli 1973, hvor jeg bl.a. sagde: "Er der nogen fejl, som vi kan have begået, men som ikke er med på listen, så vær venlig at fortælle mig det nu. Hvis ikke, så vil jeg konkludere, at NBS har certificeret en forkert værdi for As i SRM 1571 *Orchard Leaves*"!

Vi sendte naturligvis vor rapport [Risø-M-1633] til NBS; tre år senere udstedte NBS for første gang i sin historie et nyt certifikat, hvor man trak en certificeret værdi tilbage og erstattede den med en anden. Den nye værdi hed  $10 \pm 1$  ppm, hvor Isotoplaboratoriets værdi på 9,7 ppm passer smukt. Der gik ingen skår i venskabet med kollegerne på NBS, for vi tænker og arbejder jo i virkeligheden på samme måde; i det internationale møde om aktiveringsanalyse, som vi afholdt i København i 1986, deltog ikke mindre end 10 personer fra NBS. Ingen undgår at lave noget forkert, men det hører til sjældenhederne, at man er nødt til at indrømme det offentligt. Hvad NBS havde lavet forkert har jeg aldrig fået at vide, men det kunne måske have noget at gøre med det utilsigtede høje arsen indhold i *Orchard Leaves*, ca. 100 gange større end i Bowens *Kale*. I aftalen med ejeren af den frugthave, hvorfra materialet til *Orchard Leaves* blev skaffet, havde NBS uheldigvis forsømt at betinge sig, at der ikke måtte anvendes pesticider. Der var derfor blevet sprøjtet med blyarsenat, hvorfor bladene kom til at indeholde unaturligt høje koncentrationer af disse elementer. Af den grund var SRM 1571 uanvendeligt som referencemateriale for alle, der interesserede sig for det naturlige miljø; men heldigvis fandtes jo Bowen's *Kale*.

I min disputats [Risø Report 419] vil du kunne finde dette beskrevet meget detaljeret. Der vil du også finde en anden effekt, som jeg undertiden har moret mig med at vise: Hvis man ser på publicerede resultater af arsenbestemmelse i *Orchard Leaves*, foretaget inden NBS's certifikat udkom, vil du se, at disse i alt 7-8 resultater ligger tæt ved det resultat, som Isotoplaboratoriet fandt. Efter certifikatet udkom, ligger alle resultaterne pludselig oppe omkring 14. Er det ikke påfaldende?

Henrik: Jo, det er ikke godt!

Heydorn: Jeg hævder derfor, at man har mest ud af at analysere et referencemateriale, før det er blevet certificeret; så svarer det til at deltage i en præstationsprøvning. Det er den bedste form for kvalitetssikring, et område som jeg har beskæftiget mig meget med på Isotoplaboratoriet, så vel som her på DTU.

Menkes  
sygdom

På Isotoplaboratoriet har vi også forsket meget i en sygdom, der hedder Menkes sygdom. Den har du sikkert ikke hørt om?

Henrik: Det vil jeg ikke påstå.

Heydorn: Menkes sygdom er arvelig og rammer kun drenge, der som regel dør af den allerede som små; heldigvis er den også meget sjælden. Tilbage i 1970'erne arbejdede Kennedy Instituttet på at kunne stille en prænatal diagnose af Menkes sygdom, lige som man kunne med mange andre genetiske sygdomme. Sygdommen er jo til stede allerede i fosterstadiet, og man ville gerne give forældre mulighed for at få en legal abort inden den 13. uge, da det er en virkelig frygtelig sygdom, som man ikke kan leve med. Børn med Menkes sygdom fødes ofte med et specielt kruset hår, som har givet sygdommen tilnavnet "Kinky Hair Disease", og det

mindede en australsk læge om et lignende fænomen hos nyfødte lam, hvis forældre led af kobbermangel! På grund af denne lighed foreslog australieren nu, at Menkes sygdom også kunne skyldes kobbermangel. Lic. pharm. Nina Horn fra Kennedy Instituttet henvendte sig derfor til Isotoplaboratoriet for at høre, om vi med aktiveringsanalyse kunne bestemme kobber i små fosterprøver. Jeg syntes godt om projektet og sagde straks ja, selv om kobber absolut ikke var blandt mine yndlingselementer. Hver eneste radioanalytisk metode er speciel, så vi var nødt til at udvikle en ny metode til at bestemme kobber i små biologiske prøver. Sammen med chefen for Kennedy Instituttet, Margaretha Mikkelsen, blev vi enige om en forsøgsplan. Her var ingen problemer: alle oplysninger skulle være fuldt tilgængelige for alle, og vi skulle publicere sammen. Nina Horn fra Kennedy Instituttet skulle være projektleder, og fra Isotoplaboratoriet deltog to medarbejdere, nemlig Else Damsgaard og jeg selv. Takket være Kennedy Instituttets register over familier, der var genetisk disponeret for Menkes sygdom, vidste vi, at der var et foster på vej. Medens vi udviklede den nye analysemetode, sørgede Nina Horn for at organisere den vanskelige udtagning af prøver af hjerne, lunge, organer og muskelvæv fra et foster. Prøverne blev udtaget på Rigshospitalet, og vi startede med at analysere tilsvarende organprøver fra et aborteret foster, der ikke led af Menkes sygdom. Vi havde derfor allerede en idé om, hvilke værdier vi skulle forvente, da vi analyserede prøverne fra Menkes fosteret. Vi fandt imidlertid store forskelle mellem de forskellige væv; nogle havde lave, men andre højere Cu-indhold end forventet. Baseret på de lave resultater antog Kennedy Instituttet nu, at den genetiske fejl hindrede fosterets optagelse af kobber; med hensyn til de væv med forhøjede værdier gik man ud fra, at der var gået noget galt med de pågældende prøver, således at resultaterne var fejlagtige. Men jeg fastholdt, at når Isotoplaboratoriet havde fundet disse høje koncentrationer, så var de også til stede i de prøver, vi havde modtaget! Hvis der imidlertid var sket fejl under prøvetagningen, måtte de i samme grad påvirke prøver af fostre med eller uden Menkes sygdom, og vi besluttede os derfor til at få taget prøver og analysere nogle flere fostre. Det var naturligvis umuligt at få flere Menkes fostre, men vi fik fat på yderligere 3 fostre uden genetiske sygdomme. De nye resultater viste klart, at de normale kobberindhold i de undersøgte væv kun varierede lidt fra foster til foster; de lave værdier i Menkes fosteret var faktisk næsten normale, og det var således de høje værdier, der var unormale.

Der var på dette tidspunkt allerede kommet adskillige publikationer – bl.a. fra overlæge, dr.med. Edith Reske-Nielsen i Århus - som bekræftede antagelsen om kobbermangel som årsag til Menkes sygdom. Men vi kunne med vores forsøg vise, at der for visse organers vedkommende snarere var tale om kobberforgiftning! Det syntes vi, var et ret betydningsfuldt resultat i betragtning af, at feltets førende forskere efterhånden var enige om, at sygdommen skyldtes kobbermangel. Vi skrev derfor med Margareta Mikkelsen som førsteforfatter en artikel til tidsskriftet *Science*. Af svaret fra redaktøren fremgik det, at manuskriptet var blevet sendt til to forskellige referees, hvoraf den ene havde fundet resultatet interessant, mens den anden havde fundet, at vores konklusion var åbenlyst forkert og i modstrid med alt hvad man vidste. Tidsskriftet ønskede derfor ikke at trykke artiklen og returnerede manuskriptet. Også på Kennedy Instituttet var man nu blevet betænkelige og drøftede åbenbart sagen med kolleger uden for huset. I hvert fald blev jeg ringet op på mit private nummer af Edith Reske-Nielsen, som i en timelang samtale belærte mig om

- a) man ikke kunne drage nogen som helst konklusioner ud fra eet enkelt tilfælde
- b) at jeg som ingeniør ingen mulighed havde for overhovedet at forstå så komplicerede sager, som der her var tale om.

Hvortil jeg replicerede

- a) at jeg under alle omstændigheder agtede at publicere de fundne resultater
- b) at jeg forventede at blive vurderet ud fra kvaliteten af mit videnskabelige arbejde og ikke på basis af uddannelsesmæssige fordomme.

Overfor Margaretha Mikkelsen lagde jeg hovedet på blokken og garanterede, at vores analyser ikke var behæftede med fejl, der kunne forklare de forskelle, vi havde fundet. Hun anbefalede, at vi skrev en artikel til *Human Genetics* – hvor hun sad i redaktionen – med mig som første-

forfatter. Det var alle helt indforstået med: Jeg, fordi jeg gerne ville skrive artiklen på min måde – og de øvrige fordi de havde mulighed for i den sidste ende at afslå medforfatterskab! Nogle var blevet nervøse, fordi man jo andre steder mente noget andet, og nogle fordi vi jo kun havde dette ene Menkes foster at basere vore konklusioner på. Mod forventning blev jeg på den måde forfatter til en artikel om genetik, og efter Margaretha Mikkelsen skrev sig på, ønskede de alle at være medforfattere. Næsteften artiklen om arsen, er denne min mest citerede tidsskriftartikel.

Nogle år senere lykkedes det at få analyseret endnu et Menkes foster, og resultaterne bekræftede fuldt ud vort første arbejde. Det er nu accepteret, at Menkes sygdom ikke skyldes kobbermangel, men at den genetiske fejl bevirker en unormal fordeling af kobber i organismen. Samarbejdet med Kennedy Institutet er fortsat gennem mange år på dette og beslægtede områder.

Samarbejde og teamwork Henrik: Er det meget karakteristisk for Isotoplaboratoriet, at dets arbejde er foregået i samarbejde med forskellige eksterne forskere, forskergrupper eller institutter?

Heydorn: Ja, det er meget karakteristisk. Det er først i de seneste år herude på DTU, at jeg har publiceret alene eller sammen med en enkelt kollega. På Isotoplaboratoriet publicerede vi derimod næsten altid sammen med vores samarbejdspartnere, som har skiftet gennem perioder. Men der var ofte tale om langvarige samarbejder.

Henrik: Det jeg har hørt hidtil, peger på, at samarbejdspartnerne ofte var medicinere?

Henrik Dam Heydorn: Mit speciale fra Den polytekniske Lærestanstalt var faktisk biokemi. Ikke engang teknisk biokemi, men rigtig biokemi. Jeg har haft det privilegium at gå på samme laboratorium som nobelpristageren, civilingeniør og biokemiker Henrik Dam. Jeg tror dog ikke, at vi nogensinde vekslede to ord med hinanden; han var ikke en af dem, der snakkede med de studerende.

Henrik: Han var vel også forsker par excellence?

Heydorn: Ja, det må man nok sige.

Henrik: Hvordan gik det med aktiviteten på isotopområdet i 1970'erne og 1980'erne?

Heydorn: Isotopområdet lå nogenlunde stabilt; der var ikke den store forandring fra år til år. Vore kunder fik nogenlunde det samme antal leverancer som de altid havde gjort, men kvalitetskravene voksede. I 1978 godkendte Sundhedsstyrelsen Isotoplaboratoriet som producent af radioaktive lægemidler til trods for, at vi ikke havde nogen farmaceut ansat! Som tidligere nævnt ophørte produktionen af Pipsan i 1980, men da havde Hesselbjerg Christensen, der skrev doktorafhandling derom, for længst forladt os til fordel for DTU. Leverancerne af Hippuran fortsatte støt gennem hele denne periode, men distributionen skete gennem Isotopapoteket. Af nye radioaktive lægemidler introduceredes på foranledning af Herlev Sygehus i 1976 radioaktivt calcium,  $^{47}\text{Ca}$ , til undersøgelse af knoglesygdomme. Et produkt som dette var ikke tilgængeligt fra andre leverandører og har derfor også været leveret til en række udenlandske brugere. Efter mere ned 30 års forløb producerer Hevesy Laboratoriet på Risø stadigvæk  $^{47}\text{Ca}$ ... hvorimod de oprindelige kortlivede isotoper er afløst af  $^{18}\text{F}$  og andre radioaktive isotoper, som kan fremstilles med en cyklotron.

Skolekilder Men der er et andet produkt, som har holdt sig formidabelt godt, nemlig skolekilderne. I 1962 fik jeg en henvendelse fra Foreningen for Fysik- og Kemilærere ved Gymnasier og Seminarier, om vi ville være med til at lave radioaktive kilder til undervisningsbrug. Jeg er ud af en gammel skolelærerfamilie: både min mor og min søster var lærerinder, og min far var skoleinspektør i Århus – så det sagde jeg straks ja til; jeg havde selv som barn stået på min

fars skole og lavet fysikforsøg, når eleverne ikke var der. Foreningens formand var magister Ole Bostrup, der som CF-pligtig i øvrigt overtog mit job som assistent for Jørgen Koch på UITF, og som senere blev gymnasierektor. Han var meget kontant: vi snakkede blot om det et par gange og blev hurtigt enige om, at der skulle være en alfa-, en beta- og en gammakilde, hvilke styrker, de skulle have, og også nogenlunde om, hvordan de skulle udformes for at kunne anvendes i praksis. Bostrup påtog sig at få udarbejdet beskrivelser og forsøgsvejledninger til brug i undervisningen, og vi påtog os at fremstille kilderne. Foreningen bestilte nu et par hundrede sæt skolekilder til en aftalt pris og sørgede selv for distributionen til deres medlemmer. Til alle tre kilder havde vi bevidst valgt langlivede isotoper, så de kunne bruges gennem en menneskealder - og vi kun behøvede at fremstille dem denne ene gang!

Sammen med Risø Tegnastue gik vi i gang med at udforme – designe – disse tre kilder, således at de opfyldte skolernes krav, var lette og billige at fremstille, og kunne opnå Sundhedsstyrelsens godkendelse. Men samtidig funderede jeg over, om der ikke kunne være andre, der havde brug for disse kilder. Når foreningen kom til os, var det fordi de kilder, som man kunne købe hos Buchler i Tyskland og Harwell i England, var både dyre, uhensigtsmæssige og skulle udskiftes ofte på grund af korte halveringstider. Der kunne derfor også være andre ude i verden, som ville foretrække vore kilder; men hvorfra skulle de kende til deres eksistens?

Som tidligere antydte, ville det være fuldkommen utænkeligt at henvende sig til et reklamebureau, og derfor besluttede jeg at gå til det bedste trykkeri, som jeg kunne finde, nemlig Thejls Bogtryk. Det var ikke just kendt for at være billigt, men havde sine egne grafiske designere, hvis oplæg var inkluderet i prisen. Det var et meget specielt sted at besøge: Jeg medbragte et sæt tegninger fra Risø Tegnastue, vore tekniske specifikationer, samt et radioaktivitetstegn og spurgte, hvad de kunne få ud af det. Jeg blev så inviteret ind på Henry Thejls kontor, hvor han viste mig de fornemme bibliofile værker, han havde trykt i tidens løb, alt imedens vi snakkede om tingene og nød en gammel, single-malt whisky. Han betragtede firmaets kunder som sine nære venner, der var medlemmer af golfklubben og blev inviteret med til de årlige golfturneringer – også selv om de ikke spillede golf! Så vidt nåede jeg ikke, men gennem denne meget beskedne ordre stødte jeg på en ny – og for mig ganske ukendt – verden; den dag i dag synes jeg, at den resulterende folder er ganske fremragende.

Den originale leverance af skolekilder afsluttedes i april 1964, men kendskabet til deres eksistens bredte sig også til andre lande, og ved indgangen til 80'erne var kilderne officielt godkendt til undervisningsbrug i alle de nordiske lande.

Henrik: Laver de dem stadig ude på Isotoplaboratoriet?

Heydorn: Det gør de, og det design vi lavede dengang er videreført praktisk taget uændret; kun inskriptionen og enhederne er ændret en smule. Jeg var lige derude i går – bl.a. for at finde folderen til dig. I sin tid kunne vi sælge dem med fortjeneste for 8 \$ stykket, i dag sælges et sæt på tre for 3600 kr; men prisniveauet er vel også generelt steget en faktor 10 siden da. Men bortset fra prisen er det svært at se forskel på de kilder, der fremstilles i dag og dem, vi leverede for 40 år siden. Næsten alt salg sker nu gennem en dansk agent, og derfor ved vi ikke længere præcist, hvor de havner. Men de sælger praktisk taget lige så godt i dag, som for 40 år siden.

Henrik: Når designet ikke er ændret, skyldes det vel også, at Risø-kilder jo ikke er noget man imponerer naboen med...

Heydorn: Naturligvis ikke. Alligevel er jeg forbavset over, at vi ikke har været nødt til at ændre designet – men næsten endnu mere over, at der stadig er nye kunder! Deres lange halveringstid gør jo, at kilderne ikke behøver udskiftning, og at en kunde derfor ikke kan forventes at komme igen.

Leverancer

Henrik: Har I nogen sinde leveret isotopkilder til industrien, f.eks. dem man bruger til tykkel-

- til industrien      sesmåling?
- Heydorn: Den slags sorterede normalt under Isotopcentralen; men op gennem 1970'erne leverede Isotoplaboratoriet dog et betydeligt antal små  $^{60}\text{Co}$  kilder til Ginge Brand og Elektronik<sup>1</sup>, som producerede niveaumålere til kontrol af brandslukningsanlæg ombord på skibe.
- Gennem Sundhedsstyrelsen leverede vi desuden  $^{137}\text{Cs}$  referencekilder til kontrol af ionkamre i diverse laboratorier, heriblandt muligvis også på industrivirksomheder.
- Som du kan se, var Isotoplaboratoriet virkelig en blandet landhandel. Detaljer omkring de mange forskellige ting, vi har lavet gennem tiden, findes i Isotoplaboratoriets kvartalsrapporter [findes på Risø Bibliotek].
- Kursus-program      Henrik: Har Isotoplaboratoriet i lighed med andre distributører af isotoper som Harwell og Oak Ridge haft et selvstændigt kursusprogram indenfor isotopteknik?
- Heydorn: Nej, det har vi altid holdt os fra. Jeg underviste personligt i en årrække på det Isotopkursus for Læger, som afholdtes på Finsen Institutet. Der var mange andre forelæsere på det kursus og jeg fortalte dem kun om, hvad vi gjorde på Isotoplaboratoriet. Deltagelse i dette kursus var en forudsætning for at få Sundhedsstyrelsens tilladelse til at arbejde med radioaktive isotoper, og det forekom naturligt at mødes med vore kommende kunder...
- Henrik: Jeg husker at have set, at Dansk Ingeniørforening og Radiumstationen allerede fra 1955 eller 1956 udbød et kursus i isotopteknik.
- Heydorn: Det var netop det kursus, som jeg underviste på. Det var under samme hat.
- Henrik: Var det kun for læger?
- Heydorn: Ikke fra starten, men der var kun få ingeniører blandt deltagerne, og derfor trak Ingeniørforeningen sig ud. Jeg blev senere medlem af bestyrelsen for "Isotopkursus for Læger" og var med til at opløse foretagendet. Vi overdrog aktiverne til August Krogh Institutet, som i dag afholder et kursus i Isotopteknik, der opfylder Sundhedsstyrelsens krav til arbejde med radioaktive isotoper. Sundhedsstyrelsen skulle godkende hver enkelt leverance eller indkøb af radioaktive isotoper, men stillede ikke særlige krav til brugeren af sådant industrielt udstyr.
- Henrik: Nu har vi talt om det nationale samarbejde med sundhedsmyndigheder, universiteter og industrien. Hvordan var det med Isotoplaboratoriets internationale forbindelser?
- Internationale relationer      Heydorn: Vi forsøgte flere gange at skabe et formaliseret samarbejde mellem de skandinaviske isotoplaboratorier, men stort set uden held. Forhandlingerne herom omtales i Franz Marcus' bog fra 1997: *Half a Century of Nordic Nuclear Co-operation. An Insider's Recollections*. Han var ansat som koordinator for det nordiske atomsamarbejde og fordelte sin tid nogenlunde ligeligt mellem de nordiske lande. I begyndelsen gjorde jeg selv en aktiv indsats ved samarbejdsforhandlingerne, men i den sidste ende strandede de altid på forskellige politiske manøvrer, der nok skyldtes en reel forskel mellem landenes ønsker. Nordmændenes dagsorden var at få monopol på at levere radioaktive lægemidler til alle de nordiske lande. Svenskerne var nok de mest positive overfor et nordisk samarbejde, men ville ikke gå så vidt som krævet af Norge. Fra dansk side prøvede vi ihærdigt at finde et kompromis, der samtidigt tilgodeså Norge og Sverige uden at genere Danmark. Jeg deltog selv i forhandlingerne, og hver gang vi mente at have fundet en form, der i rimelig grad opfyldte alle fremsatte ønsker, så dukkede der pludselig nye krav op fra Oslo. Som anført af Franz Marcus fandt nordmændene, efter at der endelig var opnået enighed blandt forhandlerne, at aftalen var i strid med EFTA-traktaten!

Mit syn var grundlæggende præget af det oplæg, som jeg i tidernes morgen havde fået af Cecil Jacobsen, nemlig at vi ikke skulle konkurrere med Norge, og med det udgangspunkt kunne vi sagtens deltage i et samarbejde om isotopproduktion. I øvrigt havde vi på det praktiske plan et udmærket samarbejde med begge lande, men det stod ikke skrevet nogen steder. Det var f.eks. ganske normalt, at vi overtog hele bestrålingsvirksomheden for AB Atomenergi, når den svenske forsøgsreaktor lukkede i sommerferien. På Risø fungerede både Isotoplaboratoriet og reaktoren hele sommeren, og den svenske reaktors køreplan indgik i vore medarbejderes ferieplanlægning. De vidste, at de kunne regne med os – og betalte godt for det! IFA i Norge producerede radioaktivt jod,  $^{131}\text{I}$ , til medicinsk brug, hvorfor vi havde afstået fra at gøre det; vi skulle imidlertid bruge dette produkt til fremstilling af  $^{131}\text{I}$  mærket hippuran og købte derfor ugentlige leverancer hos den mest pålidelige leverandør: Norge. Ud over skolekilder gik stort set kun vort helt specielle præparat  $^{47}\text{Ca}$  fra Danmark til Norge, og behovet herfor var ganske lille. Det var imidlertid rygtedes blandt specialister over hele verden, at vi var leveringsdygtige i dette præparat; men udgangsmaterialet for produktionen er højt beriget  $^{46}\text{Ca}$ , som kun fremstilles på Oak Ridge National Laboratory i USA, som vi således var – og er – fuldstændigt afhængige af. Udgangsproduktet er meget kostbart, og hver eneste gang vi købte nogle mg steg prisen; men vi kunne jo bare lade prisen gå videre til kunderne, der jo heller ikke kunne gå andre steder hen! Vi har i tidens løb solgt  $^{47}\text{Ca}$  til en del forskellige lande, men altid i små portioner. Vi har solgt produktet så langt væk som til Canada, som selv har haft en meget betydelig isotopproduktion. Et af de store hospitaler i Montreal fik i en periode leverancer hver fjortende dag.

Henrik: Det skulle så flyves over...

Heydorn: Ja, og det gjaldt mange af vore produkter, inklusive al silicium til Japan.

Henrik: Det lyder som om Cecil Jacobsen var den af dine foresatte, som du har haft det tætteste samarbejde med og lært mest af.

Cecil Jacobsen Heydorn: Vi har skam haft vores kontroverser, måske i virkeligheden fordi vi lignede hinanden for meget!? Jeg har aldrig haft noget stort behov for at bestemme over andre, men jeg lægger stor vægt på at bestemme over mig selv; det gav en gang imellem anledning til problemer mellem os. Det var så heldigt, at han avancerede til underdirektør, således at han ikke længere var min direkte overordnede. Derefter blev vi faktisk fine venner – selv om vi gennem hele livet forblev De's! Og JO: jeg har altid haft stor respekt for Cecil Jacobsen, selvom jeg i begyndelsen ikke altid var enig med ham.

Bohr og isotoperne

Henrik: Hvad var egentlig Niels Bohrs forhold til isotopområdet?

Heydorn: Niels Bohr var en tankens mand - fysiker og filosof; men slet ikke eksperimentalfysiker. Samtalen var for ham noget meget væsentligt, og tankeeksperimenter var hans måde at udforske verden på... Han var altid interesseret i hvad der foregik på UITF, og han havde allerede før krigen flyttet sin interesse for atomer over på atomkerner. Herved bliver arbejdet med isotoper jo helt centralt og medførte bygningen af Jørgen Koch's isotopseparator, et instrument af den største betydning for det eksperimentelle arbejde helt frem til den tid, hvor jeg selv sad på Institutet. Ikke mindst Bohrs samarbejde med Hevesy stimulerede interessen for isotopteknik og resulterede bl.a. i opfindelsen af aktiveringsanalyse i 1936 sammen med Hilde Levi. Niels Bohrs store styrke lå i at inspirere folk, ikke gennem sit laboratoriarbejde, men i kraft af sin fremtoning, sin interesse for samtale og åben diskussion. Sådan påvirkede han videnskabsmænd fra hele verden. Niels Bohr var en personlighed ud over det sædvanlige, som jeg er glad for at have truffet. Han tillægges mange pudsige bemærkninger, og nogle af dem er nok også sande. Han var frygtelig upraktisk, og en konstruktionstegning sagde ham heller ikke rigtig noget. Fra min tid på Blegdamsvej husker jeg, at der skulle bygges noget om nede i

kælderens omkring Isotopseparatoren; det skulle dog lige godkendes af *Professoren* – som Niels Bohr normalt blev kaldt. Han blev så inviteret ned for at se på det: Koch forklarede og Karl Ove Nielsen fremviste tegningerne, hvorpå Bohr sagde: ”Ja... jo... jeg synes, det er lidt svært. Kan De ikke bare bygge det, så skal jeg nok komme og se om det er i orden!”

DR2

Henrik: Der er lige en enkelt ting, som jeg har lagt mærke til og studset over. Du har nemlig flere gange antydnet, at DR2 reaktoren, som Isotoplaboratoriet lå tæt ved og som var laboratoriets primære neutronkilde, ikke fra starten havde som hovedopgave at producere isotoper.

Heydorn: Nej, absolut ikke. Den var meget upraktisk til dette formål; men vi fik os da indrettet.

Henrik: Hvordan vil du så karakterisere den som facilitet? Havde man fra starten i højere grad tænkt, at den skulle benyttes til reaktorteknologisk forskning og udvikling?

Heydorn: Det tør jeg ikke sige; det må være dem, der har valgt den, der svarer på det spørgsmål. Isotopproduktion stiller det uomgængelige krav til reaktoren, at man skal kunne tage bestrålinger ud og ind mens den kører, og derfor var det virkelig en genial idé at installere et rørpostanlæg mellem DR2 reaktoren og Isotoplaboratoriet. I alle andre henseender var den overhovedet ikke forberedt til isotopproduktion, men det var reaktorer generelt såmænd heller ikke. Til de øvrige anvendelser – og det gælder også mange fysikforsøg – er det muligt at vente til reaktoren er lukket, alternativt at stoppe reaktoren, når ens forsøg er færdigt. Men for Isotoplaboratoriets leverancer af kortlivede isotoper er det afgørende at kunne tage det bestrålede materiale ud af reaktoren, præcist når det skal bruges. Her på Risø havde vi den store fordel, at reaktoren af hensyn til fysikerne kørte næsten hele tiden, mens det store problem var, at prøverne er så frygtelig radioaktive, lige når de kommer ud af reaktoren. Rørposten løste noget af dette problem for os, og uden den havde vi været meget dårligt stillet. Men i de tilfælde, hvor vi var nødt til at bestråle i længere tid, kunne vi ikke bruge rørposten, men måtte hente prøverne ovre ved reaktoren. Materialet blev anbragt i bestrålingsdåser af aluminium og sænket ned i vandet, hvorfra det så blev hejset op og ind i en blyafskærmet transportbeholder, når den beregnede tid var udløbet. I begyndelsen var det hele meget primitivt, men i årenes løb fik vi da bygget en del forskelligt udstyr, så vi kunne udnytte alle tilgængelige bestrålingsmuligheder i DR2.

NTD-Silicium

Her kommer vi naturligt til det kapitel, der hedder silicium. Skal vi tage det nu?

Henrik: Ja, det synes jeg.

Topsil

Heydorn: Fremstillingen af neutrondoteret silicium begyndte jo på DR2. Jeg forudsætter i det følgende, at vi ikke behøver at gentage andet end hovedpunkterne af, hvad der omtales i filmen [*Fra forsøg til produktion: NTD-silicium*]. En dag blev jeg ringet op af udviklingschefen H. Janus fra Topsil, som spurgte, om ikke vi havde lyst til at bestråle en enkeltkrystal af silicium med neutroner. Det havde vi!

Henrik: Det var engang omkring 1973.

Heydorn: Det var i april 1974. I kraft af den erfaring, vi havde med reaktoren DR2, kunne jeg straks love, at vi kunne udføre et sådant forsøg. Det lød jo ikke som noget større projekt, så han kunne godt komme med sin siliciumkrystal; vi skulle nok give den en tur i reaktorens termiske kolonne.

Henrik: Var det første gang, at I havde et direkte samarbejde med en industrivirksomhed?

Heydorn: I hvert fald af denne karakter. Det var helt klart uden mening at henvise til Isotop-

centralen, og Torben Sevel, som netop havde afløst Erik Somer som dens leder, var ganske enig heri.

Henrik: Det lå vel også udenfor det område, som de normalt arbejdede med?

Heydorn: Helt sikkert. Vor specielle styrke var, at vi kunne gå i gang med at bestråle Topsil's siliciumkrystaller stort set uden varsel - som også beskrevet i filmen. Janus var godt tilfreds med resultatet af den første bestråling, og vi blev hurtigt enige om at gå videre; det er jo fordelene ved fysik og kemi - hvis det fungerer første gang, så fungerer det også fremover. Nu kender du jo mere til reaktorerne end de fleste og ved sikkert, at der på DR2 var en såkaldt termisk kolonne med en så godt som ren neutronflux af langsomme neutroner. Hurtige neutroner kan dels skade krystalgitteret og dels medføre nogle u hensigtsmæssige sidereaktioner, som gør silicium radioaktivt. Begge dele reduceres til et minimum i den termiske kolonne og medvirkede til de gode resultater. En termisk kolonne består af grafit i form af byggeklodser, stablet således at horisontale grafit-stringere kan trækkes ud og sættes ind i bestemte positioner. Vi fik nu folkene på DR2 til at bore en stribe huller i et par af disse grafit-stringere, så de passede til de ca 1" krystaller, som Topsil ønskede bestrålet. Neutrondotering af silicium kræver ikke blot en nøje afstemt, men frem for alt en jævn dosis gennem hele krystallen; derfor måtte vi vende grafit-stringeren, når den halve bestrålingstid var gået. Ellers ville den ende, der vendte ind mod reaktoren, få en højere dosis og resultatet ikke blive ensartet. Det kunne godt lade sig gøre, men var noget problematisk; i begyndelsen var vi nemlig nødt til planlægge bestrålingen sådan, at den halve tid netop var gået, når reaktoren alligevel skulle lukke.

Henrik: Den termiske kolonne kunne ikke åbnes under drift...

Heydorn: Nej, desværre ikke! Vi fik dog indrettet det således, at vi kunne trække en stringer ind og ud under drift, men kunne stadig kun vende den, når reaktoren var lukket. Det var lidt kompliceret, men gik i og for sig rimeligt godt; vi fik da leveret materialet til Topsils berømte prøveleverance til USA, som nogen tid senere gav dem ordren på tyristorer til et nyt kraftværk i konkurrence med alle de store amerikanske leverandører. Denne ordre satte den udvikling i gang, som er beskrevet i filmen.

Både Topsil og Isotoplaboratoriet var yderst tilfredse med udviklingen og så spændt fremtiden i møde. Vi skulle netop til at konstruere faciliteter, der egnede sig til at løse denne opgave, da jeg ganske tilfældigt hørte, at DR2 skulle lukkes!! Skønt jeg var leder af Isotoplaboratoriet, havde jeg ikke nogen formel position i hierarkiet og var derfor fuldstændigt uvidende om de drøftelser, der foregik på ledelsesniveau; samtidig var jeg bestemt hverken ukendt eller usynlig, hvorfor alle involverede tog det for givet, at jeg var med i disse overvejelser på allernærmeste hold. Ingen havde derfor fundet anledning til at berette om sagen for mig.

Henrik: Er det virkelig rigtigt?

Heydorn: Ja: et halvt år inden DR 2 skulle lukke, anede jeg intet om det! Alle mine planer forudsatte, at reaktoren selvfølgelig kørte, præcis som den plejede. Ledelsen erkendte, at den havde forsømt at orientere Isotoplaboratoriet og var parat til at yde kompensation. Sådan en chance får man kun én gang - så nu gjaldt det om at vise, hvad man har i sig: Jeg forlangte ressourcer til at indrette nye bestrålingsfaciliteter i DR3, som kunne erstatte samtlige tilgængelige faciliteter i DR2, og de skulle være færdige, inden DR2 blev lukket; ellers kunne jeg godt garantere, at Risøs omdømme ville falde drastisk!

Jeg fik stort set *carte blanche*, og DR2's nedlukning blev udsat til ultimo oktober 1975. Aldrig nogen sinde før eller siden er der blevet arbejdet så meget for Isotoplaboratoriet i Reaktorafdelingen, Konstruktionsafdelingen, Elektronikafdelingen, Helsefysikafdelingen, Risø Værksted og DR3 som i denne periode - og alt sammen for at opfylde vore ønsker.



Bestrålingsfaciliteterne i DR2 var som tidligere antydet ikke specielt gode; men dem vi nu fik indrettet på DR3 – de blev gode: for det første vidste vi nu præcist, hvordan vi ville have dem, og for det andet rådede vi nu over både arbejdskraft og penge. Vi fik virkelig gode faciliteter til isotopproduktion i DR3.

Henrik: Vil det sige, at siliciumproduktionen måske aldrig havde fået den udvikling, som den fik, hvis ikke DR2 var blevet lukket?

Heydorn: Nu skal du få historien. Jeg fik som nævnt *carte blanche* til at indrette faciliteter til isotopproduktion på DR3, for selvfølgelig skulle isotopproduktionen fortsætte. Det var logisk også for ledelsen, der selvsagt var noget flove over sagsforløbet. Bestråling af silicium kunne imidlertid ikke henregnes til isotopproduktion, og der kunne derfor ikke være tale om at lave faciliteter til dette formål. Men historien er endnu vildere!

Ingen i Direktionen troede på den her med neutrondotering af silicium. Overhovedet ikke! Men jeg troede på det, og det samme gjorde Janus naturligvis. Topsil havde endnu ikke fået den store ordre på tyristorer til USA, men kun afsendt prøveleverancen. Men med DR2 lukket og DR3 ude af stand til at bestråle silicium kunne situationen blive den, at Topsil fik denne meget betydningsfulde ordre og så ikke kunne levere - og det ville være Risøs skyld! Jeg foreholdt Risøs ledelse dette scenario sammen med ønsket om at overføre også de hidtidige bestrålinger af silicium i DR2's termiske kolonne til DR3, men blev belært om, at det umuligt kunne lade sig gøre: "Vi kan jo ikke bruge offentlige midler, beregnet til helt andre formål, på at støtte eller investere i et privat firma. Hvor er vi så henne?" Nu var gode råd dyre - men jeg besluttede mig til at finde en løsning, så det kunne lade sig gøre alligevel!

En af fordelene ved ikke at være på ledelsesniveau er, at de højere niveauer kun i begrænset omfang er klar over, hvad der egentlig foregår i deres afdeling. Jeg havde i virkeligheden allerede indgået aftale med Kai Hansen og andre medarbejdere i Konstruktionsafdelingen om, at de - sammen med alle isotopfaciliteterne - også skulle konstruere en bestrålingsfacilitet til silicium uden at fortælle det til nogen. Fint nok, havde de sagt. Samtidig med at Direktionen afslog min anmodning, var adskillige medarbejdere således i fuld gang med konstruktionsarbejdet til en facilitet, der ville være i stand til at neutrondotere mere silicium, end vi kunne i DR2. Jeg kunne jo altid stoppe dem, hvis ikke Topsil fik deres ordre; men jeg havde på fornemmelsen, at vi hellere måtte være forberedt.

Henrik: Det var den oppe på toppen?

Heydorn: Ja, det var den første af mange på toppen. I sommeren 1975 rendte jeg rundt på Risøs forskellige afdelinger og opmuntrede folk til at holde gang i alle nødvendige aktiviteter på forventet efterbevilling; men vi manglede akut penge til at betale for fremstillingen af faciliteterne på Risø Værksted. Topsil var naturligvis klar over situationen, men havde – som sædvanlig - heller ingen penge. Løsningen blev, at vi måtte søge midler uden om Direktionen, hvad jeg naturligvis ikke selv kunne gøre. Topsil påtog sig derfor på egne vegne – hvad jeg naturligvis ikke kunne forhindre dem i – at ansøge *Fonden for teknisk udvikling* om et beløb til indretning af faciliteter til bestråling af silicium i DR3. Og minsandten om de ikke fik 50.000 kr eller hvad beløbet nu var. I mellemtiden var projektet blevet færdigkonstrueret og tegnet og skulle nu fremstilles på Risø Værksted, hvor det ikke længere kunne skjules. Men netop da fik Topsil ordren fra USA, og med de bevilgede fondsmidler betalte de værkstedet for at lave den. Installationen på DR3 fandt sted i følge med de øvrige nye bestrålingsfaciliteter, og den 14. oktober – hele to uger før DR2's nedlukning – foretog vi den første bestråling af silicium i DR3. Topsil fik deres siliciumkrystaller bestrålet, og leverancen af neutrondoteret silicium til USA gik fint. Men det var på et hængende hår!

Henrik: Hvad var direktionens holdning til den fremgangsmåde?

Heydorn: Det har aldrig været nødvendigt at drøfte fremgangsmåden med nogen, og den nævnes heller ikke i filmen; det er jo resultatet, der tæller! Ingen i Direktionen kunne have noget imod, at et firma købte og betalte noget udstyr på DR3, og at de betalte Isotoplaboratoriet for at betjene det; det kom jo for så vidt slet ikke Risø ved!

Wacker

Efter succesen med leverancen til USA blev det hurtigt klart for Topsil, at de fik brug for mere kapacitet. Der findes seks huller af samme slags på toppen af DR3, så det var ret simpelt at lave kopier og indsætte dem i flere huller og derved forøge bestrålingskapaciteten. Nu var fremgangsmåden jo kendt, og Topsil tjente gode penge, så med Direktionens fulde accept betalte de simpelthen for installation af ny kapacitet. I begyndelsen sad vi på 100 % af verdensmarkedet, og med udgangen af 1977 var 5 af de 6 ens huller på toppen af DR3 taget i brug til dotering af silicium for Topsil. Trods vort succesfulde samarbejde havde jeg dog en klar fornemmelse af endnu større muligheder, hvis vi ikke begrænsede os til samarbejde med Topsil. I 1979 besøgte derfor Oscar Holst-Jensen fra Risø's daværende Kontraktkontor firmaet Wacker-Chemitronic i Tyskland for at orientere om vor bestrålingsvirksomhed, og året efter forhandlede vi os frem til en aftale med firmaet. Det nævnes måske ikke direkte i filmen, men Wacker ville gerne bestråle langt større mængder end Topsil, hvilket betød, at vi simpelthen ikke rådede over faciliteter til at opfylde deres ønsker. At Direktionen ikke ville bevilge penge til faciliteter til dotering af silicium var på forhånd givet, og selv havde jeg det ikke godt med at få flere bestrålingsfaciliteter, som vi ikke selv ejede; men vor forhandlingspartner på Wacker-Chemitronic, Dr. Herzer, var en mand, der mente at problemer var til for at løses – og det gjorde vi så! Uden juridisk bistand indgik vi en aftale, som jeg anså for ganske utrolig: Aftalen indebar, at Wacker kontraktligt forpligtede sig seks år frem i tiden til at aftage – og vi til at levere - fastlagte mængder af bestrålet silicium i en specificeret kvalitet og til en bestemt pris, vel at mærke leveret fra bestrålingsfaciliteter, der endnu ikke engang befandt sig på tegnebordet! Jeg betragter stadig denne aftale som den mest fantastiske jeg nogensinde har indgået og et udtryk for en enorm tillid, som vi ville gøre alt for at leve op til. Oskar og jeg hjembragte således ordrer på levering af et formidabelt antal bestrålinger af silicium frem til udgangen af 1986 med en indbygget stigning svarende til en tredobling af den hidtidige kapacitet. For at kunne opfylde kontrakten måtte vi løbende udbygge faciliteterne til også at kunne bestråle krystaller med 4" diameter i stedet for det hidtidige maksimum på 3", og pengene hertil kom simpelthen fra de udførte bestrålinger. På den måde havde jeg nu sikret penge til at bygge nye faciliteter til bestråling af silicium, uden at skulle bede Direktionen om andet end at underskrive kontrakten! Det voldte ingen problemer, og kontrakten trådte i kraft 30. juni 1980.

Straks efter gik jeg til Kai Hansen i Konstruktionsafdelingen for at få sat gang i konstruktionen af de nye faciliteter. Jeg viste ham seksårsplanen og sagde: "Se bare! Denne gang falder pengene forud – hvis du garanterer at have den første 4" facilitet klar til brug næste sommer?" Det lovede han naturligvis – og det holdt han! Naturligvis!

I mellemtiden havde vi så visse diskussioner med Topsil, fordi vi jo ikke fra kontraktens start havde andre bestrålingsfaciliteter og derfor var nødt til at benytte Topsils faciliteter til at bestråle Wackers silicium. Det var Topsil godt klar over, og de var næsten nødt til at protestere, hvorfor jeg måtte opfinde en "virtuel" facilitet, hvori Wacker's bestrålinger foregik! Det korte af det lange var, at Topsil fik hvad de skulle bruge, og så burde de ikke have noget imod, at vi brugte faciliteten til noget andet.

Henrik: Var de to firmaer ikke i skarp konkurrence?

Heydorn: De var i skarp konkurrence, men mest fra Topsils side; ifølge Herzer betragtede man Topsil som en velkommen konkurrent og kunne godt acceptere Topsil's førsteret til levering. Topsil's kvalitet betegnedes som helt i top, men ude af stand til at dække verdensmarkedet; det var Wacker derimod. Desværre viste det sig, at Topsil jævnlige befandt sig på fallittens rand, og flere gange rent faktisk gik fallit. Da jeg blev klar over det, begyndte jeg for alvor at se mig om efter andre partnere.

Henrik: Det var vel også anderledes tal end de småbeløb som isotoperne indbragte?

Topsil i problemer

Heydorn: Det var det, og derfor havde Administrationen nok fået lært at skrive regninger – men ikke at holde øje med, om de nogensinde blev betalt! Ingen havde derfor nogen anelse om Topsil's økonomiske problemer, og da jeg ganske tilfældigt så i avisen, at de var gået i betalingsstandsning, kom det fuldstændigt bag på mig. Jeg ringede straks til bogholderiet for at høre, hvor meget vi havde ude at svømme; men svaret lod vente på sig. Det var nemlig ikke noget, man kunne se i Risøs eget bogholderi og åbenbart heller ikke i vort ressort ministerium; alle betalinger tilgik en fælles kasse i Finansministeriet. Med andre ord: Risø havde intet med dette at gøre – men fandt dog til sidst alligevel ud af, at Topsil skyldte os næsten 2 millioner kr.! Ingen af disse officielle instanser kunne naturligvis finde på at rykke for betalingen, og Topsil havde i lang tid fulgt den praksis, at dem, der ikke rykkede, fik ingen penge!

Selv om systemet åbenbart var ligeglad, så var jeg det ikke: noget måtte gøres. Topsil skulle naturligvis stadig have deres silicium bestrålet, så de havde en chance for at overleve. Efter samråd med økonomichefen, der glædeligvis også var lettere rystet, besluttede vi derfor med omgående virkning, at Topsil skulle betale i porten for den silicium, som de fik bestrålet. Straks når de ankom, kørte de over i kassererkontoret i Administrationen, betalte regningen kontant, fik et stempel på, kørte ned til Isotoplaboratoriet og fik så udleveret deres silicium.

Hvorvidt statskassen nogen sinde fik penge ud af fallitboet, fik jeg aldrig at vide.

Henrik: Okay!

Heydorn: I 1981 gik Topsil fallit endnu engang, og boet blev overtaget af Phoenix Materials Corporation; denne gang havde vi dog sørget for, at der ikke var ubetalte regninger! Den amerikanske præsident for firmaet var klar over, at han nu ejede alle vore bestrålingsfaciliteter for silicium og kom ned på Isotoplaboratoriet for at se dem. Han oplyste, at der ikke skulle fremstilles NTD-silicium mere og ville derfor gerne have bestrålingsfaciliteterne med, så han kunne sælge dem sammen med det øvrige produktionsudstyr i Frederikssund. Jeg måtte jo bedrøve ham med, at det kunne han ikke: De var alt for radioaktive... og desuden skulle vi bruge dem til at bestråle silicium for Wacker, men det nævnte jeg nu ikke! Han lagde bestemt ikke skjul på sin utilfredshed hermed, bølgerne gik højt, og vi gerådede i et bravt skænderi. Han truede med at pudse sine jurister på mig, men heldigvis var chefen for kontraktkontoret, Oskar Holst-Jensen til stede og fik beroliget gemytterne inden det kom til håndgribeligheder. Et uforglemmeligt møde.

Takket være dette besøg blev også Risøs Ledelse opmærksom på vor ejendommelige situation, og for første gang drøftede vi betimeligheden af, at brugere selv betalte deres bestrålingsfaciliteter. Uden at komme ind på det historiske forløb blev vi enige om, at den nuværende situation ikke var holdbar, og at vi måtte finde udvej for at overtage bestrålingsfaciliteterne fra deres nuværende ejer; en delikat sag for Risø, som gerne ville undgå, at sagen tiltrak sig for megen opmærksomhed.

Få måneder efter vort dramatiske møde besluttede man sig til alligevel at genoplive siliciumproduktionen i Frederikssund under navnet Topsil A/S. Efter forhandlinger med det nye firma enedes vi om en ordning, der gik ud på, at Topsil mod løbende rabatter på bestrålingerne langsomt overdrog faciliteterne til Isotoplaboratoriet. Heldigvis holdt firmaet længe nok til, at vi gennem rabatterne fik overtaget faciliteterne 100 %.

Henrik: Var der noget af det her, der figurerede i offentligheden?

Heydorn: Intet af dette har været offentligt fremme. Når jeg benytter lejligheden til at omtale de mere kuriøse aspekter af Isotoplaboratoriets virksomhed, er det for at illustrere, hvor problemfyldt det kunne være at etablere en egentlig produktion i offentligt regis. Samtidig vil jeg gerne vise fordelene ved at operere på et lavere plan, når det gælder om at få tingene til at fungere - og det fik vi jo både med Topsil og Wacker. Direktionen behøver ikke at kende alle

detaljer, og i mange tilfælde ønsker de det sikkert heller ikke.

Risø og profit    Henrik: Du har her beskrevet direktionens beskedne interesse for silicium-produktionen. Hvad var baggrunden for den holdning?

Heydorn: Historisk set har der vel generelt været den holdning, at en fin videnskabelig institution ikke kan være bekendt at tage penge af folk. Fra 1970'erne og frem dominerede 68-generationens holdning, der groft sagt kriminaliserede begrebet profit. Husk dengang de universitetsstuderende blokerede rektor Mogens Fogs kontor og forlangte, at man ikke måtte samarbejde med industrien. Disse holdninger smittede også af på Risø, tillige med en bekymring for at blive beskyldt for at favorisere den ene virksomhed frem for den anden. Det var langt sikrere at undgå samarbejde med erhvervslivet.

Henrik: Gjaldt det virkelig også Risøs direktion?

Heydorn: I en lang periode: Ja! I begyndelsen af 80'erne fik Risø imidlertid en ny underdirektør, Ingvar Rasmussen<sup>ii</sup>, hvis opfattelse var mere på linje med min, og efter nogle indledende misforståelser fik vi et glimrende samarbejde. Til gengæld blev han ikke specielt populær i Direktionen, kan man vist roligt sige. Kort efter hans tiltrædelse var jeg blevet interviewet til "Ingeniøren" angående NTD-silicium og var kommet til at nævne Risøs manglende interesse for siliciumproduktion. Mandag morgen ringede han noget fortørnet og forlangte at få at vide, hvad jeg mente med det? Så fortalte jeg ham, at Risø aldrig havde villet investere en krone i siliciumfaciliteter, og at alle eksisterende faciliteter var betalt af fondsmidler, Topsil, eller Wacker. Direktionen havde hidtil ikke vist nogen som helst interesse, men med ham som underdirektør ændrede situationen sig. Takket være ham, blev det derfor vel modtaget, da jeg i 1981 fik den idé, at vi skulle til at handle med Japan, som omtalt i filmen. Han støttede ideen, men det holdt hårdt at få tilladelse til at udnytte regentparrets besøg i Japan som indgang til det japanske marked. Det lykkedes som bekendt til sidst; dog naturligvis ikke som en af Risøs officielle repræsentanter, men som medlem af en dansk erhvervsdelegation.

Japanske kunder

Henrik: I dag ville det jo være en gigantisk fjer i hatten for en forskningsinstitution at have sådan en produktion kørende.

Heydorn: Sådan var det bestemt ikke dengang, men det drog vi i virkeligheden fordel af!

Når Wacker-Chemitronic var så interesseret i at sikre sig adgang til dotering af silicium på Risø, var det ikke udelukkende for vore blå øjnes skyld, men snarere fordi vi havde en tungtvandsreaktor. Der var således langt færre hurtige neutroner i DR3 end i letvandsreaktorer som DR2 - en termisk kolonne var derfor overflødig. Dr. Herzer tilskrev derfor den høje kvalitet af NTD-silicium fra Topsil, at de fik bestrålet deres silicium i en tungtvandsreaktor - et faktum, som Topsil også selv fremhævede i deres reklamemateriale.

Der er ikke mange tungtvandsreaktorer i verden, men en af dem lå faktisk i Tyskland; på forskningscenteret Jülich rådede man over en reaktor af nøjagtig samme type som DR3. Det forekom derfor nærliggende, at Wacker kunne få dækket sit behov for bestråling inden for landets egne grænser; MEN Direktionen på Jülich var endnu mindre interesseret end Direktionen på Risø!

Wacker havde selvsagt gentagne gange forsøgt at få bestrålet i Jülich reaktoren, og efter at have mobiliseret et politisk pres på Direktionen var det lykkedes at få et tilbud.

Wacker havde fundet prisen eksorbitant, og trods den høje pris var leveringssikkerheden og kvaliteten ikke tilfredsstillende; endvidere skete der mange uheld og fejltagelser. Det er svært at frigøre sig fra den tanke, at Jülich ikke blot var uinteressert, men direkte søgte at forhindre at spille tid på kommercielle aktiviteter.

Henrik: Så siliciumproduktionen er aldrig blevet benyttet til at promovere institutionen

udadtil?

Ny kultur på  
Risø i 80'erne

Heydorn: Tværtimod. Når Direktionen mødtes med udenlandske kolleger fra Jülich og andre steder, ansås det vist nærmest for pinligt at tale om det. Efterhånden blev vi dog mere værdsat, og jeg fik faktisk en pris på 10.000 kr. fra Direktionen for min indsats for fremme af siliciumproduktionen.

Årsagen til denne udvikling skulle nok findes i, at der var åbnet mulighed for, at institutionerne selv kunne disponere over deres indtægter i modsætning til tidligere, hvor de havnede i statskassen.

Der var jo efterhånden tale om ganske mange penge og nu kunne man måske få glæde af dem.

Henrik: Så vidt jeg kan forstå taler vi for 90'ernes vedkommende om indtægter på ca. 20 mio. kr om året.

Heydorn: Det var nok deromkring<sup>iii</sup> og med den nye ordning et enormt plus for Isotoplaboratoriet. Den spøgefulde version af Direktionens årlige besøg ude hos os var, at Hans Bjerrum Møller kun kiggede på tallet i nederste højre hjørne – altså resultatet. Alle andre afdelinger på Risø havde selvsagt underskud, som de netop skulle have bevilliget af Direktionen. Ene af alle afdelinger havde vi overskud, og det vi drøftede var derfor hvor mange penge de skulle have af os! For begge parter var det en uvant situation, og i nogle år blev resultatet blot overført til næste år. Ingvar Rasmussen, som blandt sine øvrige kvalifikationer også havde en MBA, rådede mig til at nedbringe overskuddet ved selv at fordele penge til de afdelinger, som Isotoplaboratoriet samarbejdede med. Det var et godt råd således at få pengene i cirkulation i stedet for blot at have dem stående til pynt på regnskabet. I årene fremover ringede så vore mange venner rundt på Risø, når de skulle lave budget, for at høre, hvad vi skulle have lavet næste år og hvor mange penge, vi ville afsætte til dem. Det var en stor fordel, at det var Isotoplaboratoriet selv og ikke Direktionen, der fordelte midlerne: Vi fik mange gode venner på den konto – og det havde vi da egentlig også fortjent! Resultatet ville sikkert være blevet det samme, hvis Direktionen havde fordelt pengene, men så ville folk være ligeglade.

Henrik: Var det nogen sinde vanskeligt at få plads i DR3-reaktoren?

Heydorn: Det var en selvfølge, at vi koordinerede vores behov for bestråling i DR3 med Fysikafdelingen og Afdelingen for Materialeforskning, og jeg har ingen erindring om, at det nogensinde voldte problemer. Til vore formål var de vertikale kanaler i DR3 at foretrække, og fysikerne var egentlig kun interesseret i de horisontale; af de 10 vertikale kanaler overtog vi efterhånden dem alle, men først efter at de var blevet ledige. Væksten i antallet af siliciumkrystaller med en diameter på 5" kunne imidlertid ikke rummes i de vertikale faciliteter og nødvendiggjorde konstruktion af en horisontal bestrålingsfacilitet i et forsøgsrør, som netop var blevet rømmet af fysikerne.

Ikke mindst vore japanske kunder var altid bekymrede for, om vi havde tilstrækkelig kapacitet; men vi garanterede aldrig i vore kontrakter mere end vi var sikre på at kunne levere. Til gengæld måtte de garantere at aftage et antal bestrålinger, der kunne retfærdiggøre en udbygning af vor kapacitet!

Konstruktion af faciliteter til bestråling af silicium i store mængder er ikke nogen simpel sag: hver enkelt siliciumkrystal skal have sin helt bestemte dosis, forskellig fra krystal til krystal, og denne dosis skal være præcis den samme gennem hele krystallen. Der er således ikke tale om en serieproduktion, men i vore mest moderne faciliteter var der tale om en automatiseret produktion. Den første horisontale facilitet blev indsat i reaktoren i slutningen af 1991 og den sidste blev færdig og taget i brug ved udgangen af 1997 – kort tid før jeg holdt op.

Prispolitik og

Der er ingen tvivl om, at vi var gode til at dotere silicium – sandsynligvis de bedste i

kvalitetssikring verden. I de første år var praktisk taget al NTD-silicium bestrålet på Risø, og vi dækkede nok 95 % af verdensmarkedet. Også i de seneste år med vores leverancer til Tyskland og Japan mener jeg, at vi var verdens største producent af dette materiale – til trods for at vore priser blev anset for at være høje. Men hvad sådan noget egentlig skal koste, er jo i grunden et ganske kompliceret spørgsmål, som jeg gerne vil komme lidt ind på.

For Topsil's vedkommende ejede de jo selv bestrålingsfaciliteterne, men skulle betale leje af den plads, de optog i reaktoren; dertil kom naturligvis en håndteringsafgift for hver udført bestråling. Sådan var opbygningen også af alle andre kontrakter, som vi indgik. For Wacker kom dertil udgifterne til nye bestrålingsfaciliteter, samt prisregulering i den 6 år lange kontraktperiode. På basis af en vurdering af disse poster udarbejdede vi tilbud på de mængder de forskellige kunder ønskede at sikre sig – og som de forpligtede sig til at aftage! Vi leverede kun undtagelsesvis til kunder, med hvem vi ingen kontrakt havde – og da kun til stærkt forhøjede priser. Det drejede sig jo også om ikke at sætte prisen så højt, at man bremsede udbredelsen af produktet, og med tiden satte vi da også prisen lidt ned for at kunne få fyldt vore horisontale faciliteter. I 1997 – det sidste år, jeg har tal for – fik vi i gennemsnit godt 6500 kr. per udført bestråling, hvilket svarer til en gennemsnitlig pris på ca. 0,78 kr. per gram silicium.

ISO 9000

Japanerne plejede at sige, at vi var noget dyrere end de øvrige udbydere på verdensmarkedet, fra hvem de angav at kunne få bestrålet til USD 0,10 per gram. Det undrede mig ikke, for hvordan skulle de andre komme ind på markedet, hvis ikke de var billigere end os! Når de alligevel handlede med Risø, var det fordi vi var mere pålidelige og lavede færre fejl end de andre leverandører. Vi var den første leverandør i denne branche, der blev ISO 9000 certificeret - og også den første afdeling på Risø; muligvis endda den første danske statsinstitution? I hvert fald kom Jacob Holmblad, direktør for Dansk Standard, personligt ned på Isotoplaboratoriet den 31. januar 1994 for at overrække ISO 9000 certifikatet; ingen fra Risø's Direktion var dog til stede...

Det er et kæmpe arbejde at blive certificeret, idet alle operationer og trin i processen skal dokumenteres minutiøst; det at fremstille NTD-silicium er nemlig ikke så ligetil, som man måske skulle tro. Til gengæld er det en stor fordel over for kvalitetsbevidste kunder: En skønne dag fik vi nemlig en umådelig lang skrivelse fra en af vore største japanske kunder, som af hensyn til deres egen kvalitetssikring forlangte dokumentation for alt muligt mellem himmel og jord. Men hvis vi var ISO 9000 certificeret, kunne vi blot krydse af og skrive under forneden på side 2.

Silicium er et skørt materiale og skal håndteres med den største omhu, og desuden skal det som tidligere anført bestråles nøjagtigt og ensartet. Siliciumkrystaller er vanskelige at fremstille og derfor meget kostbare; hvis de bliver beskadiget eller forkert bestrålet, er de lige til at smide ud! Allerede meget tidligt begyndte en reaktor i Missouri i USA at bestråle silicium for et japansk firma, og ifølge deres kontrakt skulle reaktoren erstatte det silicium, som de ødelagde ved forkert bestrålingsdosis. Det kom til at betyde, at de intet fik ud af deres bestrålingsvirksomhed; deres kvalitet var så ringe, at erstatningerne ofte oversteg det beløb de fik for bestrålingen. Uanset om denne version af historien nu også er helt korrekt, besluttede vi lige fra begyndelsen, at en forkert bestråling gav ret til en gratis bestråling, men ingen erstatning for tabt silicium! Det blev af en eller anden grund accepteret, men derimod havde vi meget svært ved at få accepteret nogen pristalsregulering af taksterne i kontraktperioden; så det måtte vi opgive hos vore japanske kunder.

Selv om vor kvalitet var god, skete det da, at vi fik enkelte fejlmeldinger, som vi uden videre godskrev kunden til gratis ombestråling. Men en gang gik det rigtig galt: vi fik pludselig fejlmeldinger på stribe, der alle viste sig at vedrøre samme facilitet, som var kommet en smule ud af kontrol, uden at vi havde opdaget det! Desværre går der lang tid, før det bestrålede silicium er efterbehandlet og kontrolleret i Japan, hvorfor fejlen først blev opdaget efter at vi havde fejlbestrålet silicium for et rigtig stort beløb. Ved de påfølgende kontraktforhandlinger i Japan var jeg derfor i den vanskelige situation, at firmaet – ganske rimeligt - stillede krav om, at vi i lighed med andre producenter skulle erstatte fejlbestrålet silicium. Her var tale om et

millionbeløb, som jeg hverken kunne eller ville gøres ansvarlig for – og henviste selvsagt til kontraktens bestemmelser angående fejlbestråling. Kontrakten indeholdt imidlertid også en paragraf vedrørende håndtering af uoverensstemmelser: de skulle løses ved forhandling mellem parterne.

Vi førte herefter nogle meget intense forhandlinger – og fandt en løsning: vi indgik en ny kontrakt der omfattede bestråling af så store mængder silicium, at vi kunne yde en rabat på bestrålingsprisen, der af det japanske firma kunne accepteres som erstatning for det mistede silicium. Herved opnåede vi

- a) en økonomisk aftale, der var tilfredsstillende for begge parter.
- b) en væsentlig forøgelse af det kontraherede kvantum silicium.
- c) et ikke-præjudicerende prisniveau.
- c) sidst men ikke mindst: ingen af parterne tabte ansigt.

Som sidegevinst fik vi forbedret vor kvalitetskontrol, så fejl af denne type opdages med det samme.

Henrik: Blev vi færdige med siliciumhistorien eller er der nogle flere ting i den forbindelse, som du gerne vil nævne?

Udvikling og volumen

Heydorn: Vi kan måske lige kommentere den grafik over udviklingen i bestråling af silicium, der er vist i den sidste årsberetning [1997], som du netop har fået. Du kan se en uafbrudt stigning indtil 1992, og at vi i 1991 var oppe på at bestråle over 30 tons NTD-silicium. Dette kvantum repræsenterer samtidig kapacitetsgrænsen for bestråling i vore vertikale faciliteter, og vi måtte derfor gå i gang med at udnytte de horisontale rør i DR3.

På dette tidspunkt havde produktionen nået et omfang, hvor konjunkturerne spiller en væsentlig rolle, og den japanske økonomis pludselige tilbagegang afspejlede sig i vores omsætning. Til trods herfor valgte vi alligevel at fortsætte med konstruktionen af de meget avancerede og komplicerede faciliteter til de vandrette rør, idet vi samtidig håbede at kunne udfase de mest ineffektive af de gamle Topsil faciliteter. Men allerede inden den horisontale facilitet nåede helt op i produktion steg efterspørgslen igen, således at vi ikke kunne lukke helt for dem. I 1995 blev det besluttet at bygge endnu en horisontal facilitet, der kunne tages i brug ved udgangen af 1997; Isotoplaboratoriet var derfor særdeles vel udrustet, da man i 2000 besluttede at lukke DR3 reaktoren.

Henrik: Rømmede fysikerne hullerne helt af sig selv, eller var der en form for intern forhandlingsproces?

Heydorn: Helt frivilligt! Som nævnt havde vi et fortrinligt samarbejde med fysikerne; jeg er kommet i afdelingen og blev accepteret næsten som en fysiker. På et tidspunkt blev jeg simpelthen ringet op og spurgt, om jeg var interesseret i at overtage et af de vandrette rør, hvis de rømmede det. Der var jo adskillige vandrette forsøgskanaler, og da de først havde opgivet deres monopol, kunne de også undvære et rør mere uden problemer.

Ombygning og tilbygning

Uden at rødme kan jeg godt indrømme, at Isotoplaboratoriet ikke var bygget med siliciumproduktion for øje og derfor heller ikke synderligt egnet hertil. Omfanget af siliciumproduktionen nødvendiggjorde derfor snart indretning af særlige lokaler, og i løbet af 1985 lykkedes det produktionslederen, civilingeniør Kirsten Andresen, at samle al arbejdet med silicium i underetagen af en til formålet opført tilbygning i laboratoriets nordlige ende. Byggeriet skulle foregå netop som staten havde indført generelt stop for alt nybyggeri; det var derfor nødvendigt at holde entreprisen nede under 1 million kr, som var grænsen for ”mindre byggearbejder”, der ikke var omfattet af stoppet.

Senere hen blev det nødvendigt også at bygge en længe på DR3's bygning 214 og at anlægge en vej mellem de to bygninger. De nye lokaler blev indviet den 31. oktober 1991 i overværelse af underdirektør Jørgen Kjems og kunstneren Susanne Ussing, hvis fraktal stadig udsmykker bygningens gavl.

Henrik: Hvilke sikkerhedsforanstaltninger havde I på isotoplaboratoriet? Det er jo ikke nogen helt ligetil opgave, at tage ting ind og ud af en reaktor.

Strømlining Heydorn: Så længe bestrålingerne kunne klares gennem et rørpostsystem, var det jo relativt nemt; vi havde fast monteret alarmer ved modtagestationen, så man kunne nå at forlade lokalet i tilfælde af forhøjet strålingsniveau. I alle andre tilfælde blev prøven taget ud af reaktoren af særligt uddannet personale og anbragt i en passende blybeholder og derefter transporteret over til Isotoplaboratoriet, hele tiden overvåget af helsefysisk uddannet personale. Det var i princippet samme fremgangsmåde for silicium, som jo umuligt kunne transporteres med rørpost. Siden 1992 blev al silicium modtaget i "Silicon Valley" under Isotoplaboratoriet, gjort klart til bestråling, og transporteret over på DR3. Efter bestrålingens afslutning blev hver enkelt krystal skannet og målt for radioaktivitet inden afsendelsen fra DR3 lokaliteten, Silicium Nord. Denne strømlinede procedure var indført af Kirsten Andresen og havde den klare fordel, at vi ikke fik blandet ubestrålet og bestrålet silicium sammen. I nært samarbejde med kvalitetschefen Nils Hegaard sikrede de opretholdelsen af vor ISO 9000 certificering – og vort gode internationale ry for kvalitet. Ud over den der pinlige sag med japanerne, har vi ikke haft mange fejltagelser, men ingen undgår at lave fejl! Hvis kvalitetssikring baseres på, at man *undgår* fejl, så skal det gå galt; man skal lave et system, der er baseret på, at man *opdager* fejl, inden andre gør det! Det er samme emneområde, som jeg beskæftiger mig med nu her ude på DTU; men heller ikke her tillægges kvalitetssikring den betydning, som globaliseringen tilsiger.

Henrik: Har I haft sikkerhedsmæssige uheld under vejs?

Sikkerhedskultur Heydorn: Med Ulf Jacobsen som sikkerhedsleder – og senere medlem af Risø's Sikkerhedsudvalg – og laboratoriemester Sydney Griffin med en fortid på Harwell som helseassistent var sikkerheden på Isotoplaboratoriet i de allerbedste hænder og krævede kun sjældent min opmærksomhed. Selvfølgelig kan man ikke helt undgå uheld; men så længe de er af begrænset størrelse, hilser jeg dem velkommen! Der er ikke noget bedre tidspunkt til at få banket ind i hovedet på folk, hvad de skal gøre for at sikre sig mod alvorlige uheld - end lige efter et mindre uheld. Når der så bød sig en lejlighed, var det min opgave at fare ud og forklare folk hvorfor det skete, påpege hvilke sikkerhedsforanstaltninger, der var møntet på at undgå det skete, samt at de skulle huske reglerne fremover. Er der derimod tale om et rigtigt uheld, som man ikke kunne have forudset, så er lejligheden til at spørge folk om idéer til, hvordan noget sådant kan undgås i fremtiden.

Isotoplaboratoriet var det eneste sted på Risø, hvor man næsten udelukkende arbejdede med uindkapslet radioaktivt materiale, og et typisk uheld var derfor kontaminering med radioaktive isotoper på fingrene, på kroppen eller værst af alt inden i sig. Lige fra starten har vi på laboratoriet haft en fuldtidsbeskæftiget helseassistent, hvis eneste opgave var at sørge for, at den slags ikke sker. Sydney Griffin gik rundt og hjalp folk med at gøre tingene på den rigtige måde. Han sørgede for, at reglerne blev overholdt, og hvis noget skulle ændres, kom han til mig; takket være ham skete der kun få uheld, og ingen fik nogensinde radioaktivitet i sig. Lige som på Risø's reaktorer blev der målt strålingsdosis på alle medarbejdere hele tiden og tallene rapporteret månedsvis. Typisk fik sekretærerne ingen stråling, ingeniørerne fik små doser, og teknikerne fik mest – og en af vore teknikere lå jævnlige tæt på det acceptable. Jeg bad Griffin om at studere hvilke operationer, der især bidrog til den pågældendes dosis, og sammen med Ulf Jacobsen lykkedes det at ændre arbejdsmetoden på en måde, så han fik mindre stråling. Sådan løste vi problemer af denne art.

Gravide piger Der var imidlertid et mere kronisk problem, som var svært at løse. Vore laboranter var altid piger, som jo kan gå hen at blive gravide; det ufødte barn er mere sart overfor stråling end et voksent individ, hvorfor man tilstræber at reducere dosis for gravide piger. Følsomheden er imidlertid størst på det tidligste stadium, før graviditeten er konstateret, og dette er således en



kronisk tilstand for alle kvinder i den fødedygtige alder. De fastsatte grænser for strålingsdosis tager højde for denne situation, og det var derfor ikke nødvendigt at foretage sig noget ekstraordinært, selv om en laborant var blevet gravid. I konkrete tilfælde - som jeg ofte mødte - præsenterede jeg således denne argumentation, men afgav samtidig løfte om "skærpet helsefysisk tilsyn" fra Griffin's side. Risøs og dermed også Isotoplaboratoriets radiologiske konsulent var overlæge Mogens Faber, som altid blev underrettet, og som var ganske enig i min fremstilling af sagen. Vi konstaterede også: Graviditet er smitsom!

Der var en periode, hvor vi nærmest blev gravide på stribe: vi havde på samme tidspunkt fire gravide piger, og Faber har senere overfor mig indrømmet, at han sov dårligt om natten, mens det stod på. Isotoplaboratoriet var åbenbart et inspirerende miljø; jeg husker en samtale med en laborant, som søgte ned til os fra en anden afdeling på Risø. I samtalens løb kom vi også ind på emnet graviditet og stråling, hvor jeg sagde, at hun ikke skulle være bekymret. Hun svarede, at det var hun heller ikke, for hun kunne ikke få børn; tre måneder efter hun begyndte på Isotoplaboratoriet, var hun gravid!

Med de mange fødsler kunne der statistisk set sagtens have været en, som blev født med en deformitet af helt andre årsager end netop stråling. Det var sådan set mest den risiko, som bekymrede Faber; hvis der blev født et deformt barn, ville det være yderst vanskeligt at overbevise nogen om, at det ikke skyldtes stråling! Lykkeligvis kan jeg sige, at vi ikke har haft eksempler på, at der er født børn med deformiteter.

Henrik: Er der andre mere anekdotiske historier om Isotoplaboratoriet, som man bør kende til?

En rød  
invasion

Heydorn: Hvis du får fat på gamle avisudklip fra Risø [medtaget i Risø-M-2410], vil du måske støde på historien om "En søndagstur blandt isotoper", som fandt sted i sommeren 1978. En gruppe yngre mennesker havde chartret et skib i Roskilde for at gå i land på Risø og demonstrere, hvor lemfældig sikkerheden var søndag eftermiddag. Isotoplaboratoriet viste sig at være det mål, som de havde udset sig og regnet med, at der ikke var nogen på laboratoriet denne dag. Men en af mine entusiastiske ph.d.studerende arbejdede faktisk på laboratoriet også søndag, så de ubudne gæster blev opdaget allerede, da de ruskede i døren. Han ringede straks til mig og fortalte, at en gruppe mennesker forsøgte at trænge ind i den radioaktive del af laboratoriet gennem den aflåste dør i den sydlige ende af bygningen.

Henrik: Hvad havde de tænkt sig at gøre?

Heydorn: Aktionen faldt jo noget til jorden, fordi de blev opdaget, længe før de havde forestillet sig. De havde formentlig tænkt sig at skrive i avisen, hvor upålideligt og farligt et sted Risø var, og at hvem som helst kunne gå lige ind og stjæle radioaktivt materiale, blive udsat for stråling og måske komme til skade. Jeg er lidt i tvivl om det var *Politiken* eller *Information*, der stod bag; men deltagerlisten omfattede i hvert fald et ret celebret udvalg af tidens venstreorienterede intellektuelle. Jeg ringede imidlertid til portvagten og til vagthavende helsefysiker Ole Walmod Larsen, der straks tog affære på en måde, som ikke levnedde nogen tvivl om, at Risø tog sikkerhed alvorligt!

Affæren blev meldt til politiet, og deltagerne kom for retten i Roskilde.

---

<sup>i</sup> Firmaet skiftede senere til navnet Ginge Kerr Danmark A/S. Jf. [www.ginge-kerr.dk](http://www.ginge-kerr.dk)

<sup>ii</sup> Underdirektør på Risø 1979-1985. Senere udviklingsdirektør for Ths. Sabroe og overingeniør på I/S Midtkraft

<sup>iii</sup> I 1997 udgjorde Isotoplaboratoriets samlede indtægter godt 21 mio. kr., hvoraf de 19 mio. kr. skyldtes siliciumbestråling

**POSTSCRIPTUM:**

Jeg har i dette interview flere gange omtalt Risøs - in casu Direktionens – manglende entusiasme med hensyn til Isotoplaboratoriets arbejde. Dette er et faktum, men må på ingen måde opfattes som nogen bebrejdelse; tværtimod passede det mig fortrinligt at få lejlighed til at løse Isotoplaboratoriets opgaver på min egen måde. Jeg opfattede det som udtryk for tillid, at de gav mig så lang en snor, og jeg har aldrig haft problemer med at få underskrevet dokumenter eller aftaler, som jeg havde sagt god for.

Deres fravær ved laboratoriets officielle arrangementer opfatter jeg blot som et udtryk for, at de ikke ønskede at blive beskyldt for at forsøge at tage æren for noget, som de kun havde en mindre andel i.

Personligt havde jeg et glimrende forhold til de forskellige direktører, som Isotoplaboratoriet gennem tiderne har rapporteret til:

Cecil Jacobsen  
Niels W. Holm  
Niels Busch  
Hans Bjerrum-Møller  
Ingvard Rasmussen  
Jørgen Kjems

De blev gennem vore kvartalsrapporter holdt orienteret om alle forhold af betydning, og der er flere eksempler på, at de faktisk blev læst. Vort gode bekendtskab er fortsat helt til i dag, hvor vi mødes bl.a. i ATV.

Kaj Heydorn

# Del 2

## DR3 og Risø som arbejdsplads

Efter danske forhold er Forskningscenter Risø en gigantisk forskningsinstitution. Lige siden opbygningsfasen i starten af 1960'erne var slut, har medarbejderstaben ligget på 700-1000. I det følgende gives der først et indblik i arbejdsmiljøet omkring den største reaktor DR3, hvorefter der følger en mere selektiv karakteristik af Risø som arbejdsplads. Historien er ikke nutidig: DR3 og Risø beskrives som de fungerede dengang, der foregik nuklear forskning på stedet. Sidst men ikke mindst er der i undersøgelsens tredje afsnit gengivet de seks interviews, hvorpå undersøgelsen hviler.

### 1. DR3

Den tekniske side af DR3 er nøjere beskrevet andet steds.<sup>1</sup> Vi skal her se nærmere på, hvordan reaktordriften var organiseret og hvordan stedet fungerede som arbejdsplads. DR3 var landets største forskningsreaktor og efter lukningen af DR2 i 1975 den eneste rigtige reaktor-facilitet i Danmark. Det er derfor et unikt miljø, der beskrives.

DR3 er en tungtvandsmodereret forskningsreaktor af engelsk fabrikat. Reaktoren blev sat i drift i januar 1960 og definitivt lukket i efteråret 2000. Gennem årene er reaktoren blevet brugt til mange forskellige formål, herunder:

- højtryksforsøg med brændselementer
- test af materialer til reaktorkomponenter
- neutronfysisk forskning, herunder f.eks. bestemmelse af neutronens halveringstid
- materialefysiske forsøg, der benytter sig af neutronspreddningsteknik
- bestråling af prøver til brug ved isotopproduktion, aktiveringsanalyse og røntgenfluorescensundersøgelser
- bestråling af silicium til fremstilling af halvlederkomponenter

#### 1.1. DR3 – personale og organisation

Fra starten krævede driften af DR3 omkring 75 mand. Efter nogle rationaliseringer og nedskæringer var man i 1990 nede på 64 personer. Hertil skal dog lægges de 7-8 mand fra Anlægshelsefysik (AHF), som også fast var tilknyttet driften af DR3. Ser man bort fra de rent administrative funktioner, havde personalet følgende sammensætning:

- ledelse: en ingeniørstab på i alt otte ingeniører.
- drift: syv vagthold á fire mand, som stod for den daglige drift.
- vedligehold: tre værkstedsgrupper og en gruppe, som stod for brændselsskift og udskiftning af emner i kernen.
- helse: AHF's helseservice på DR3 krævede omkring 7-8 mand

De enkelte funktioner skal omtales lidt nærmere.

#### Ingeniørstab og ledelse

Ingeniørstaben på DR3 bestod af en reaktorchef, en souschef og 6 driftsingeniører.

Reaktorchefen var den øverste tekniske leder og ansvarlig for driften. Overfor de nukleare myndigheder (Tilsynet med Nukleare Anlæg (TNA) under Civilforsvarsstyrelsen og Statens Institut for Strålehygiejne (SIS) under Sundhedsstyrelsen<sup>2</sup>) var reaktorchefen garant for, at driften var sikkerhedsmæssig i orden og til enhver tid levede op til gældende lovkrav, bekendtgørelser mv. Til støtte for reaktorchefen havde Risø en Sikkerhedskomite, hvis funk-

<sup>1</sup> Henrik Knudsen (2006) *Risø's Reactorer*. Rapporten findes her: <http://www.si.au.dk/internt/risoe>

<sup>2</sup> Tilsynsforholdene med Risø har ændret sig en del gennem tiderne. De nævnte myndigheder fungerede efter 1989. Jf. <http://www.brs.dk/nuc/>

tion dog var rent rådgivende. Reaktorchefen varetog desuden forholdet til Risøs ledelse. Fra 1973-1999 (langt det meste af driftshistorien) har reaktorchefen været Heinz Floto.

Driftsingeniørerne havde to funktioner, nemlig henholdsvis tilsynsførende ingeniører og vagthavende ingeniører. Hvad den første funktion angår, så var reaktoren inddelt i forskellige kredsløb/systemer (f.eks. det primære kølesystem, instrumentering, brændsel, forsøg osv.). Ansvaret for drift, vedligehold og forbedring af disse systemer var fordelt på de seks driftsingeniører efter deres kundskaber (f.eks. havde elektro-ingeniører instrumentering og stærkstrøm, mens maskiningeniørerne havde kølekredsløbene). Den vagthavende ingeniør (VI) var øverste leder på anlægget uden for normal arbejdstid og havde til opgave at tage hånd om kritiske situationer. Han skulle vurdere og håndtere driftsforstyrrelser, f.eks. *reaktortrip* (automatisk og uplanlagt nedlukning af reaktoren). Reaktoren måtte ikke startes op igen efter et trip før VI'eren i samråd med resten af vagtholdet havde klarlagt årsagen og en evt. udbedring var foretaget. VI'eren skulle give tilladelse til genstart af reaktoren og være til stede i kontrolrummet under opstart. Ved et evt. uheld skulle VI'eren i den første fase lede beredskabet.

Souschefen såvel som reaktorchefen indgik i denne vagtordning - dog med et færre antal vagter - for at holde kontakten til vagtholdet og informere om, hvad der foregik. Når ingeniørerne havde vagt, var de med til vagtholdenes overleveringer og fik derved information fra hele dagen. Derudover brugte de vagterne til at snakke med vagtholdet om systemerne.

#### Vagtholdene

Vagtholdene udgjorde en stor del af medarbejderstaben ved DR3, idet der i det meste af tiden har været syv vagthold. Da der i midten af 1990'erne skulle spares, gik man over til seks vagthold, hvilket dog blot bevirkede en kraftig stigning i overtidsbetalingerne. Det var vagtholdene, der varetog selve driften af reaktoren.

Hvert vagthold bestod af en maskinmester, to reaktoroperatører og en forsøgsassistent. Maskinmesteren var leder af vagtholdet. De to reaktoroperatører var håndværkere, der havde gennemgået et tre måneders efteruddannelseskursus i reaktordrift på DR3. Efter en mundtlig overhøring hos reaktorchefen startede de med reaktordriften.<sup>3</sup> Operatørerne havde til opgave at betjene og overvåge reaktoren fra kontrolrummet, men de havde derudover forskellige opgaver, idet den ene (M-operatøren) tog sig af reaktorens systemer og kredsløb, mens den anden (E-operatøren) tilså og passede de forsøg, der foregik i og omkring DR3. Forsøgsassistenten var en arbejdsmand, hvis funktion var at passe forsøgene, rundere på anlægget og andre ad hoc opgaver, som f.eks. ved vagtskift at hente folk ved Roskilde Station.

Arbejdet med at rundere og tilse kredsløbene, forsøgsapparater og opstillinger i reaktorhallen var formaliseret igennem en række logblade, som skulle gennemgås regelmæssigt flere gange på en vagt. Operatørerne havde desuden under driften til opgave at udskifte bestrålinger og forsøg. I midten af 1980'erne var siliciumproduktionen nået op i industriel målestok. Siliciumbestrålingen var hardcore business: Udskiftningen af bestrålinger og tilsynet hermed var skemalagt rutinearbejde, der gav en hel del arbejde til vagtholdet. Før den tid beskrives vagtholdsarbejdet som en relativt rolig affære fyldt med mange afvekslende opgaver med fysikernes forsøg. Der var dengang altid tid til hyggesamtaler i kontrolrummet.<sup>4</sup>

Driften af DR3 krævede døgnbemanding. Vagtholdsarbejdet foregik i 3-holdsskift. Der har i hele driftsperioden fra januar 1960 til efteråret 2000, altid været mindst to personer på vagt i kontrolrummet. Det stipulerede reglerne nemlig.

---

<sup>3</sup> Interview med Carsten Nikolajsen 12/3 2007.

<sup>4</sup> *Ibid.*

### Værkstedsgupperne

Til DR3 hørte der tre værksteder samt en særlig arbejdsgruppe, ”fuelgruppen” eller ”riggruppen”. Deres opgaver var følgende:

- Fuelholdet tog sig af brændselsskift og skift af andre emner i kernen. Dette var tunge opgaver, idet man for at udskifte et brændselement med 180 g uran, f.eks. skulle bruge en blyafskærmet transportflaske på 23 ton.
- Mekanisk værksted havde til opgave at vedligeholde reaktorens mekaniske dele som f.eks. pumper, ventiler og rør.
- Elværkstedet stod for vedligeholdelse af reaktorens instrumentering (svagstrøm) og strømforsyning (stærkstrøm)
- Riggværkstedet lavede vedligeholdelse af forsøgsudstyr (heraf navnet Rig, der på engelske betegner forsøgsudstyr) som f.eks. den kolde neutronkilde.

Disse fire funktioner krævede i alt 18 håndværkere og 4-5 arbejdsmænd. DR3 havde sine egne værksteder, fordi de ting, der skulle repareres kunne være aktive, hvilket gjorde transport rundt på anlægget til en upraktisk manøvre. Rundt omkring på Risø fandtes der også andre grupper, som havde vitale opgaver i forbindelse med reaktordriften, som f.eks. den gruppe på metallurgiafdelingen (i alt ca. 10 mand), som lavede brændselementer til DR3.

### Helseassistenterne

Det var en særlig afdeling på Risø, Anlægshelsefysik (AHF), der havde til opgave at overvåge og sikre, at reaktorpersonalet ikke fik for meget stråling, og at kontamination blev undgået eller opdaget i tide. AHF bestod i 1990'erne af 17 personer, nemlig fire anlægshelsefysikere, tre laboratiemestre og 10 helseassistenter. Helsefysikerne havde en akademisk baggrund (ingeniør eller cand.scient), mens de øvrige var teknikere. Det daglige arbejde med helsekontrol blev foretaget af helseassistenterne, til hvilken funktion man oprindeligt ansatte mejerister, laboranter og overraskende nok også styrmænd. I tilfælde af en ulykke skulle helseassistenterne nemlig også kunne igangsætte en evakuering via et hurtigtgående fartøj, der lå parat ved molen på halvøens sydlige spids.

### Bemærkning

Der er to forhold her, som kan virke overraskende på de fleste. For det første var alle de akademiske medarbejdere på DR3 ingeniører. Der var hverken fysikere eller kemikere tilknyttet driften af reaktoren. For det andet var det en maskinmester og to håndværkere, som stod for den daglige reaktordrift. Driften af en reaktor ligner på mange måder det at passe en maskine, en skibsmotor eller et elværk.

### **1.2. Relationer til andre afdelinger på Risø**

DR3 har qua sine værksteder og støttefunktioner i et vist omfang fungeret som en selvstændig enhed. Det må dog ikke overses, at driften af DR3 alligevel involverede en stribe af andre Risø-afdelinger, som f.eks. Metallurgiafdelingen, hvorfra DR3 fik sine brændselstave; Konstruktionsafdelingen, som konstruerede de rigs og bestrålingsfaciliteter der blev anvendt; Isotoplaboratoriet, som fik bestrålet prøver og silicium i reaktoren; AHF, som stod for strålesikkerheden på anlægget; Afdelingen for Materialeforskning og Fysikafdelingen, som var de af Risø's afdelinger, der i størst omfang benyttede DR3 som forskningsfacilitet; Kemiafdelingen, som bl.a. kontrollerede det tunge vand samt Sikkerhedstjenesten, som stod for den overordnede dokumentation og beredskab for de nukleare faciliteter. I øvrigt må man ikke glemme, at DR3 faktisk opvarmede hele bygningsmassen på Risø!

### **1.3. En udpræget mandearbejdsplads**

Så godt som alle medarbejdere på DR3 var mænd. Af 64 ansatte var der i 1990 lige netop en kvinde (en sekretær). De resterende 63 mænd var ingeniører, maskinmestre, håndværkere og ufaglærte, dvs. typiske mandefag. Selvom der blandt helseassistenterne typisk var et par kvin-

der, må DR3 altså betegnes som en udpræget mandearbejdsplads. Der har tilbage i 1970'erne og igen i slutningen af 1990'erne været en enkelt kvindelig driftsingeniør. En af medarbejderne beskriver det dog nærmest som en mindre revolution, da der i slutningen af 1990'erne ankom en yngre kvindelig reaktoringeniør. Omgangstonen var efter sigende blevet en smule "støvet".<sup>5</sup> Teknikerne har generelt altid været den største medarbejdergruppe på Risø, men DR3 har med sin meget store andel af teknikere alligevel skilt sig lidt ud. DR3 hørte heller ikke til Risøs forskningsafdelinger, men til de såkaldte "støttefunktioner". Flere af interviewpersonerne giver udtryk for at DR3, trods samarbejdet med de øvrige afdelinger, udgjorde et socialt miljø lidt for sig selv, hvilket måske især er tilfældet for vagtholdene.

#### 1.4. Driftscyklus

Driften kørte med en operationscyklus på 28 døgn, hvor reaktoren kørte konstant i 23½ døgn med indskudte pauser på 4½ døgn. En driftscyklus startede fredag morgen kl. 9.00 og reaktoren kørte så i 23½ døgn for at blive lukket ned søndag aften kl. 21.00. Efter ca. fire timer kunne reaktorens toplade fjernes, således at der blev åbent ned til de "plugs", der gav adgang til brændselselementerne og kontrolbladene. Efter en længere pause, gik man om onsdagen i gang med at foretage brændselsskift. Der blev skiftet tre elementer pr. gang, hvilket tog to-tre timer pr. element. Såvel nye som brugte elementer blev transporteret i store blyafskærmede beholdere ("flasker"), der vejede 23 tons. Natten til fredag gik med rensning af He-dækgassen og afprøvning af sikkerhedssystemerne, således at man om morgenen kl. 9.00 var klar til at starte reaktoren op igen. Pausen blev desuden brugt til reparationsarbejde og eftersyn af pumper m.v. Denne forberedende uge beskrives samstemmende som en særdeles travl tid, fyldt med opgaver, der skulle nås indenfor en stramt timet driftsplan.

Opstarten af reaktoren efter en nedlukning er blandt de mest hektiske arbejdsperioder for vagtholdet. Man startede ikke reaktoren på fuld knald, men gik gradvist med indskudte pauser op i effekt. Ved 1 MW kontrollerede helseassistenten bl.a., om der var stråling på nogle faste udvalgte steder og hvor der i nedlukningsperioden var blevet lavet reparationer. Hvis der ikke var uregelmæssigheder, blev der givet grønt lys til at gå videre op i effekt. Ved 3 MW blev det undersøgt, om der var forhøjet stråling omkring de plugs, som gav adgang til brændselselementerne, hvorefter topladen blev sat på plads igen. Ved 5 og 10 MW runderede helseassistenterne igen med deres strålingsdetektorer. Under opstarten gik E-operatøren rundt og tjekkede, om alle forsøgene kørte planmæssigt. Ind imellem lavede man også under opstarten tests af brændselsstavene. Hele opstarten tog normalt 1½ til 2 timer.

Hver fjerde år blev reaktoren lukket ned i en måned, hvor reaktortanken tømtes for brændselselementer, kontrolblade og det tunge vand. Nu kunne man foretage større vedligeholdelsesopgaver og udskifte udtjent udstyr og instrumentering. Reaktorchefen inspicerede nu det indre af reaktortanken med et periskop.

DR3's internationale kendemærke har været en punktlig overholdelse af driftsplanen og en stabil drift. Det virker som en æressag for personalet, at de forskere, der benyttede DR3, kunne regne med, at reaktoren kørte efter planen. DR3 havde fem søsterreaktorer rundt omkring i verden, og DR3 var angiveligt den, der havde færrest utilsigtede nedlukninger, flest driftstimer og den mest punktlige overholdelse af driftsplanen.<sup>6</sup> Den mest almindelige årsag til reaktortrip, som er betegnelsen for en utilsigtet nedlukning, var netudfald.

#### 1.5. Medarbejdernes opfattelse af reaktoren

Reaktorfolkens opfattelse af reaktoren er gennemgående helt nøgtern: reaktoren er for dem "bare en maskine"<sup>7</sup> eller "en vandvarmer"<sup>8</sup>. Men for de fleste mennesker udenfor Risø står

---

<sup>5</sup> Interview med Ole Pedersen 12/3 2007.

<sup>6</sup> Interview med Carsten Nikolajsen 12/3 2007; Interview med Heinz Floto 28/9 2006.

<sup>7</sup> Interview med Carsten Nikolajsen 12/3 2007.

<sup>8</sup> Interview med Ole Pedersen 12/3 2007.

der en vis mystik omkring reaktorerne, som kan tilskrives de forskellige måder, hvorpå atomteknologi i den populære kultur er blevet tematiseret enten som noget uhyre avanceret, noget meget hemmeligt eller som en ekstrem katastrofeteknologi. Reaktoren er derfor for de fleste mennesker et mystisk og farligt artefakt, som man ikke ligefrem er fortrolig med. Det at blive ansat på Risø kan følgelig beskrives som en initiationsproces, hvor noget ukendt og fremmed afmystificeres og meget hurtigt ender med at blive velkendt, ja næsten trivielt. Fhv. reaktoroperatør Carsten Nikolajsen husker, at han i starten var lidt benøvet ved tanken om, at skulle styre reaktoren efter et introkursus på bare tre måneder.<sup>9</sup>

Når man interviewer medarbejderne, bringes kløften mellem den initierede og den udenforstående interviewer i spil. Når medarbejderne f.eks. spørges, om de nogen sinde har været nervøse eller bange, er svaret næsten altid afvisende. De opfatter grundlæggende reaktoren som en maskine, der, hvis den behandles med omtanke, respekt og forskrifterne følges, ikke adskiller sig synderligt fra andre maskiner. Reaktoren er bygget til automatisk at lukke ned ("trippe"), ikke kun som respons på en række parametre, men faktisk også hvis blot signalet fra diverse målere udebliver. Operatørernes arbejde kan derfor beskrives som en kamp for at holde en maskine kørende, der automatisk stopper som respons på den mindste uregelmæssighed. Når der skete noget utilsigtet, har spændingsmomentet for operatørerne faktisk været, om man var i stand til at holde reaktoren kørende, og ikke om man i en given situation var i stand til at bringe reaktoren under kontrol og få den lukket ned.

#### 1.6. Formelle og uformelle rutiner

På en hvilken som helst arbejdsplads findes der officielle reglementerede rutiner og så de uofficielle rutiner. En af de uofficielle rutiners funktion er at sikre, at en hensigtsmæssig og sikker drift kan foregå med virkelighedens sædvanligvis ufuldkomne mennesker. Som tidligere nævnt krævede DR3 døgnbemanding hele året rundt. Hvor der er tale om nattearbejde, kan det i praksis ikke undgås, at en eller anden ind imellem blev træt eller udkørt, hvilket naturligvis ikke var hensigtsmæssigt, hvorfor vedkommende ofte lagde sig, mens de øvrige overtog hans opgaver.<sup>10</sup> Det var bl.a. for at kende den slags rutiner, at reaktorchefen insisterede på at have vagter.

En anden type uofficielle rutiner har som funktion at skabe et menneskeligt miljø ud af et upersonligt arbejdsrum som f.eks. et kontrolrum. Officielt var det ikke tilladt at spise i kontrolrummet... men i weekenderne skete det ind imellem, at der blev lavet fællesspisning i kontrolrummet. Døgnbemandingen indebar, at vagtholdene fejrede jul og nytår sammen i reaktorhallen. Kontrolrummet blev juleaften pyntet op, ifølge visse kilder endog med *juletræ*. Der blev spist god mad og hygget. For at arbejdet ikke skulle blive for kedeligt om aftenen og natten, fik man på et tidspunkt installeret fjernsyn i kontrolrummet, hvilket ikke skete uden en vis modstand fra direktionens side.<sup>11</sup> Fjernsynet blev dog dækket til med en plade, som kunne skydes til side. En anden form for uofficiel adspredelse og pulsaktivering var et bordtennisbord, som var opstillet uden for hallen, som også var populært blandt de fysikere, der ind imellem arbejdede i hallen.<sup>12</sup> Det siger sig selv, at vagtarbejdet altid blev ledsaget af kaffe i spandevs.

Til de uformelle forhold, der blev accepteret af ledelsen var også det såkaldte "fusk". Fusk var en vid og fleksibel kategori, som omfattede privat hobbyarbejde i arbejdstiden og tekniske eksperimenter. Den slags blev tolereret, for så vidt det ikke generede det øvrige arbejde og det var kvalificeret og fornuftigt. Når blot medarbejderne selv kunne sætte fornuftige grænser, blev fusk af ledelsen opfattet som en nødvendig omkostning ved at fastholde loyale og kvali-

<sup>9</sup> Interview med Carsten Nikolajsen 12/3 2007.

<sup>10</sup> Interview med Heinz Floto 13/3 2007.

<sup>11</sup> *Ibid.*

<sup>12</sup> Interview med Carsten Nikolajsen 12/3 2007.



ficerede medarbejdere.<sup>13</sup> Friheden til at lave fusk hørte med til det at være en teknisk betroet, mere eller mindre uundværlig medarbejder. På dette punkt adskilte DR3 sig ikke væsentligt fra den praksis, der blev fulgt på andre håndværkerarbejdspladser.

### 1.7. Et frit arbejdsmiljø

En reaktor er potentielt en farlig genstand. Jeg gik ind i undersøgelsesarbejdet med en tese om, at selve håndteringen af en genstand af den karakter næsten uundgåeligt ville favorisere en stærkt topstyret og hierarkisk ledelsesform. Reaktorchefen medgiver da også, at anlæggets karakter nødvendiggør en fast kommandostruktur. Vagtholdene var f.eks. ikke bemyndiget til at beslutte om reaktoren skulle køre eller ej. Det kunne kun VI'eren bestemme. På den anden side blev dette tilsyneladende ikke opfattet som noget odiøst blandt folkene på vagtholdene. Medarbejderne understreger selv den frie arbejdsform og beskriver det som "frihed under ansvar".<sup>14</sup> Fra ledelsens side har man bevidst arbejdet på at skabe et åbent arbejdsmiljø, der byggede på tillid, ud fra et ønske om, at medarbejderne derved trygt ville rapportere deres egne fejl og de forhold, som de måtte observere.<sup>15</sup>

Oprindeligt sagde man altid "De" til ingeniørerne, men det gik man bort fra i starten af 1970'erne.<sup>16</sup> DR3 har i de seneste år næppe været hverken mere eller mindre hierarkisk end det øvrige samfund.

Mange af interviewpersonerne sammenligner omgangsformen og arbejdsorganisationen internt på et vagthold med en skibsbesætning. Der var et betydeligt kammeratskab og en samhørighedsfølelse, som bevirkede, at vagtholdene helst ikke ville skilles og omrokes. Billedet af en skibsbesætning understreges af, at vagtholdene generelt har holdt sig lidt for sig selv ude ved reaktoren og på det sociale område ikke har "haft så meget samkvem med de øvrige afdelinger på Risø".<sup>17</sup> Flere af maskinmestrene havde før de kom til Risø været ude at sejle, og har derved importeret nogle af sømandslivets særlige dyder og omgangsformer.<sup>18</sup>

Der var aldrig tvivl om, at maskinmesteren ledte og fordelte arbejdet og var "kaptajn på skuden"<sup>19</sup>. VI'eren befandt sig for det meste i den tilstødende bygning. Det var derfor som regel maskinmesteren, der stod med det tekniske ansvar og traf beslutningerne, lige når der dukkede noget uforudset op. På det vagthold, som jeg har talt med, var der en betydelig grad af frihed, når blot arbejdet blev passet. Tonen og jargonen beskrives som "frisk" uden dog at være sjofelt sømandssprog. Nu og da kunne der godt falde en røffel af, hvis det skulle være nødvendigt. Der henvises især til interviewet med Carsten Nikolajsen for en nærmere beskrivelse af de uformelle rutiner, kammeratskab og omgangsformer.

Indbyrdes imellem vagtholdene var der naturligvis en vis konkurrence og "små drillerier". Der var, som det forklares, ingen, der ønskede at være "det dumme hold".<sup>20</sup> Konkurrence beskrives som et positivt element i sikkerhedskulturen: Når holdene holdt hinanden i ørene bevirkede det en løbende kvalitetssikring og udvikling af rutinerne.<sup>21</sup>

### 1.8. Forholdet mellem driftspersonale og videnskabsfolk

Relationen mellem driftspersonale og videnskabsfolk var i bund og grund et forhold, hvor den ene part servicerede den anden ved at holde reaktoren kørende.

---

<sup>13</sup> Interview med Heinz Floto 13/3 2007; Interview med Søren Roed 14/3 2007.

<sup>14</sup> Interview med Carsten Nikolajsen 12/3 2007.

<sup>15</sup> Interview med Heinz Floto 13/3 2007.

<sup>16</sup> Interview med Leif Rødskov 13/3 2007.

<sup>17</sup> *Ibid.*

<sup>18</sup> Interview med Carsten Nikolajsen 12/3 2007.

<sup>19</sup> Interview med Ole Pedersen 12/3 2007.

<sup>20</sup> Interview med Carsten Nikolajsen 12/3 2007.

<sup>21</sup> Interview med Leif Rødskov 13/3 2007.

Heinz Floto fortæller, at der specielt i de første år var gnidninger mellem den gruppe Risø-fysikere, som benyttede DR3 og selve reaktorafdelingen. Den første generations fysikere skulle således have været nogle ”stride bananer”, der ankom til reaktoren med en vis ”hovskisnovski kultur” og så ned på det driftsmæssige arbejde. Sådan var situationen, da Floto omkring 1963 blev reaktorchef. Floto erindrer, at en udenlandsk fysiker opførte sig så ubehøveligt, at reaktorfolkene simpelthen smed ham ud af reaktorhallen.<sup>22</sup> Fysikeren Bente Lebech, der arbejdede ved DR3 fra 1965 bekræfter disse skærmydsler, men hun angiver en mere konkret årsag nemlig, at den første ledelse ved DR3 bestod af reaktoringeniører der primært var interesseret i at benytte reaktoren til reaktorteknologiske forsøg. Da fysikerne i starten af 1960’erne begyndte at flytte en del af deres eksperimentelle udstyr fra DR2 over i DR3, skabte det derfor gnidninger.<sup>23</sup>

Under alle omstændigheder var kløften mellem akademikere og håndværkere før 1970’erne betydeligt større end i dag. Den videnskabshistoriske litteratur rummer mange eksempler på, at teoretiske kompetencer næsten altid har være anset for finere og mere ædle end tekniske og håndværksmæssige kompetencer.<sup>24</sup> Det ville derfor faktisk være overraskende, hvis ikke denne stratifikationsstruktur på en eller anden måde kunne genfindes i DR3’s sociale rum. Tidligere tiders akademikere har ganske givet ind imellem set ned på driftsfolkene. Omvendt har driftsfolkene nok også været sensitive overfor akademikernes standsmæssige markeringer. Isotoplaboratoriet havde også løbende folk gående i reaktorhallen og forholdet til dem karakteriseres af Floto som godt<sup>25</sup>, hvilket muligvis kan skyldes, at Isotoplaboratoriet lige som DR3 i bund og grund var en serviceafdeling. Man kan under alle omstændigheder ikke komme uden om, at der i Risøs første år har eksisteret en betydelig holdningsmæssig kløft mellem driftsafdelingerne og forskningsafdelingerne, der kom i spil når Risøs fysikere færdedes på DR3.

Floto understreger imidlertid samtidig, at forholdet til fysikerne op i 1970’erne blev venskabeligt og ligeværdigt, hvilket de øvrige interviewpersoners udsagn da også understøtter. Dette er sammenfaldende med 1970’ernes generelle udvikling hen imod standsmæssig ligestilling og ligeværdighed. Det var i øvrigt også på den tid, at driftsholdene holdt op med at tiltale ingeniørerne med ”De”. Floto er også fuld af lovord omkring de omfattende forsøgsfaciliteter, som fysikerne efterhånden fik opbygget omkring reaktoren, hvilket gjorde reaktoren til en europæisk big-science facilitet af højeste kaliber.

Den daglige interaktion mellem driftshold og fysikere er gradvist blevet mindre gennem årene, fordi fysikerne i de sidste år dels har rømmet de fleste huller til siliciumproduktionen og dels via computernetværk er blevet i stand til at overvåge forsøgene på afstand.<sup>26</sup> Gennem videnskabsfolkene fik det almindelige driftspersonale et indblik i hvad reaktoren kunne bruges til rent videnskabeligt.<sup>27</sup>

### 1.9. Den nukleare sikkerhed

Indtil 1975 fik DR3 sine brændselementer leveret fra England, hvorefter Risø selv overtog produktionen af brændselementer.<sup>28</sup> Indtil 1990 benyttede reaktoren højtberiget uran, hvorefter man gik over til at bruge lavt beriget uran. Der var således en lang årrække, hvor

<sup>22</sup> Interview med Heinz Floto 13/3 2007.

<sup>23</sup> Interview med Bente Lebech 2/4 2007.

<sup>24</sup> Jf. f.eks. Michael F. Wagner (1998) *Det polytekniske gennembrud*; Sven Widmalm (2004) ”The Svedberg och gränsen mellem vetenskap och teknik”, s. 149-188, i Widmalm (red.) *Artefakter*; Steven Shapin (1989) ”The invisible technician”, s. 554-563, i *American Scientist* vol. 77.

<sup>25</sup> Interview med Heinz Floto 13/3 2007.

<sup>26</sup> Interview med Carsten Nikolajsen 12/3 2007.

<sup>27</sup> Interview med Ole Pedersen 12/3 2007.

<sup>28</sup> Nielsen et al (1998) *Til Samfundets Tarv*, s. 183ff.

Risø fra USA indkøbte højtberiget metallisk uran med et  $^{235}\text{U}$  indhold på 80% eller derover til fremstilling af brændselementer. Uranet blev fløjet fra USA og blev herefter med politisk eskorte transporteret fra lufthavnen til Risø. Bombeuran har almindeligvis et indhold af  $^{235}\text{U}$  på 85% eller højere. Men et  $^{235}\text{U}$ -indhold på 20 % er faktisk nok til, at der kan laves en mindre effektiv bombe. For overhovedet at kunne få dette uran, var man ved DR3 nødt til at bygge et sikkert boksanlæg. Ved hjælp af et sindrigt kinesisk æskesystem undgik man ifølge Heinz Floto helt brugen af bevæbnede vagter.<sup>29</sup> Ved tilsvarende udenlandske atomanlæg er bevæbnede vagter et almindeligt syn.

#### 1.10. Stråling, kontamination og helse

Det var en særlig afdeling på Risø, AHF, der havde til opgave at overvåge og sikre, at reaktorphersonalet ikke fik for meget stråling, samt at kontamination blev undgået eller opdaget. Det skete gennem en lang række daglige sikkerhedsprocedurer og kontrolforanstaltninger:

- AHF så på arbejdsstederne og beregnede den nødvendige strålingsafskærmning og klassificerede de forskellige strålings- og kontaminationsområder (hvid, blå og rød).
- helseassistenterne foretog løbende aftørningsprøver ("smear tests") på anlægget, f.eks. på arbejdsborde og gulve rundt omkring på reaktorkomplekset.
- skulle der i prøverne vise sig kontamination blev en forsøgsassistent instrueret i at rengøre overfladerne, således at der ikke lå radioaktivt støv og væske.
- helseassistenterne foretog strålingsmålinger, mens der blev arbejdet med en opgave. Ved alle operationer, hvor der blev åbnet til reaktorkernen (f.eks. brændselsskift), blev arbejdet overvåget af en helseassistent.
- reaktorphersonalets operationer blev overvåget hver gang, der var åbnet til det tunge vand, da dette altid indebar en kontaminationsfare p.g.a. vandets indhold af den beta-aktive hydrogenisotop tritium.
- strålingsmåling i de områder, hvor der er daglig færdsel.
- løbende udtagning af luftprøver fra reaktorens luftlommer og hallens luft for at kontrollere, at der ikke var atmosfærisk luft i disse lommer, da luftens indhold af argon blev aktiveret under drift.
- løbende udtagning af prøver fra reaktorhellenes ventilationssystem, bl.a. med det formål at sikre, at der ikke var tritium.

En anden del af Risø, Afdeling for Nuklear Sikkerhedsforskning, tog sig i samarbejde med AFH af en række andre sikkerhedsopgaver:

- løbende rutinemæssige aflæsninger af persondosimeterbadges. Dette indebar, at man for hver medarbejder har information om, hvor meget hun har fået gennem hele arbejdsforløbet.
- reaktorphersonalet afleverede rutinemæssigt hver måned en urinprøve, som blev undersøgt hovedsageligt for tilstedeværelsen af tritium.
- lejlighedsvis kunne folk blive udtaget til en særlig kontrol i Risøs helkropstæller, som registrerede medarbejdernes kropsindehold af radioaktive stoffer.

Dette var nogle af de overvågningsopgaver, som helsepersonalet stod for. Med til sikkerhedsforanstaltningerne hørte også den lange række af detektorer for f.eks. gammastråling og radioaktiv argon, som reaktoren var forsynet med. Der var desuden en række obligatoriske rutiner, som løbende skulle nedsætte dosis:

- medarbejdere, der var udsat for strålingsfarer, gennemgik efter ansættelsen særlige kurser i helsefysik.

---

<sup>29</sup> Interview med Heinz Floto 13/3 2007.

- sjældne eller risikofyldte operationer blev foretaget for at mindske arbejdstiden og hindre uheld så vidt muligt gennemgået og afprøvet i ”dummysituationer”, før man gik i gang.
- ved overgange mellem stråleområderne var der placeret håndholdte strålingsmonitører og personalet skulle ved hver overgang iføre sig overtrækssko.
- ved ind- og udgange var der opstillet en hånd og tøjmonitor, som skulle sikre, at medarbejderne ikke havde radioaktivt materiale på sig, når de forlod området.

AHF havde hovedkvarter på DR3, men har i øvrigt fungeret som en selvstændig, autonom afdeling med egen ledelse og ressourcer, hvilket skulle sikre den nødvendige uafhængighed således, at dets personale ikke kunne komme under krydspres eller mistænkes for at pleje andres interesser. Som en uafhængig vagthund var AHF dermed den garant, der skulle give medarbejderne den nødvendige tryghed i dagligdagen. AHF havde altid en helseassistent på vagt på DR3. Organisatorisk stod AHF altså på sidelinjen, men socialt var helsepersonalet en integreret del af vagtholdene, idet man f.eks. sammen fejrede jul og nytår i reaktorhallen.<sup>30</sup>

På Risø opererede man med en årlig dosisgrænse på 50 mSv (svarende til 5 rem), hvilket var identisk med international praksis. En dosis som dog ingen – så vidt jeg er blevet oplyst - i de sidste 20-25 år har fået. De medarbejdere, der tog sig af brændselsskift (”fuelholdet”) og udskiftning af bestrålinger, var dem, der fik den højeste dosis. I princippet tilstræbte man naturligvis altid den lavest mulige dosis, men i praksis var man ofte nødt til at lave en cost/benefit afvejning. Når der er tale om operationer, som er vitale for reaktorens drift, accepteres højere doser, hvilket betyder, at man er blevet meget mere restriktive efter at reaktoren er lukket ned. I Afsnit 2.12. er der samlet nogle generelle betragtninger om de strålingsdoser, som Risøs medarbejdere har været udsat for.

Helseassistent Ole Pedersen fortæller, at bevidstheden omkring sikkerhed – herunder også den konventionelle sikkerhed - generelt er blevet større siden 1980’erne, hvor han startede ved DR3.<sup>31</sup> Generelt var man tidligere lidt mere afslappet, f.eks. omkring hvad der blev frigivet af materialer fra reaktorfaciliteterne. I dag er alle procedurer omkring frigivelse ISO-certificeret og dokumenteret.

Af de to risici-momenter stråling og kontaminering, var det den sidstnævnte, som medarbejderne frygtede mest. Stråling kan som regel lokaliseres, kvantificeres og afskærmes. Medarbejderne vidste som regel, hvor der kunne være strålefarer. Anderledes ligger det med den støvbårne kontamineringsfare, som kunne optræde overalt, hvor der var foregået aktiviteter. Helseassistenterne skulle naturligvis give alarm, hvis der var kontaminering. For det daglige arbejde og det generelle arbejdsklima var helseassistenternes vigtigste opgave imidlertid at dokumentere, at der var rent, således at reaktorfaciliteten hele tiden kunne betragtes som en behagelig og tryk arbejdsplads.

Helseafdelingens officielle justits er tilsyneladende blevet understøttet og suppleret af en medarbejderbåren sikkerhedskultur, hvor man holdt lidt øje med hinanden for at beskytte hinanden. Man holdt, som en interviewperson fortæller, ”hinanden lidt i ørerne”.<sup>32</sup> En anden fremhæver, at personalet på DR3 har draget omsorg for hinanden i et omfang, som det for udenforstående kan være svært at forstå.<sup>33</sup>

Stillingsannoncerne fremhævede, at arbejdet som helseassistent krævede en veludviklet dømmekraft og beslutningsevne. Det krævede også en vis konduite, da helseassistenten løbende skulle vejlede personer, mens de var dybt optaget af en arbejdsopgave.

---

<sup>30</sup> Interview med Ole Pedersen 12/3 2007.

<sup>31</sup> *Ibid.*

<sup>32</sup> Interview med Søren Roed, 14/3 2007.

<sup>33</sup> Interview med Ole Pedersen 12/3 2007.

## 2. Risø - en arbejdsplads i forandring

I det nedenstående gives et selektivt billede af Risø som arbejdsplads. Der er lagt vægt på overordnede tendenser og forudsætninger samt på udviklingen i medarbejderkulturen gennem årene.

### 2.1. Overordnet politisk organisation

Risø blev indviet i juni 1958 og bar fra starten navnet Atomenergikommissionens Forsøgsanlæg Risø. På dette tidspunkt var flere af anlæggets bygninger allerede rejst.

Atomenergikommissionen (AEK), der blev oprettet ved lov sidst på året 1955, var et korporativt politisk organ. Medlemmer blev beskikket af de skiftende ressortministerier efter indstilling fra organisationer og institutioner, som repræsenterede forskellige samfundsinteresser som f.eks. universiteter, erhvervsorganisationer og fagforeninger. AEK's ressortministerium var fra starten Finansministeriet, men det har i øvrigt skiftet hyppigt siden da. Det var AEK, der havde den øverste myndighed over Risø.

Med sine oprindelige 24 medlemmer var AEK en stor forsamling, der kun sjældent mødtes. Til at håndtere de løbende spørgsmål havde AEK et mindre forretningsudvalg (FU) og et sekretariat. Indtil 1975 var det den særdeles erfarne og magtfulde departementschef H.H. Koch, der som formand for FU var den reelle administrative leder af AEK. Det lykkedes på kort tid Koch at gøre formandskabet for FU til den centrale stilling i AEK/Risø. Da AEK i 1976 blev nedlagt, blev ledelsesansvaret overdraget til en almindelig bestyrelse bestående af 10 af ressortministeren udpegede personer, heraf to efter indstilling fra Risøs medarbejdere.<sup>34</sup>

Hvad enten vi ser på AEK eller den senere bestyrelse, har formandsposten altid været i hænderne på virkelig tunge folk rekrutteret blandt landets skrappeste og mest slagkraftige departementschefer og erhvervsledere.

Der er ikke tvivl om, at AEK's sekretariat i hvert fald de første 20 år har været en ganske synlig aktør på Risø, specielt hvad de administrative funktioner angår. En økonom, som i 70'erne var med til at opbygge Risøs egen økonomistyring, skrev således i et "afskedsbrev" til Risø, at mange af de gamle administrative medarbejdere sikkert stadig kunne huske den stærke styring fra AEK's sekretariat i København.<sup>35</sup> Hvad angår styringen af forskningen på Risø, er billedet imidlertid det helt modsatte, jf. nedenfor.

### 2.2. Risøs interne organisation

Risø var organiseret i en række selvstændige fagligt afgrænsede afdelinger, hvis status mest af alt kan sammenlignes med universitetsinstitutter. I starten var der seks af disse, nemlig afdelinger for Fysik, Kemi, Elektronik, Landbrug, Reaktor og Strålingskontrol. Selvom etiketterne på afdelingerne har gennemgået mange forandringer, har man bibeholdt den faglige afdelingsstruktur på Risø. I dag hedder afdelingerne Biosystems, Polymerer, Brændselsceller og Faststofkemi, Materialeforskning, Optik og Plasmaforskning, Strålingsforskning, Systemanalyse og Vindenergi. Det er værd at bemærke, at Risøs afdelinger dermed var (og er) fagligt og disciplinært definerede, og ikke defineret ud fra de konkrete opgaver, som de skulle løse. Risøs grundstruktur var hentet fra universiteternes disciplinære struktur. Industrieforskning er derimod normalt tværdisciplinært organiseret, fordi der ved løsningen af en konkret opgave næsten altid er metoder og teknikker fra mange forskellige discipliner i spil. Med Risøs samfundsmæssige og erhvervsorienterede sigte in mente havde den industrielle forskningsmodel nok været et mere naturligt valg. Når dette ikke er tilfældet afspejler det i høj grad, at Risø blev skabt af en række fremragende forskere, hvoriblandt kun de færreste (primært kemikerne) havde industrielle erfaringer med i bagagen.

---

<sup>34</sup> Nielsen (red.) (1998), *Til Samfundets Tarv*

<sup>35</sup> *Risø Intern*, nr. 3, August, 1989, s. 15. Risø Bibliotek.

I spidsen for Risø stod der en direktør eller ”teknisk videnskabelig leder”, som det først hed. Direktøren har fra starten støttet sig til de øvrige personer i direktionen. Direktionen bestod i mange år af fire medlemmer, som i de fleste tilfælde er blevet rekrutteret blandt afdelingslederne. Formelt lå ledelsen hos direktøren/direktionen, men fra starten har afdelingslederne haft en ret autonom stilling. Planlægningen af arbejdet og til en vis grad også prioriteringen af de forskellige opgaver lå hos afdelingslederne.<sup>36</sup> Direktørens rolle har naturligvis skiftet gennem tiden, men posten er uden tvivl gradvist blevet strategisk og ledelsesmæssigt styrket. I starten har direktørens funktion til en vis grad mindet mere om en klassisk rektorposition end det man forbinder med en direktørrolle.

### 2.3. Forskningsledelse

Hvad angår forskningsledelse, lignede Risø fra starten en akademisk institution: De faglige initiativer og ideer kom hovedsageligt fra medarbejderne på gulvet. Hvis afdelingslederen syntes det var en god idé, fik man penge og gik i gang med arbejdet. Styrkelsen af ledelsen skete gradvist fra 1970'erne, hvor flere projekter begyndte at blive finansieret gennem statslige programmidler.<sup>37</sup> Jagten på kontraktindtægter blev i 1980'erne et dominerende tema for ledelsen, hvilket gjorde forskningsånden og ledelsesstilen langt mere industriel, hvilket igen indebar, at F&U arbejdet herefter i højere grad blev resultatstyret og målstyret.<sup>38</sup> Set fra medarbejdersiden (navnlig de ældre) er udviklingen blevet beskrevet som en overgang fra pionerånd til virksomhedskultur.<sup>39</sup> Risø gennemgik allerede fra starten af 1980'erne det ledelsesmæssige kulturskift, som kendetegner universiteterne lige nu.

### 2.4. Personalets sammensætning

Risø har lige fra starten været en arbejdsplads med en enorm disciplinær og faglig spredning. Fra 1990 foreligger der en statistisk undersøgelse over kønsfordelingen på Risøs afdelinger. Den vidner først og fremmest om en tidligere mandsdomineret arbejdsplads i opbrud. Hvad jeg her siger om sammensætningen af medarbejderstaben på Risø, er baseret på denne kilde.<sup>40</sup> Generelt må det siges, at de forskellige afdelinger udviser en enorm divergens m.h.t. deres faglige og kønsmæssige sammensætning.

#### 2.4.1 A og B-medarbejder

Medarbejderne på Risø var i 1990 opdelt i A-medarbejdere (akademikere) og B-medarbejdere (alle de øvrige faggrupper). Opdelingen er analog med universiteternes opdeling i VIP- og TAP-funktioner. Den overordnede fordeling mellem disse grupper på Risø var i 1990 den, at ca. 35% var A- og 65% var B-medarbejdere. Forskningsafdelingerne havde naturligvis flest A-medarbejdere, nemlig i gennemsnit lige under 50%. Blandt forskningsafdelingerne var der dog stor variation, idet Afdelingen for Systemanalyse havde så mange som 75% A-medarbejdere, mens man i den anden ende finder Afdelingen for Nuklear Sikkerhed med kun ca. 33% A-medarbejdere.

<sup>36</sup> Jf. Nielsen (red.) (1998), *Til Samfundets Tarv*, s. 516. Jf. også Interview med Kaj Heydorn.

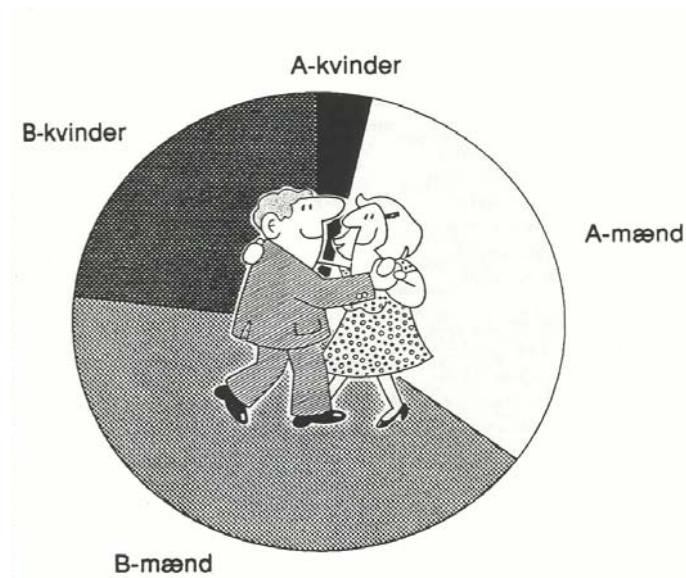
<sup>37</sup> *Ibid.* s. 363ff.

<sup>38</sup> Interview med civilingeniør Vagn O. Jensen ved Flemming Petersen 8/11 1996, s. 20.

<sup>39</sup> *RI-posten*, nr. 5, september, 1991, s. 3-4.

<sup>40</sup> *Risø Intern*, nr. 9, november 1990, s. 7-9.

### 2.4.2. Kønsfordeling



Figur 1. Køns- og klassefordelingen blandt Risøs medarbejdere 1990. A betegner akademiske medarbejdere og B de teknisk-administrative folk. Kilde: Risø Intern, nr. 9, november, 1990.

Blandt Risøs i alt 833 fastansatte medarbejdere (1990) var de 611 (73,3%) mænd og de 222 (26,7%) kvinder, hvoraf de 190 (22,8%) var B-medarbejdere og 32 (3,8%) A-medarbejdere. Under 4% af den samlede medarbejderstab var altså A-kvinder. Kvindernes overordnede andel af A-medarbejdere i forskningsafdelingerne var omkring 1/10. Blandt B-personalet udgjorde kvinderne omkring 1/3. Den typiske kvinde på Risø tilhørte altså B-kategorien og var beskæftiget med administration, mens mændene fordelte sig nogenlunde ligeligt mellem A og B-medarbejderne. Blandt de mest kvindetunge afdelinger på Risø var Biblioteket (næsten udelukkende bestående af kvinder), Personalekontoret (80% kvinder) og Økonomikontoret (73% kvinder). Samlet set var andelen af kvindelige akademikere størst i forskningsafdelingerne (lidt under 5%), mens de kvindelige akademikere i de administrative afdelinger kun udgjorde ca. 3%. I denne sammenhæng skal det specielt bemærkes, at DR3 var den mest mandsdominerede afdeling på Risø, idet kun en enkelt af 64 ansatte var kvinde (en sekretær).

### 2.5. Jubilæer

En gennemgang af Risøs personaleblade bekræfter en tendens, som mange interviewpersoner har fremhævet, nemlig at Risø var i stand til at holde på sine medarbejdere i mange år. Risø har haft et hav af 25, 30 og 40 års jubilærer. Næsten alle Risøs direktører har været folk, der har været ansat på Risø igennem mange år. Den store grad af medarbejderloyalitet er selvfølgelig et tegn på, at Risø ikke bare har været en god arbejdsplads, men også en arbejdsplads med betydelig status i lokalområdet. Ældre medarbejdere fortæller, at Risø i 1960'erne og 1970'erne var en meget populær arbejdsplads i Roskildeområdet. Risø blev opfattet som spændende, fordi der var tale om forskning.<sup>41</sup> Men enkelte indrømmer dog også gerne, at reaktorfaciliteternes popularitet faldt drastisk i løbet af 1980'erne. Nu skulle reaktorfolkene ved private sammenkomster i stedet forsvarer, at de arbejdede med atomenergi.<sup>42</sup> De mange frivillige aktiviteter, der er omtalt i det nedenstående, vidner også om en betydelig entusiasme og engagement fra medarbejdernes side. Risø har haft en levende og mangfoldig medarbejderkultur.

<sup>41</sup> Interview med Leif Rødskov, 13/3 2007.

<sup>42</sup> Interview med Carsten Nikolajsen 12/3 2007.

## 2.6. Personaleblade og interne informationsorganer

Man ville forvente, at Risø i kraft af sin størrelse altid har haft et fælles internt personaleblad. Det er dog ikke tilfældet. I kortform har Risø gennem tiden haft følgende personaleblade og informationsplatforme<sup>43</sup>:

Ugentlige meddelelser:

- *Risø Meddelelser*, 1958-63: Orientering fra administrationen til medarbejderne, udkom ugentligt.
- *Intern Risø Information*, 1963-1975: Fortsættelse af *Risø Meddelelser* men nu også med nyhedsstof, korte meddelelser og nyheder fra afdelingerne, udkom ugentligt.
- *IRI* 1975-1989: Fortsættelse af ovenstående, stadig ugentligt.
- *Risø Intern Ugenyt*, 1989-91: Fortsættelse af *IRI* med nyt navn og udseende, men ellers uforandret.
- *Uge-posten*, 1991-1995: Fortsættelse af ovenstående.

Personaleblade:

- *Risø Intern Information*, 1967-1970: Centralt styret personaleblad domineret af videnskabeligt og organisatorisk stof.
- *RIO*, 1971-1972: videreførelse af *Risø Intern Information* med nyt navn og en mere medarbejderorienteret redaktionel linje.
- *Risø Nyt*, 1973-: *RIO* skifter i 1973 navn til *Risø Nyt*, som hurtigt udvikler sig til det organ, hvor Risø henvender sig til offentligheden. Bladet eksisterer den dag i dag.
- *Risø Intern*, 1989-1991: Risø får med *Risø Intern* sit første egentlige langtidsholdbare personaleblad domineret af intern debat og personalestof for *alle* personalegrupper.
- *RI-posten*, 1991-: Nyt navn, men ellers en loyal videreførelse af linjen fra *Risø Intern*.

Jeg har kigget nærmere på *Risø Intern Orientering* og *Risø Intern/RI-posten*. Fra 1970-71 gør *RIO* tilløb til at blive et egentligt personaleblad, men det var først med *Risø Intern* i 1989, at Risø fik et langtidsholdbart fælles blad, skrevet af medarbejderne til medarbejderne. Sammenlagt har der derfor kun været et tværinstitutionelt personaleblad på Risø i ca. 20 år af institutionens knap 50 årige historie. Det kan der være mange årsager til, men jeg vil især anføre to. Da *Risø Intern* blev startet i 1989 var et af de erklærede mål netop, at ”styrke samtalen på tværs af de mange afdelinger og grupperinger på Risø”.<sup>44</sup> Denne dobbelte målsætning er også blevet fremført og problematiseret ved tidligere forsøg på at skabe eller opdatere den redaktionelle linje.<sup>45</sup> Risøs struktur med markante og nærmest autonome afdelinger gjorde det simpelthen bydende nødvendigt med et tværgående personaleblad, men også svært at finde en form, hvor stoffet kunne interessere alle afdelinger. Formidling af fagstof af afdelingerne imellem ville uvægerligt have karakter af popularisering, hvilket man generelt i 1960’erne og 1970’erne ikke så på med nutidens meget venlige øjne.<sup>46</sup> For det andet var Risø arbejdssted for en broget skare af videnskabsfolk, ingeniører, teknikere, håndværkere, arbejdsmænd, HK’ere og administratorer. Det er en enorm vanskelig opgave at lave et produkt, hvis form og indhold kunne appellere og tilfredsstillere alle de mange forskellige faggrupper.<sup>47</sup> Selv i 1989 blev disse to forhold fremhævet af folk, der ikke mente, at Risø behøvede et personaleblad. Det har givetvis aldrig været en let sag at lave et personaleblad på Risø.

### *Risø Intern Orientering* 1967-1970

*Risø Intern Orientering* udkom månedligt fra februar 1967 i et oplag på 1000 stk, hvilket omtrent svarede til antallet af medarbejdere. I det første nummer bruges der 3,5 linjer på at

<sup>43</sup> Oplysninger fra Solvejg Bennow, Risø Bibliotek.

<sup>44</sup> *Risø Intern*, nr. 1, maj, 1989.

<sup>45</sup> Jf. f.eks. direktør K.O. Niensens præambel til ”forsøgsnummer 1” af *RIO*, 1970. Risø Bibliotek.

<sup>46</sup> *Ibid.*

<sup>47</sup> *Ibid.*



præcisere formålet med det nye initiativ, nemlig at give AEK's medarbejdere en kortfattet orientering om alt det, der foregik på Risø. I dag ville vi forvente en noget mere kødfuld motivation og en officiel "mission statement", men det var altså ikke stilen dengang.

Efter disse tre linjer køres der på med en artikel om Risøs nye aktiveringsanalytiske service, der straks fra starten anslog den faglige kammertone. De faste indslag i bladet var følgende:

- orientering om hvad der foregik i selve AEK, f.eks. om der var ændringer eller nyudnævnelser.
- nyheder fra det nordiske samarbejde og fra de øvrige nordiske lande – med fokus på de atomare organisationer.
- nyheder fra danske atomkraftorganisationer, dansk atomindustri, atomkraftens internationale status og fremdrift.
- artikler om nye projekter, nyanskaffelser og forskningsresultater på Risø.
- Risø-medarbejdernes nyeste publikationer.

De dominerende emner var atomenergi, reaktorteknologi og grundforskning. Hist og her blev der plads til lidt petitstof f.eks. rejsebrevne fra videnskabelige medarbejdere og kunst på Risø. Det fylder næsten intet i de første mange numre, men gradvist kommer der lidt mere af den slags stof.

Afsenderen er gennemgående AEK og Risøs ledelse. *Risø Intern Orientering* var ikke et blad skrevet af medarbejderne til medarbejderne. Det internationale nyhedsstof er selekteret og gennem den teknisk-videnskabelige (Direktionen) og politisk-administrative ledelses (AEK) filter. Stoffet er valgt efter et næsten enerådigt fagligt kriterium. At der blandt medarbejderne var et hav af teknikere, arbejdsmænd og kontorfolk fremgår ikke på nogen måde af bladet. Der er ingen debat – og dermed ikke nogen *kritisk debat*. Blandt de 41 bidragsyderne til årgang to ses i alt tre kvindelige forfattere, hvoraf den ene var bladets redaktør.

*Risø Intern Orientering* startede på et tidspunkt, hvor Risø havde været fuldt udbygget i 3-4 år. Man havde været igennem en periode, hvor Risø havde satset på at udvikle sin egen reaktortype (DOR). Da dette projekt var skrinlagt, havde man kastet sig ud i et andet ambitiøst, fællesnordisk reaktorprojekt (DK-400), som i 1967 også var i færd med at gå i vasken. Risø var i 1963 offentligt blevet undsagt af elværkerne (der var tiltænkt rollen som aftagere af Risøs atomteknologi), visse dele af erhvervslivet og sågar også af den indflydelsesrige venstremand og MF'er Axel Kristensen. Det er utænkeligt, at Risøs medarbejdere ikke ind i mellem tvivlede alvorligt på endemålet og rationalet i det arbejde, som blev udført. I den situation virker det fornuftigt med et blad, der leverede ledelsens syn på verden. De offentlige slagsmål omkring Risø i 1960'erne inducerede ikke dramatiske forandringer på Risø, men ledelsen kunne alligevel have brug for at formidle *sin* version af verdens gang til medarbejderne. Som et eksempel herpå skal nævnes, at der i forbindelse med offentliggørelsen af AEK's årsberetning for 1966 i Folketinget foregik en længere debat, der demonstrerede, at partierne gennemgående var særdeles positivt indstillede til AEK's virksomhed. Et helt nummer (nr. 2, 1967) var reserveret til denne debat, hvormed AEK kunne demonstrere, at man stadig nød tingets fulde opbakning. Under alle omstændigheder skulle Risø nu til at tænke mere strategisk: Lanceringen af *Risø Intern Orientering* i 1967 faldt sammen med at Risø skulle have sin første 5 års plan. Der var brug for et blad, som kunne skabe samling, kropsånd og en fælles identitet.

At der var tale om et identitetsskabende organ fremgår af, at man prioriterede det historiske stof overraskende højt. Sommeren 1968 var et vigtig jubilæumsår for Risø, idet det var 10 år siden institutionen officielt blev indviet. Der blev i forbindelse med jubilæerne brugt megen krudt på at fortolke denne begivenhed gennem uddrag af officielle taler af bl.a. Niels Bohr og Thorkil Bjerge. Identitetsskabelsen var en mere eller mindre centralt styret proces, hvor AEK

og de ledende medarbejdere fortolkede fortiden og nutiden og dermed implicit lagde et meningsfuldt spor ud for fremtiden.

Efter nogle forsøg på at lave et mere personaleorienteret blad i starten af 1970'erne muterede *Risø Intern Orientering/RIO* i 1973 til *Risø Nyt*, som var møntet på offentligheden, hvilket må ses som en konsekvens af 1970'ernes kritiske atomdebat og den spirende folkelige modstand mod atomkraft. Nu var det i offentligheden, at institutionen skulle pleje sit image.

#### Risø Intern/RI-posten 1989-

*Risø Intern*, der fra 1991 fortsatte som *RI-posten*, var et pluralistisk blad, som på mange måder er sin forgængers diametrale spejlbillede. Bladet kom til verden for at styrke dialogen mellem Risøs afdelinger og personalegrupper. Det skulle gøre det nemmere for alle personalegrupper, at følge med både i Risøs aktuelle situation og hinandens dagligdag.<sup>48</sup> Der blev lagt vægt på, at medarbejderne gennem artikler, annonceringer og debat involverede sig direkte i bladets indhold. Derfor giver bladet et levende indblik i den mangfoldige medarbejderkultur, som fandtes på Risø i 1990'erne. I de næste afsnit er dette stof benyttet til at belyse forskellige aspekter af medarbejderkulturen på Risø.

Mangfoldigheden har selvfølgelig også tidligere eksisteret på Risø, men den er ikke blevet repræsenteret så tydeligt. Nu er der plads til alt lige fra direktionens strategiudspil, faglige artikler, ligestillingsdebat, indlæg om MUS-samtaler, kultur og sport. Grupper som kvinder, børnehavebørn og skolepraktikanter er der også plads til. Bladet henvender sig både til HK'eren og til Risøs mange adjungerede professorer. Der er også masser af bramfri og humorfuld debat, og der går karakteristisk nok flere numre med at debattere, om Risø har brug for et sådant blad. Direktionen havde sin egen spalte, men det var tydeligt markeret, hvem der taler. Bladet signalerer således demokrati og ligeværdighed mellem faggrupperne.

Det fornægter sig ikke, at der siden *RIO* gik ind i starten af 1970'erne, var sket en enorm udvikling i det danske samfund og på Risø. Forskellen mellem disse to personaleblade illustrerer meget tydeligt, at 1970'ernes frigørelsesprojekt var meget mere end ideologi: Det i dag noget miskrediterede projekt fik enorm betydning for den sociale virkelighed.

Risø var i 1990'erne ikke længere et sted, hvor der primært blev bedrevet nuklear forskning. Man skal faktisk lede lidt for at finde det nukleare stof.

### 2.7. Maskinerne i haven

Risø er en af verdens smukkeste beliggende forskningsinstitutioner og helt sikkert en af landets flotteste arbejdspladser. Risøs arkitekt, den kgl. bygningsinspektør og professor ved Kunstakademiet Preben Hansen (1908-89), placerede de lave gule bygningsklynger i landsbylignende formationer rundt omkring på halvøen, så de understreger og fremhæver halvøens landskabsform og derved forøger landskabsværdien. Elementer som den langstrakte poppelallé, vandtårnet, reaktorbygningernes metalcylindre er ved deres udformning og placering gjort til karakteristiske og iøjnefaldende formationer. Den arkitektoniske udnyttelse af landskabet er vel ingen steder bedre end ved placeringen og formgivningen af det markante DR2-kompleks på sydsiden af halvøens spids, som er den del af Risø, der først falder i øjnene, når man kommer ad landevejen fra Roskilde. Læg hertil den himmelstræbende slanke meteorologimast, der tilføjer arkitekturen en tredje opadstræbende dimension. Hele anlægget er placeret i et malerisk fjordlandskab med bølgende bakker, skovklædte pynter, udstrakte strandenge og fjerne lerklinter, som blåner i havdisen. Med sine nærmest demonstrativt pastorale omgivelser fremtræder Risøs nukleare faciliteter som et *machine in the garden* scenarium. I et æstetisk perspektiv er det lykkedes arkitekten at harmonisere den nye industrielle teknologi med Danmarks agrare rødder.

---

<sup>48</sup> *Risø Intern*, nr. 1, maj, 1989, s. 1.



Figur 2: Bygningerne er på Risø placeret med beundringsværdig sans for landskabets særlige karakter. Den lille reaktor DR1 i forgrunden og DR2 ude på spidsen af halvøen i baggrunden. Billede fra Marts 2007.



Figur 3: DR2 i det rødlige aftenlys. Billede fra marts 2007.

Over alt på Risøs område støder man på skulpturer og malerier. Kernen i Risøs kunstsamling blev etableret allerede fra starten, idet arkitekten bestemte, at der over anlægsbudgettet blev indkøbt en række skulpturer og enkelte billeder. Statens Kunstfond har bidraget med en af

Risøs mest markante skulpturer – to store granitkøer. I 1983 blev der indført en regel om, at der ved byggerier over 1 mio. kr, *skal* afsættes et beløb svarende til 1% af byggeomkostningerne til kunstnerisk udsmykning.<sup>49</sup> Den mangeårige leder af Afdelingen for Materialeforskning Niels Hansen var en ivrig kunstsamler, som benyttede en del af afdelingens mange kontraktindtægter til at forskønne afdelingen med kunst. Når man går rundt på anlægget i dag, kan det registreres, at kunstinteressen på Risø nåede sit klimaks for nogle år tilbage. I hvert fald kan man støde på skulpturer, der som nærmeste nabo senere har fået et par affaldscontainere.



Figur 4: *Et par af Risøs hellige køer*. Moderne statsstøttet kunst og videnskab gik i 1950'erne hånd i hånd. Statens Kunstfond blev oprettet i 1956, med det formål at fremme den billedkunstneriske medvirken ved udformning og udsmykning af statens bygninger og anlæg. Fondens første initiativ var at udskrive en konkurrence om en stor granitskulptur til det nye atomforskningsanlæg på Risø. Den jyske billedhugger Poul Vandborg blev med et slag landskendt, da han med sit forslag om to store granitkøer gik sejrende ud af konkurrencen. Køerne stod færdige i 1961.

## 2.8. Risø Kunstforening

En historisk set dominerende aktør blandt Risøs foreninger er Risø Kunstforening (RK), der blev stiftet i 1965. Allerede i 1968 var medlemstallet oppe på 150. I de første tre år indkøbte RK 30 kunstværker og lavede hele 37 udstillinger. I 1990 blev der rapporteret om faldende medlemstal, men aktiviteten var stadig ret høj med ca. 8 udstillinger pr. år.<sup>50</sup> Det var altså en enormt aktiv kunstforening, båret af en række ildsjæle, hvor vel især initiativtageren Niels Bundgård (administrationen) og Niels Hansen skal nævnes. Uden at have undersøgt det nærmere, tror jeg ikke, at det var helt almindeligt, at danske arbejdspladser på dette tidspunkt havde en så aktiv kunstforening. Når det var sådan skyldtes det vel for en del den høje andel af højtuddannede, der fandtes på Risø.

Formålet med RK var dobbelt, nemlig dels at skabe interesse for kunst blandt medarbejderne og dels at dekorere Risø med god kunst. 1965 var i øvrigt netop det år, hvor den herostratisk berømte lagerforvalter Rindal startede sit stormløb på moderne kunst. Rindals korstog ser dog

<sup>49</sup> *Risø Internt*, nr. 2, marts, 1991, s. 13.

<sup>50</sup> Oplysningerne om Risø Kunstforening er stammer *Risø Internt*, juli 1990, nr. 6, s. 10.

ikke ud til at have hæmmet kunstinteressen på Risø. RK placerede sig da også med sit formål neutralt i forhold til Rindals folkelige angreb, der rettede sig mod den elitære, ikke dekorative kunst.

Kunsten har tilsyneladende altid spillet en meget væsentlig rolle for medarbejderne på Risø. Fraset det faglige stof er RK's aktiviteter og kunsten på Risø de eneste faste indholdselementer i *Risø Intern Orientering*. I de første år havde bladet ingen forsideillustrationer, men fra 1969 blev forsiden prydet af eksempler på kunsten på Risø. Som det fremgår nedenfor, var Risøs medarbejdere allerede i 1960'erne lokalt aktive f.eks. inden for sportsaktiviteter, åbent hus arrangementer mv. Alt dette nævner *Risø Intern Orientering* intet om. Når RK's aktivitet omtales, kan det naturligvis have sin baggrund i, at Niels Bundgård var en del af bladets redaktion. Men den høje aktivitet tyder dog også på, at RK blev betragtet som et vigtigt forum. Vi ved fra andre kilder, at de forskellige afdelinger på Risø nærmest fungerede som selvstændige universitetsinstitutter. RK fik måske en særlig betydning, fordi foreningen var en blandt få tværgående aktiviteter, som bandt medarbejderne fra de forskellige afdelinger sammen og skabte en fælles identitet, der ikke var begrænset til det rent faglige. De mere folkelige fællesaktiviteter som idræt og fest havde præcis samme funktion, men fandt altså ikke vej til *Risø Intern Orientering*. Måske var disse aktiviteter en tand for folkelige, til at finde nåde hos dem, der udvalgte stoffet.

### 2.9. "Kultur på arbejdspladsen"

I 1979 blev Risø og en række andre danske arbejdspladser af AOF og Metalarbejderforbundet udpeget til at deltage i en treårig forsøgsordning om at supplere det traditionelle faglige arbejde på arbejdspladsen med kulturformidlingsarrangementer. Da tilskuddet efter tre år bortfaldt, løb arbejdet andre steder ud i sandet, men på Risø var opbakningen så stor, at aktiviteterne fortsatte. I lyset af RK's stolte traditioner er det ikke overraskende, at der på Risø var masser af initiativrige personer, som engagerede sig i kulturarbejdet. Arbejdet støttes både af de faglige klubber og af Risøs budget. Gennem årene har gruppen bag "kultur på arbejdspladsen", ofte i samarbejde med RK, bl.a. arrangeret musikundervisning, koncerter, malerkurser, papirfoldningskurser, teaterbesøg, et hav af foredrag med kendte og mindre kendte folk fra kulturlivet, madlavning, lystfiskeraftener mv. I et helt tilfældigt år (1993) var der 45 arrangementer med i alt 2493 betalende deltagere.<sup>51</sup>

### 2.10. Sport på Risø

Risø har siden sporten for alvor fik sit folkelige gennembrud i 1960'erne været hjemsted for en forbløffende række sportsaktiviteter. Sporten har gamle rødder: Risøs boldklub er f.eks. fra 1966 og badmintonklubben blev grundlagt i 1970. Risø har derudover også en skytteforening, en bridgeklub, en golfklub og en fjernstyringsklub og listen er formentlig endnu længere. Aktiviteterne var samlet under Risø Idræts- og Fritids Forening (RIFF).

En af de historiske årsager bag Risø-folkets sportsinteresse er "atomiaderne", hvor Risø og de øvrige nordiske forskningsinstitutioner inden for atomenergi (IFE og Studsvig) dystede i discipliner som bordtennis, badminton, skydning, fodbold og løb. Atomiaderne startede som en fodboldturnering arrangeret af de norske forskere fra Kjeller i 1965. Risø var første gang vært for disse atomare olympiader i 1967. Da flere af institutionerne i lighed med Risø i 1980'erne, som følge af den voksende skepsis overfor atomenergi, var på vej væk fra atomenergiforskning, blev begivenheden i 1985 omdøbt og videreført som SkanSport. Sporten på Risø har tilsyneladende altid haft et internationalt præg: De forskellige klubber har hele tiden dystet med tilsvarende klubber på atomare forskningsinstitutioner fra det øvrige Europa.<sup>52</sup>

### 2.11. Risø - udadvendt og synlig i lokalområdet

---

<sup>51</sup> *RI-posten*, nr. 5, august, 1994, s. 18.

<sup>52</sup> *Risø Internt*, nr. 5, maj-juni 1990, s. 12-13.

Risø har fra starten årligt holdt åbent hus med forevisning af laboratorierne, omvisning på området og salg af is og pølser. Gennem ”atomiaderne” og synlig deltagelse i byfesterne prægede Risø måske især i 1960’erne meget bevidst det sociale liv i Roskilde ”bl.a. med det formål at gøre Risø kendt udadtil.”<sup>53</sup> Pionerånden gjorde det i mange år nemt at mobilisere medarbejderne til det ene fællesarrangement efter det andet, erindrede i 1991 en af de gamle, Erik Thorn, som i slutningen af 1950’erne blev landskendt ved at vinde den første udgave af *Kvit og Dobbelt* på sin viden om atomer, hvorefter han straks blev ansat på Risø. ”I starten af 60’erne var der en nimbus om Risø, der smittede af på personalet. Man havde en klar identitet og en stolthed ved at være ansat [på Risø]. Hvis nogen talte nedsættende om Risø, så svingede man med flaget og forsvarede sin arbejdsplads.”<sup>54</sup> Atomforskningen har - sikkert på grund af dens militære tilknytning – formentlig altid haft det skær af hemmelighedskræmmeri og lukkethed, som er en af komponenterne i den folkelige modstand mod atomenergi. Dette imageproblem og så behovet for arbejdskraft er nok de væsentligste årsager til, at Risø fra starten gjorde en dyd ud af at være synlig i lokalområdet.

Fra midten af 1980’erne begyndte det, set med de ældre medarbejders øjne, at gå mærkbart tilbage for pionerånden og den udadvendte entusiasme. Erik Thorns heroiske billede af fortiden fremkom da også som et led i en verbal opsang til de nye generationer på Risø. Han tilskrev holdningsændringen blandt medarbejderne den moderne virksomhedskultur med alt hvad det indebar af informationspolitik og *corporate branding*. Han kunne også have henvist til det faktum, at den endeløse række af håndfaste sparekrav og fyringsrunder, der fra slutningen af 1980’erne ramte Risø, gik hårdt ud over ressourcerne til udadvendt virksomhed.<sup>55</sup> For historikeren er det nærliggende at påpege, at 1960’ernes entusiasme, pioner- og korpsånd havde en solid basis i medarbejderens fælles bevidsthed om at kunne tilbyde samfundet en epokegørende teknik. Og netop den basis var væk efter 1976.

## 2.12. Strålingssikkerhed og badgekontrol

Dengang Risø var en atomforskningsinstitution, var første og sidste punkt i den daglige rutine for medarbejderne påsætning og aftagning af en lille dosimeter-badge, som fulgte medarbejderen hele dagen. Med jævne mellemrum blev badgen taget ud og målt af Risøs helsefolk. I gamle dage indeholdt badgen en strålingsfølsom film. I de senere år har indholdet været tre små piller af litiumborat og litiumflurid, som absorberer og oplagrer energien fra den stråling som medarbejderen modtager i den tid de befinder sig på Risø. Når pillerne opvarmes afgiver de den oplagrede energi som lys, hvis intensitet er et mål for den modtagne dosis. Metoden kaldes thermoluminiscens.

I årene fra 1958 til 1988 modtog de ca. 1.800 personer, som i perioden arbejdede på Risø tilsammen en akkumuleret helkropsdosis på 13.000 mSv.<sup>56</sup> Til sammenligning modtog den samme gruppe mennesker i løbet af samme periode ca. 100.000 mSv fra baggrundsstrålingen. Tallene dækker dog over store variationer, idet 184 personer over hele perioden fik mindre end 0,2 mSv, 1228 personer fik 0,2-5 mSv, 254 personer 5-20 mSv, 77 personer 20-50 mSv, 49 personer 50-100 mSv og 22 personer fik 100-300 mSv.

Det var en begrænset gruppe af Risøs medarbejdere på ca. 200 pr. år, der var strålingsudsatte. Fra 1975-1990 modtog folk i denne gruppe gennemsnitligt 2 mSv pr. år og maksimalt ca. 10 mSv pr. år som led i deres arbejde. Til sammenligning får gennemsnitsdanskeren sammenlagt ca. 4 mSv pr. år fra kilder som den naturlige baggrund, fødevarerindtag og medicinsk stråling.

<sup>53</sup> Oplysninger fra civilingeniør Klaus Singer. ”Uddybende bemærkninger til vedlagte CV vedrørende mit Risø-liv”, 7/2 1996.

<sup>54</sup> *RI-posten*, nr. 5, september, 1991, s. 4.

<sup>55</sup> <http://www.alumne.dtu.dk/upload/alumneforeningen/images/riso-rundvisere/avisklip.jpg>

<sup>56</sup> Tal fra Per Hedemann Jensen og Poul Christensen: ”Hvad 32 års badgekontrol fortæller”, *Risø Intern*, nr.1, januar 1990.

En flyvetur i jumbojet i 10 kilometers højde giver således omkring 5  $\mu$ Sv pr. time, da man der er mere udsat for den kosmiske stråling end det er tilfældet ved jordens overflade.

Normalt regner man med en risikofaktor på 0,003% pr. mSv, hvilket betyder, at der statistisk set i den pågældende periode skulle kunne forventes 0,4 strålingsfremkaldte kræftdødsfald blandt Risøs medarbejdere. Samtidigt skulle der dog statistisk set være forekommet 44 +/- 7 "naturlige" kræftdødsfald blandt medarbejdergruppen, hvorfor risikoforhøjelsen ikke lader sig konstatere. For en medarbejder, der har modtaget 100 mSv, er den statistiske risikoforøgelse for stråleinduceret kræft på 0,3%. Dette tal skal sammenlignes med en "naturlig" kræftisiko over et helt livsforløb på 25%.

Risø har hele tiden prioriteret de ansattes sikkerhed højt, hvilket de anførte doser da også bekræfter. Jeg har gennem mine interviews kun hørt tale om et enkelt alvorligt uheld på Risø. Hændelsen fandt sted i oktober 1986 på Hot Cell anlægget. En engelsk konsulent skulle for et dansk firma omlade en kraftig cobolt-60 kilde fra et bestrålingsanlæg til en blyafskærmet transportbeholder gennem et transportrør. På grund af en mekanisk fejl blev kilden ikke overført til transportbeholderen, men forblev i transportrøret. Da konsulenten ville fjerne røret med venstre hånd, opdagede han, at kilden fortsat sad i røret. Han smed omgående røret og løb væk, men han havde da berørt røret med kilden i flere sekunder. På grund af strålingsskader på blodkarrene fra den gennemtrængende gamma-stråling blev venstre hånds langfinger stiv, hvilket generede ham i at udføre sit arbejde. Manden valgte derfor at få det yderste led af fingeren amputeret.<sup>57</sup>

---

<sup>57</sup> Tak til Per Hedemann Jensen, der har bidraget med nye oplysninger om dette uheld til denne reviderede udgave.

### 3. Erindringsinterviews.

Under udarbejdelsen af denne undersøgelse er der foretaget fem interviews med tidligere medarbejdere ved DR3. De fem personer repræsenterer et ret bredt udsnit af de forskellige medarbejderkategorier, som var impliceret i den daglige drift af DR3. Interviewpersonerne er udpeget i samråd med *Dansk Dekommissionering*. Sidst men ikke mindst er der vedlagt et enkelt interview med en af reaktorens flittigste brugere, materialefysikeren Bente Lebech.

#### 3.1. Reaktorchefen: Et interview med civilingeniør Heinz Floto.

Civilingeniør Heinz Floto (HF) var fra 1973 til 1999 reaktorchef på DR3. Interviewet fandt sted den 13/3 2007 i Flotos hjem. Da Floto straks begyndte at tale, begynder udskriften midt i en sætning.

HF: ...værkstedspersonalet og vagtholdene bliver hver især specialister: Vedligeholdelse og reaktordrift er to forskellige funktioner. Det er meget vigtigt, at holde sig for øje, at de på den måde har hver deres verden. Det er noget af det, jeg forgæves har forsøgt at fortælle direktionen, at det kan man altså ikke blande sammen. Man kan ikke forlange, at vagtholdene skal gå og lave vedligeholdelse. Det har de hverken forstand på eller flair for. De er indstillede på noget andet.

HK: Har det været sådan, at man ind imellem fra direktionens side har forsøgt at få...

HF: Ja, man har ønsket at spare. Det er ingen hemmelighed, at det er dyrt at køre sådan en reaktor. Det koster rundt regnet 40 mio. kroner om året i brændsel og drift, og vi var ca. 70 mennesker. Når man ikke sætter sig ind i det og bare ser det lidt udefra, kan man ikke forstå hvorfor i al verden, der skal så mange mennesker til? Hvorfor kan tre hold ikke dække 24 timers vagt, otte timer til hver? Så er det altså man må sige: Jamen, stop lige engang, der er også weekend. Der er flere arbejdstimer fra fredag, når vi andre går hjem, til mandag morgen, end der er på en hel arbejdsuge. Den skal også dækkes, og så skal de have afspadsering for skæve arbejdstider, og så skal de have overarbejdskompensation for afløsning.

Der skal – eller skulle - altid være et vagthold til stede. Det betyder, at når nogle er syge, så prøver vi først, om der er en af dem, der har fri, der kan, og hvis der ikke er nogen af dem, der kan, så er der en af de andre, der må tage den, om ikke andet så som dobbeltvagt på 16 timer. Nogle gange kunne de dele med 12 timer til hver, som de nu kunne blive enige om. Det har jeg altid sagt, at det må de selv om. Det er nogle ulemper, vi godt er klar over. Men det må de så selv få lov til at være med til at finde ud af, hvordan de helst vil have. Hvis de helst vil dele i to gange 12 timer, så er det også i orden. Hvis de hellere vil tage 16 timer og få det overstået, så kan det også lade sig gøre. Men selvfølgelig er det en uheldig situation, når man løber ind i udbredt sygdom f.eks. en influenzaepidemi, hvor de lægger sig på stribe. Det er meget ubehageligt.

HK: Det er klart.

HF: Derfor endte vi altså med, at der skal syv hold til at dække. Det var svært at få nogen, der ikke gad sætte sig ind i det, til at forstå. Når man så begynder at forklare [direktionen] sådan og sådan. ”Ja tak, det gider vi ikke høre på.” (Morskab.)

HK: Leif Rødskov fortalte, at der var et fast hold, som kun stod for brændselsskifte?

HF: Nej, det er ikke et vagthold. Nej, nej, nej. Det hører til vedligeholdelse. Vagtholdene var de syv hold, de var ens i princippet: en mester, to operatører og en assistent, og så en parallelorganisation uden for reaktoren. Der var så en helseassistent, der sørgede for at gå og måle,



men han var ikke i vores regi, ham havde jeg ikke noget at gøre med andet end at hilse pænt på ham. Men de syv hold var ens. Og så var der så vedligeholdelse, der var nogle, der tog sig af brændselsskift og alt det andet. Det vi kalder tung håndtering: Køre kraner og flytte rundt med store ting. For at flytte de her 180 gram uran skal man køre rundt med en flaske på 15 ton. Der skulle jo blokvogne, taljer, trisser og kraner og alt det her til. Det var der et hold, der tog sig af. Så var der et hold, der tog sig af det, vi kalder mekanisk vedligeholdelse: Reparation og vedligeholdelse af pumper, rør og ventiler og alt muligt andet. Så var der el-værkstedet, der tog sig af både stærkstrøm og instrumentering. Og så var det et værksted, der tog sig af forsøgene, f.eks. den såkaldte kolde kilde. Den ved jeg ikke, om du har hørt om? Der var der et værksted, der var specialister i at servicere den kolde kilde.

HK: Var det det, der hed rig-værkstedet?

HF: Det var rig-værkstedet. Ikke at forveksle med "riggerne". Riggerne var dem med brændslet.

HK: Ja, ja. Okay.

HF: Så var der ingeniørgruppen, som alle sammen også på skift gik vagt. Det var 24 timers vagter, hvor man sov ude på stedet. Det har jeg også været med til. Det er der også nogle udefra, der ikke har kunnet forstå, hvorfor jeg ikke bare lod være.

HK: Selv da du blev reaktorchef?

HF: Ja, men fidusen er, at hvis man ikke deltager i vagterne, så får man aldrig noget nært forhold til vagtholdene, fordi de kun er på dagvagt en syvende del af deres tid og kun på de fem hverdage. Der ville være vagthold, jeg ikke havde set i månedsvis, hvis jeg ikke engang imellem gik ind og holdt vagt og var der. Selvfølgelig sov jeg om natten. Natholdet så jeg kun lige og sagde goddag, og så gik jeg i seng. De var gået, når jeg stod op igen, og så var det morgenholdet, der var i gang. Men jeg fandt ud af, at det var en socialt nyttig funktion, at jeg også deltog i det. Det betød jo, at jeg kendte både de officielle og uofficielle rutiner.

HK: Ja.

HF: Så kan man bedre lure, hvad der foregår og sige nå ja, det ved jeg godt. Hvis der nu er en på vagtholdet, der er helt "død", så får han lov til at gå ud og lægge sig på en sofa, og så klarer de andre det så længe. Det står ikke i reglementet, at man må det, men det er sådan nogle ting, som man så må vide og acceptere.

HK: Jeg forstår, at der har været en del, hvad skal man sige, værkstedsfusk og sådan noget?

HF: Ja, ja. Vi sagde altid, at i det omfang det ikke generer andet arbejde, kan man godt lave noget såkaldt fusk, hvis det kan siges at være fornuftigt og kvalificeret. Det er sådan set betalingen for at en være loyal og engageret medarbejder, at man har visse friheder, hvor man helst selv skal kunne finde grænsen for, hvor langt man kan tillade sig at trække den.

HK: Det er vel også mange gange de mest kvalificerede medarbejdere, der laver den slags?

HF: Uha, ja. Jo, det er vigtigt, når vi snakker de her vedligeholdelsesfolk. De er klar over, at de har en betroet opgave. Og de er klar over, at der reelt ikke er andre end dem selv, der ved, om det nu lykkedes eller ikke lykkedes. Når først de har lukket kassen, så kan vi andre ikke se uden på den, om den nu er samlet rigtigt. Vi kan se og høre eller på anden måde erfare, hvis det går galt, hvis det siger *crash bang*. Så kan man sige: "Ja, den var ikke så god". Men altså der er jo f.eks. de der kontrol-arme [CCA'erne], der styrer hele fissionsprocessen. Der er det jo livet om at gøre det, at de er lavet omhyggeligt, og at man kan stole på, at der ikke er noget

med, at nogen har sagt, at ”det går nok, bare i med dem”. Dels giver det grimme forsinkelser, hvis sådan noget udstyr svigter under drift. Så kan det betyde mange dages stop. Dels ryger hele sikkerheden, hvis man ikke kan stole på at... Altså reaktoren er bygget med en masse redundant indbygget sikkerhed, reserver for reserver. Men hvis de alle sammen er defekte, så hjælper det ikke noget.

Jeg hørte for ikke så mange år siden om et tilfælde i Australien – fra en søsterreaktor dernede...

HK: HIFAR?

HF: HIFAR, ja. De havde tre dieselgeneratorer, der alle sammen svigtede på én gang, da de skulle bruges. Det var et enten et mærkeligt statistisk tilfælde, eller også var det udtryk for dårlig vedligeholdelse. Selvfølgelig kan det ske statistisk, men det er højst usandsynligt, at de svigter alle sammen, hvis det hele er i orden.

Derfor har jeg altid prøvet at holde fast i, at de betroede folk, der lavede det vitale vedligeholdelsesarbejde - det er lige meget om det er instrumentering eller styreorganer eller, hvad det er for noget - de skal selv føle ansvar for det, de gør. Og de skal for Guds skyld lade være med at skjule, hvis de har dummet sig, så skal de komme og sige: ”Prøv at se det her, det er noget skidt.” Derfor har jeg konsekvent aldrig hængt folk ud for at gøre fejl. Fordi hvis man hænger folk ud eller straffer dem, eller hvordan man nu kan aktionere, fordi folk har gjort en fejl, så kommer de ikke og siger det næste gang. Så er det ind under gulvtæppet. Derfor er det vigtigt at sige: ”Okay. Det var en skam, men det var godt, du sagde det. Så må vi se, hvordan vi så får det bragt i orden.”

Der har vi jo været utrolig heldige. Vi har nok været en af de bedst kørende reaktorer af dem, som vi har haft indsigt med, altså dem vi har kendt og haft møder med rundt omkring.

HK: Ja, de seks reaktorer af Pluto/Dido-typen?

HF: Plus de andre europæiske. Det lykkedes at opbygge sådan en korpsånd, der lige som har... Altså, det er utrolig få ting der ikke har fungeret i længere tid. Tag nu *den kolde kilde*, som er så kompliceret, at man de fleste andre steder har opgivet og er gået over til et andet system, der er nemmere at vedligeholde. De her stempelmaskiner, de var mægtig sarte, men de var effektive, når de bare virkede. De havde på otte-ti år kun en eneste periode, hvor de ikke var i drift. Der var to maskiner, og den ene var hele tiden under vedligeholdelse, og den anden kørte. Og så byttede de. De har haft en eneste køreperiode, hvor vi måtte sige: ”Desværre, den kan ikke køre”. Men ellers er det lykkedes i 10 år eller der omkring hele tiden, at holde den kørende. Det var jo også sådan, at fysikerne sagde, når de en enkelt gang skulle rose os, at det var specielt. De kunne nemlig tage gæster og sige, at den dag kan du komme, da kører reaktoren, så kører den kolde kilde også.

Reaktoren kunne gå i stå af mange grunde. Strømsvigt: Det var specielt et problem, indtil vi fik nogle statiske omformere, som er betydeligt mere stabile end roterende omformere. Og så vejret: Anlægget blev bygget om til fjordvandskøling, og det betød, at når det rigtig stormede, så blokkede det hele til i tang og grus, skidt og møg. Selv om vi så lavede forskellige forbedringer, så kom vi ikke helt ud over det problem. Det kunne altså være så vildt, at det gik i stå. Og når det gik i stå, så var det altid 2½ døgn, fordi du så får xenonforgiftning. Så er der ikke andet at gøre end at sætte sig ned og trille tommelfingre, indtil xenonforgiftningen er ”fordampet” igen.

HK: Med mindre man kan nå at få den op at køre igen inden for en kort periode...

HF: Ved et almindeligt blink i lyset var vi oppe med det samme. Det var ikke noget problem. Der var altid en reservereaktivitet, så vi kunne starte op efter en kort pause. Op til mellem en til to timer ufrivillig nedlukning, så kunne den komme op igen. Men hvis det var længere end et par timer...

HK: Så begynder der at opbygges xenon i brændselselementerne...

HF: Så bygges xenonen op, og så døde den lige så stille og der var ikke noget at gøre.

HK: Hvad er det for nogle funktioner reaktorchefen tager sig af?

HF: Jeg mener selv, den vigtigste funktion, reaktorchefen har, er at være garant for, at sikkerheden ikke bliver kompromitteret. For selv om reaktoren er bygget med alle de her sikkerhedssystemer, så er der ikke noget af det, der virker, hvis man ikke respekterer... hvis man bare sætter det ud af kraft eller lader det være inoperativt. Man skal hele tiden tage stilling til de ting, der sker og sige: "Var det her kritisk eller var det bare en driftsforstyrrelse?" Vi skelnede mellem forskellige grader af driftsforstyrrelser: Der var de simple driftsforstyrrelser, hvor man bare sagde: "nåh, om igen". Det kunne være sådan noget som når lyset blinker: Det er ren rutine, det er ikke noget. Men der var også fejl, hvor man må gå ind og sige: "Hov, det burde ikke kunne have fundet sted. Enten må vi lave om i proceduren eller også må vi lave om i systemet, fordi det her bør ikke kunne ske". Det er så reaktorchefen, der er garant for det. Han er den, der dels har kompetencen til at blande sig, og dels står over for myndighederne som den, der skal stå inde for, at alt det, som myndighederne ikke kan se, også er i orden. Myndighederne kan stille en masse betingelser op, og nogle af dem er fornuftige og andre har vi aldrig rigtigt haft forståelse for.

HK: Hvad er det for nogen?

HF: - Vi havde en hel tyk bog med driftsbetingelser, med hvad der skulle være i drift, og hvad der ikke skulle være i drift, og hvordan det skulle være. Der er en masse nedskrevne vilkår, og nogle af dem var noget, vi selv havde fortalt dem, at sådan skal det være, og noget var noget, de selv af en eller anden uransagelig grund selv havde fundet på, hvor vi måtte sige: Nåh ja, det bliver vi nødt til, hvis de eksisterer, så må vi opfylde dem, selv om vi synes, det er noget pjat.

HK: Kan du nævne et eksempel på sådan nogle pjattede ting?

HF: Nej, jeg kan ikke huske dem. Men der var da nogle af de betingelser for drift, hvor vi sagde: "Nårh ja, det ...". Men så var der jo nogen af dem, og det var heldigvis de fleste, som man bare kunne opfylde uden problemer, fordi det ikke var noget problem at opfylde dem. Så kan man bare sige: "Åh, ja, det er uden betydning. Det er ikke en gang uden betydning. Det er lige meget, hvis det ikke generer os at opfylde dem, så kan vi bare gøre det."

HK: De myndigheder, der havde med jeres sikkerhed at gøre, var det Beredskabsstyrelsen og Statens Institut for Strålehygiejne?

HF: Det var Tilsynet med Nukleare Anlæg i Beredskabsstyrelsen. Så havde vi også selv på Risø en sikkerhedskomiteé, som var meget nyttig, fordi den var rådgivende, den havde ikke nogen myndigheds funktion. Den var rent rådgivende, og i virkeligheden min rådgiver. Så vi kunne sige: "Sådan her har vi haft det. Vi har haft så og så mange fejl". Og så nikkede de og sagde: "Nårh ja, det ser meget fornuftigt ud." Engang imellem var der noget vi havde tænkt os at bygge om på den og den måde, og så kiggede de på det: Jamen, det syntes de var fornuftigt, eller også syntes de, at det her burde vi kigge på en gang til. De var helt klart på vores side. Det var nogle folk, der støttede, og også når der var stridigheder, om hvor vidt det nu var nødvendigt eller ikke var nødvendigt at opretholde bemanningen, som vi én gang havde fået lagt fast. Når direktionen kom og sagde: "Jamen, vi må sagtens kunne spare, der er alt for mange folk." Så var det Sikkerhedskomiteen der kom ind og sagde: "Der er dem, der skal være. Der skal være redundans. Det kan ikke nytte noget, at der står én stakkels mand og hvis han kommer til skade, så er der ingen til at bære ham ud."

HK: Men hvor hårdt...

HF: Jeg fulgte sådan med i alting og prøvede så vidt muligt at holde mig fri af andet arbejde, hvilket betød, at alle mente, at jeg drev den af! Jeg kunne sagtens have deltaget i noget mere udvalgsarbejde og hvad ved jeg... Men jeg prøvede at trække mig ud af alt, hvad der ikke lige vedrørte reaktoren, for jeg kunne mærke på mig selv, at hvis jeg havde - hvad jeg havde i perioder - sådan nogle arbejdende udvalg, så gik det altså ud over... Så opdager man lige pludselig: Hov, hov hvad er det, der er ved at ske? Der er noget, der er ved at udarte sig. Der er nogen, der er ved at få dårlige vaner. De bliver ikke holdt i ørerne... Jeg gik rundt på anlægget og kiggede på det og spurgte folk, hvad de lavede og kiggede dem lidt over skulderen.

HK: Ja, det har man jo ikke tid til, når man sidder i møde.

HF: Nej, hvis man er engageret i en hel masse andet, så kommer man væk fra det, og så ved man ikke rigtig, hvad der egentlig foregår, og hvem, der nu ikke kan enes. Der er jo også personaleledelse i det, at finde ud af, hvordan fungerer det, og hvem er det, der strides og kævles, kan det rettes op eller kan det ikke rettes op, eller hvad gør vi ved det? Det er ikke nemt. På sådan en institution som Risø var det ikke nemt. Jeg kunne ikke bare sige, at nu ville jeg have den mand fyret. Næh, næh, næh, det var skam ikke min kompetence at fyre folk. Det var personalekontoret og direktionen, det skulle de nok bestemme. Det var lidt irriterende. Men det må man så finde nogle veje at leve med det.

HK: Ja, men du var vel også nødt til at være synlig i nogle udvalgssammenhænge?

HF: Ja, ja. Jeg deltog også i nogle af de fælles direktionsmøder og samarbejdsudvalg, og hvad der nu ellers var. Men man skal passe på, at man ikke begraver sig i uvedkommende arbejde og for mange ad hoc udvalg, der slet ikke har noget med reaktoren at gøre. Så mister man altså kontakten med, hvad der foregår.

HK: Du har hele tiden lagt meget vægt på at være til stede og være synlig?

HF: Jeg er den, der kendte anlægget godt og kunne huske en masse detaljer. Jeg var den, som de kom og spurgte: ”hvordan er det nu med det der?”

HK: Hvornår kom du til Risø?

HF: I 1960. Jeg var først et år i konstruktionsafdelingen, og så var jeg et halvt år ude at rejse. Så har jeg været på reaktoren resten af tiden og været chef i 27 år.

HK: Du har så været den længst fungerende chef.

HF: Ja, helt klart.

HK: Overtog du direkte efter Søren Mehlsen?

HF: Nej, ikke direkte. Der har været Th. Friis Sørensen ind imellem.

HK: Og så nåede du lige at trække dig tilbage, inden det skete?

HF: En måned før det hele kollapsede. Det var synd og skam. Man kunne godt have kørt et par år til, men nedtællingen var begyndt. Det var klart nok. Der var en deadline i 2004. Efter marts 2004 ville amerikanerne ikke længere tage det brugte brændsel tilbage, og det havde været en næsten uoverstigelig hurdle. Hvad søren skulle vi så stille op med det? Vi kunne jo ikke grave det ned nogle steder i Danmark? Men den kunne have kørt fire år til, hvis vi havde

været heldige. Men politikerne var jo allerede i gang. Det var Birthe Weiss, der var ude med riven. Hun havde ikke fået lukket Barsebäck, så noget skulle der jo ske. Så havde hun fat i direktionen og direktøren for at høre, om denne her reaktor ikke snart skulle lukkes? Det havde man så aftalt, at det skulle vi så lave en plan for. Men det var efter min tid.

HK: Reaktorchefen er det en person, der er under et vist krydspres, mellem det økonomiske og det sikkerhedsmæssige?

HF: Ja, der er altså en konflikt indbygget der. For det første tæller drift ikke for en forskningsinstitution som Risø. Det er service, uinteressant og rangerer på et lavere niveau. Det hører til nede på gårdfejrniveau. Drift er ikke fint. I starten var det fint, at Risø havde og kunne drive sådan et anlæg, men til sidst var det bare en klods om benet. Det kostede bare penge og en masse mandskab. Og når man så skulle spare, hvorfor kan reaktoren så ikke spare? Jeg kan jo fortælle en af mine yndlingshistorier. Jeg sagde til direktøren: ”Vi står jo over for nogle problemer. Nu er der et generationsskifte i gang, vi mister en masse erfaring, alle de gamle, erfarne medarbejdere forsvinder efterhånden...” Hvortil der blev repliceret: ”Erfaring har ingen betydning. Man kan blive direktør uden erfaring”. Det var svaret! ”Jamen, det er også et sikkerhedsspørgsmål...”, sagde jeg. ”Jeg vil ikke diskutere sikkerhed”, fik jeg så at vide.

HK: Reaktoren var ikke immun over for sparekrav?

HF: Selvfølgelig blev vi presset. Vi gik ned fra 76-78 til 65 eller deromkring. Der var selvfølgelig nogle ting der kunne spares væk. F.eks. var instrumenteringen blevet betydelig mere pålidelig og krævede ikke så meget vedligeholdelse, og der var også andre ting. Men der var også noget, der krævede mere vedligeholdelse. Men så længe vi havde de erfarne folk, så kunne vi rationalisere. De kunne efterhånden lave en hel masse ting på ryggraden. Men da de begyndte at rejse, begyndte det at knibe. Så kom der nye folk ind, som stod og spurgte: ”Hvad skal vi nu?” Det er både risikabelt og ikke helt rart, at folk ikke helt ved, hvad de nu skal.

HK: Det var i 1990'erne eller hvad?

HF: Det var igennem 1990'erne. Da begyndte det at knibe. Der rejste mange af de gamle. Så blev man ved med, at der altid spares 5%. Men 5% plus 5% plus 5%... det begynder efterhånden at summe op. Man kan ikke blive ved og når skifteholdets arbejdstid efterhånden gik ned, så skulle der flere hold til for at få døgnet til at hænge sammen. Det var ikke helt nemt. Okay det gik, men det var et slagsmål, og jeg var helt klart upopulær. Jeg sad bare der, var stædig og ville ikke skære ned og pudsede sikkerhedskomiteen og ”Tilsynet” på dem. De kom og sagde: ”Jamen, det kan ikke nytte noget, vi kan ikke skære ned på den måde.”

Jeg lavede også lidt af et nummer: På et tidspunkt blev vi presset meget hårdt med det her syvende vagthold. ”Det kunne ikke være nødvendigt”. ”Jamen okay, så prøver vi at afskaffe det.” Det passede lige med noget naturlig afgang, at vi kunne afskaffe det syvende vagthold. Men jeg sagde: ”Det kommer til at koste noget overarbejde.”

”Jamen, det betyder ikke noget”. Det var helt i orden. Da der så var gået et år, så kunne de godt begynde at lægge sammen. Overarbejdet kostede halvanden gang så meget som lønnen til det syvende vagthold. Så det blev genindført.

HK: Okay. Så der er nogen, der har fået en fed løncheck?

HF: Ja, ja. Men altså det er ikke bare et spørgsmål om løn. Helt tilbage i 1960'erne sad folk og ventede på overarbejde. Men i de sidste 20 år, tror jeg, er der ikke nogen, der har ønsket overarbejde. Det har man ikke været spor interesseret i. Man vil hellere have frihed end overarbejdspenge, som er surt tjent, når det betyder kineservagter. De her 12- og 16-timers vagter, det er ikke sjovt.

HK: Nej, jeg forstår, at der er ret meget at lave i løbet af sådan en vagt?

HF: Det er sådan noget underligt noget. Det er lige som at sidde på en brandstation. De laver jo heller ingenting. De sidder bare der og strikker brandslanger, ikke? Vagtholdene kigger lidt fjernsyn og læser avis, og så en gang imellem går de ud og kigger lidt på instrumenterne. En gang imellem løber de stærkt, for hov, nu skete der noget!

HK: Men de siger, at der her til sidst, hvor der var meget silicium, i 1990'erne...?

HF: Ja, der var det en regulær produktion. Der var en mand, der faktisk var beskæftiget med det hele tiden. Men selvfølgelig er der mange timer, hvor man tilsyneladende ikke laver noget, hvor man bare sidder nede i kontrolrummet. Hvis man ikke kender til det med at holde vagt, så kan man ikke forstå at anerkende det at holde vagt som et arbejde. "De sidder bare og driver, læser avis, kigger fjernsyn og snakker og laver ikke en pind!" Det var holdningen, og den var altså ikke til at mane i jorden.

HK: Også fra de øvrige grupper ude på DR3?

HF: Nej, nej. De vidste godt, hvad det var. Men altså fysikerne, direktionen, og hvem, der ellers havde en interesse i, hvordan reaktoren kørte, de forstod det aldrig. De kunne ikke forstå, hvorfor vagtholdene ikke kunne bestille noget, hvorfor de skulle sidde der og drive og lave ingenting. Så sagde jeg: "Jamen, de holder jo vagt!"

HK: Jeg forstår, at I har arbejdet meget stærkt på at lave et åbent miljø derude?

HF: Ja, og det er, fordi man ikke kan ikke køre sådan et anlæg topstyret. Man kan ikke være alle vegne og se, hvad folk laver og have fingrene med nede i gearkassen. Man er nødt til at stole på, at dygtige håndværkere kan deres fag, og når de har fået tid til at sætte sig ind i det og prøvet det, så må man stole på det. Så må man en gang imellem spørge: "Er du sikker på, det er i orden nu?" "Jamen, det er jeg helt 100% sikker på. Den er, som den skal være". Godt, så er det i orden. Vi kan ikke skille det ad for at kontrollere det. Så skal man begynde forfra igen. Det er også en meget mere behagelig arbejdsplads, hvis man respekterer hinanden.

HK: Men der har alligevel også været – hvad skal jeg sige - en tydelig kommandostruktur?

HF: Jo, jo. Hvis jeg sagde, at sådan skal det være, stop reaktoren! Så var der ikke nogen, der kom og sagde: "Nej, det er ikke nødvendigt". Det var så ingeniørerne, der varetog den funktion, når jeg ikke var der. Så var det dem, der gik og sagde "stop – okay start igen". Det havde de bemyndigelse til. Vagtholdene kunne ikke selv beslutte, om reaktoren skulle køre eller ikke køre. Det var ingeniørens ansvar at sørge for, at betingelserne var opfyldte og at det var sikkert at køre.

HK: Der har været et tilsvarende antal ingeniører, som der var vagthold?

HF: Ja, der har hele tiden været en 7-8 stykker. De var specialiserede, nogle var elektroingeniører, andre maskiningeniører. De havde hver deres områder, som de førte tilsyn med foruden, at de en gang imellem gik vagt. Det betød, at de havde en unormal arbejdsuge, fordi en søndagsvagt giver to fridage. Når man arbejder et døgn på en søndag, skal man dels have en reserve søndag, og så skal man have kompensation for den tid, man har brugt. Så det gav to fridage. En lørdagsvagt gav en fridag. Det betød, at ingeniørerne som regel havde et par fridage om ugen. Vi sørgede dog for, at der var en dag om ugen, onsdag tror jeg, hvor alle skulle komme, ellers kunne vi aldrig snakke sammen. Onsdag måtte man ikke afspadsere.

HK: Har det været nemt eller svært at rekruttere folk igennem tiden?

HF: I starten var et nemt. Der var en periode, hvor det kneb. Hvornår var det? Det var vel i slutningen af 1980'erne eller var det i begyndelsen af 1990'erne. Det var en periode, hvor der var fuld beskæftigelse, og det var svært at få kvalificerede ingeniører. Og så var det jo heller ikke attraktivt, når det havde et dårligt ry. Atomkraft, fy for Søren! Derfor skulle det være folk, der havde en særlig interesse. Da kneb det lidt med at få kvalificerede folk.

HK: Så I kunne sagtens mærke det omslag?

HF: Ja. Og så synes jeg, men det er så min private kæphest, at ingeniørstudiet er degenereret. Den modulopdeling, der er kommet i studiet, betyder, at det er de mest horrible ting, en ingeniør kan risikere ikke at vide. Ting, hvor man vil sige: "Det ved en ingeniør da". "Nej, det fag har jeg ikke haft". "Nå vist så. Kan du læse tysk?" "Nej, det har jeg aldrig haft." Så kan det godt være, de kan noget andet, men der er kommet nogle huller, som man støder på, hvor man siger, ved en ingeniør ikke det? Det samme med de andre fagretninger. Med maskinmestrene skete der en rationalisering på kraftværkerne, som gjorde, at vi pludselig kunne få nogle af de gode folk fra Amager-værket, der reducerede driften.

HK: Jeg tænkte også på – noget vi ikke har snakket så meget om – ikke den interne sikkerhed, men den eksterne sikkerhed, terrorsikring og den slags, er det noget, I har arbejdet med?

HF: Vi har aldrig rigtigt været engageret i terror, det var ligesom efter min tid, at det kom op. Men vi havde et meget stort program for at sikre imod tyveri af uran. Vi havde i årevis, lige fra det startede til omkring 1990 [det præcise år er 1989] kørt med højt beriget uran, dvs. uran af bombekvalitet. Vi havde et lager, der var stort nok til at lave i hvert fald én atombombe.

HK: Det var 80%, ikke?

HF: Bombeuran er 93%. Vi startede ganske vist med 80%, men det var en blanding, som var lidt lavere end 80%, og den kunne man også godt have brugt til atombomber. Men dengang lavede vi ikke brændslet selv. De første ti år fik vi nemlig brændselselementerne færdige fra England, og der var uranen allerede puttet ind i pladerne. Men så gik vi over til at lave brændselselementerne selv. Det betød, at vi købte uranen som uran metal i USA via forskellige firmaer, der konverterede det fra det ene, til det andet til det tredje. Det er jo i parentes bemærket en lang proces, fra man graver uranmalm op af jorden, og til den bliver raffineret og bliver til uranoxid, "yellow cake" og bliver lavet til UF<sub>6</sub>, bliver beriget og så igen lavet om til uranmetal. Da købte vi metallet færdigt og havde en lille produktion, der lå oppe i metallurgiafdelingen. De havde dog kun små mængder derovre, for de havde ikke mulighed for at opbevare store mængder.

Vi byggede faktisk et boksanlæg, der var så sikkert, at amerikanerne, der ellers var meget kritiske over for, om vi kunne opbevare det ordentligt, sagde, at de havde ikke set noget bedre. Fuldstændig uden bevæbning, ikke et eneste skydevåben, men med et kinesisk æske system, der gjorde, at der var ikke nogen, der kunne tvinge os til at aflevere uranen, om de så kom med nok så mange med skarpladte revolvere. Vi måtte bruge noget energi og nogle ressourcer på at bygge det lager op for, at vi kunne opretholde retten til få leveret højt beriget uran.

Så gik man så [i 1989] over til 20% beriget uran i stedet for. Men så kunne man ikke bruge metal mere, så skulle man over til noget andet. Det gik der så ca. seks år med at udvikle og afprøve, indtil man fandt ud af, at uransilicid var det rigtige. Uransilicid-pulver, kunne man så blande med aluminiumpulver, presse til briketter og valse ud til plader. Det virkede ganske udmærket. Det viste sig, at reaktoren kørte fuldt ud lige så godt på det. Det gik en lille smule ud over flux'en i midten af reaktoren, men det betød sådan set ikke noget, for det havde vi ikke så meget at bruge til. Men det gav til gengæld bedre flux i de store forsøg. Det var billigere og det holdt længere. Elementerne havde en længere standtid i reaktoren. Så alt i alt tror jeg, at vi gik ned fra at bruge nogle og 40 til nogle og 30 elementer om året. Der var en besparelse der. På den måde har vi været involveret i sådan noget sikkerhed og blå briller.

HK: Der har aldrig været krav om, at I skulle have sikkerhedsvagter...

HF: Uranen kom jo her på det sidste med militære specialtransporter og med stor udrykning, når det blev overført fra lufthavnen til os. Vi havde 30 af de her urobetjente med som eskorte, når vi modtog sådan en ladning uran. Det gjorde vi kun hver anden – tredje år. Det var en stor sag. Når det så først var låst inde, så kunne vi sende alle dem med skyderne hjem.

HK: Det har været meget vigtigt for jer, at I kunne undgå...?

HF: Det var betingelsen for, at vi kunne få lov at køre på den måde. Når vi så gik over til det lavt berigede, så var det ikke nær så kritisk mere. Man kan dog godt stjæle det, og man kan også lave en mægtig ballade, hvis det blev stjålet, men man kan altså ikke lave atombomber i baghaven med lavt beriget uran. Det er umuligt.

HK: Var det amerikanske sikkerhedskrav?

HF: Ja, det var det jo på den måde, at de kom og spurgte om, hvordan vores sikkerhedsforhold var. Så var vi godt klar over, at der i det spørgsmål lå, at hvis vi ikke selv sørgede for, at sikkerheden imod tyveri var god nok, så ville de sige niks.

HK: Hvordan har samspillet mellem driftspersonalet derude og de forskere, som benyttede reaktoren været?

HF: I starten var det belastet. Der var nogle fysikere... det er specielt fysikerne, der har været vores problem. Isotopfolkene har aldrig været et problem. Men vi havde problemer med fysikerne i begyndelsen. De havde en eller anden *hovski snovski kultur*. De så ned på alt, hvad der havde med drift at gøre og stillede sig op og forlangte, at de ville have, og vi skulle stå til rådighed og bukke, når de kom. Sådan var holdningen i hvert fald. Den holdning holdt vel i nogle år, indtil der kom så en ny generation fysikere. Så hjalp det pludselig og vi fik pludselig nogle, som vi kunne snakke med og som vi kunne omgås på venskabelig fod. Den sidste generation af fysikere, der var, havde vi et meget fint forhold til. Det var også dem, der roste vores kolde kilde og vores driftspålidelighed. Så det var godt nok.

HK: Når forholdet i starten var belastet, var det så pga., at det var dem, der bestilte reaktoren?

HF: Nej, det var det ikke. Det var nogle helt andre. Det var professor Thorkild Bjerge, Niels Bohr og departementschef H.H. Kock. Det var de tre, der havde bestemt, at reaktoren skulle bygges. Og så kom fysikerne til. De kom i virkeligheden først til, fordi man sådan set fandt ud af, at de havde DR1, men det var kun en lille legetøjsreaktor, og så var de på DR2, men efter 10 år lukkede DR2, og så flyttede de over til os. Og da var de allerede så småt begyndt ved DR3. Vi havde nogle tyske fysikere, forskere fra München, dem havde vi det fint med. Men vores egne fysikere var nogle stride bananer der, der ligesom lagde sig på en mærkelig linje. Det var specielt de første 10-15 år, og det er delvis før min tid, at der var de store bråvalla-slag. Der var en af fysikerne, det var en udlænding, han opførte sig så ubehøvet, at han blev smidt ud af reaktorhallen. Det gav ballade. Han blev simpelthen vist ud. Det var han nødt til. Det var ikke godt. Det forplantede sig til hele den gruppe af fysikere. Den generation af fysikere havde vi sådan et meget belastet forhold til.

HK: OK. Det var der, du startede...

HF: Ja, sådan var det stadig, da jeg overtog. Så er det så successivt blevet bedre. De fandt vel ud af, at vi jo trods alt var nyttige. De kunne ikke lave deres forskning, hvis ikke vi kunne få reaktoren til at køre. Så fik vi efterhånden udbygget de her faciliteter, så de blev mere og



mere... Det var synd og skam, at det blev lukket så pludseligt. Det var jo et enestående instrumentarium, fysikerne havde fået bygget op. Virkelig noget, der var noget værd.

HK: Hvor meget har du som reaktorchef og jeres ingeniører været involveret i udbygningen af de instrumenter og i beslutninger, der er truffet om hvad reaktoren skulle bruges til?

HF: Det er et samarbejde. Vi havde ikke deciderede konstruktionsopgaver. De lå i konstruktionsafdelingen. Fysikerne kom med nogle ønsker, konstruktionsafdelingen kom med nogle tegninger og projekter og vi kom så ind og sagde: "Hov, hov, hov, sådan kan det ikke være. Det skal være sådan, for at det kan håndteres. Det skal vendes på den og den måde." Det var et samarbejde. Det gik meget godt og var ikke noget problem. De var godt klar over, at det var os, der skulle have det til at køre bagefter, så hvis det ikke blev lavet, så det kunne køre, så var det ikke nogen succes. Så det gik godt nok. Der havde vi ikke nogen kontroverser.

HK: Har der været kamp om forsøgsrørene?

HF: Nej, det gik egentlig meget gelinde. Der var fire store forsøgsrør, og to ender på hver rør. Det vil sige, at der var plads til otte instrumenter, og så meget kunne fysikerne ikke bruge. Der var så lidt spørgsmål om, hvem der skulle have hvilke rør. Men det var lige så meget et spørgsmål om pladsforhold, og hvordan det nu kunne lade sig arrangere. Der skulle bygges et hus ude foran, hvor neutronerne skulle sendes ud – neutronhuset - og det kunne kun ligge der. Det gav altså sig selv, hvad der var for et forsøgshul, der skulle bruges til det, og så fandt man efterhånden ud af, hvordan det kunne fordeles. Der har ikke været nogen stor ballade om fordelingen af faciliteter.

HK: Vi er ved at være kommet godt rundt. Vi talte før båndet blev tændt om nogle af de officielle gæster, som DR3 blev vist frem for. Har du været med i nogle statsbesøgene?

HF: Det sidste statsbesøg var med Nicolae Ceaușescu.

HK: Hvordan havde du det med det?

HF: Nu kan jeg jo sige, at jeg har hilst på Ceaușescu. Han havde et klamt, slattent håndtryk. Men ellers har jeg ikke noget med, at jeg går rundt og føler mig stor ved, at jeg har hilst på Ceaușescu.

HK: Han fik jo dog en elefantorden, da han var her...

HF: Ja, ja, ja. Det var en underlig historie. Men lad det nu være: Vi viste frem, som vi var blevet bedt om. Indira Ganhdi har også været derinde. Jeg kan ikke huske, hvem flere, men der har været flere officielle besøg. Det var noget Danmark var stolt af, at vi var med. Men ikke i dag. Det skal væk, væk... Der er endnu ingen, der har fortalt os, hvor væk er. Det er et stort hus ved siden af. Der er ingen, der vil have det. Hvor i himlens navn skulle vi gøre af det? Der er da ikke nogen, der vil have al Risøs radioaktive affald liggende.

HK: Det kommer vel også i sidste ende til at ligge ude på Risø?

HF: Ja, men kunne det vel så blive liggende, hvor det ligger. I stedet for at flytte det fra det ene hus til det andet hus. Det er Molbo-agtigt, og spild af penge. Jeg kan forstå, at man river de anlæg ned, som ikke er til noget, og hvor man kan sige: "Jamen altså, hvis vi kan frigøre bygningen kan vi bruge den til noget andet." Men DR3 kan du ikke bruge til noget andet. Du kan ikke bruge den lukkede beholder til noget som helst. Man kan bruge de omliggende bygninger til noget. Det kan man bare gøre. Men selve reaktoren kan man reelt ikke bruge til noget. Den kunne man have ladet ligge. Det havde været nemmere at sætte en hængelås på og sige: "Den er lukket indtil videre, og den dag, vi får lyst, kan vi åbne den som museum." Det

kan godt være, der ikke er nogen, der er interesseret i dag, men om 20 år er jeg sikker på, der er nogen, der vil sige: ”Hvorfor er den revet ned? Den kunne have været sjov at have liggende. Det kunne have været sjovt at se, hvordan den så ud.” Men sådan skulle det åbenbart ikke være. Ja, og så det hastværk: Jo længere man venter, jo lettere er det at rive ned. Hvis man venter 100 år, kan man næsten gøre det uden specialværktøj.  $^{60}\text{Co}$  halveres på seks år: Hvis man bare venter 60 år, så har man en promise tilbage, og det er den, der generer mest. Selvfølgelig er der langlivet aktivitet af forskellig art. Men den er ikke så hård. Det er kobolten, der er generende.

HK: På Steno Museets vegne vil jeg sige tak for interviewet.

### 3.2. Vagtholdslederen: Et interview med maskinmester Leif Rødskov

HK: Det er tirsdag den 13/3 2007. Jeg sidder i Svogerslev sammen med fhv. vagtholdsleder, maskinmester Leif Rødskov (LR). Jeg ved ikke, om du vil starte med at fortælle noget om dig selv, din baggrund, og hvordan du kom til Risø og DR3?

LR: Jeg er gammel Roskildedreng, og efter jeg havde aftjent min værnepligt som befalingsmand i marinen, skulle jeg selvfølgelig have et job. Hvad var nærmere end at søge en af de mest populære arbejdspladser i Roskildeområdet? Det var Risø. Jeg var færdig i maj i marinen og søgte så på stillinger på Risø. Først søgte jeg på serviceafdelingen, hvilket ikke lykkedes. Jeg kom så ud at sejle i en måneds tid med færgen Korsør/Nyborg. Man skulle jo have noget at lave. Så kom der lige pludselig et brev med en forespørgsel, om jeg var interesseret i en stilling ved reaktor DR3, fordi driftsmesteren dernede, Poul Christensen, skulle være forstander på Københavns Maskinskole. Der var seks mestre på vagtholdene og de rykkede så en mand ud på driftskontoret således, at der blev en stilling ledig på vagten. Den blev jeg tilbudt, blev kaldt til samtale og var så heldig at få den. Risø har altid været en populær arbejdsplads i Roskildeområdet. Det er der ingen tvivl om. Når folk først kom på Risø, så blev de derude. Fagforeningerne har altid haft det godt: smedene, eller forskningsteknikerne som de hedder i dag, var sådan set toneangivende [i fagforeningen]. Lønningerne lå også meget pænt på Risø. Det var jo forskning og det var fremme i første felt. Det var en spændende arbejdsplads: Jeg var derfor glad, da jeg i august 1968 fik sådan et job.

Jeg skulle være arbejdsleder for et vagthold, der bestod af en maskinmester, to operatører og en forsøgsassistent. Maskinmesteren – jeg var som sagt maskinmester - og de to operatører var faglærte, nemlig som henholdsvis maskin- og elektrømand. Desuden havde vi som sagt en forsøgsassistent, som var arbejdsmand. Vi var sådan set dækket ind på et meget bredt felt til at påtage os forskellige opgaver: Der var maskin- og elektroerfaring og vi kunne skam også feje og sådan noget, for det skulle der jo også gøres en gang imellem... Holdet var egentlig sammensat rigtig godt.

Vi skulle dække en 24 timers vagt, alle ugens syv dage, hele året rundt. Vi kørte i kontinuerlig drift. Der var seks vagthold til at starte med, og senere syv. De skulle dække arbejdstiden på 24 timer og kom således også på helligdage og lørdag-søndage. Vagtholdene var sådan set en ret lukket kreds. De havde i hvert fald ikke så meget samkvem med de øvrige afdelinger på Risø. Vores fornemste mål var selvfølgelig at holde reaktoren kørende på en god måde. Til dette var der foruden selve vagtholdet også altid en vagthavende ingeniør og en helseassistent på vagt. Der var således hele tiden meget reaktorkompetence til stede ved reaktoren. Vagtholdet tog sig af den daglige drift, og hvis der så var et eller andet, der ikke kørte helt normalt, så var ingeniøren der og kunne tilkaldes. Helseassistenterne havde deres egne rutiner og gik hele tiden rundt og lavede smertests og målte på nogle særlige områder, om det nu var normalt og der ikke var stigende stråling. Vi havde hele tiden et godt arbejde omkring det at holde reaktoren kørende.

Vagtholdets opgaver bestod for det første af en masse rutineopgaver og -afprøvninger: Vi afprøvede løbende om vores drænpumper og overrislingsanlæg virkede. Vi afprøvede løbende om alle de basale funktioner, som f.eks. om vores døre kunne lukke, om nødstrømsanlægget, nødbelysningen osv. virkede. Alle disse funktioner skulle virke i tilfælde af netsvigt.

Hvis nettet bare faldt ud nogle brøkdeler af et sekund, som når nu lyset blinker, kunne det give et reaktortrip, idet vores store pumper faldt ud og reaktoren stoppede på et halvt sekund. I den situation var det vagtholdets opgave at finde ud af, hvad der var galt og gå rundt og starte de funktioner, de pumper, og hvad der var, op igen, så vi fik genetableret normal drift. Det var sådan set vagtholdets rutineopgaver. Netsvigt var faktisk det vi normalt trippede.

Alle de forsøg der foregik i og ved reaktoren havde en eller anden form for overvågning. Vi havde f.eks. på reaktortoppen nogle forsøg i vores såkaldte højtryksrigs, der gik ud på at afprøve uranbrændselsstave. Højtryksriggene var instrumenteret således, at hvis der viste sig nogle afvigelser fra, hvad vi forventede af driften, så kunne det også give et trip. Det vil altså sige, at sådanne forsøg var instrumenteret på samme måde som reaktoren. De fungerede efter

nøjagtig samme systematik som reaktoren, nemlig på den måde, at hvis der var to ud af tre instrumenter, der fejlede, så kunne det give trip.

HK: Det var nogle af alle de instrumenter, der stod oppe på toppen?

LR: Ja, alle dem, der stod oppe på toppen, var i forbindelse med forsøgene i reaktoren.

HK: De ting man puttede ned i reaktoren, påvirkede de den meget?

LR: Hvis man puttede noget ned i reaktoren, gav det en reaktivitetsændring. Og for lige at samle op: forsøgene i reaktoren kunne altså også føre til driftsstop. Desuden lavede vi hele tiden en masse bestrålinger. Vi satte bestrålinger ind og tog dem ud igen, når de havde fået den tid, der var stipuleret. Vagterne var jævnt beskæftiget hele tiden med at lave rutineopgaver. Når vi kom, kunne vi se, hvilke bestrålinger der skulle ind og ud og på hvilke tidspunkter, og vi skulle lave de forskellige ugentlige og månedlige afprøvninger. Det var det, som vagtholdene hele tiden gik og lavede. Til sidst havde vi en sær historie, idet vi arbejdede med at lave siliciumbestrålinger. De senere år var det mange tons, vi lavede af det.

HK: Det har jeg snakket meget med Carsten om. Det gav jer sved på panden...

LR: ...det gjorde det faktisk. Det var et stort arbejde. Det var for Isotoplaboratoriet, hvor Kirsten Andresen næsten var verdensmester i at producere bestrålede siliciumkrystaller, der blev skiveskåret og brugt i IC'ere [integrerede kredse, HK]. En anden del af vagtholdenes rutineopgaver var, at udføre bestrålinger for Isotoplaboratoriet. De kunne via en rørpost køre deres bestrålinger direkte ind og ud af reaktoren ovre fra deres eget laboratorium. Vagtholdet skulle dog holde øje med, at det hele tiden virkede rigtigt. Vi kunne også bruge de samme rør og starte det og køre ind og ud. Der var sådan set en masse arbejde med at lave bestrålinger. At udføre disse bestrålinger påvirkede hele tiden vores arbejde. Man kom f.eks. kl. 7 om morgenen og satte en bestråling ind. Så var der en bestråling man lige skulle huske kl. 9.30, og så skulle man jo lige være der. Bestrålingerne skulle laves ret nøjagtigt. De skulle tages ind og ud på det et bestemt tidspunkt, så de lige præcis fik den rette dosis.

Det var altså det, vi fik tiden til at gå med: at lave rutineafprøvninger, bestrålinger og så tage os af det, hvis der skete et eller andet. Det var – lige bortset fra netsvigt - sjældent, at vi trippede på uforudsete hændelser og fejl. Vi kørte hele tiden med en meget høj sikkerhedsgrad, alting blev testet. Vi kørte i en tre ugers periode og lukkede ned i en uge. I den uge blev tingene testet meget nøje igennem. Alt skulle virke. Det blev taget meget seriøst. Der blev ikke gået på kompromis med noget som helst. Hvis det ikke var i orden, blev det ikke startet op. Vi var ikke på den måde plaget af driftsstop, fordi tingene ikke fungerede. Det gjorde de faktisk altid.

HK: Var der nogle specielle ting, at du som leder af vagtholdet skulle tage dig af?

LR: Nej, det var der sådan set ikke. Vi fungerede som et hold og vi skiftedes meget. Reaktoren skulle betjenes. Der var forskellige funktioner. Man sad ved kontrolpulten og skulle sørge for, at vi kørte på 10 MW. Det kunne vi styre alle sammen, både operatører og maskinmesteren. Maskinmesteren var at betragte som arbejdsleder for holdet og for de ting, der foregik. Det var ham, der havde ansvaret. Ingen tvivl om det! Det foregik ved at man satte sig ned og kiggede på hvad der var: Husk nu lige på, at kl. 9.30 skal vi have den bestråling ud. Vi skal have lavet den og den afprøvning, og vi skal have kigget på de nye ting osv. Hvis der var sygdom eller forfald, var det som regel maskinmesteren der sørgede for, at der var et fuldtalligt vagthold. Vi skulle altid være et fuldtalligt vagthold. Det gik vi meget op i. Men normalt kunne faggrupperne klare det selv. Faggrupperne ordnede nemlig meget selv. Det var der lagt op til i vore forhandlinger. Der var en ganske almindelig forhandling om, hvem der sørgede for hvad. Men i sidste ende var det maskinmesterens opgave.

HK: Refererede du som maskinmester til driftsingeniøren?

LR: Ja. Der var altid en vagthavende ingeniør på vagt. De havde døgnvagter, der gik fra kl. 9 til kl. 9. De blev afløst inde i kontrolrummet og den maskinmester, der havde vagt, var med og hørte på. Der foregik derved en overlevering i kontrolrummet, hvor man snakkede om, hvad der var sket, og hvad der lå foran. Det foregik alt sammen i en ånd... Jeg mener, det var jo et forskningscenter, og der var ikke noget sådan pres. Det er måske alligevel for billigt at sige, at der ikke var noget pres. Men det var et område, hvor sikkerheden stod over alt. Der måtte ikke ske noget. Og der skete for øvrigt heller ikke noget, som vi ikke kunne tackle, i de år, hvor jeg var der. Der skete ikke noget uheld af større omfang. Jeg synes, at alting var lagt sådan til rette, at der var tid til at tænke sig om, før man gik i gang med nogle opgaver. Man skulle ikke improvisere. Hvis der var et eller andet, der skulle laves, så skulle man hellere træde tilbage og tænke sig om, frem for at lave et eller andet hurtigt. Det var hele filosofien bag ved vores arbejde. Man skulle tænke sig om og der måtte ikke ske noget. Når vi f.eks. udtog bestrålinger tilkaldte man helseassistenten, som stod og målte, mens man trak de her bestrålinger forsigtigt op og puttede dem over i de containere, som de skulle være i. Tag det nu roligt, sagde han. På den måde var der lavet nogle rutiner, og hvis man overholdt dem, så gik det som regel godt.

HK: Det hele var gennemprøvet og gennemtestet, før I gik i gang. Det niveau af gennemtesting kræver selvfølgelig, at man har et overskud af folk?

LR: Nej, det vil jeg ikke sige. Det vil først og fremmest sige, at man har nogle folk, som man stoler på. Og det vil sige, at man har nogle opgaver, som vi ved, kan lade sig gøre. Det er ikke sådan, at man har nogle folk, der bare går og venter. Man har gennemtænkt opgaverne, og så kører opgaverne på den måde.

HK: Kom der ikke sparekrav ovenfra som ind imellem kolliderede med sikkerhedskravene?

LR: Det kom der selvfølgelig hele tiden. Risø var som alle andre institutioner underlagt salarismetoden: der spares så og så mange procent. Så prøvede vi selvfølgelig på at effektuere det, man kunne. Man kunne måske godt have sat nogle større forsøg i gang derude, men sparekravene gjorde, at man ikke kunne. Men stadigvæk var der de basale opgaver, som man af hensyn til sikkerheden ikke kunne røre ved. Og i den forbindelse vil jeg sige, at Floto var en utrolig dygtig mand til at sige, at vi ikke kunne gå på kompromis med sikkerheden. Det vil være en skandale, hvis der sker et eller andet på grund af sparekravene. Jeg sagde før, at vi måske var en lidt lukket kreds. Det kan jo have sin fordel, når man overfor sparekravene prøver at holde på, at sikkerheden skal være der. I skal ikke komme her! Pas nu på! Lad være med at komme her og spare! Forstår du, hvad jeg mener? Det var Floto god til at sige! Jeg føler som almindelig medarbejder, at der ikke blev gået på kompromis med sikkerheden på grund af sparekravene. Om det så har givet anledning til, at der var flere folk end nødvendigt. Det tror jeg ikke.

HK: Hvordan var forholdene mellem de forskellige driftshold?

LR: Tag nu et vagthold som vores: Vi ville selvfølgelig prøve på at være de bedste. Sådan vil det altid være. Man blev da sure, hvis der var nogen, der skulle have lavet en afprøvning og ikke havde gjort det. Der var på den måde en sund konkurrence, når der var flere øjne til at se på det samme. Så kunne der komme nogen og sige: hov, vi skulle lige have gjort sådan eller sådan; at vi nu havde glemt at lave den afprøvning; at vi havde vi lavet det hist og pist osv. På den måde hjalp man hinanden, selv om der også var et moment af konkurrence. Konkurrence kan jo også være noget positivt.

Man holdt som arbejdsleder jævnligt møder sammen med de andre arbejdsledere. Der var utrolig mange arbejdsledere derude. De forskellige værksteder, smedeværkstedet, elværkstedet og rigværkstedet havde hver sine arbejdsledere.

HK: Nu taler vi bare om DR3?

LR: Ja, vi taler om hele organisationen omkring DR3. Vi havde faktisk vore egne værkstedsfunktioner. Andre steder på Risø er der jo nogle meget store værksteder, men vi havde også selv et meget stort værksted på det tidspunkt, et meget fint maskinværksted. De pumper, som vi tog ud inde fra reaktoren, kunne godt være aktive. Det ville være upraktisk, hvis de skulle op på et værksted, der ikke var vant til at håndtere radioaktive ting. De nye store ting, der skulle sættes ind i reaktoren, fik vi selvfølgelig fra Risø Værksted. De var dygtige til at lave vores forsøg, plugs og lignende. Men lige så snart de havde været inde og var blevet aktiveret, så skulle de helst ikke væk fra os igen. Så havde vi dem i de områder, der var klassificeret til, at der kunne være aktive ting. Hele vores område var delt op i forskellige klassificerede områder: rødt, blåt og hvidt, hvor der var forskellige strålingsniveauer. Det var faktisk årsagen til, at vi havde forskellige værksteder. Riggværkstedet havde jo specielt arbejdet med at vedligeholde alle de rigs, vi havde kørende. DR3 var sådan set en hel organisation i den store Risø-organisation. Vi var faktisk meget selvforsynende.

HK: Som en skibsbesætning?

LR: Fuldstændig som et skib på det store hav. Men selvfølgelig fik man jo også hele tiden noget fra de andre afdelinger. Isotoplaboratoriet havde jo f.eks. en masse bestrålinger, som de kom over og skulle have lavet. Vi havde Hot Cell, hvor netop de her højtryksforsøg blev bearbejdet. Det var brændselsstave, der blev lavet mange gange, og som kom over i de her arbejdsceller, der var på Hot Cell, hvor de blev efterbehandlet og målt. Det var klart, at de andre afdelinger var med hele tiden, og når det var nye faciliteter, så var det de andre afdelinger på Risø, der kom og havde et ønske om at få lavet nogle ting.

HK: Hvordan var jeres forhold til de andre folk, der kørte reaktorer derude, f.eks. DR2?

LR: Nu var det sådan, at DR2 stoppede driften allerede i 1973...

HK: Den stoppede i fire, nej 1975.

LR: Nå, 1975. De havde længe haft et aftagende niveau. De kørte ikke så forfærdelig meget. DR3 var særdeles velegnet til mange formål. Det var sådan set Niels Bohr, der fandt ud, at det skulle være den type, vi havde, nemlig Pluto-typen. Det var DR3, man satsede på. I begyndelsen lavede man faktisk bestrålinger på DR2, men de blev meget hurtigt flyttet over til DR3. Al den stund var der ikke nogen konkurrence den vej. Og DR1 var så lille, at det sådan set kun var en demoreaktor, hvor der kom skolefolk fra gymnasiet og prøvede at gøre en reaktor kritisk og sådan noget. Vi var sådan set den eneste reaktor i Danmark, he he...

HK: Gik I og drillede dem med deres lille badekar ovre på DR2?

LR: Nej, det var ikke aktuelt. Nu kom jeg i 1968, så det var kun de første år, at DR2 var i drift, så på den led var der ikke noget, ikke på den måde, nej, det tror jeg ikke... De folk, der havde været med i driften på DR2, kom med i driften på DR3.

HK: Der var et godt sammenhold på sådan et vagthold?

LR: På et vagthold var der. Man havde selvfølgelig ikke så meget kontakt med de øvrige vagthold, fordi holdene jo afløste hinanden. Man så faktisk sjældnere sine kolleger på de øvrige vagthold, end man så værkstedsfolkene.

HK: Men internt på vagtholdet har der vel været et godt sammenhold?

LR: Ja. Jeg føler, at vi havde et særdeles godt sammenhold, både socialt og fagligt. Vi støttede hinanden. Ja, sådan var det nu en gang. Erling Aarup og Carsten Nikolajsen, der var operatører på vores hold, har jeg gået sammen med i mange, mange år. Vi kom sammen privat og har da haft mange ting sammen. Det er klart, at når man går skiftehold, så har man noget tid, man arbejder om aftenen og natten, og så har man noget dagtid. Vi hjalp da hinanden med garage og forskellige byggeprojekter. Fritiden kunne godt bruges, når vi gik på arbejde om natten.

HK: Var tonen meget formel?

LR: Ja, det er meget skægt. Det kom jeg til at tænke på forleden dag. Da jeg kom derud i 1968, sagde vi *De* til civilingeniørerne. Der var ”ude på gangen”, som man kaldte det, de her civilingeniører, der havde med reaktorens systemer at gøre. Dem sagde man *De* til i starten. Det var lige i starten. Det gik dog hurtigt over, og derefter fik man en mere uformel tone. Det er klart, når man arbejder sammen. Civilingeniørernes opgave var mange gange at forbedre reaktoren. Reaktoren var fra midten af 50’erne, og op igennem tiden blev reaktoren hele tiden forbedret. Instrumenteringen var i starten med rørforstærkere...

HK: Vi har faktisk til museet taget flere af de gamle instrumenter over, de vejer godt til.

LR: Ja, det gør de, og skrivelserne er også meget store. De blev senere udskiftet med nogle små skrivere. Der kunne herefter sidde en fire-fem stykker på den samme plads, hvor der havde siddet en. Den udskiftning foregik løbende. Det var sådan set meget det og så renoveringen af reaktoren, som ingeniørerne beskæftigede sig med i det daglige. Der var også en ingeniør, der specielt skulle vurdere, om de forsøg, der nu blev foreslået, var sikre nok i forhold til reaktorens standard. Det var det samarbejde, ingeniørerne havde med andre afdelinger. De havde mere arbejde udad til, end vi på vagtholdet. Det var ikke os, der på noget tidspunkt skulle tage stilling til, om de her forstærkere var gode nok eller sådan noget.

HK: Vi er ved at være færdige med arbejdskulturen. Hvordan var det så med strålingssikkerheden? Du siger, at sikkerheden altid kom først, men folk må løbende have fået stråling?

LR: Der er ingen tvivl om, at de, der arbejdede med at tage bestrålinger ud, og i det hele taget de, der arbejdede tæt på noget, som havde været inde i reaktoren, fik mere stråling. Vi havde et hold, der ligefrem kun skiftede brændsel, et ”fuelhold”.

HK: Det var et fast hold?

LR: Det var før i tiden et fast hold. Vi var sådan set bare med deroppe for at kontrollere, at det nu passede med det, vi havde forventet. Der var foretaget en beregning på, at når man satte et element ind, så gav det en reaktivitetsændring. Det skulle vi måle på. Vi var med hele tiden, men vi var ikke med til at stå tæt på. Det er klart, at der er stråling, når man hiver sådan et brændselement op. De, der var tæt på, og ligeledes operatørerne, der tog bestrålinger ind og ud af kernen, fik jo mere stråling end mig f.eks. Hvis jeg sad nede i kontrolrummet, fik jeg mindre stråling end dem, der gik og arbejdede tæt på bestrålingerne. Vi fik da lidt, men langt, langt under, hvad man må få ifølge de internationale normer. Jeg kan ikke huske doserne. Det er jo registreret. Man kan gå ud og slå op, hvor meget stråling, jeg har fået igennem årene: Det er ikke ret meget. Hele sikkerhedsapparatet var ifølge vores love bygget op med sikkerhedsgrupper. Alle arbejdslederne var i princippet medlem af en sikkerhedsgruppe, og blandt medarbejderne var der valgt en sikkerhedsrepræsentant. Vi havde grupper for de forskellige områder og gik rundt og kiggede på, hvordan sikkerheden var: var der rækværk, var der afskærmning for dit og dat, kunne du støde hovedet? Havde medarbejderne tilstrækkelig med personlige værnemidler osv. Der var to ting i det: dels den konventionelle sikkerhed, og dels den nukleare sikkerhed, når man færdes omkring reaktoren. Det var så vores helsefysikafdeling, der tog sig af det sidste. De var hele tiden med og gav gode råd om,

hvordan man skulle holde afstand. Lad være med at stikke næsen for langt frem. Ligger der en bestråling, skal man jo ikke lige gå hen til den og sige: nåh, det var meget sjovt det her! Vi gjorde meget for sikkerheden. Alle var indstillede på, at der ikke måtte ske noget. Man skulle tænke sig om. Der måtte ikke ske uheld pga. tåbelighed, lad os sige det sådan. Der kan hurtigt ske noget. Man kan jo falde under almindeligt arbejde. Nu f.eks. tungtvandsrummet: når vi kravlede rundt derinde og skiftede pumper, filtre og lignende, så var det ikke ligefrem nogen behagelig arbejdsplads. Da det var tungt vand, så var der også tritium i vandet. Vi arbejdede i dragter, hvis vi skulle skille rørene ad. Det var vagtholdenes opgave at afspærre, hvis vi skulle udtage vores tungtvandspumpe eller gøre noget ved vores varmeveksler eller sådan noget lignende. Det var vagterne, der spærrede af, drænede, pumpede og sugede således, at der var færrest mulige tritiumholdige dampe derinde. Det foregik med afsugning og med maske på. Man havde en given opgave og måtte så stille sikkerhedskravene derefter.

HK: Og så var der tisseprøver...

LR: Ja, det var et led i den rutinemæssige sikkerhed, at vi afleverede en urinprøve, så helsefysikerne kunne se, om der var tritium i. Under en drænoperation eller ved udtagning af pumper og lignende kunne man risikere at indånde tritium. Derfor afleverede man en urinprøve både rutinemæssigt og ellers også, hvis vi havde foretaget os noget. Vi havde årlige lægeundersøgelser. Det var lovbefalet. Jeg føler egentlig ikke, at vi havde nogen farlig arbejdsplads.

HK: Har du aldrig været nervøs for noget?

LR: Jeg vil ikke sige nervøs, men...

HK: Men respekt?

LR: Ja, det er nok mere det. Du kan ikke overskue alting. Lige pludselig sejlede det måske med tungt vand på gulvet, og så måtte man prøve at gøre noget ved det. Det var noget, man måtte lære at håndtere. Man skulle have respekt for tingene, fordi de godt kunne være farlige.

HK: Hvad gjorde man så typisk, hvis der skete noget uforudset? Trådte man et skridt tilbage eller hvad?

LR: Du prøvede selvfølgelig på at gøre det rigtige. Hvis man kunne. Man prøvede selvfølgelig på at sige, hvad er det her for noget? Kan vi selv klare det, eller skal vi skynde os at få et en hel masse folk herud. Det var nogle gange også et spørgsmål om, hvor hurtigt vi skulle handle for at begrænse et eller andet. Men nogle gange måtte man ringe til en værkstedsmand og spørge, hvad det var, de havde lavet her? Det var nemlig mange gange i forbindelse med en udskiftning, hvor noget nyt, der var sat ind, ikke virkede som forventet. Nogle gange så måtte man ringe rundt og have fat i den, der nu havde en viden om det specifikke emne.

HK: Er det sket, at der er nogen udefra, der har stillet spørgsmålstejn ved jeres sikkerhedsniveau?

LR: Jamen, der blev hele tiden holdt øje med os. Per Frederiksen [formand for Risøs Sikkerhedskomite] f.eks. han var lige som et trin højere. Nu kan jeg ikke huske navnet på dem alle, men der var et helt sæt af myndigheder, der holdt øje med os – både forskellige udvalg på Risø og ministerielle organer, der holdt øje med os. Vi skulle selvfølgelig indsende årsrapporter og lignende. Det var almindeligt.

HK: Hvordan var forholdet mellem driftsholdet og de forskere, der kom på DR3?

LR: Det syntes jeg var godt, fordi de kom jo mange gange...



HK: ...småsnakkede I med dem?

LR: Vi hjalp dem, det vi kunne. De kom jo både pinse, påske, nat og dag. De kom altid.

HK: Der var vel også nogle af dem, der var lidt på Herrens mark, når de kom ind?

LR: Nej. Nu f.eks. Bente Lebech: Hun havde været der i mange år. Hun kendte os jo, og tingene på stedet. Reaktoren blev brugt til forskning, og det var spændende, og kom der en eller anden spændende person, der kunne måle et eller andet og give os mere viden, så var det kun godt.

HK: De kom fra hele verden... eller i hvert fald fra hele Europa?

LR: Det gjorde de faktisk. De sidste par år blev vi udvalgt som en europæisk forskningsreaktor, hvor EU så gav et beløb til hjælp til driften. Det gjorde så, at der kom forskellige forskere og havde deres opstillinger med. Jeg har ingen fortegnelse over, hvor mange der har været der igennem årene, men det har da været mange.

HK: Gik forholdet til forskerne ud over det servicemæssige. Var det nogle I kom til at kende?

LR: Nej, ikke direkte. Det mener jeg ikke. Vagterne kom ifølge deres skifteholdsvagter på meget forskellige tidspunkter, og det gjorde forskerne også. Men om man lige "bankede ned" i nogen der, det mener jeg ikke, man gjorde. Det tror jeg ikke.

HK: Var det en arbejdsplads for mænd?

LR: Nej ikke specielt. F.eks. var Bente Lebech der, og f.eks. ovre på Metallurgi Afdelingen var der også flere kvindelige forskere. Der var mange internt fra andre Risø-afdelinger, der brugte reaktoren. Det var det eneste sted i landet, man kunne bruge en reaktor og få neutronbestråling, og det kørte der jo hele tiden. Der var hele tiden spektrometre, der kørte oppe på 1. dæk og gjorde brug af de neutronbeams, som man kunne trække ud af de huller, der var deroppe.

HK: Men selve vagtholdet var mænd?

LR: Ja, det var det faktisk. Vagtholdet var mænd alle sammen. Men blandt helseassistenterne var der flere kvinder. Helseassistenterne arbejdede mere selvstændigt, så det var måske mere naturligt, at de så kunne fungere. De var lige så gode som mændene. De her rutineopgaver med at gå rundt og måle og tjekke, at der ikke var ændringer over de niveauer, som man forventede, og kontrollere, at strålingen ikke var for høj, når vi udførte vores operationer. Det kunne en kvinde lige så godt lave som en mand. Det var ikke noget fysisk belastende arbejde. Det kunne godt være fysisk belastende på vagtholdet, når man f.eks. skulle kravle rundt inde i tungtvandsrummet.

HK: Og hive ting ind og ud af reaktoren?

LR: Ja, det kunne det faktisk godt være belastende.

HK: Jeg tror, vi har været hele vejen rundt. Er der noget, du vil tilføje?

LR: Nej, egentlig ikke sådan.

HK: Så siger jeg tak for interviewet.

### 3.3. Reaktoroperatøren: Et interview med teknisk vagt Carsten Nikolajsen

HK: Det er mandag den 12/3 2007. Jeg sidder i vagtstuen sammen med fhv. reaktoroperatør på DR3, Carsten Nikolajsen (CN). Vi skal tale om, hvordan det har været, at have den funktion. Jeg vil starte med at spørge dig, om din baggrund og hvordan du endte her på DR3.

CN: Jeg er udlært som værktøjsmager. Vi lavede f.eks. formværktøjer til plastikstøbning og slibe- og stanseværktøjer. Det var jeg egentlig rimelig glad for, men da jeg havde været det i nogle år, manglede jeg noget, som var lidt mere spændende. Jeg kan godt lide at gå at pudse og nusse om tingene. Da jeg søgte til Risø første gang, var det ikke på DR3 men oppe i fysikafdelingen som laboratoriemekaniker. Men den stilling fik jeg ikke. Senere blev der slået nogle jobs op, hvor de søgte reaktoroperatører. Det lød spændende. Det var godt nok skifteholdsarbejde, men der jo var masser af mennesker, der gik skiftehold. Jeg kendte en som gik skiftehold på Novo. Han var tit hjemme om dagen. Jeg prøvede så at søge på det og fik da også jobbet. Men jeg vidste egentligt ikke rigtigt, hvad det indebar. Men hvis man ikke prøver, finder man jo aldrig ud af det. Jeg startede her den 1. juni 1970, tror jeg. Da var jeg omkring femogtyve år. Det var utroligt spændende. Da jeg kom herved og så alt det her, tænkte jeg: Hold da op! Skal du efter tre måneders oplæring sidde herinde og styre det her! Men så tænkte jeg: De andre er lige som jeg maskinarbejdere eller værktøjsmagere, og når de kan, så kan jeg vel også. Det var nogle søde og rare kollegaer, som jeg traf i den tid, hvor jeg gik til oplæring. Man fik alt at vide, og man kunne bare spørge. Da jeg efter de der tre måneders oplæring var færdig, var jeg da godt klar over, at jeg ikke kunne det hele. Men altså. Dengang da kom man ned til reaktorchefen til en overhøring, inden man fik lov at gå i vagt.

HK: Det var eksamenen.

CN: Ja. Han stillede nogle spørgsmål og forhørte sig om, hvordan man havde det med det. Og den eksamen klarede jeg jo også og kom så i vagt. Men man havde jo den fordel, at man havde en maskinmester, der havde gået her i mange år, og ens kollega, den anden operatør, var også gammel i gårde. Der var altid nogen at støtte sig til. Man stod jo ikke helt alene. Vi var jo i hvert tilfælde tre, som på niveau kunne det samme. Overraskende hurtigt blev jeg sådan set dus med det og følte egentligt, at jeg var kommet på den rette hylde. Det var sådan en blanding af alt muligt, at køre reaktor, og arbejde med systemet, når reaktoren var lukket ned. I den uge, hvor der var nedlukning, gik man jo rundt og lavede reparationer og tog pumper ud, heliumrensning, og der blev skiftet brændselselementer...

HK: Sådan forefaldende.

CN: Ja, alt muligt. Det var rimeligt stramt timet, fordi vi skulle nå det hele på den uge. Vi havde jo en driftsplan. Og den blev kørt næsten på minuttet. DR3 har altid været berømt for, at når man sagde til forskerne, at vi kører derfra og dertil på minuttet. Ja, så gjorde vi det. DR3 har egentlig været rimelig berømt for stabilitet og punktlighed med hensyn til køretid. Så der var indimellem travlt.

HK: Det var måske ikke normen i branchen?

CN: Nej. Ingeniørerne tog jo indimellem til nogle Pluto- og Didomøder med de søsterreaktorer, der findes rundt i hele verden. Det var lidt forskellige oplevelser og indtryk, de kom hjem med. Bl.a. var der i England ikke altid lige rent og pænt, og der var lidt mere stråling hist og pist, fordi systemerne ikke var vedligeholdet på samme måde som vores. Det var især tungtvandsrummet. De havde flere utilsigtede nedlukninger, altså reaktortrips. Man sammenlignede så driftsrapporterne. Og DR3 var vel nok den mest effektive. Det var den, der kørte flest timer. Det var meget sjældent vi havde nedlukninger. Det var som regel, hvis nettet faldt ud. Så lukkede reaktoren ned og vi måtte køre på vores egen nødforsyning, indtil strømmen kom tilbage. De store pumper kunne ikke køre på nødforsyningen. Nødforsyningen

var kun til de såkaldte shutdown-pumper og reservekølesystemet. Hvis vi skulle køre på effekt, skulle vi have nettet inde.

HK: Okay. Reaktoren kunne ikke køre, når der var netudfald?

CN: Nej. Effekten faldt ned til nul og vi lå så og ventede. I den situation var der sommetider et tidspres. Vi havde en køreperiode på tre uger. Og alt efter hvor i perioden vi lå, kunne der, når reaktoren lukkede ned, ske en xenonforgiftning. Der blev opbygget xenongas i reaktorkernen. Hvis man ikke kom i gang igen inden for nogle timer, så var løbet kørt. Hvor længe kom lidt an på, hvor i perioden man var. I den midterste uge havde vi lidt mere tid end i den sidste uge, og i den første uge havde man endnu mere tid. Men hvis man ikke fik startet op sådan cirka inden for et par timer, skete der en xenonforgiftning. Så skulle den ligge nede i 24 timer, før at xenonet var brændt af igen. Derfor skulle man være på stikkerne så snart nettet vendte tilbage. Man skulle have systemerne klar og så var det bare med at få startet op igen, for ellers kostede det et døgn køretid.

HK: Så nødstrømmen er kun til at lukke ned med.

CN: Nødstrømmen var kun til at lukke ned med og så til nogle små pumper, der bare lige skulle holde cirkulation i vandet for at holde temperaturen nede på et passende niveau. Der var nogle store pumper, som vi kørte med, når vi kørte på effekt. Når de store pumper skulle køre, skulle vi have strøm fra NESAs. Derfor var det tit spændende og man sad der og sagde: ”Kommer strømmen nu ikke snart, så vi kan komme i gang med at køre?” Men det var ikke noget, som skete så tit. Der kunne være flere driftsperioder, hvor der ikke var et trip, og så kunne der være andre gange, hvor vi trippede en til to gange på en periode. Men når der var reaktortrip, så var det som regel på grund af strømsvigt.

Der var også en periode i firserne, da vi fik vores nye fjordkøling. Inden vi fik vores store møler derude, kunne der godt komme meget tang og skidt og møg ind, når det var stormvejr og vinden kom fra nord, så. Og det stoppede så filtrene. Filtrene blev senere bygget om, så de faktisk kunne rense sig selv. Men der var en periode, hvor vi havde nogle nedlukninger på grund af stoppede filtre. Det blev dog rimeligt hurtigt ændret, så det ikke var noget problem. Da vi så fik stenmølerne, var det faktisk ikke et problem mere. Så kørte det.

HK: Hvor mange vagthold var der?

CN: Da jeg startede var vi seks vagthold. Men efterhånden som vi fik arbejdstidsnedsættelse, kom vi op på syv vagthold. Og det gjorde det lidt nemmere, fordi der så ved sygdom og ferie var lidt flere til at afløse. Men senere skulle Risø så til at spare og der skulle spares hoveder. Vi havde allerede været gennem nogle besparelser, hvor man fyrede fra bunden, altså arbejdsmænd og alle dem der gik og holdt det pænt og i orden. Og vi kunne faktisk ikke spare mere. Så fandt vi så ud af, at vi kunne prøve at spare et vagthold. Da kom vi så ned at gå seks hold igen. Og det gik egentligt meget godt. Det er det samme system, nøjagtig den samme vagtplan, som vi i dag kører med seks mand.

HK: Hvilke opgaver har man på sådan et vagthold?

CN: Jeg var jo M-operatør. Der var en M-operatør og en E-operatør. M-operatøren tog sig mest af det reaktormæssige, altså kølevandspumper, heliumblæsere og alle de systemer, der hører til reaktoren. Og hvis vi nu begynder med reaktoropstarten, så sad M-operatøren i kontrolrummet og kørte reaktoren op på effekt - altså op på de her 10 MW. Den anden operatør, E-operatøren eller Rig-operatøren, som han hed helt fra starten, gik rundt og passede forsøgene. Dengang kørte vi noget vi kaldte højtryksforsøg, og der skulle man efterhånden som effekten steg justere trykkene. Der var en masse gaspaneler deroppe. Forsøgene sad nede i reaktoren. Man skulle hele tiden holde øje med trykkene, for når temperaturen i reaktoren

stiger, så stiger trykkene i forsøgene. De skulle derfor hele tiden overvåges, mens man kørte reaktoren på effekt. Og det var så hans job, at gå rundt og gøre de ting.

Når vi så efter halvanden til to timer, alt efter hvordan der nu skulle køres op, var kommet på effekt...

HK: Det er den tid det tager at...?

CN: Det er den tid, det typisk tager. Man kan godt køre hurtigere op. Det gjorde vi jo tit efter et trip. Men når der lige var kommet nye forsøg ind, så ville eksperimentatorerne gerne have, at vi kørte stille og roligt op, således at der ikke var noget der lige pludselig bliver for varmt, eller nogle tryk, der blev for høje. Så havde Rig-operatøren også mere tid til at gå og regulere tryk og sådan noget. Så det tog typisk en halvanden times tid. Men indimellem kørte vi også under opstarten nogle test af brændselsstave, hvor man simulerede overophedning, for at se hvor meget selve brændselsstavene kunne tåle. Der kørte vi somme tider op i forskellige trin, og så fik den lov at køre lidt hurtigt op og så stoppe. Opstartstiden kunne derfor godt variere lidt. Når vi var på effekt, så var der jo nok at løbe efter, fordi der hele tiden skulle ses efter, om alt ting kørte, som det skulle, og alle tryk og temperaturer var, som de skulle være.

Vi startede op om fredagen. Hele morgenvagten om fredagen gik sådan set med at tjekke, at det hele var i orden. Om eftermiddagen begyndte man så at sætte bestrålingerne ind. Efter opstart kunne fluxen godt være lidt urolig. Den skulle lige have nogle timer til at blive helt stabil. Når vi f.eks. lavede silicium, ville man helst ikke have det ind før fem timer efter, at vi kommet på effekt. Der var jo til sidst mange faciliteter med silicium, så der var rigeligt at se til. Selvom vi var to mand, kunne vi sagtens få tiden til at gå. Desuden havde vi jo også *den kolde kilde*. Det var en ret kompliceret affære. Inde i et af forsøgsrørene var der anbragt et moderatorkammer, som ved hjælp af to cryogeneratorer var kølet ned til næsten nul grader kelvin. Det var med tredobbelt *containment*: I selve moderatorkammeret var der brint, udenom hvilket der var vakuum og udenom igen var der helium. Den kolde kilde var meget tidskrævende at få til at køre, fordi den var så kompliceret. Alle de forskellige tryk skulle holdes på det rigtige niveau. Hvis ikke vakuemet var tilpas lavt, så kunne det indikere, at der var en utæthed. Og hvis der var en utæthed, måtte det ikke køre og så måtte reaktoren i det hele taget heller ikke køre. Så var vi nødt til at lukke ned. Det brugte vi altså meget tid på.

HK: Det er vel heller ikke standard kølemaskiner?

CN: Nej. Det var nogle helt specielle kølemaskiner med dobbelte stempler, rimeligt komplicerede.

HK: Man sad ikke bare og kiggede i kontrolrummet hele natten, når man var på vagt?

CN: Nej og ja. Hvis vi vender tilbage til halvfjerdserne, havde vi ikke så mange bestrålinger. Dengang var der mere tid. Om natten kunne der godt være nogle timer, hvor man kunne sidde og hyggesnakke. Dengang havde vi jo ikke engang fjernsyn. Det måtte man ikke dengang. Så sad man og læste eller snakkede. Det foregik på en anden måde. Det var jo nyt. Vi diskuterede meget, der blev snakket meget og man funderede mere. Vi havde også dengang flere småopgaver, og vi kom oftere oppe ved fysikerne og eksperimentatorerne på første dæk. I starten var der mange forsøg oppe ved fysikerne. Der var der mange eksperimentatorer, og de kom og gik hele døgnet. Der var mange småting og småjobs deroppe. Man skulle holde øje med mange ting, f.eks. fylde kvælstof på. Og vi gik så og kiggede til og snakkede med dem. Der var lidt mere roligt dengang, Det var ikke fordi, der ikke var noget at lave, men det var lidt mere roligt.

Men senere da vi efterhånden fik alt det silicium, så skulle vi til at løbe stærkt. Så faldt nogle af de førnævnte opgaver væk. De forsøg, der blev tilbage, blev meget mere automatiserede således, at de stort set passede sig selv. Og fysikerne kunne sidde hjemme fra med deres computere og holde øje med det. Det kunne man ikke i halvfjerdserne. På den måde ændrede det sig løbende fra halvfjerdserne og frem til sidst i halvfemserne, hvor vi

lukkede. Det var sådan en langsom udvikling. Men det blev da mere og mere spændende, fordi der kom mere og flere komplicerede forsøg. Det hele endte jo med at blive styret via en computer, hvor man gik og tastede nogle ting ind. Selvfølgelig skulle bestrålingerne jo bæres op og sættes ind i riggen. Men det med at skrive, hvor lang tid den skulle have og hvornår den skulle ud, foregik jo via en pc'er og plc-styring.

HK: Så Heydorn fik sørget for at I fik noget at lave dernede?

CN: Ja. Heydorn og Kirsten Andresen var dygtige til at skaffe arbejde. Vi gik jo også for at være verdens bedste til at bestråle silicium. Der var masse andre reaktorer, der også kunne gøre det, men de kunne ikke gøre det så præcist som her. De var dygtige til at regne ud, hvor stor dosis de skulle have. Men det var også fordi vi – operatørerne – var dygtige til at få dem sat ordentligt ind og få dem ud til tiden. Hvis en bestråling skulle have en time og sytten minutter, så skulle den have en time og sytten minutter. Den skulle ikke have en time og atten minutter. Når det sommetider ramlede sammen, fordi man ikke havde taget sig i agt for, at der også var en, der var sat ind dagen før og den kom samtidig, så var begge mand i arbejde.

HK: Det var altså jer, der udskiftede siliciumbestrålingerne. Jeg har altid regnet med, at Isotoplaboratoriet havde specielle folk til det.

CN: Nej. Isotopafdelingen pakkede siliciumkrystallerne i aluminiumsdåser og dem fik vi over i nogle specielt designede trækasser, hvori der kunne stå fire-fem cylindere. Den fik vi kørt ind og op på toppen. Og så havde vi dem stående til den dag, vi nu skulle køre. De blev gjort klare, således at de kunne indsættes, når der var et ledigt hul. Vi havde nogle store flasker...

HK: De orange?

CN: De orange siliciumflasker, ja. Dem brugte vi. Når en bestråling var færdig, skulle den sidde en halv time og køle af før vi kunne tage den ud. Det var vagtholdet, der gik og lavede alt det. Det var vores job, og efterhånden nærmest vores fornemmeste job. Vi lavede jo silicium for mange penge. Kirsten gik jo meget op i det. Og vi fik da også både ros og ris, men heldigvis mest ros. Det var ikke altid lige nemt og lige sjovt. Men altså, efterhånden som forsøgene kom til at køre godt. Og til sidst kørte det rigtigt godt.

HK: Hvad fik I ris for?

CN: Det var så, hvis der var sket en fejl. Det kan jo ikke undgås, at der en gang imellem sker en fejl. Det var især i begyndelsen, da det var meget manuelt. I de allerførste faciliteter hev vi dåsen op med en lang stang. Dåsen sad nede i et forsøgsrør, sådan cirka tre-fire meter nede. Til det havde vi noget, som vi kaldte en fiskestang. Det var en lang aluminiumsstang, hvor der ude i enden var en kuglelås, der indvendigt passede i en champignon, der sad i toppen af dåsen. Oppe fra topladen satte man stangen ned gennem et hul, hvor den kun lige kunne komme igennem. Og så skulle du altså jage stangen ned og fange en dåse, der stod fire meter nede, udløse kuglelåsen, ind og ha' fat og hejse den op. Og der var altså nogen i starten, som var lidt uheldige. De kunne jo godt tabe en dåse og så gik det som regel ud over siliciumkrystallen...

HK: Ja, de er meget skrøbelige.

CN: De er meget skrøbelige. Og Kirsten var jo ked af, at hun skulle ringe over til japanerne og sige, at der lige var en der missede. Det var ikke sådan, at vi fik skæld ud. Men hun var ked af det, og det blev vi da også. Men det skete ikke så tit. Det skete et par gange i starten, indtil folk lige lærte det. Det var ikke sådan lige at jage en stang så langt ned og fiske dåsen op. Og når man så havde den oppe, så havde vi en trykluftpedal... Der var sådan en griber deroppe, som man lige skulle udløse således, at den fik fat. Der kunne det også knibe. Man

troede, så nu, nu sidder den fast deroppe. Den kunne så måske sidde lidt skævt. Men det var kun en overgangsperiode. Og det var ikke så slemt. Det kom til at køre rigtig godt til sidst. Der blev jo ført statistik over, hvor meget der blev spildt eller kiksede. Og vi var til sidst nede i... jeg tror det var under en procent.

HK: De var ret gode til kvalitetssikringen derovre?

CN: Ja, det var de. Men en ting er kvalitetssikring, noget andet er jo, at stå der klokken fem om morgenen. Så hænger øjnene altså lidt, selvom man har sovet om dagen. Det kan godt smutte. Men det skete yderst sjældent, og vi blev da også til sidst rost meget for det vi gik og lavede.

HK: Så der var hele tiden noget at lave?

CN: Det vil jeg sige. Når så en køreperiode var slut, lukkede vi ned. Og det gjorde vi typisk søndag eftermiddag. Der blev reaktoren lukket ned og vi lavede IK-måling.<sup>58</sup> Så skulle man lige tjekke alle systemerne, at det hele var, som det skulle være. Toppladen - den store jernring deroppe - skulle pilles af. Og vi skulle klargøre således, at værkstedsfolkene kunne gå i gang med det samme, når de kom mandag morgen. Hvis de f.eks. skulle hive en pumpe ud, skulle vi have drænet og gjort klar og spærret af. I en nedlukningsuge var der var masser af ting at lave.

HK: Toppladen kunne godt pilles af ret hurtigt?

CN: Ja. Toppladen pillede vi af efter ca. fire timer.

HK: Så var der åbent ned til brændselselementerne?

CN: Ja, ned til pluggene. Men afskærmning var der jo stadigvæk. Men altså, der var åbent ned til pluggene og forsøgene. Når vi så havde pillet toppladen af, så kom helseassistenten op for at måle og tjekke, om alting var, som det skulle være, at der ikke var mere stråling end der måtte være, og mere end der plejede at være. Det var det sidste, som vi lavede på den aftenvagte. Det var så klart, når nattevagten kom og så kunne de begynde at gøre klar, hvis der var nogle ting, der skulle tages ud om mandagen. Jeg husker det ikke som om, at vi kedede os til sidst. Der var sgu' sådan set nok at kigge til. Men jeg må da indrømme, at vi da indimellem godt kunne godt finde på at arrangere lidt fællesspisning, hvis det kunne lade sig gøre. Det var som regel om søndagen, hvis vi havde en aftenvagte. På et tidspunkt havde vi en forsøgsassistent, som havde været hovmester, og han var meget god til at lave mad. Så der tænkte vi ind imellem, at nu den lørdag tager vi lige og prøver, om ikke vi kan få arrangeret et eller andet. Man vidste jo aldrig, hvor travlt der var, når man kom på arbejde. Man kunne aldrig være sikker på at det kunne lade sig gøre at finde en time, men så måtte man jo midt i det hele lige løbe op og tage en bestråling eller et eller andet. Men så lavede han en gang flæsksteg, hakkebøffer eller hvad vi nu kunne finde på for ellers var det jo altid madpakker. I princippet måtte vi jo ikke spise derinde. (latter). Men kontrolrummet var jo rent og pænt. Man måtte godt drikke kaffe, og man måtte da også godt spise et stykke wienerbrød. Det gjorde vi så, fordi der var rent og pænt. Helseassistenten var også med, når nu vi spiste sammen. Og der blev da tjekket, og lagt hvide papirduge på, så man sad pænt. Hvis en måske havde fødselsdag eller sådan noget, så blev der lige lavet sådan et arrangement. Men hvis der kom en bestråling, så måtte man af sted og så måtte man spise i flere afdelinger. Men mesteren, maskinmesteren, skulle jo bare sidde og have det overordnede. Og så længe at

---

<sup>58</sup> IK står for Inverse Kinetic. Det var en måling af, hvor meget reaktivitet de 7 CCA-blade optager i den aktuelle kerne, når de falder fra den aktuelle position (ca. 22 grader) og til 0-positionen. IK-måling blev lavet hver gang, reaktoren blev lukket ned manuelt (manuelt trip).

alting kørte, som det skulle, kunne han jo godt sidde og spise. Og det samme gjaldt forsøgsassistenten...

HK: Så måtte I andre løbe.

CN: Så måtte vi løbe lidt. Men det var nu som regel meget hyggeligt.

HK: Blev der drukket meget kaffe i kontrolrummet?

CN: Ja, det må jeg sige. Hvis man ville have testet kaffemaskiner, så kunne man have gjort det der. Kaffemaskinen kørte hele tiden. Vi var jo fire mand. Jeg gik jo sammen med Rødskov, som var mester på mit hold. En rar fyr. I de første par år gik jeg sammen med en anden, men omkring 1980 kom jeg over til Rødskov. Han havde det sådan, at tingene skulle være i orden. Man skulle fandeme ikke sætte sig ned, hvis noget ikke var i orden. Men til gengæld – det fandt man jo hurtigt ud af – skulle man bare lave sine ting, og sørge for at de var i orden. Så havde man fuldstændig frie tøjler. Så kunne man, havde jeg nær sagt, planlægge og gøre som man ville. Det var ikke sådan, at han sad og trommede og sagde: ”Nu kommer der en silicium om fem minutter, er du nu klar til det?” Han blandede sig ikke. Men til gengæld, hvis ikke man var inde og klar, så fik man en skideballe! Jeg fandt meget hurtigt ud af, at vi passede vores ting. Der var sådan indbyrdes mellem vagtholdene lidt...

HK: Lidt konkurrence, eller hvad?

CN: Der var noget konkurrence. Man ville fandeme da ikke være det dumme hold, vel? Man ville da helst være det bedste hold. Men vi var jo stort set lige gode alle sammen.

HK: Var der ikke et dumt hold?

CN: Nej, jeg vil ikke sige et dumt hold. Men der skete på et tidspunkt en del udskiftning. Der var nemlig mange af dem, der startede da reaktoren i 1960 kom i drift, som holdt op her sidst i firserne og op i halvfemserne. Der var et generationsskifte, og der var også især en hel del af mestrene, som holdt op først i halvfemserne. Da de nye mestre kom, blev nogle af holdene lidt blandede. Men nu vores hold: Vi insisterede på, at vi ikke ville opløses og fordeles rundt. Det ville ledelsen egentligt godt. Men vi var et godt, gammelt, sammentømret hold. Så det nægtede vi simpelthen. Men havde de nu sagt, at vi skulle, så havde vi selvfølgelig været nødt til det. Men vi havde en god kemi, og det kørte godt. Så vi fik lov til at blive sammen. Og vi syntes da selv til sidst, at vi var de bedste. Men det var der flere andre hold, der også selv syntes, at de var. Men vi havde da den konkurrence. Og så længe at Rødskov syntes, at vi var de bedste, og vi passede vores ting, så havde vi det frit. Kunne selv planlægge og tilrettelægge og gøre det som vi nu syntes. Bare tingene blev gjort.

HK: Frihed under ansvar?

CN: Det var frihed under ansvar, og jeg kan godt lide at arbejde på den måde. Jeg synes da også selv, man skal da lave sine ting, så man kan være dem bekendt. Og helst lidt bedre. Jeg synes, at det kørte rigtigt fint på vores hold.

HK: Gik I så og drillede hinanden lidt?

CN: Ja, det gjorde vi da. Det var man jo nødt til.

HK: Hvordan kunne man drille hinanden?

CN: Jeg kan ikke lige komme på noget konkret, men der var da nogle smådrillerier. Det var man jo nødt til. Hvis ikke der var lidt humor ind imellem... Når man går sådan op og ned ad

hinanden i så mange år, nat og dag, er man jo nærmest som en familie. Jeg havde det også lidt sådan. Vi mødtes privat et par gange om året, men ikke sådan at vi overrendte hinanden. Rødskov havde en sejlbåd og vi var som regel en gang hver sommer ude og sejle med den. Man var nødt til at hygge sig. Og hvis ikke man kunne sammen var det jo utåleligt, at arbejde på den måde. Hvis der var noget knas i krogene, kunne du ikke gå på sådan et vagthold. Så ville man jo have det dårligt og blive psykisk nedbrudt. Så det var meget vigtigt, at kemien var i orden.

HK: Var der nogle der blev sådan prøvet af og forsvandt igen?

CN: Nej, det var der faktisk ikke. Der var et tidspunkt med stor udskiftning blandt forsøgsassistenterne. Det var vel fordi, man havde været lidt uheldige med nogle ansættelser. Men blandt operatørerne var der ikke den store udskiftning.

HK: Der var mange jubilarer.

CN: Ja, det var der faktisk. Der kom mange nye til sidst, og det var så dem, der blev sagt op, da reaktoren lukkede. Vi seks gamle fik lov at blive og kunne selv vælge om vi ville fortsætte i det her job som teknisk vagt, eller om vi f.eks. ville ud på værkstedet.

HK: Det virker som om, der har været et godt sammenhold i sådan en gruppe.

CN: Ja, der var ikke nogen, som skulle begynde at sige noget om nogen på vores hold. Vi byttede jo også ind imellem vagt, hvis der var sygdom og fridage. Og der kom man jo så til at arbejde sammen med nogle fra andre hold. Og der var det sjovt at se, at der ikke var to hold, som fungerede ens, selvom vi lavede det samme og i princippet skulle være ens. Men på alle hold var der en god tone, og de var da også flinke og rare ved en, når man kom. Det var ikke sådan, at man blev mobbet eller fik noget lortearbejde, eller sådan noget lignende. Især ikke når man var en af de gamle. Så vidste de andre mestre jo godt, hvad man stod for. Det var mest i starten med de nye mestre. De ville jo godt lige blande sig lidt og det kunne de da også godt få lov til. Så sagde jeg: "Jeg plejer at gøre sådan, og det er godt til Rødskov." Men de ville jo bare være sikre på, at tingene blev gjort rigtigt. Der var sådan set også indbyrdes mellem holdene en god tone og et kammeratskab. Det har været en god arbejdsplads. Det har det. Der var kun ganske få, som i tidens løb selv har sagt op. De gik stort set alle sammen på pension, eller gik ud i andre funktioner f.eks. på værkstederne. Men de fleste blev hængende herinde.

HK: Var det nærmest som en skibsbesætning?

CN: Det kan man egentlig godt kalde det. Det har nok noget at gøre med, at maskinmestrene stort set alle sammen havde været ude at sejle, i hvert fald dem i den første generation. De sværgede meget til den omgangstone, ånd og udtryk. Det passede jo egentligt også meget godt med, at man kunne sammenligne reaktoren med en skibsmotor. Der var nogle systemer, der skulle fungere. Nu har jeg aldrig sejlet, men det generede mig ikke. Jeg syntes egentligt, at det var meget sjovt. Jeg kunne også godt lide, at man havde sit område, som man havde ansvaret for, at det kørte som det skulle. Hvis der var noget, man var i tvivl om, gik man hen og diskuterede det med mesteren eller med den anden operatør. Og mester gik jo selvfølgelig rundt og han vidste godt, hvad der skete og hvad man lavede. Han holdt så selvfølgelig øje med det og tjekkede. Men i det store hele, kørte man suverænt hele sit område. Og så længe man gjorde det, var der ikke nogen, der blandede sig i det. Der var en god ånd og man kunne have det sjovt...

HK: Det var også en verden uden kvinder.



CN: Et par af helseassistenterne var kvinder. Men det krævede jo, at de kunne tåle den jargon, der var. Og det kunne dem, der var her, godt. Dem havde vi meget sjov med, fordi de ikke altid havde lige meget at lave. De skulle jo være med og tjekke og måle, hver gang vi skulle sætte en bestråling ind. Hvis det var en aften eller nat med mange bestrålinger, blev de tit hængende derinde og sad og snakkede i de småpauser, der var imellem bestrålingerne. Vi har såmænd også haft masser af kvindesnak, især da vi var yngre og havde børn. Men også senere med børnebørn. I øvrigt glemte jeg jo helt i starten at sige, at vi jo også havde de vagthavende ingeniører, som havde 24-timers vagt. Dem var der jo også stor forskel på. Men de kom typisk om aftenen, når de havde spist deres aftensmad, ind i kontrolrummet, og så kunne de godt sidde derinde tre fire timer og følge med i det der foregik og snakke. Et par af dem har været kvinder. Måske har du hørt om Jette Poulsen, der var vagthavende ingeniør på et tidspunkt? Hun kom som forholdsvis ung og var vagthavende ingeniør i 10-15 år. Hun kom så op i en anden afdeling senere. Men altså, det var sådan set meget hyggeligt, at der også var kvinder imellem. Det gav en lidt anden snak. Man så tingene på en anden måde, og snakkede om nogle andre ting. Men de var jo også nødt til at snakke med om biler, motorcykler, fodbold, hus og have og sådan nogle ting.

HK: Så tilpassede I vel også jargonen?

CN: Jo. Men der har altid været en pæn tone her. Det var jo ikke sømandssprog vi snakkede. Man kunne da godt lige sige sgu' og for helvede, men det var ikke bare sjofle vittigheder og sådan noget. Det var mest snak om biler og motorer, og hvad folk havde af hobbies, familien osv. Hvis man havde haft nogle fridage, ja så glædede man sig da til at komme ud og snakke igen. Ofte, det var som regel på eftermiddagsvagterne, så havde en af os lige været forbi bageren. Og når vi havde overleveret, og vi havde styr på tingene, var der lige var en lille pause. Så blev der jo lavet kaffe og basserne kom på bordet. Og så fik vi lige snakket. Måske var der en, der måtte løbe lidt ind imellem, men vi nåede da at få spist de her basser. Det var hyggeligt, og det var spændende, og det var en rar tid, vil jeg sige. Og det var vel også derfor, at jeg blev ved. Det passede mig godt med den arbejdstid, og den måde at arbejde på.

HK: Var det et sted, hvor der blev lavet meget fusk?

CN: Det var meget op og ned. Altså. Det var lidt efter, hvordan tiden var. Hvis man passede sine ting og der ikke var så meget silicium, kunne man godt have en time, hvor man kunne sige, at hvis ikke der sker noget uforudset, så var der ikke noget i vejen for, at man gik ud for at fuske i en times tid.

HK: På værkstederne?

CN: Det har jeg da nydt godt af. Jeg har altid har været aktiv og puslet med mange ting. Det var rart. Som gammel værktøjsmager og maskinarbejder, så skulle man altså lige ud og rykke lidt i håndtagene en gang imellem. Også for at holde det ved lige, så jeg stadigvæk kunne betjene en drejebænk og en fræsemaskine. Der har været mulighed for den slags ting, men det skulle være når arbejdet tillod det. Det lagde Rødskov meget vægt på. Man vidste, at den næste silicium kom klokken et eller andet, og så var man derinde til tiden. Det var så bare med ikke at komme daskende et par minutter for sent, for ellers blev han tosset! Det var da reelt nok, for man var her for at passe sine ting. Men hvis der nu var en lille pause, var der ikke noget i vejen for, at man kunne gå ud og kigge lidt på bilen, eller motorcyklen, stå ved en drejebænk.

HK: I havde vel en kalenderpige hængende nede i reaktorens kontrolrum?

CN: Det havde vi faktisk ikke engang. Nej. Vi havde en ganske almindelig afrivningskalender. Der var da en skuffe med lidt kulørte blade i, men det var sådan mere i gamle dage. Der

var sådan en skuffe med aviser. Ja, så var der jo 'side 9 pigen' i *Ekstra Bladet*. Det var da det mest, mest ulødige vi havde (latter).

HK: Okay. Det var først senere, at I fik fjernsyn dernede?

CN: Ja, og det havde vi da lidt kamp om. Vi syntes, at det var lidt urimeligt, at man skulle sidde hele aftenen og natten og ikke have mulighed for at se en 'Tv-avis'. Til sidst fik vi så lov til at købe et fjernsyn. Det var ikke noget med at firmaet ville komme med et fjernsyn. Så vi skillerede sammen til et fjernsyn, og fik det bygget det ind i et panel sådan, at man om dagen kunne lukke for det.

HK: Ja, jeg har set det. Der er en fin plade foran med at kort over Risø!

CN: Ja. Det blev jo først tændt, når vagthavende ingeniør kom ind og skulle se 'Tv-avis'. Og så fik det jo lov at køre. Det kunne da også godt ske om søndagen, hvis der var fodbold. Jeg kunne godt lide at se cykelløb. Når der var cykelløb og *Tour de France*, kunne det godt stå og køre med lyden skruet ned. Når jeg lige havde mine små pauser og var nede i kontrolrummet, kunne man lige skæve op, og se hvad der skete. Men det var ikke normalen. Det var mere, hvis der var 'tv-avis' og så en film, som man så kunne se i afbrydelser. Hvis der var meget silicium, så kunne man lige så godt lade være. Men mester og forsøgsassistent kunne såmænd godt sidde og se sådan en film, mens vi andre fes rundt og lavede alt muligt. Men sådan var vilkårene. Og det havde man vænnet sig til. Vi var jo heller ikke kommet ud for at se fjernsyn, så det var ikke noget problem. Men man ville da gerne kunne se en film. Og somme tider kunne man da også klare det med bare lige at have to huller på et kvarter.

HK: Men var det operatørerne der løb mest rundt, i forhold til mester og forsøgsassistent.

CN: Ja. Rutinen var, at forsøgsassistenten gik rundt hver anden time og runderede hele anlægget og passede vandbehandlingen ved at fylde salt og kalk på og alt sådan noget. Og mester tog også en til to runderinger. Han tog som regel en runde lige når han kom for at se, hvordan tingene var. Det hele skulle jo passe sammen. Der skulle nemlig altid være to inde i reaktorhallen. En i kontrolrummet og en i hallen. Der var kun to, der kunne være udenfor ad gangen. Man skulle altså også lige lære at tjekke, hvor mange vi var herinde, hvis man lige skulle en tur ud på toilettet. Hvis vi kun var to måtte man så vente. Hvis det varede for længe måtte man så råbe ad en eller anden og sige: "Nu må du altså lige komme ind, for nu skal jeg altså på potten." Det lærte man jo så at finde ud af. Og det rareste var jo, når folk sagde: "Nu går jeg ud, og jeg er ude 5 eller 10 minutter." Det var rart at vide, hvornår han egentligt havde tænkt sig at komme tilbage igen. Frem for at nogen bare gik ud, og så var de måske ude i flere timer for at lave et eller andet. Vi havde derfor altid den regel, at når man gik ud, så sagde man sådan nogenlunde, hvor længe man var væk således, at der kunne planlægges efter det og man kunne komme ud og få sin mad.

I begyndelsen runderede operatøren også et par gange. Og han tog også en afskrivning.

HK: Hvad bestod afskrivningen egentlig af.

CN: Man havde nogle logblade, hvor der skulle skrives ampere, temperaturer og alt muligt fra rundt omkring i bygningerne og reaktorhallen. Det var forsøgsassistenten der gik rundt. Han havde et logblad, som skulle udfyldes hver anden time og et der blev udfyldt hver fjerde time. Dengang der ikke var så travlt, hed det sig, at M-operatøren skulle tage den ene afskrivning. Men efterhånden som der kom meget silicium, havde vi simpelthen ikke tid til det. Så det blev så droppet. Så lavede man også lidt om, fordi man nu i 30 eller 35 år havde gået rundt og skrevet alle de her tal af. Det viste sig så, at det måske var lidt overdrevet, så der blev så skåret lidt ned på nogle af aflæsningerne. Men det var måske lige så meget for, at man på den måde vidste, at folk havde været rundt og kigge. Så fandt man jo ud af, at folk passede deres

ting. Det betød ikke så meget, om man lige kom rundt med to eller tre timers mellemrum. Og mestrene gik jo også rundt.

HK: Apropos papirarbejde. Kirsten viste mig driftsrapporterne fra alle årene. Var det ingeniøren, der skrev dem.

CN: Ja. Det var vagthavende ingeniør, der skrev driftsrapporten. De skiftedes vist nok til at lave driftsrapporten, når driftsperioden var slut. Der var syv ingeniører, der skiftedes til at have døgnvagt. De skulle tilkaldes, hvis der kom et reaktortrip. Vi måtte nemlig ikke starte reaktoren op, uden at vagthavende ingeniør var til stede. Det var jo somme tider lidt sjovt, hvis det var klokken fire om natten. Så måtte vi jo lige ringe ud til dem og sige: ”Du, ved du hvad, hvis vi skal starte op, så må du lige komme herind.” Så de kom jo somme tider med strithår, nathue og det hele og sad så og ventede på at vi fik startet op. Men sådan var det. De skulle ligesom skrive under på, at vi godt måtte starte op. Der blev derefter lavet en rapport, om hvorfor vi trippede, hvordan opstarten forløb og om der havde været nogen specielle ting.

HK: Hvordan var forholdet mellem jer på vagtholdet og så fysikerne, der kom ind og lavede forsøg?

CN: Jeg vil sige det var meget op og ned. Nogle af dem var meget udadvendte, men der var også ind imellem nogle rigtige forskere, du ved... Der var nogle, som man ikke snakkede så meget med, og så var der så nogle, som man sagde hej til og snakkede med. Der kom jo også mange udlændinge. Og selvfølgelig kunne de da snakke engelsk alle sammen. Men det var generelt mere E-operatøren, der havde kontakten til forskerne. Jeg arbejdede mere med reaktorsystemerne og min primære opgave var sådan set, at sidde i kontrolrummet. Men hvis de kom ned i kontrolrummet, og spurgte om et eller andet, eller bad om et eller andet, jamen så snakkede man med dem. Men jeg har aldrig gået op og snakket med dem oppe på ved deres forsøg. Det har mere været den anden operatør. Sådan var det i hvert tilfælde indtil vi fik al den silicium at lave. Det var M-operatøren, der sad og trykkede på knapperne, og holdt øje med alarmerne og sådan noget.

Men der skete altså en løbende ændring. Efterhånden var der ikke så mange forsøg, der skulle passes oppe på toppen. Der kom mere og mere silicium, som vi så måtte deles om, fordi en mand ikke kunne klare det hele. Det ville også være urimeligt, hvis en mand skulle passe det hele. Vi har aldrig haft så meget at lave, som vi havde lige inden vi lukkede. Det var fordi Kirsten og Heydorn var så dygtige til at skaffe kontrakter hjem med silicium. Til sidst var alle siliciumfaciliteterne stort set booket 100% op. Vi kunne egentligt ikke lave mere, end det vi gjorde, og vi kunne egentligt heller ikke overkomme at lave mere. Vi havde jo to vandrette siliciumfaciliteter, som kørte mere eller mindre automatisk. Der kunne man lave arbejdet på forhånd, ved lade en fire-fem bestrålingsdåser ind i en stor tromle. Og det behøvede man kun at gøre én gang på en vagt og man kunne selv tilrettelægge hvornår, det skulle være. Der skulle man ikke gå og regulere på noget. Det hele kørte fuldautomatisk ud og ind af reaktoren. Disse faciliteter kørte kort sagt smadder godt.

En af dem, som vi egentligt snakkede meget med, var Jørgen Kjems, der senere blev vores direktør. Fra tiden inden vi fik silicium, kan jeg huske, at vi havde fået lov til at have et bordtennis bord, som var opstillet lige ud for kontrolrummet nede i reaktorhallen. Vi måtte gerne lige ind imellem gå ud og spille lidt bordtennis om aftenen og om natten. Det var jo bedre, at man lige gik ud og spillede lidt bordtennis, i stedet for at folk sad og hang.

HK: Sådan lige for at få pulsen lidt op?

CN: Ja. Og der kom Jørgen Kjems tit ned og spillede med.

HK: Du har kørt reaktor i 30 år. Der må have været nogle situationer, hvor du var bange eller nervøs, eller oplevede noget usædvanligt.

CN: Jeg synes ikke, at jeg har været bange. Man fandt ret hurtigt ud af, at det her jo bare var en maskine – i hvert fald så længe, at man overholdt forskrifterne. Hvis der var noget, som gik skævt, så lukkede reaktoren automatisk ned. Der var i en periode, efter at vi havde fået fjordkølingen, hvor filtrene kunne stoppe til. Det kunne vi se, når temperaturen pludseligt begyndte at stige. Vores tungtvandstemperatur lå normalt på nogle og 50° eller 60°. Når temperaturen nåede op på 69° - du må ikke hænge mig op på det præcise tal - så trippede reaktoren. Når temperaturen pludselig begyndte at stige, kunne man sige aha! Det var jo fordi, at det lette vand i det sekundære kølesystem ikke blev kølet nok og flowet faldt. Man kunne se at den steg og steg og steg. Så var det jo spændende, at se om vi ikke lige kunne nå det? Kan vi ikke få rensset filtrene? Man vidste jo godt, at reaktoren stoppede af sig selv, når den ramte trippunktet. Jeg har aldrig været nervøs eller bange. Men det var da nogen gange, at det var lidt spændende. Kan vi nu lige nå at få rensset filtrene? Kører det nu i orden? Der var en periode, hvor vi havde mange efterårsstorme. Indtil vi fik lavet molerne derude, kunne det godt drille, når der kom tang ind i filtrene. Så var der ikke andet end at sige, nå ja. Man kunne næsten sige: ”Vi kan klare tyve minutter, så er den for varm. Og så må vi lukke.” Men det var ikke så tit. Ellers kørte den jo bare... ja efter bogen.

Vi lavede somme tider nogle forsøg, hvor vi skulle se, hvad der skete, hvis pumperne stoppede. Men så stiger temperaturen bare, og så lukker den automatisk ned. Man kunne ikke lave fusk med noget, hvis man overholdt reglerne. Og det gjorde man jo. Alt det hvor noget skulle omgås [hvor de automatiske tripfunktioner blev sat ud af drift], var anbragt oppe i noget, der hed et frigpanel. Der var nogle lamper og nogle knapper. Men det var kun den vagthavende ingeniør, der havde nøglen til det. Hvis man skulle sætte noget af sikkerheden ud af drift, så var det jo ham og på hans ansvar. Og så længe alt var sat deroppe, kunne du sådan set ikke lave fusk med noget, fordi det greb automatisk ind. Hvis vi nu ville se, hvad der skete, hvis pumperne faldt ud? Hvor lang tid har vi så før temperaturen bliver så høj, at den tripper? Det var sådan set nærmest spændende at prøve. Vi har ikke haft nogen episoder, som har været uhyrligt spændende. Det har bare været almindeligt spændende. Reaktoren har kørt stille og roligt, i hvert fald i den tid, hvor jeg har været på vagt. Det var jo som regel køleproblemer vi kunne have, når fjorden stoppede til. Men det var jo rimeligt harmløst, fordi at den var så sikker...

HK: DR3 har aldrig været på vej til Kina?

CN: Nej, og det nægter jeg at tro, at den kan. Den ville kvæle sig selv på en eller anden måde. Hvis effekten blev for høj, så skete der et eller andet, og så lukkede den ned. Og hvis fluxen blev for høj, kunne den trippe på fluxen. Hvis strålingen blev for høj, så ville den også lukke ned. Der var mange parametre, der kunne få den til at lukke ned. Så jeg har aldrig følt mig utryg på nogen måde.

HK: Så jeres kamp har været at holde den i gang.

CN: Det var udelukkende vores kamp og det kunne man kun gøre ved at gøre, som man måtte. Der var ikke andre måder end den lovlige. Hvis der nu havde været et trip, og man skulle skynde sig at starte op, fordi man var bange for af reaktoren kunne blive xenonforgiftet, var der selvfølgelig forskel på, hvor hurtigt man trykkede på knappen, altså hvor hurtigt man kørte CCA'erne ud af kernen. Hvis man gjorde det for hurtigt, blev doblingstiden for kort, og så lukkede den automatisk ned. Det gjaldt derfor om at køre lige på grænsen på det her meter. Vi vidste jo, at hvis vi kom ned på – jeg kan ikke huske om det var 15 eller 20 sekunders doblingstid, så lukkede den automatisk ned.

HK: Det var periodemeteret?

CN: Det var periodemeteret. Så sad man og kiggede MW-måleren, og på doblingstiden, og man skulle også lige kigge på temperaturen. Man kunne ikke køre hurtigere end man kunne, fordi man så fik for hurtig en periode. Man kunne dog godt køre lige op til kanten. Men kørte

man for hurtigt, så blev man straffet. Så lukkede den ned, og så skulle man på den en gang til og havde så måske spildt 20 minutter, eller sådan noget lignende.

HK: Hvor godt kommer man til at kende sådan en maskine, er det ligesom at køre bil til sidst?

CN: Ja, til sidst.

HK: Mange af tingene gør man vel næsten ubevidst, fordi det ligger i hænderne frem for i hovedet.

CN: Ja, det gør det. Især det med at trykke på knapper. Men stadigvæk, skal du, ligesom når du kører i bil, både bruge fingrene, men du skal dæleme også holde øje med alle temperaturerne. Man havde jo en fornemmelse af, hvordan de der kurver med temperaturer, effektmålerne osv. skulle være, når man startede op. Det var et samspil mellem at sidde og trykke på knapperne, og så hele tiden kigge på instrumenterne. Så det var ligesom at køre i bil. Der skal du jo også kigge og se hvad der sker.

HK: Har DR3 været en populær arbejdsplads i lokalområdet her i Roskilde?

CN: I de første år var det fint at arbejde på Risø. Men senere hen, blev det en arbejdsplads som alle andre. Da vi havde den store diskussion for eller imod atomkraft, var man jo ikke altid lige populær. Der var jo mange, der var imod...

HK: Et flertal viste det sig til sidst...

CN: Ja, det var der jo. I 1986 fandt man jo ud af, at man slet ikke skulle have atomkraft i Danmark. Men på det tidspunkt var der sådan set ikke så meget debat, som der havde været midt i halvfjerdserne og den gang med Tjernobyl, hvor der blev diskuteret alle vegne. Jeg har da også privat haft masser af diskussioner. Jeg blev sur, når folk sagde, at det var farligt, at det var en atombombe. Så siger jeg: "Sådan noget sludder, det er da ikke en skid farligt, så længe man behandler det ordentligt, og som det skal være." Man kan være for eller imod, for der er jo noget affald. Men det er da så lidt i forhold til det, som man får, når man brænder kul af. Det bliver bare spredt ud over et stort område. Med det her kan man samle affaldet sammen i små depoter. På det punkt har jeg haft nogle diskussioner, men upopulær har jeg da aldrig været. Men det var nok mest spændende i starten. Her i de senere år, har det været en arbejdsplads ligesom alle andre. Sådan fornemmer jeg det i hvert fald. Der var ikke noget odiøst i at være reaktoroperatør på Risø. Der var nogle enkelte, der syntes det var meget spændende, og så kunne man sidde og fortælle om det.

HK: Har offentligheden været god eller dårlig til at skelne imellem DR3 og et atomkraftværk?

CN: Jeg har ikke noget særligt svar på det spørgsmål. Efter at vi havde haft diskussionerne for eller imod atomkraft mellem OOA og REO... Dengang kørte vi jo rundt med klistermærker i bagruden, det gjorde jeg bare for at provokere. Men jeg synes ikke, at der har været så meget røre om det efter, at det havde lagt sig. Folketinget har jo aldrig rigtig blandet sig i, hvordan det gik hernede. Vi fik vores bevillinger. Jo mere ro, der var om det, jo bedre. Det er jo ikke noget, der har været debatteret. Det kom jo op i 1986, at man definitivt besluttede, at man ikke skulle have atomkraft. Og så var det det. Og så har jeg indtrykket af, at man havde en aftale om, at det snakker vi helst ikke om. Nu passer vi vores herude uden at blande offentligheden for meget ind i det. Indtil Birthe Weiss så lige pludseligt fik kolde fødder, for nu skulle det altså lukkes. Men ellers så synes jeg ikke, at der har været meget debat om det.

HK: Så hvordan oplevede du nedlukningsprocessen?

CN: Den var frustrerende. Det må jeg nok sige. Vi havde jo hver vores opfattelse af hvordan tingenes tilstand var. Nogle mente at reaktortanken var hullet som en si. Men vi, der kendte til det, og havde været med mens FORCE Institutet gik heroppe og undersøgte det, vi var godt klar over, at de såkaldte tæring er egentlig var nogle små huller. Reaktortanken var lavet først i tresserne med nogle svejste samlinger og man havde jo ikke dengang den svejseteknik, som vi har i dag. Jeg er sikker på, at nogle af de huller, har været der fra dengang man svejsede tanken. Man fandt nogle små huller, tæring eller porositeter, som man mente var et par millimeter dybe. Men al den stund, at den aluminiumsplade, som tanken er lavet af, er en halv tomme tyk, er der altså stadigvæk 10 millimeter tilbage. Det er jo ikke noget at hidse sig op over. Så derfor var der diskussion om, hvor alvorligt det egentlig var. Men jeg vil da til enhver tid påstå, at der absolut ikke var nogen fare på færde, fordi den tank kunne have kørt 40 år til. I øvrigt så har vi altid, hvert fjerde år, når vi havde den store nedlukning, der varede seks uger, inspiceret tanken med kikkert og med et kamera. Det gjorde vores reaktorchef. Det foregik som regel i en weekend. Han stod med et periskop og et kamera, og kiggede rundt. Han havde nogle specielle steder, han studerede, hvis der havde været noget. Men der havde aldrig været nogen anmærkninger. De huller eller porositeter så ud, som de gjorde for fire år siden. Det var selvfølgelig begrænset, hvor meget man kunne se, når man bare ser det på et billede. Så der var jo ikke nogen overraskelse i, at FORCE kom og fortalte, at der var nogle små huller, der var nogle millimeter dybe. Men stadigvæk var der 10 millimeter tilbage.

HK: Den tank den blev lynhurtigt dømt hullet som en si.

CN: Den blev dømt hullet som en si. I nogens øjne var den lige pludselig utæt som en si. Men det havde intet på sig, altså, det havde det ikke. Det var som om, at man nu havde sat sig for, at nu skulle der lukkes ned. Og det endte jo så også med, at vi måtte lukke, selvom vi måske nok kunne have fortsat. Jeg tror, at man havde en idé om, at nu var den æra forbi. Det var måske også det rigtige tidspunkt, når det kommer til stykket. Det viser det sig jo også nu, at de rundt omkring i verden er gået i gang med at lukke de andre søskendereaktorer.

HK: Ja, der er vist ikke flere tilbage af den type nu..

CN: Nej, det tror jeg ikke. Men derfor var det alligevel ærgerligt.

HK: Hvad var stemningen så hernede?

CN: Åh... ja! Den var spændt. Jeg kan huske, at jeg stod ude på elværkstedet, hvor vi hørte referatet fra folketingsdebatten i *Radioavisen*. Og så kom det, nådestødet! Birthe Weiss havde bestemt, at reaktoren ikke skulle starte op igen men forblive nedlukket og dekommissioneres. Da må jeg indrømme, at vi var mange, der hang med hovedet og syntes, at hun var dum. Det var ikke pænt af hende. Vi mente jo nok, at forholdene ikke var så dårlige og, at reaktoren sagtens kunne køre videre. Jeg mener også, at man kunne have sparet mange penge, hvis man havde tænkt sig fornuftigt om. Man kunne have sagt, at vi kører to eller tre år mere, hvor vi hele tiden holder øje med reaktoren og laver nedlukning hvert år. Så havde man kunnet opbygge en gruppe, som kunne forberede dekommissioneringen. Man kunne have kommet af med folk på en lidt pænere måde og man kunne have afviklet det nemmere. Vi gik jo hernede i et års tid eller mere, inden man fandt sit ståsted, og besluttede hvad man skulle gøre, hvor vi stort set ingenting kunne lave. Den tid kunne man jo lige så godt have brugt. Der gik jo det samme personale rundt hernede. Dem kunne man jo ikke fyre, da de havde været her i mange år. Folk havde minimum et halvt års opsigelse og mange var oppe på 9 måneder plus ferie og så videre. De kunne godt have sagt: "Vi kører videre, tager et år ad gangen, men vi nedsætter en gruppe, der skal gå i gang med dekommissioneringen." Det synes jeg havde været en bedre måde at gøre det på. Og det kunne også have sparet en masse penge.

HK: Jeg tror, vi skal stoppe her. Tak for interviewet.

### 3.4. Helseassistenten: Et interview med helseassistent Ole Pedersen

HK: Jeg sidder sammen med Ole Pedersen (OP), som har været helseassistent på DR3. Det er mandag den 12/3 2007. Vi skal tale om arbejdsmiljø og DR3 som arbejdsplads. Vil du starte med at fortælle om din baggrund, uddannelse og hvordan du kom til Risø?

OP: Jeg har ikke den baggrund, som var normalt for helseassistenterne ved DR3. Jeg havde nemlig ikke nogen uddannelse som sådan. Da jeg kom derud, var det primært styrmænd, mejerister samt laboranter, der var ansat som helseassistenter. Mejeristerne, tror jeg, at man benyttede, fordi helseassistenten skulle have forstand på renlighed og sterile miljøer. Styrmændene havde man ansat, fordi man engang havde et skib nede ved molen, som skulle evakuere folk væk fra ø-delen. Der skulle derfor være nogen, som var skibskyndige og kunne styre en båd.

HK: Det var en kutter, der lå dernede?

OP: Det var faktisk en ret hurtigtgående båd. Jeg tror, man havde købt den af marinen. Men min baggrund var altså hf-enkeltfag og så havde jeg kørt øl for Tuborg. I 1985 var der ølstrejke og i den forbindelse blev jeg fyret, hvorefter jeg begyndte at søge på alt, hvad jeg så af jobs. Jeg så et opslag, hvor der stod helseassistent, og søgte det uden rigtig at være klar over, hvad det var for noget. Jeg kom til samtale og fik at vide, at hvis jeg ville have det, så kunne jeg få det. Det var jeg glad for, selvom jeg ikke rigtig var klar over, hvad jeg gik ind til.

Jeg kan huske dog huske, da Risø lige var blevet bygget i starten af 1960'erne. Min far havde en lille vognmandsforretning og kørte gammelt jern op til Stålvalseværket i Frederiksværk. Vi kørte altid forbi Risø, når vi kørte derop. Jeg sad så og hang ud af vinduet på lastbilen og spurgte min far, hvad det var for noget? Han svarede, at det var noget med atomer. Det var alt, hvad han vidste om det! Det var fascinerende for mig at se det kæmpeanlæg. Det var derfor lidt mærkeligt, at jeg senere skulle komme til at arbejde der.

HK: Hvad er helseassistentens rolle?

OP: Helseassistentens rolle består i at udøve strålingsbeskyttelse og kontrollere strålingsmiljøet omkring dem, der arbejder ved reaktoren.

Vores opgaver har været at tage aftøringsprøver alle de steder, hvor folk bevægede sig i løbet af en arbejdsdag. Vi havde en multitæller, hvor vi målte alfa- og betaaktiviteten i disse prøver. Det har vi i øvrigt stadigvæk, og vi gør det stadigvæk, må jeg jo hellere sige. Hvis vi kunne konstatere, at der var kontamination - det kalder vi det, når der er radioaktiv forurening - så lavede vi en vaskeseddel og fik fat i en forsøgsassistent. Når han havde gjort rent, tjekkede vi, om det var rent. Jeg må sige, at vi har taget mange *smear tests*, hvor der ikke var noget på. Vi har også taget mange, hvor der var noget på. Men for mig at se, har det vigtigste været at vide, at der ikke var noget. For vi kan hverken se, lugte eller smage det eller noget som helst. Vi kan kun måle os frem til det. For at der kan være rart at være, skal man vide, at der er rent. Det er, som jeg ser det, vores vigtigste opgave. Det er at vide, at der ikke er noget. Og hvis der er noget, så skal der gøres rent. Desuden har vi dagligt taget strålingsmålinger i de områder, hvor folk bevægede sig.

HK: Mens folk arbejdede med et eller andet?

OP: Ja, vi assisterede, når folk arbejdede, f.eks. når de skiftede brændsel. Da vi kørte reaktoren, kørte vi i 21 dage. Og så havde vi lukket ned i 5 dage og startede derefter op igen. I de 5 dage skiftede vi brændselelementer, og nogle gange flyttede - shuffede - vi dem rundt i kernen alt efter, hvor udbrændte de var. Der var nogle folk, der sad og regnede ud, hvordan de skulle flyttes, enten fra yderkredsen og ind mod midten, eller omvendt, for at give en jævn flux i reaktoren.

HK: Det vil sige, at du også har været med til at skifte brændselselementer?

OP: Ja. Alle de steder, hvor der blev åbnet ind til reaktoren, var arbejdet ledsaget af en helse-assistent, som skulle sørge for at måle strålingsniveauet. Det var en fast del af vores opgave. Det samme var tilfældet ved reparationer, hvor vi også altid var med.

Reaktorens primære kølesystem kørte med tungt vand. Deuteriumatomerne i det tunge vand tog i reaktortanken imod en neutron, hvorved det blev til tritium, som er ustabil. Det har en halveringstid på 12 år. Hvis man bare tabte en dråbe tungt vand, havde vi nogle tritiummonitører, som kunne detektere tritium. Når reaktoren var i gang, var der jo lunt og varmt. Dampene var derfor ret flyvske og kom lynhurtigt ud i luften. Alt efter hvor store mængder der var, så havde folk beskyttelsesdragter på. Ellers kunne vi klare det med meget kraftig afsugning.

HK: Du var med i efteråret 1999, da der pga. af en utæthed var tritium i luften derinde?

OP: Ja, da den steg derinde. Vores opgave var at sørge for, at de ansatte, som havde været implicerede i reparationen, fik taget en urinprøve. Urinprøven blev derefter sendt over i en anden afdeling, hvor man kunne måle tritium. Tritium er betaaktiv. Men det er en temmelig svag beta med lav energi. Vi kunne ikke måle den hos os, så det blev gjortovre i NUK. Hvis nogen havde indtaget tritium, var der en biologisk halveringstid på ti dage. Hvis man sørger for at drikke meget, kunne man hurtigere tisse tritiummet ud igen. Det var måden, hvorpå man fik det ud igen, hvis man havde fået noget. Det skulle vi også fortælle folk. Når månedsopgørelsen kom for disse urinprøver, kunne man se, hvor meget man havde modtaget.

HK: Vil det sige, at der var faste urinprøver hele tiden?

OP: Ja. Og det er der stadigvæk.

HK: Hver måned?

OP: Ja. Men det var altså hovedsagligt for tritiumindtag.

HK: Er det hele personalet?

OP: Nej, det er det ikke. Det er f.eks. ikke kontormændene. Det var dem, som arbejder omkring reaktoren.

HK: Også forskerne?

OP: Ja. Men de kom ikke rigtigt på de kritiske tidspunkter. Når der var sådan et åbent spejl, så var det i en *shutdown*. Det kunne f.eks. være når en eller anden ventil eller en membran skulle skiftes. Hvert fjerde år havde vi en lang nedlukning, hvor der var lukket ned i en måned. Der tømte man reaktorkernen for CCA-blade og brændselselementer. Man tog først alle 26 brændselselementer ud, og satte dem ned i den såkaldte ISB, dvs. *internal storage block*. Derefter tog man alle CCA-bladene ud og tappede alt vandet af. Der var to store dræntanke i tungtvandsrummet. Der blev det tappet ned. Vores reaktorchef inspicerede derefter det indre af reaktortanken med et periskop og kiggede alle svejsningerne efter. Vi hængte nogle store lysstofrør derned. Det var især i sådan nogle situationer, at vi var på hele tiden. Forskerne var der ikke i de perioder.

Så havde vi også siliciumbestråling, som vi lavede for *Haldor-Topsøe*, *Kumatsu* og andre store japanske virksomheder. To af disse siliciumrigs var også med tungt vand. Vi skulle derfor være på mærkerne med noget afsugning, hver gang at vi åbnede ned til dem.

Så tog vi endelig også luftprøver derinde. I alle reaktorens luftlommer var der CO<sub>2</sub> for ikke, at der skulle komme atmosfærisk luft derind. Men der kom altid noget atmosfærisk luft ind i lommerne. Når vi så startede reaktoren op, blev denne atmosfæriske luft aktiveret. Det



var luftens indhold af argon, som blev aktiveret til en gammaaktiv argonisotop [ $^{41}\text{Ar}$ ] med en forholdsvis kort halveringstid. Det var 110 minutter. Hvis vi havde haft dette i længere tid, tog vi nogle luftprøver i halluften for at finde ud af, hvor meget [ $^{41}\text{Ar}$ ], der havde været. Vi tog også tritiumprøver i den aktive ventilation. Ventilationsluften går igennem nogle aktive filtre før det går ud igennem skorstenen. Vi ledte noget luft igennem en frysefælde, således at det bliver frosset. Vi tædede det så op og hældte det på flasker, som blev sendt over i en anden afdeling, hvor det blev tjekket for indholdet af tritium. Det gør vi faktisk stadigvæk.

HK: Hvordan stod helsesektionen i forhold til driftspersonalet og de forskere som brugte reaktoren? Var I organiseret som en selvstændig enhed?

OP: Ja. Vi var en uafhængig enhed. Ved en større reparation kunne man altid tale sig frem til, hvordan man skulle gøre det. Hvis der var noget, hvor der kunne være en høj stråling, kunne man godt dele arbejdet op, så den enkelte medarbejder var inde i et kortere stykke tid. Men målsætningen i helseafdelingen eller AHF var at have så lave strålingsdoser som muligt. Men det var også en cost-benefit afvejning. Jeg må sige, at vi i den tid, hvor jeg har været der, er der ikke nogen, der er kommet over grænsen. Dengang var grænsen 5 rem. Da jeg blev ansat regnede vi nemlig med røntgen, rem og rad.

HK: Hvor meget er det i sievert [Sv]?

OP: 100 rem er en sievert. I dag måler vi i  $\mu\text{Sv}$  og  $\text{mSv}$ , men mest i  $\mu\text{Sv}$ . Der er sket et lille skred. Da reaktoren kørte var det jo større doser, som folk fik, fordi vi håndterede silicium og bestrålinger og fordi vi tog ting ud af reaktoren. I dag er der en anden bevidsthed omkring det, fordi det dengang var en del af en drift... I dag er doserne meget lavere, end de var dengang.

HK: Reaktoren står jo selvfølgelig stille, hvorved benefitsiden er væk i regnestykket.

OP: Den er væk. Ja. I dag vil man sige, at såfremt vi kan gøre det på en endnu mere skånsom måde, så gør vi det sådan, at vi ikke kommer op på nogle uhensigtsmæssige doser.

HK: Du sagde, at din afdeling hed AHF – Anlægshelsefysik. Hvor mange folk var der i den afdeling mens reaktoren kørte?

OP: Fast om dagen var der en. Og så var vi seks helseassistenter, som gik på vagt, plus en laboratoriemester. Vi havde i AHF desuden fire helsefysikere, som var ansvarlige over for myndighederne og arbejdsopgaverne i driften og som også deltog i forskningsprojekter, bl.a. ved fusionsreaktoren i England. Vores chef Per Hedemann deltog også i diverse konferencer verden over om strålingsbeskyttelse. Helseassistenterne fulgte et vagthold, der bestod af fire mand: en maskinmester, to operatører og en forsøgsassistent. Endelig var der også en vagthavende ingeniør, som var Risø-ansvarlig.

HK: Hvad var jeres forhold til vagtholdet? Var I en del af teamet? Eller stod I sådan lidt på sidelinjen?

OP: Vi var lidt på sidelinjen. Men vi var også en del af teamet. Vi har jo holdt jul og nytår sammen. Der var som regel en af forsøgsassistenterne, som havde været på søen. Det var tit søfolk. Maskinmestrene kom fra søen, og det samme gjaldt for nogle af forsøgsassistenterne. De var ofte gode til at lave mad. Vi dækkede til jul og nytår op i kontrolrummet og spiste derinde. Det var smadder hyggeligt.

HK: I havde vel ikke juletræ med?

OP: Det tror jeg faktisk, der har været derinde. Der var i hvert fald pyntet op!

HK: Hvordan var jeres forhold til de forskere, som kom til reaktoren? Var det nogen I snakkede med?

OP: Ja. Det afhang meget af, hvordan man selv var indstillet og om man f.eks. gik op og spurgte dem om noget. Jeg fik faktisk selv et godt forhold til en tysker og skrev sammen med ham et par gange. De havde jo en tid til den forskning de lavede ved reaktoren. På et skema var det fastsat, hvor længe de kunne råde over en opstilling. De arbejdede både aften og nat. Når vi var derude om natten, kunne man gå ind og snakke med dem. Og det har jeg da gjort. På den måde fik man også mange gode ting at vide. En ting er at vide, hvad reaktoren kan. En anden ting er at vide, hvad det kan bruges til. Det var meget interessant for os at følge med i.

HK: Hvordan var folks holdning til det arbejde, som helseassistenterne og helsepersonalet udførte? Har du nogensinde oplevet problemer med at få folk til at følge jeres anvisninger?

OP: Nej. Jeg vil ikke sige, at jeg har haft problemer med det. Men jeg har hørt fra nogen, der har haft problemer med det. Jeg tror, at det er nemmere for en mand at tale igen til en dame, som siger til en mand, at nu skal han lige sådan og sådan... Anvisningerne vejer måske lidt mere fra en mand, det ved jeg ikke. Men jeg har godt kunnet følge og forstå dem vi assisterede, når de var i en arbejdssituation. Det kender vi jo alle sammen. Hvis vi i en arbejdssituation hele tiden bliver afbrudt, fordi der er en, der fortæller dig, at nu skal du lige tænke på det og det. I nogle situationer har vi nok virket irriterende på nogen. Men det var jo ikke for vores skyld. Det var for deres skyld, at vi var der. Men det er meget lidt. Jeg tror faktisk, at folk har været rigtig glade for, at vi har været opmærksomme på, at det her gælder deres helbred. Vi har jo ikke været afhængige af at skulle producere strøm eller noget andet. Så vi har ikke været nødt til at gå på kompromis med et eller andet. Vi har altid kunnet tage den tid det tager. Det er man simpelthen nødt til. Der er så mange ting, der griber ind i hinanden i sådan en reaktor.

HK: Så sikkerheden er altid kommet over punktligheden med at starte op?

OP: Det er den. Det er helt sikkert. Hvis der var tvivl, målte vi altid en ekstra gang. Når reaktoren havde været lukket ned i 5 dage og vi så startede op fredag klokken 9, var det altid spændende. Der var lidt hektisk, da der var flere ting, som skulle sættes i gang samtidigt. Når vi kom op på 1 MW, så holdt de stille og sagde i højtaleranlægget: Reaktoren er på 1 MW. Så skulle vi gå rundt med vores måleapparater og måle f.eks. på de steder, hvor der havde været lavet reparationer. Vi havde nogle udvalgte steder, hvor vi gik rundt: på toppen, på første dæk og i kælderen. Og hvis vi ikke kunne måle noget, ud over det sædvanlige, kunne vi sige til dem: I må godt køre videre. Så kørte de op til 3 MW. På det tidspunkt gjorde man klar til at lægge toppladen på. Den havde nemlig været af og blev lagt på ved 3 MW. På dette tidspunkt målte vi omkring brændselselementerne, for at se om der skulle være forhøjet strålingsniveau.

HK: ...havde man toppladen af indtil man var oppe på 3 MW?

OP: Ja, ved 3 MW lagde man toppladen på. Og når den var lagt på, kørte man op til 5 MW, og så tog vi hele runden en gang til. Når vi var oppe på 10 MW, tog vi den en gang til. Og så sagde vi: Der er ikke noget ud over det sædvanlige. Så kører vi!

HK: Toppladen kan godt være af uden, at strålingsniveauet bliver for højt?

OP: Det steg selvfølgelig. Grænsen lå ved 3 MW, fordi der så ville komme alt for meget stråling deroppe.

HK: Har du oplevet folk som var nervøse ind imellem? Som er blevet bange for noget?

OP: Ja. Jeg har oplevet en. Det var en forsøgsassistent, som blev ansat ude i AH-hallen. Det er derude, hvor vi håndterede alt det aktive. Aktive Handlings-hallen hed den jo. Han var faktisk nervøs... Jeg tror nærmest, at det var oppe i hans hoved. Han holdt i hvert fald op. Jeg talte med ham engang, og der sagde han, at han ikke brød sig om det og følte sig utryg. Jeg må da også indrømme, at jeg gik og kiggede på folk, dengang jeg selv blev ansat derude. Jeg tænkte så, at de jo så sunde og raske ud alle sammen. Der kan ikke være noget galt med det. Det er jo en anden verden at komme til, når man skal igennem sluseanlæg og alt muligt for at komme ind. Man tænker på en anden måde, når man lige kommer til stedet... Men jeg har altså oplevet en, der ikke brød sig om det. Det sagde han i hvert fald selv. Jeg tror, det er noget, man bygger op indeni sit hoved. Hvis folk ikke har det godt med det, så skal de jo ikke blive ved. Men jeg har kun oplevet denne ene i den tid, jeg har været her.

HK: Har du mødt folk i den anden grøft, som har været splintrende ligeglade med...?

OP: Der har været nogen, der har været mindre ansvarlige. Lad os sige det sådan. Nogen som ikke rigtigt har haft respekt for det med stråling. Men alligevel har de godt vidst, hvad de gjorde. Der er ikke nogen, der har været ligeglade. Lad os sige det sådan. Vi er jo forskellige alle sammen. Det er ligesom, når folk kører på motorvejen. Nogen kører det de må og andre kører stærkere. Sådan er det bare, og sådan er det også sådan et sted. Der er nogen, der ikke går så meget op i de regler, der er. Men reglerne er der jo for at blive overholdt. Og det er for vores skyld. Det er ikke for nogle andre.

HK: Hvordan har dit eget forhold været til risici og strålefare. Har du nogen gange været bekymret selv?

OP: Jah. Jeg har selvfølgelig... Vi gik jo foran og målte, hvor meget der var. Så var man jo altid bekymret for, hvis nogen skulle lave noget i et strålingsfelt, og så spørger man til: Hvor lang tid varer det her? Vi måler den stråling, der kommer, i hastighed i timen. Hvis vi havde et strålingsfelt, som var noget kraftigere, end man normalt var vant til, var man meget interesseret i, hvor lang tid opgaven varede. Der sad jo en mand og arbejdede i det. Og så kunne man godt sige, at nu skal du lige stoppe og komme ud. Vi står jo alligevel på afstand, når vi har målt. Jeg har ikke været nervøs på mine egne vegne, fordi jeg selv har haft alle forudsætninger på at passe på mig selv, fordi jeg skulle passe på de andre. Men jeg har været nervøs på andres vegne. Eller måske er det bedre at sige, at jeg har været opmærksom på, at det skulle gøres hurtigt, eller også skulle folk væk. I de tilfælde satte man en anden mand til det.

HK: Så står man simpelthen og tæller?

OP: Ja, så holder man øje med uret og siger: nu har du altså været der i ti minutter, nu må du lige... Eller hvis folk sidder med et eller andet to og to, så kunne de sidde og snakke om, hvordan de skulle gøre arbejdet. Så kom væk, og tal om hvad I vil gøre og så gå til den igen.

HK: Man træner vel også nogle af procedureerne?

OP: Ja. I nogle situationer har vi haft en dummy-situation, hvor vi har afprøvet det først. Det har vi gjort i mange tilfælde. Men ved reparationer var det lidt sværere. Der måtte man så træde tilbage og sige: hvad gør vi her? Men folk har været flinke, og de har også været meget forstående. De var jo også interesserede i at passe på sig selv.

HK: Har sikkerhedsopfattelsen ændret sig på de 18-20 år? Du kom til anlægget midt i 1980'erne.

OP: Ja. Sikkerheden er i dag væsentlig skrappere, end den var dengang. Det gælder også den almindelige konventionelle sikkerhed, f.eks. hjelm påbud, sikkerhedssko og hørværn. Den slags ting var vi ikke så opmærksomme på dengang. Vi var selvfølgelig også dengang

opmærksomme på strålingsfelter og sådan noget, men i dag er doserne lavere. Vi går i dag et ekstra skridt for helt at minimere strålingsdoser. Vi er også i dag meget mere strikse med, hvad der ryger udenfor som affald. Førhen målte vi jo med håndinstrument. I dag har vi et frigivelseslaboratorium, hvor tingene skal igennem, for at blive frigivet. Men der er jo i dag også tale om emner, som kan være bestrålet. Men der er altså sket en stramning.

HK: Har Risø og DR3 været en populær arbejdsplads?

OP: Ja, det vil jeg sige. Det er meget, meget få, der er holdt op. Det har været ved naturlig afgang. Det har været en god arbejdsplads. Det har betydet utroligt meget, at det var nogle gode kollegaer, der var der. Det har det været hele vejen rundt. Der har altid været en god tone herude. Det er meget sjældent, der har været ævl og kævl. Det har været nede i småtingsafdelingen. Der har været en omsorg for hinanden, på et plan som, som kan være svært at forstå... Men det har jeg oplevet.

HK: Har det været en typisk mandearbejdsplads? Driftsholdene var vel kun mænd.

OP: Ja. Det var det før hen. Der var blot en [kvindelig] sekretær til det hele dengang og jeg havde blandt helseassistenterne på DR3 to kvindelige kollegaer. Så fik vi Kirsten Nielsen, som var reaktorfysiker. Det var simpelthen en gave at få hende, fordi de gamle støvede mænd, der var der... Det var jo sjovt at se. Hun kom direkte fra universitetet.

HK: Hun var ikke så gammel.

OP: Nej, jeg tror hun var en seks-syvogtyve år, eller sådan noget. Så det var meget skægt. Hun var en sød pige. Og hun var jo på et andet plan end dem. De var også søde og rare, men de var sådan lidt forstokkede. De havde jo gået herude i mange år. Det gav en anden tone. Jeg tror også, at hun hyggede sig ved at være her. Man havde en anden respekt for hende, fordi hun var dygtig og ganske almindelig naturlig.

HK: Har det givet en speciel omgangstone, når det var en mandearbejdsplads?

OP: Ja. Der har været en frisk tone. Men den har været sådan, at der sagtens kunne være piger til stede. Det vil jeg sige. Der har været en god tone alligevel.

HK: Sådan et vagthold er det ligesom en skibsbesætning?

OP: Ja, det vil jeg sige, at det har været. Jeg havde engang en kammerat, som er kaptajn hos *Mærsk*, med derud. Han gik og kiggede på tavlerne og alt det. Så sagde han: Det er jo ligesom at se ind i et skib. Bortset fra, at det har været en anden motor. Men en reaktor er jo sådan set bare en vandvarmer.

HK: Hvordan har interaktionen været med de andre afdelinger på Risø? Har folkene ved DR3 gået lidt for sig selv derude?

OP: Jeg tror nok, at DR3 har været et miljø lidt for sig selv. Men der har jo alligevel været samarbejde på tværs af afdelingerne. De forskellige rigs, f.eks. de vandrette siliciumrigs, er jo blevet lavet oppe på Risø Værksted. Vores brændselselementer blev fremstillet over i Afdelingen for Materialeforskning. Kemiafdelingen har ligeledes undersøgt vandprøver og alt muligt. Der har altså været et samarbejde på tværs af afdelingerne. Men DR3 har været et miljø for sig. Det har det.

HK: Hvem bestemmer i en nødsituation? Hvordan er kommandovejen så? Har I trænet sådan noget?

OP: Ja, vi har hvert år holdt øvelser med forskellige scenarier, hvor vi f.eks. har simuleret at have tabt et brændselement. Kommandovejen har været sådan, at den ansvarlige ingeniør har skulle uddelegere, hvordan vi håndterede situationen. I de situationer ville vi så blive sat til at måle rundt omkring. Der har også været, og er stadigvæk, en vagthavende helsefysiker, som var på tilkald, hvis det var noget, der skete om aftenen. I øvelsesøjemed har det været helsefysikeren, som er kommet til. Vi lå så under ham eller hende og skulle så gøre, hvad der nu skal gøres.

HK: Hvem har så den øverste magt, om jeg så må sige? Ingeniøren eller helsefysikeren? Det afhænger måske af situationen?

OP: Jeg tror ikke, at der er nogen, der har været glade for at have den øverste magt. Men jeg vil sige, at det nok har været helsefysikeren, fordi det er ham eller hende, som skal tage stilling til, om det er forsvarligt eller ikke. Det har vi andre også skullet. Jeg kan huske, at en af de ting, som var fremhævet i stillingsannoncen, var noget med konduite. Man skulle selv kunne tage en beslutning, når det var nødvendigt. Det kommer man selvfølgelig ud for, når man arbejder på et skiftehold, hvor man er alene. Der bliver man selv nødt til at tage stilling nogle gange. Det, som man kunne være nervøs for, var, hvis der var et utæt brændselement der havde lækket, så der var kommet fissionsprodukter ud i luften. Det var sådan set det værste scenarie, man kunne frygte. Så var man nødt til at evakuere hallen. Heldigvis har der ikke været den slags ting.

HK: Er det det, der hedder fissionsgas?

OP: Ja. Det er faktisk fissionsprodukter, der kan komme ud i luften. Men det har vi ikke været udsat for. Det var et scenarium, man kunne have oppe i sit hoved: hvad nu hvis det skete? Men vi havde jo måleapparater, så vi kunne måle, hvad der skete. Men det næste var jo så at få folk ud af hallen. Vi havde, hvis man forlod kontrolrummet eller hallen, et nødkontrolrum, hvor vi kunne fortsætte med at køre reaktoren på forsvarlig afstand. Vi havde også et building-seal. Hallen kunne lukkes således, at luften blev indeni reaktorhallen, hvis der skulle ske et eller andet udslip af en art. Men det har jeg ikke været udsat for.

HK: Har der været et stramt hierarki i reaktorbygningen?

OP: Man var på holdet ikke i tvivl om, at maskinmesteren bestemte. Det har jo kørt rimeligt. Jeg synes ikke, at jeg har oplevet de store skærmydsler. Maskinmesteren har været en form for kaptajn for skuden. Selvfølgelig havde ingeniøren det øverste ansvar. De var selvfølgelig på døgnvagt, men de gik jo ud og sov om natten. Så det var maskinmesteren, som stod med ansvaret. Rent teknisk i hvert fald.

HK: Kræver det særlige egenskaber for at arbejde på en reaktor? Skal man have en bestemt indstilling?

OP: Ja. Man skal i hvert fald have respekt for det, man har med at gøre. For mig var det jo lidt en drengedrøm at se alt det der og lige pludselig skulle arbejde med det. Det har været spændende. Det har også været unikt. Det var det eneste, der var her i Danmark.

HK: Er du ked af at det lukkede?

OP: Ja, det var jeg. Det tror jeg, at vi alle sammen var. Især den måde, det lukkede på. Vi havde ønsket, at der var blevet sagt: Nu kører vi i 5 år. Og så forbereder vi nedlukningen, samtidigt med at vi kører. Der var jo også lavet nogle nye investeringer. Det virker totalt vanvittigt, at man... Men altså, det var en politisk beslutning. Det er jo ikke altid, at vi forstår, hvad det er, der sker. Men det er klart. Der er nogen, der har ansvaret. Og når der nu havde

været en lækage, selvom den blev opdaget, hvem tør så som minister stå for det og sige: kør I bare videre. Det var så Birthe Weiss dengang. Det var så det.

Jeg ved ikke rigtig, hvordan ånden skal beskrives. Det, som jeg har set, er respekten omkring det samt at man ikke sagde, at man havde gjort noget, hvis man ikke havde gjort det. Det har betydet meget for mig. Det er et eller andet, der ligger inden i mig.

HK: At man skal sige, hvis man har gjort noget.

OP: Ja... ligesom når man tror på Gud. Så ved man, at ligegyldig hvad, så ved han. Det kan godt være, at andre ikke kan se om man har gjort noget, eller om man ikke har gjort noget. Men han ved hvad man har gjort eller hvad man ikke har gjort. Og så kan man så sige, at ham arbejder man også for, og han er ikke interesseret i, at man gør noget, som man ikke skal gøre. Det har da været en målestok for mig i hvert fald.

HK: Men kræver det, at man hele tiden deler ud af sine fejltagelser?

OP: Jeg tror, at vi har været gode til, at gøre opmærksom på, hvis der var et eller andet, således at andre ikke skulle gøre det samme. Det har vi været gode til.

HK: Har I haft en procedure for det, eller var det noget som lå i luften, eller kulturen, at det skulle man gøre?

OP: Det var noget, der som regel kom op på vores morgenmøder. Så blev det vendt, hvilket jeg synes var en god skik.

HK: Har I fået faste risikotillæg eller sådan noget?

OP: Nej. Vi har ikke fået risikotillæg. Det var noget, der fandtes engang. Når folk skulle svejse eller arbejde på en stige, var der engang en masse forskellige tillæg. Men sådan noget findes ikke mere. Vi har haft en god løn, synes jeg selv. Vi fik jo et skifteholdstillæg. Vi der gik på vagt fik faktisk en pæn løn og det får vi stadigvæk.

HK: Så det var bedre end at køre øl for Tuborg?

OP: Uha! Ja, ikke i starten, der var det det samme. Men det blev bedre. Og så blev man jo heller ikke slidt op. Det var jo et hårdt arbejde at køre med øl. Jeg har været glad for det. Utroligt glad. Det arbejde har simpelthen været en gave fra himlen.

HK: Har I kigget meget på klokken, og gået til tiden?

OP: Nej, det oplevede jeg ikke. Det gjorde jeg ikke. Hvis man var midt i noget, så kunne det godt være irriterende, hvis man ikke kunne gøre det færdigt. Jeg har da bestræbt mig på at gøre det færdigt, hvis jeg kunne. Det har været en rigtig god arbejdsplads.

HK: Jeg tror, at jeg her vil sige tak for interviewet.

OP: Velbekomme.

### 3.5. Værkstedspersonalet: Et interview med forskningstekniker Søren Roed.

HK: Det er onsdag den 14. marts 2007. Jeg sidder i en barak ved bygning 214 på Risø sammen med Søren Roed (SR), som har været og fortsat er forskningstekniker ved DR3. Vi kan jo starte med at høre, hvordan du kom til Risø, din baggrund og hvornår det skete.

SR: Jeg er uddannet radiomekaniker i 1976, og har først været syv år på *Danfysik* i Jyllinge, hvor man f.eks. laver udstyr til partikelforskning. I 1986 kom jeg til Risø her på elværkstedet ved DR3, og har mens reaktoren kørte været med i driften i 15 år. Efter at reaktoren lukkede i 2000 har jeg været her i fem år, hvor jeg har tilset anlægget. Til sidst har jeg været hos Dansk Dekommissionering og har været med til at nedbryde anlægget.

HK: Hvor mange værksteder, har der været tilknyttet driften af DR3?

SR: Foruden vagtholdene var der fire værksteder. Der var for det første noget, der hed ”rig-gruppen, som tog sig af brændselsskift og skift af emner i selve kernen. Så var der et ”rig-værksted”, der tog sig af forsøg, dvs. nye forsøg, der skulle indsættes i reaktoren og reparation af de forsøg, der allerede var i drift. Vi havde bl.a. noget, der hed *den kolde kilde*, som kølede neutronerne ned i reaktoren. Reparation og tilsyn med den var en af rigværkstedets hovedopgaver. For det tredje havde vi et mekanisk værksted, som havde seks mand plus tre til fire arbejdsmænd under sig. De tog sig af alle smedeopgaverne dvs. de store mekaniske opgaver på reaktor anlægget. Endelig havde vi el-værkstedet på ca. fire mand, som tog sig af instrumentreparation og -vedligeholdelse samt stærkstrøm.

HK: Så i alt var der ved værkstederne en 18-20 mand?

SR: Når jeg tæller det sammen, bliver det ca. 18 håndværkere og ca. fire arbejdsmænd.

HK: Var de forskellige værksteder underafdelinger? Hvad var deres status?

SR: De kørte særskilt, og havde hver deres egen formand eller værkfører...

HK: ...som op ad til refererede til reaktorchefen?

SR: Man havde altid hver morgen et morgenmøde, hvor man diskuterede, hvad der skulle foregå med den værkstedsleder eller laboratoriemester, som det også hed, som deltog i de møder her.

HK: Du har her forinden lagt vægt på, at Risø på håndværkssiden var et specielt sted. Hvad var det, der gjorde det specielt?

SR: Jo, der var noget specielt. Da jeg kom her, virkede det på mig som elektromekaniker lidt gammeldags f.eks. med de gamle kviksølvrelæer. Men man må sige, det var noget, der virkede.

HK: Nu kom du også fra Danfysik, det var vel ret high tech?

SR: Ja, det var rigtigt. Det var ligesom at gå lidt tilbage i tiden. Vi skulle f.eks. løbende pudse relæernes kontaktstykker og måle, hvor meget vægt, der var i kontaktsættene. På kviksølvrelæerne skulle vi måle faldtid for at sikre, at de slap kontakten indenfor en ganske bestemt tid. Men som sagt: Der var noget der virkede.

HK: Lavede I mange ting selv herude?

SR: Vi lavede en del selv, det gjorde vi. Dengang havde Risø også en konstruktionsafdeling. De nye forsøg eller de nye ting, der blev sat ind til reaktoren, var som regel noget vi købte hos dem.

HK: Når man på Risø lavede mange ting selv, var det så fordi man simpelthen ikke kunne få tingene andre steder eller var det, fordi man stolede mest på det, man selv havde lavet?

SR: Generelt var det udstyr, der kom oppe fra konstruktionsafdelingen gennemprøvet inden det blev sat ind. Og hvis vi selv lavede noget, så blev det hellere afprøvet tre gange for meget for at være helt sikre på, at det nu også fungerede. Reaktorsystemet var nemlig ømt og lukkede ned – trippede - på det mindste. De nye ting, der blev sat ind, skulle helst ikke give nogle utilsigtede stop. Det var sat i højsædet, at reaktoren ikke måtte standse uden det var noget, som vi selv foranledigede. Men selvfølgelig kunne man ikke undgå, at reaktoren lukkede ned, når der engang imellem var netsvigt. Men så var det jo nogle andre, der var årsag til at den trippede.

HK: Netsvigt var den mest almindelige årsag til trips ved reaktoren?

SR: Ja, det var netsvigt.

HK: Værkstedspersonalet og vagtpersonalet havde forskelligt fokus eller arbejdskultur. Heinz Floto har fortalt mig, at vagtholdene primært gik op i sikkerhed og havde til opgave at få reaktoren til at køre, mens værkstederne mere var mindede for vedligeholdelse.

SR: Jeg vil sige, at værkstederne også gik op i sikkerhed. Men det er rigtigt nok. Det var for os primært vedligehold og modifikationer.

HK: Men kan du genkende hans indtryk af at der så at sige var to forskellige kulturer?

SR: Det ved jeg ikke sådan lige. Nej...

HK: Havde I meget med hinanden at gøre til daglig?

SR: Ja, det havde vi. Det var ret vigtigt, fordi hvis vi skulle ind og lave noget på reaktoren, var det ret væsentligt, at man havde en god dialog med dem, der var ansvarlig for driften af den. Nogle gange skulle vi lave noget under drift, og så var det virkelig vigtigt, at man ikke kom til at trippe den eller fik lavet en eller anden utilsigtet hændelse. Hvis det skete, skulle man bagefter kunne forsvare, hvorfor det var sket. Hvis man havde haft et trip, var det noget, der blev taget op til morgenmødet, så det ikke skulle gentage sig.

HK: Kunne man så nogle gange sidde med krummede tæer?

SR: Ja, det kunne man godt. Jeg kan kun mindes, at jeg en enkelt gang ved en fejl har fået reaktoren til at trippe.

HK: Hvordan blev det så tacklet?

SR: Det tog man meget stille og roligt. Der skete en lille kortslutning således, at en sikring brændte af, hvilket forårsagede, at reaktoren gjorde, hvad den skulle og lukkede ned øjeblikkeligt.

HK: Hvordan blev det generelt tacklet, når medarbejdere begik fejl?

SR: Hvis du tænker på, om man kunne komme til at høre for det? Det kunne man godt! Men det gik da heldigvis over.



HK: På en alvorlig måde?

SR: Nej, nej. Det var mest drilleri mellem kolleger. Reprimander og sådan noget mener jeg ikke, at man havde på den måde. Men der er ingen tvivl om, at *hvis* man havde lavet noget alvorligt, så ville det nok blive en temmelig kraftig reprimande, man havde fået. Det er klart, at nogle skulle stå til ansvar for de konsekvenser, der kunne komme ud af det.

HK: Jeg forstår på Heinz Floto, at I blev opfordret til at komme og sige, hvis I havde opdaget et eller andet, eller hvis I selv havde begået en brøler.

SR: Endelig ikke gå hen og gemme det. Det var noget af det værste, man kunne gøre. Man kunne lige så godt få det på bordet med det samme, hvis det var noget, der ikke var helt, som det skulle være; først og fremmest for at undgå, at det skulle ske en anden gang. Normalt var det meget velovervejet, når man foretog ændringer. Man havde, som jeg før har sagt, som regel afprøvet tingene meget grundigt. Hvis der alligevel kom et reaktorstop, var det som regel simpelthen en tanketorsk, der var skyld i det.

HK: Når I skulle lave ting, hvor der var stråling, afprøvede I så procedurer, trænede dem inden I gik ind og gjorde det, så det kunne gøres så hurtigt som muligt?

SR: Der nok primært før min tid, man havde gjort det. Alle rutinerne var faktisk mere eller mindre på plads, da jeg kom. Min forgænger, Verner Stilborg, som var gået på efterløn, kom på sine 200 timer som efterlønssystemet tillod og underviste mig, hvis jeg skulle ind og lave noget, der var helt specielt. Han viste mig, hvordan jeg skulle gebærde mig og få lagt nogle blyække omkring det, inden man gik i gang, så strålingen blev mindsket til et minimum, og hvordan jeg skulle udføre eftersyn på tungtvandssystemets instrumenter.

HK: Du siger, at nogle af tingene så lidt gammeldags ud, da du kom. Men med hensyn til omgangsformerne har det så været en moderne, frisk arbejdsplads?

SR: Ja, det vil jeg nok sige. Selv om chefen kom forbi, så snakkede vi om tingene. Ledelsen kom på værkstederne og fulgte meget med i, hvad der foregik.

HK: Det var ikke folk, der sad i deres kontorer?

SR: Nej, det var det ikke.

HK: Hvis jeg siger fusk, hvad siger du så?

SR: Man kan sige, at fusk var i orden. Vedligeholdelse og pasning af reaktoren kom i første række. Men når det så var overstået, var der altid plads til lidt fusk. Det udvidede jo også horisonten for folk. Det er altid sundt at lave noget fusk, fordi man bliver klogere af det.

HK: Så det blev der set igennem fingre med?

SR: Ja, det var i orden. Det skulle bare ikke være sådan, at det tog overhånd og var det dominerende. Det ville man selvfølgelig ikke have.

HK: Det er vel også mange gange de dygtige medarbejdere, der har sidegesjæfter og går og eksperimenterer lidt?

SR: Ja, det er da rigtigt...

HK: Hvordan var det med arbejdstid, flekstid og sådan noget. Var det også moderne?

SR: Jeg kom jo fra en arbejdsplads, hvor vi hverken havde flekstid eller stempelur. Da jeg så kom hertil, var det rart at have en fridag hver fjortende dag. Jeg kom nemlig og har altid kommet tidligt om morgenen, og derfor gav det altid et overskud. Det var ren luksus med det. Med hensyn til, hvis man havde behov for at holde en fridag, fordi man havde nogle familiære ting eller noget man skulle have ordnet, så har der altid været velvilje fra ledelsens side.

HK: Hvordan så det ud på medarbejdersiden? Har I kigget meget på klokken og gået lige til tiden?

SR: Man falder hurtigt ind i en rytme, selv om man har flekstid. Så kommer man kl. syv, halv otte, nogle kommer kl. otte. Så man kan faktisk godt stille uret efter de personer, der kommer, selv om man har stempelur og flekstid. Man kommer ind i en rytme, og så går man deraf også hjem til en fast tid.

HK: Det er vigtigt at snakke om sikkerhed. Kan du sige lidt om, hvilke doser man som tekniker fik? Hvad har du selv har fået, mens du har arbejdet her?

SR: Ja, altså nu kan jeg kun lige tale for mig selv. Det var mest, når vi efterså ionkamre, at vi fik stråling. Ionkamrene var et måleudstyr, der kan sammenlignes lidt med et geigerrør, der sad helt inde tæt på reaktorkernen og måler reaktorens effekt. Det var en tung sag på 150 kg, som man trak ud. Ionkamrene skulle efterses, fordi strålingen ødelagde de kabler, der gik ind til dem, og derfor skulle vi reparere kabelenderne, så kablerne hele tiden var så friske som mulig. I den forbindelse fik jeg, så vidt jeg husker, det er jo snart nogle år siden, en daglig dosis på 30-40 mikrosievert. Det var noget i den stil, og det er en meget lille dosis.

HK: Det var når det gik højt?

SR: Det var når det gik højt. Der var noget, der var lidt mere aktivt end andet, sandsynligvis fordi det var mere stål i det. Det andet var ikke var nær så hot, måske fordi der var mere aluminium i. Det var dog kun, mens man trak det her ionkammer ud, at det strålede. Når det var kommet ud blev det lynhurtigt pakket ind med blyække, så vi mindskede strålingen til et minimum.

HK: Før vi tændte båndet, har du givet eksempler på, hvad stråling gør ved elektrisk udstyr.

SR: Blandt andet havde vi en masse bestrålingsfaciliteter i reaktoren, hvor der sad fotoceller og andet halvlederudstyr. Det kunne altså ikke så godt lide stråling. I løbet af et par måneder kunne sådan en fotocelle godt være ødelagt, også selv om den ikke sad direkte inde i noget *beam* - den sad uden for reaktoren, f.eks. oppe på toppen. Jeg nævnte også det med kablerne.

HK: Hvad var der med dem?

SR: Almindelige elkabler, bliver fuldstændig skørt som et stykke glas og springer, når de har siddet et sted, hvor der har været stråling. Det gør de faktisk også i sollys, men i gammastrålingen fra reaktoren intensiveres processen mange gange.

HK: Du har også fortalt, at hvis man i dag placerer et kamera i reaktortanken på DR3, bryder det sammen i løbet af et kvarters tid, selvom reaktoren har været lukket i næsten syv år nu.

SR: Det er rigtigt. Der er så meget gammastråling tilbage i reaktortanken på DR3, at strålingen sagtens kan ødelægge kameraet i løbet af et kvarters tid sådan cirka. Sidst har jeg været på DR2 her i februar måned, lige inden man pillede indmaden ud af reaktortanken, hvor vi også havde et kamera nede. Det er jo over 30 år siden, at den reaktor blev lukket ned. Men også her begynder kameraet faktisk i løbet af halvanden times tid at blive lidt underligt. Men

det er ikke så kraftigt her på DR2 og det er som om, at kameraet kommer sig lidt igen, når det kommer væk derfra. Det starter gerne med, at det viser lidt sne, som man kender det fra et gammelt fjernsyn. Der kommer mere og mere sne og lige pludselig bliver skærmen sort. Hvis det først når at blive sort, er kameraet færdigt.

HK: Fik medarbejderne et kursus i stråling og kontamination, når de begyndte herude?

SR: Da jeg kom her på Risø for ca. 20 år siden, var det Erik Thorn, der holdt et kursus for nye medarbejdere. Det var for øvrigt et ekspreskursus. Vi var nemlig en tre-fire nye medarbejdere, og vi skulle netop ind og kigge på et ionkammer, hvilket ikke var tilladt, før vi havde modtaget det kursus. Vi fik derfor et ekspreskursus. Derudover kan jeg fortælle, at man på Risø også holdt et kursus, som varede - så vidt jeg husker - en hel uge, men dog kun hver formiddag. Man kom op og fik undervisning i, hvordan man kunne finde forskellige instrukser, så man kendte Risøs regelsystem omkring, hvordan man fandt instrukser. Alt efter hvad man skulle arbejde, lærte man at finde de instrukser, der lå omkring det.

HK: Hvor meget blev I overvåget løbende mht. jeres strålingsdosis?

SR: Der har vi en helseafdeling, der for øvrigt var en selvstændig afdeling, der ikke havde noget med DR3's drift at gøre. Således at der ikke var noget med, at nogen med insiderviden kunne manipulere med nogle tal. Den afdeling holdt øje med os. Hver eneste dosis, vi fik, blev målt og kontrolleret af dem.

HK: I blev også tjekket for kontamination, altså hvor meget I havde i kroppen?

SR: Er det helkropstælleren du tænker på? Risø har et gammelt kanontårn fra fregatten Peder Skram, som er lavet af et materiale fra før den tid, hvor man brugte blandingsprodukter til metalfremstilling. Det er derfor meget rent m.h.t. radioaktive urenheder, som kan give anledning til forhøjet niveau. Man kommer derop og sidder i den i to timer, og bliver så simpelthen målt på, om man har radioaktive stoffer i sig. Hvis man har indtaget noget igennem mund og næse, så kan man simpelthen måle, om det giver anledning til et forhøjet niveau på kroppen. Der var nogle få stykker, der kørte i en bestemt rytme, der var oppe og blive tjekket i den der. Jeg personligt har kun prøvet det en enkelt gang, fordi den faktisk på et tidspunkt gik ud af brug. I dag måler man det i urinen. Hver måned indgiver vi en urinprøve, hvor man tjekker for kontamination og om der er tritium fra tungtvandsdampe i urinen. Hvis man har haft noget med tungt vand at gøre, kan man indgive en særskilt urinprøve for at kontrollere, om man skulle have indåndet tritium. Tritium er en radioaktiv brintisotop, som indåndes gennem åndedrættet og kan trænge igennem huden. Det er virkelig noget, man skal passe på at komme i nærheden af. Alle på afdelingen fik et årligt lægecheck. Der kom en læge fra Roskilde ud på Risø, og vi blev så indkaldt til kontrol.

HK: Har du mødt forskellige holdninger til, hvor farligt det var at arbejde herude?

SR: Tænker du på internt eller eksternt?

HK: Ja, jeg tænker internt. Er der nogle medarbejdere, som har været nervøse?

SR: Nej, generelt har man følt sig tryk ved, at Anlægshelsefysik har holdt meget nøje øje med os. Jeg kan ikke vide, om der måske er nogle, der har gået inde med lidt skræk for det. Det kan man aldrig vide. Men det er ikke noget, man sådan har snakket om.

HK: Nej, men der er vel også nogle, der har den modsatte holdning, som er fuldstændig ligeglade med det?

SR: Jeg vil ikke sige, der er nogen, der er ligeglade...

HK: Det er måske også et dårligt ord at bruge. Men forskellige grader af dødsforagt er der vel altid?

SR: Ja, men sådan er det med alting. Nogen elsker at svine sig til med olie, eller hvad det nu kan være... Sådan nogle typer har man selvfølgelig også, som sige ”nåh ja, det går nok det her”. Men generelt har man bestræbt sig på at holde et så lavt niveau som vel muligt.

HK: Det her er ikke et sted, hvor man skal være alt for klatfingret?

SR: Nej, ikke når man har med sådan noget her at gøre. Man kan sige, at strålingen ved du som regel, hvad er. Man ved at strålingen kommer fra et bestemt sted, f.eks. fra reaktorkernen eller en isotop. Men kontamination er straks meget værre. Det er lige som støv, du kan bare ikke se det. Hvis ikke du passer på, så har du i et nu spredt det ud over et kæmpe område. Der har vi igen Anlægshelsefysik, som jævnligt har taget prøver f.eks. af vores arbejdsborde. Var der forhøjet tælleletal, blev der med det samme kommanderet vask af bordet eller gulvet, eller hvad det nu kan være, netop fordi en spredning ikke måtte ske.

HK: Men der altid nogen, der er lidt mere grisede. Har man drillet dem lidt? Der har vel også været en eller anden form for humor omkring det?

SR: Jeg vil nok sige, at man generelt har holdt lidt justits på hinanden og sagt: ”her stopper vi”. Man holder hinanden lidt i ørerne med sådan noget her.

HK: Hvad er din egen holdning til det?

SR: Jeg er meget pertentlig med rengøring. Jeg vasker hænder mange gange om dagen. Jeg har utrolig meget respekt for det, for ikke at komme til at svine til. Lige sådan med at tjekke ting, inden man tager dem ud. Jeg tjekker dem hellere et par gange for meget for at være helt sikker på, at det er i orden.

HK: Har Risø, navnlig DR3, været en populær arbejdsplads i lokalområdet?

SR: Det er et godt spørgsmål. Du tænker altså på, hvis man gik ind til Roskilde og spurgte om det?

HK: Ja, kunne man prale lidt med det over for naboen?

SR: Nåh ja, det kan man godt sige. Da det kørte, var det sådan lidt ekstra at være her. Derimod så vil jeg nok sige, at efter man besluttede at lukke reaktoren, så har vi godt nok været noget i modvind. Vi har også haft politikere, som har brugt os lidt - måske for at skabe en politisk karriere - brugt os lige vel rigeligt og slidt på os.

HK: Men længere tilbage var det et fint sted at være?

SR: Ja, det må man nok sige. Generelt havde folk den idé, at det må være et interessant sted at være. Det har det skam også været, men der var også mange trivielle opgaver, som f.eks. det jeg har nævnt med at pudse relæer. Det var trivielt og det var noget, der skulle overstås.

HK: Men det har vel været en arbejdsplads, der har givet nogle udfordringer til folk?

SR: Hvis du selv havde lyst, så mener jeg altid, at forholdene har været frie.

HK: Vi skal vist til at sige tak, medmindre du har noget, du gerne vil tilføje?

SR: Vi var vist ikke inde på det med, at hvis man købte noget nyt udstyr direkte fra en forhandler, kunne det - og det kan det også stadig væk - mange gange give anledning til nogle diskussioner. Mange gange lever de produkter som man køber, ikke op til de sikkerhedsfaktorer, som vi gerne vil have. Vi vil altid have, det skal falde ud til den sikre side, hvis udstyret går i stykker. Hvis det sker skal udstyret altid give anledning til en alarmtilstand eller et stop, og det er ikke altid, at det gør det. Vi altid kæmpet meget for at bevare den ideologi omkring det der, så det var så sikkert som muligt.

HK: Det er simpelthen fordi den logik, som det elektriske kredsløb inde i reaktoren kører efter, er lidt forskellig fra...

SR: Det engelske system, der er her, er baseret på absolut sikkerhed. Som eksempel kan man nævne, at hvis f.eks. en måler giver anledning til, at der er mindre i en tank, så er der en anden måler, der skal give anledning til, at der er mere i en anden tank. Den logik har man haft helt fra begyndelsen af. Hvis der f.eks. undslap noget væske ville du få en alarm tilstand.

HK: Er det årsagen til, at I hele tiden har lavet meget selv herude?

SR: Vi har i hvert fald hele tiden nøje studeret, om de her sikkerhedsfaktorer var til stede. Og som jeg nævnte: Vi afprøvede hellere en eller tre gange for meget.

HK: Så meget, at nogle kunne synes, det var for meget af det gode?

SR: Ja, det kunne man godt risikere. Men vi kender jo alle sammen Murphy's lov, at hvis noget kan gå galt, så gør det det. Jo mere du har sikret dig, at du har prøvet alting, så kommer du ikke i den situation. Ellers tror jeg ikke, jeg kan tilføje så meget mere.

HK: Så vil jeg på museets vegne sige tak for, at du har medvirket i interviewet.

SR: Selv tak.

### 3.6. Brugersiden: Et interview med materialefysikeren Bente Lebech

HK: Det er mandag den 2.4.2007. Jeg sidder på Risø for at interviewe Bente Lebech [BL]. Vil du starte med at fortælle, hvordan du kom til Risø, hvordan du er uddannet, hvordan det første arbejde var, og hvad du blev ansat til?

BL: Ja, det kan jeg godt prøve. Det startede egentlig med, at jeg på Polyteknisk Lærestalt havde Otto Kofoed-Hansen som professor i reaktor fysik på 2. del, i øvrigt et nystartet fag. Kofoed-Hansen var også chef for Risøs fysikafdeling. Jeg startede på Polyteknisk Lærestalt i 1956 samtidig med, at det hele også startede herude på Risø. Da vi skulle til at vælge eksamensarbejde, det som nu hedder speciale, blev der udbudt forskellige projekter. Jeg valgte et projekt, der lå i acceleratorafdelingen på Risø, hvor man havde en elektronaccelerator, som egentlig var købt hjem, fordi man havde tanker om at lave bestrålede fødevarer. Mit speciale omhandlede magnetisme, mere præcist hvad der sker med magnetisk materiale, når man bestråler det med elektroner. Kofoed-Hansen var som sagt chef for fysikafdelingen, hvorunder acceleratorafdelingen, DR1 og stort set også al reaktor fysik hørte, så han havde en masse fra vores gruppe som specialestuderende, formelt i hvert fald. Da mit projekt var ved at være afsluttet, spurgte han, hvad jeg kunne tænke mig, når jeg var færdig. Jeg sagde, at jeg godt kunne tænke mig at fortsætte med noget i stil med specialet, og så sendte han mig ind på Christiansborg, til fru Bruun. Det var stort set hende, der håndterede alle ansættelser osv.

HK: I Atomenergikommissionen?

BL: Ja. Jeg tog ind og snakkede med hende, og hun sagde: ”Jamen, så sender jeg dig et brev så du kan starte på Risø 1. februar 1962”, og så var jeg ansat. I acceleratorafdelingen mødte jeg min mand og vi blev gift. Han var teknikumingeniør og blev af Kofoed-Hansen sendt til USA et år, hvor jeg så kom med som det tynde øl. Det var af en noget anden type end det kunne lade sig gøre ved Risøs elektronaccelerator. Der ville blive mere kemipræget. Jeg var interesseret i fysik. En af de første dage efter vi var kommet hjem i slutningen af november 1963 gik jeg gik jeg over til Kofoed-Hansen og sagde, at jeg havde overvejet, at jeg egentlig godt ville lave et licentiatprojekt, men ikke i noget, der havde med acceleratoren at gøre. Så sagde han: ”Ja, men jeg står og mangler en til neutronspreddning”. Det anede jeg ikke hvad var, men han trak mig med ind til Ove Dietrich, der var beskæftiget med det. Han var cand. mag. og var en af de første, der blev ansat i fysikafdelingen. Ove tog mig med ned til DR3 og viste mig rundt. Der mødte jeg Allan Mackintosh, som var gæsteforsker. Han stod med et af de instrumenter, der var flyttet over på DR3, og lavede nogle målinger, der skulle være meget præcise mht. temperatur, og han sagde: ”Ja, jeg er temperaturregulering, så jeg har desværre ikke rigtig tid til at snakke med dig.” Vi kom rundt om reaktoren og op igen, og så sagde Kofoed-Hansen: ”Du kan flytte herover i fysikafdelingen i morgen, og så snakker vi sammen om, hvad du skal lave.”

Næste dag blev jeg så præsenteret for en forsøgsopstilling, der skulle sættes op ved DR3. Det var en anden type instrument end dem, der var der i forvejen. Jeg fik så at vide, at der 1. april 1964 ville komme en polsk forsker, som skulle starte på det instrument. På det tidspunkt var der ikke taget et spadestik til noget som helst, men der var nogle tanker, og der havde været nogle møder med DR3, så noget af det var gået i gang. Jeg var grøn og naiv, så jeg gik rundt og sagde til alle, der gad høre på det, at det her eksperiment skulle være klar til brug den 1. april. Det var virkelig naivt, kan jeg godt se nu, men fordi jeg stædigt blev ved med at fastholde det, så var det næsten klart, da den polske forsker kom. Det var teknisk set et forholdsvis enkelt instrument. Men det var nok også, fordi jeg blev ved med at hævde, at det skulle være klart, at det faktisk blev det.

Vi havde en mægtig dygtig tekniker i fysikafdelingen, der hed W. Kofoed. Det var ham, der så at sige lagde grundlaget for den tekniske ekspertise, der blev bygget op til at lave neutronspreddningseksperimenter. Han var virkelig på mange måder en fantastisk konstruktør, og det er ham, der har opdraget alle de teknikere, vi er endt med at have. De har alle været virke-

lig kompetente. Det bør han efter min mening have en kæmpe ære for. Det var sådan set den måde, det startede på.

Jeg arbejdede med det instrument i ca. 5 år, hvor vi dels udviklede instrumentet, dels lavede forskellige eksperimenter relateret til magnetisme. Det viste sig dog ret hurtigt, at det ikke var så velegnet til at være på DR3, fordi der ud af en reaktor kommer det, som man kalder et hvidt neutronstrålebundt, dvs. neutroner af alle mulige bølgelængder. Vi er imidlertid kun interesseret i de termiske neutroner, dvs. lavenerginutroner. De mest succesfulde instrumenter, vi har haft på DR3, er faktisk dem, hvor man ud af det hvide neutron strålebundt vælger en bestemt bølgelængde, så man har en enkelt bølgelængde, fordi de lav energetiske neutroner har en bølgelængde, der nogenlunde svarer til de naturlige afstande i faste materialer, og svingningsfrekvenserne passer også til frekvenser i materialer. Dvs. målestokkene passer sammen.

HK: Er det det man kalder et monokromatisk beam?

BL: Jo, et monokromatisk strålebundt, det er kun én bølgelængde, eller i hvert fald et snævert område af bølgelængder. Det var den gængse type. Men det instrument, som jeg fik ansvaret for, var et instrument, hvor man brugte alle neutroner i det hvide neutronstrålebundt, og så skulle man finde ud af, hvilke energier der hovedsagelig blev spredt fra det prøveemne, som man satte op i det hvide strålebundt. For at kunne gøre det, er man nødt til at kunne måle neutronernes energi, og det gjorde man ved *time-of-flight*. Det vil sige, at man skal vide hvornår det hvide neutronstrålebundt starter inde fra reaktorens centrum og hvornår det, efter spredning, rammer detektoren. Hvis man kender afstanden mellem reaktorens centrum og detektoren kan man beregne neutronens hastighed, dvs. dens energi, eller ækvivalent dens bølgelængde. For at bestemmer start og stop tidspunkterne chopper man det hvide neutronstrålebundt, så der kommer regelmæssige pulser, og med passende elektronik kan man så få sorteret neutronerne efter ankomsttidspunkt i detektoren. Det hedder *time-of-flight* teknik. Man kan f. eks. lave pulser ved at rotere en neutron absorberende skive med et hul i. Hver gang der er hul igennem, kommer der neutroner ud. Det er selvfølgelig ikke særligt effektivt, man kan højst få to pulser pr. omdrejning. Man kan godt have en høj intensitet i reaktorens centrum for alle bølgelængder, men når man chopper strålen er der kun en brøkdel af intensiteten tilbage. Hvis man derimod udvælger et monokromatisk neutronstrålebundt, så bruger man al intensiteten ved den pågældende bølgelængde. Og derfor er *time-of-flight* teknikken brugt på en reaktor af DR3-typen, hvor der kommer neutroner hele tiden, det der hedder en *steady-state* reaktor, ikke særligt effektiv. Derfor blev det instrument simpelthen nedlagt. Vi brugte det hovedsageligt til at afprøve den teknik.

HK: Hvad hed det instrument?

BL: Det hed TOF (Time-Of-Flight), i modsætning til alle de andre, som kom til at hedde TAS (Three-Axes-Spectrometer eller Two-Axes-Spectrometer). Arbejdet med *time-of-flight* teknikken var dog ikke spildt. Nu bygger man jo mest de pulserende neutronkilder, spallationskilderne. De er pulsede af natur, og her får man al intensiteten i hver eneste puls, så der bruger man faktisk i vid udstrækning *time-of-flight*. Den type instrument, som jeg oprindeligt brugte på Risø, bruges nu f. eks. på ISIS i England. Det er også den type, man tænker på at bruge i forbindelse med ESS (European Spallation Source), som er på tegnebrættet og ikke er vedtaget, men som forhåbentlig bliver det på sigt.

HK: Hvad er en spallation source?

BL: Det er en neutronkilde, hvor man har et eller andet tungt materiale, f.eks. kviksølv (jeg ved godt, det rent miljømæssigt ikke lyder så godt og der er også andre muligheder), som man sender stråling ind imod, som så slår neutroner løs.

HK: Det er gammastråler, man bruger?

BL: Nej, og det er heller ikke en fissions proces. Man bruger en accelerator, der laver partikler, i dette tilfælde protoner. De accelereres op til stor hastighed, og sendes ind i det tunge materiale hvorved der slås neutroner ud af materialets atomkerner. Det hedder spallation. Der vil selvfølgelig være radioaktivitet til stede under processen. Men det er noget, man faktisk kan slukke og tænde for på en kontakt. Processen går i stå i samme sekund, man tager strømmen fra acceleratoren. Affaldsproblematikken er slet ikke af samme størrelsesorden som den er for en reaktor. Det er en moderne, renere proces og den kan give væsentligt større fluks end reaktorer. Reaktorernes fluks er stort set på det stadi, de kan komme op på nu. Men spallationskilderne kan altså give nogle faktorer mere.

HK: Hvad kommer man så op i, en neutronfluks på  $10^{16}$  eller hvad?

BL: Ja, sådan noget lignende. En udregning fra 2001 gav en tidsmiddelfluks på ca.  $2 \cdot 10^{15}$ . Fluksgevinsten kommer fordi man kan udnytte den pulsede struktur og det giver ca. en faktor 100 ekstra.

HK: Hvad kan disse instrumenter bruges til? Hvad er det for en form for fysik, der er foregået ved DR3? Det er selvfølgelig et stort spørgsmål, men hvad er det du har lavet?

BL: Den største del af den fysik, der er foregået ved DR3, har været studier af magnetisme, oprindeligt specielt i såkaldt sjældne jordarter, senere også i superledende materialer. Der findes en grundstofgruppe, der hedder sjældne jordartsmetaller. Dem har man undersøgt meget på Risø, faktisk meget fra allerede fra starten i 1965 eller deromkring, og helt frem til reaktoren lukkede. Men hovedsageligt i de første 10 år blev meget af det banebrydende arbejde inden for magnetisme i sjældne jordartsmetaller lavet på Risø. Initiativtagerne var Allan Mackintosh, der dengang var professor på DTU, og Hans Bjerrum Møller, der skrev fysikafdelingens første doktorafhandling. En pudsig historie om den doktorafhandling blev sendt til Bjerrum Møller fra kolleger på AaU. Den var dukket op i ??Mors Avis?? (jeg husker ikke hvad avisen hed), hvor man troede afhandlingen drejede sig om, der jo er noget sjældent jord, men slet ikke det samme som grundstofferne sjældne jordartsmetaller.

Et andet fænomen man kastede sig over, hedder kritisk spredning. Her kigger man på faseovergange, dvs. orden/uorden-overgange, både i krystalstrukturer og indenfor magnetisme. Det var Jens Als-Nielsen, der nu er professor på KU, som var primus motor. Det arbejde, der blev lavet der, var meget, meget flot. Der en hel disciplin inden for faststoffysik, der hedder renormalisationsgruppeteori, der beskriver kritiske fænomener. En stor del af det eksperimentelle arbejde, der førte frem til den teori, blev lavet ved DR3 af Jens Als-Nielsen og Ove Dietrich, men nok mest Als-Nielsen. Han lavede sin doktorafhandling på beta-messing, jeg tror det var i 1969. Ove Dietrich skrev også en doktorafhandling lidt senere. Det var på sjældne jordartsmetaller, men samme type fænomen. Det var ret banebrydende arbejder.

Til at bistå med fortolkningen af alle de eksperimentelle resultater der væltede ind, ansatte man, faktisk inden han blev færdiguddannet, en teoretiker, Per-Anker Lindgaard. Han var også med i det arbejde. Det var ret usædvanligt på det tidspunkt, at eksperimentalfysikere hyrede en teoretiker, men det gav et uhyre frugtbart samspil.

I virkeligheden kom en meget stor del af dem, der var ansat i fysikafdelingen, fra DTH i Sølvgade. Det var nemlig derinde at den moderne fysik i og for sig startede. På dette tidspunkt var det hovedsageligt kernefysik, som man lavede i Danmark, og det var på Niels Bohr Institutet. Alle de nye ting, som f. eks. faststoffysik, blev startet på DTH. Og så var der jo det ved det, at det var så store instrumenter, der skulle bruges, at det på en eller anden måde krævede en ingeniørtilgang. Når jeg rejser ud og ser andre folks instrumenter af samme type, så føler jeg, at det var nyttigt at vi på en eller anden måde alle havde en ingeniørbaggrund. Selv om ingen af os jo har arbejdet som ingeniører, så har der været en mere teknisk tilgang til tingene, så vi allerede i begyndelsen fik lavet instrumenterne færdige. Noget af det, der karakteriserer Risøs instrumentering, er, at man havde en idé, og man testede den godt, sommetider på primitiv vis, og når den så var testet igennem og viste sig at kunne bære, så



byggede man et ordentligt instrument. Det var ikke det, som jeg plejer at kalde sytrådsfysik, hvor man prøvede at spinde tingene op med de forhåndenværende sytråde og save et hjørne af hist og pist og sådan noget. Det gjorde man til at begynde med, men når det så var der, så blev der bygget noget andet. Det gjorde, at vi fik ry for at have instrumenter af høj klasse.

HK: Så teknikerne betyder meget?

BL: Inden for eksperimentel fysik betyder teknikerne simpelthen meget. Og de skal efter min mening helst sidde tæt på forskerne, så der er et samspil. Det skal ikke være noget med en eller anden konstruktionsafdeling. Risø havde også en konstruktionsafdeling, men det var faktisk et samspil mellem os og vore egne teknikere at få bygget instrumenter. Nogle af tingene blev måske nok lavet i samarbejde mellem teknikerne og konstruktionsafdelingen, men den basale idé udveksling foregik i fysikafdelingen. Vores teknikere havde også et fabelagtigt godt forhold til Risøs værksted, som også har haft mægtig dygtige folk, der virkelig har kunnet lave ordentligt arbejde. Det er altså alfa og omega.

[...]

HK: Så DR3 har været bedre instrumenteret, end de reaktorer som lignede DR3?

BL: Ja, i hvert fald. Ja, den har været konkurrencedygtig, også med en højfluksreaktorer, f. eks. som den, der ligger i Grenoble, bl.a. på grund af instrumenteringen, og fordi der på et meget tidligt tidspunkt blev gjort meget for at optimere tingene. Vi renoverede vores instrumenter, og det var der mange steder de ikke gjorde. De byggede simpelthen instrumentet, og så var det det. Vi har været igennem i hvert fald en 3-4 runder, hvor der er blevet nybygget instrumenter eller dele af instrumenter. Sidste runde var faktisk dårligt afsluttet, da reaktoren blev lukket. Da var den fire år gammel eller sådan noget. Men der var stadigvæk nye instrumenter på bedding på det tidspunkt.

[...]

HK: En reaktor kan bruges til mange formål. Hvordan blev det bestemt nøjagtigt hvad?

BL: Som jeg ser det, var det fysikafdelingen, og nok hovedsageligt Kofoed-Hansen, fordi han var den eneste ældre. Vi kom alle sammen stort set frisk fra fad. Da jeg startede, var den ældste, Hans Bjerrum Møller, vel 30, og jeg var 25, og de andre har ligget der midt imellem. Og så var der Kofoed-Hansen, som har været lige først i fyrreerne, som egentlig var den eneste erfarne rotte. Men han fik en masse gæsteforskere trukket til sig, fordi han var meget anerkendt inden for kernefysik og havde et kæmpe netværk. Han sørgede for, at der hurtigt kom erfarne gæsteforskere fra Brookhaven og andre steder til Risø, både inden for neutronspreddning, plasmafysik og mikro-meteorologi.

Det var i løbet af de første par år, at det gik op for fysikafdelingens folk, at DR3 simpelthen var superb til det, der skulle laves. Den var bedre end den de da havde på Brookhaven, og på niveau med den, de var ved at planlægge at bygge der. Som jeg ser det, foregik det bare ved, at Kofoed-Hansen sagde til Risøs direktion, at vi måtte have flyttet neutronspreddningen over på DR3. På det tidspunkt var Risøs direktør også en fysiker, Flemming Juhl. Samtidig skete der jo det, at elværkerne ikke ville have reaktorteknologi. De var bange for at miste, skal vi sige, deres eget monopol. De ville overhovedet ikke høre om elektricitetsproduktion med reaktorer.

HK: Det var allerede i 60'erne?

BL: Ja, det skete jo samtidigt. Så stod man med denne reaktor, der simpelthen var superb til at lave neutronspreddnings eksperimenter på. Det var ikke det, den oprindeligt var tænkt til, men det var det, den endte med at blive brugt til. Allerede fra 1965 var vi rykket ind derovre. Men

det var jo reaktorfysikere, der drev DR3. De så jo med meget slet skjult utilfredshed på, at vi pludselig rykkede ind, og at det pludselig blev os, det drejede sig om. Så det skabte altså nogle gnidninger med toppen af DR3, også med de vagthavende ingeniører.

HK: De ville hellere teste brændselselementer?

BL: Ja, eller udvikle nye reaktorer. Det kan man jo sådan set godt forstå. Det var deres fag. Det var det, det startede med. Og så kom vi pludselig og begyndte at sætte os på alle de vandrette forsøgsrør, som de godt nok ikke rigtigt vidste, hvad man skulle bruge til, fordi de ikke var velegnede til reaktorforsøg. Og vi fik penge til denne forskning. Man må nemlig sige, at man fik rigeligt med penge dengang. Man gik ind til Kofoed-Hansen og sagde, at man skulle bruge det og det, og så sagde han: "Nå, skriv 10 linjer om hvorfor, og kom så ind og læg det", og så kom pengene. Budgetter var sådan noget, man skrev på et halvt A4 ark. Så skrev man nogle tal ned, om hvor mange penge man skulle have næste år, og så fik man dem. Der var ikke noget der, og det var selvfølgelig også en af grundene til, at det blev en succes. Ting koster penge. Det blev sådan set ved indtil godt op i halvfyrdserne. Jeg vil ikke sige, at det stoppede, men fokus skiftede noget, fordi Bjerrum Møller i mellemtiden var blevet afdelingschef. Han havde fungeret som leder af neutronfysikgruppen. Nu blev Als-Nielsen blev sektionsleder eller gruppeleder. Han begyndte at interessere sig for synkrotroner og synkrotronrøntgenspredning, og så blev en masse penge kanaliseret over i det, fordi det var nyt, og man kunne sige at meget af det andet veletableret og udbygget. Det tog i en vis årrække nogle penge, der gik fra neutronspreddning, hvor ting blev udskudt osv. I det lange løb, når man ser det i tilbageblik, så var det faktisk på sin vis en fordel, fordi udviklingen af teknikkerne kunne ping-ponge lidt med hinanden. Der var nogle andre krav til synkrotronstråleforskning, end der var til neutronspreddning, og det fik så tilbagevirkende, afsmittende effekt på neutroninstrumenterne senere hen. Så selv om man godt kunne være lidt knotten over, at pengene forsvandt, så vil jeg sige, at det på lang sigt har været en fordel, at man udviklede noget nyt i stedet for at blive ved med at køre i den samme gamle gænge, fordi man så 10 år efter kunne tillade sig at sige "at nu må vi altså bygge det her op igen".

HK: Forstår jeg dig ret, hvis jeg siger, at det så nærmest var fysikafdelingen, i starten Kofoed-Hansen, der bestemte, hvad reaktoren skulle bruges til?

BL: Ja, det var folk fra neutrongruppen, der bestemte hvad type forskning, vi skulle lave. Der var ingen overordnet styring på den måde. Men succeskriteriet var selvfølgelig, at der skulle publiceres. Og der kom virkelig mange gæsteforskere, vi tiltrak en sværm af gæsteforskere op igennem 70'erne. Der kom mange dygtige folk, der sidder rundt omkring i topstillinger nu. Og vi havde mange Ph.d.-studerende dengang, hovedsageligt fra DTU, som også er kommet ud omkring.

HK: Hvor er så reaktoroperatørerne henne i det...?

BL: I de første mange år, 10 år eller mere, havde vi meget fornøjelse af reaktoroperatørerne, fordi de jo var der hele tiden. De instrumenter, vi havde, og de eksperimenter vi lavede kørte nemlig i døgndrift og krævede, at man brugte flydende helium og flydende kvælstof, som skulle fyldes op regelmæssigt. Og på den måde hjalp de. De sørgede for påfyldning af flydende kvælstof døgnet rundt. I de første år, indtil instrumenteringen virkelig blev strømnet i den forstand, at man fik computer på osv., da hjalp de os med sådan nogle ting som f. eks. temperaturlæsning. Mange eksperimenter krævede, at man monitorerede temperaturen regelmæssigt, og det fik vi operatørerne fra DR3 til, f.eks. en gang i timen. Vi kunne give dem et skema og sige: "I skal gøre det og det og gå ned og måle de der ting en gang i timen, når vi ikke selv er der, om natten og i weekender." Stort set 16 timer i døgnet tog de sig af det. De har lavet mange målinger med lange tabeller, hvor de skrev ind osv. Det var ret komplicerede ting, som man gjorde på gammeldags facon dengang, hvor man ikke havde digital-

voltmetre osv., men måtte bruge med spejlgalvanometre, modstandsbokse og sådan noget. Der ydede reaktoroperatørerne en kæmpeindsats.

HK: Men så var I vel også nødt til at have tillid til dem?

BL: Jamen, det havde vi også. Og de gjorde det samvittighedsfuldt og ordentligt. Det er helt sikkert. Der var mange målinger, der ikke kunne have været gjort, hvis ikke de havde været der. Når vi f.eks. skulle se på ting i et magnetfelt - vi fik nemlig allerede i 70'erne superledende magneter, hvor man skulle ændre magnetfeltet undervejs efter at have målt i nogle timer - det kunne man også få dem til at tage sig af. Det gjorde de altså godt. Vi havde et glimrende forhold til dem. De var lige så samvittighedsfulde over for vores ting som vores egne teknikere. Reaktoroperatørerne har dog ikke fyldt flydende helium på noget udstyr. Det prøvede vi på et tidligt tidspunkt og det kunne de godt have lært. Men problemet er, at det kan man ikke forlade midt i det hele, og det skulle de jo. Hvis der var et eller andet problem med reaktoren, så skulle de kunne forlade det de havde gang i straks, for reaktoren havde jo første prioritet. Man kan ikke fylde helium på, hvis man pludselig skal rende midt i det hele. Fordi der bliver sprunget en måling over en time, sker der jo ikke noget ved det. Det kan man jo se i tabellerne. De skulle bare skrive klokkeslettet på, hvornår de lavede målingen. Det var ca. en gang i timen, de skulle gøre nogle ting. Så var der jo altså andre ting, der havde højere prioritet, det er klart.

HK: Som jeg ser det, er det korrekt, at det i 90'erne går lidt tilbage? I rømmer i hvert fald nogle af de vandrette forsøgshuller?

BL: Jamen, det var faktisk ikke derfor. Jo, det kan du godt sige. For det havde selvfølgelig noget at gøre med synkrotronaktiviteten. Der var jo stort set den samme mængde mennesker ansat, så filosofien var og er sådan set bare den, at vi hellere vil have nogle ordentlige instrumenter, der bliver bemanded ordentligt end at have halvdårlige instrumenter, der ikke er bemanded ordentligt. Nogle gik så over og lavede synkrotronstråling. Den totale aktivitet af den samlede (neutron- og synkrotronstråling) spredningsgruppe, som man kan kalde den, var den samme op igennem 80'erne og indtil 1990, hvor vi fik et internationalt EU-program ind i folden. Da kom der så voldsom aktivitet på DR3 igen, fordi der kom nogle fondspenge ind fra EU. Det gjorde, at man kunne ansætte nogle folk mod at skulle tage gæster og projekter udefra, som vi ikke selv kunne bestemme, om vi var interesserede i eller ej. Vi kunne godt sige, at det der projekt tror vi ikke kan lade sig gøre, eller at det er nogle personer, som vi har dårlige erfaringer med. Men selve initiativet til at lave de enkelte nye eksperimenter kom fra folk vi ikke tidligere havde haft fælles interesser med, i modsætning til tidligere. Tidligere var gæster udefra enten kommet med nogle af ideerne til interessante eksperimenter indenfor vores interesser, eller, vi havde selv ideerne og gæster kom så med prøveemner, i form af for eksempel store en-krystaller, eller specielt fremstillet nødvendigt ekstra udstyr og ekspertise. Men det var interessefællesskabet, der gjorde, at de kom til Risø og lavede eksperimentet. Man mødte nogle ved en konference og snakkede med dem, og så foreslog man, at det kunne vi da lave sammen, og jeg kan skaffe måletid på DR3. Vi havde selv masser af måletid. Indtil EU-programmet rådede vi nemlig selv over de instrumenter, vi havde. Og vi kunne stort set, inden for rimelighedens grænser, bestemme, hvad der skulle ske, og det kunne man også i meget vid udstrækning gøre selv efter, at vi fik EU projekter. Der var så referee på hvilke ting, der fik tilskud fra EU. Men vi havde faktisk så stort et kontaktnet på det tidspunkt, at man næsten ikke mærkede, at der var noget af det der var tvangsarbejde.

HK: Har der aldrig været diskussioner om de overordnede linjer?

BL: Ikke de overordnede. Der har været knotterier om penge ind imellem, men jeg har i hvert fald ikke følt, at der har været store slagsmål om, hvad der skulle laves og hvad der ikke

skulle laves. Der har været kampe om at få teknikerhjælp, f.eks. da synkrotron-stråleforskningen tog fart, da var der nogle udbygninger af SANS<sup>59</sup> som blev skubbet og skubbet hele tiden.

HK: Jeg tænker ikke kun internt i jeres afdeling, men også med de andre afdelinger. Reaktoren blev jo også brugt til andre ting, f.eks. NTD-silicium. Har disse ting kunnet leve ved siden af hinanden?

BL: Ja, det må jeg sige. De har kunnet leve sammen. Fysikafdelingen har nok fået broderparten af hjælpen fra værkstedet. Men der har selvfølgelig været nogen skubben og prioriteringer, det har der. Men det har ikke været på den måde, at man har mærket det meget. Det synes jeg ikke. Det kan være, der er andre der har syntes det, men det synes jeg altså ikke. Der har selvfølgelig været episoder, det er klart, men ikke noget, man husker.

[...]

HK: Det lyder ikke, som om der er ret mange af de instrumenter der har været ved DR3, der har været standardinstrumenter. Det er alt sammen noget, I har lavet selv?

BL: Ja, det har vi. Det er ikke nogle, du har kunnet købe. Og det mener jeg er en fordel. Der har dog været et enkelt instrument ved DR3, som danske krystallografer - hovedsageligt fra Kemisk Institut i på Aarhus Universitet - brugte. Krystallografer kan nemlig bedst lide nøglefærdige instrumenter. Instrumentet mindede om et røntgeninstrument, men var tilpasset neutroner. Sådant et instrument var der, og det blev oprindeligt betalt af Forskningsrådet, men senere overtog Risø det. Det var et standardinstrument, man kunne købe hos Philips eller de store røntgenkrystallografi-firmaer, de laver også sådan nogle til neutroner. Men resten var hjemmebygget. Selv den arealfølsomme tæller til SANS var udviklet her på Risø. Nogle af tingene har vi solgt, f.eks. detektorer til SANS.

En ting, som jeg slet ikke har sagt, og som jeg faktisk har stået for, var fokuserende germaniumkrystaller. Germanium har en krystalstruktur, der er ligesom diamant. Den gror naturligt meget perfekt. Meget perfekt betyder at den divergens, det strålebundt, der kommer ud når en neutronstråle spredes fra en diamant-, en germanium- eller en siliciumkrystal (de har samme krystalstruktur), er nærmest planparallelt. Så hvis man sender et divergent strålebundt ind på en germaniumkrystal, får man praktisk talt ingenting ud. Der kommer kun nærmest uendelig tynde stråler ud i præcis de retninger der svarer til spejling i krystalplaner, så det meste af den oprindelige stråle går tabt. Germanium har fundamentale egenskaber der gør den meget velegnet som neutronmonokromator for termiske neutroner, hvis man kan få ødelagt krystallen så meget at divergensen af den spredte neutronstråle passer til divergensen af det strålebundt man sender ind på den. Og der udviklede Brookhaven laboratoriet i USA en teknik, som vi fik lov at kopiere. Man tager tynde skiver af germanium, 0,4 mm tykke, og varmer dem op næsten til smeltepunktet. Så bliver de nærmest som gummi, og kan bukkes om en form. Når de er kølet ned til stuetemperatur i en cylindrisk form har de fået facon som et hulspejl og man har lavet en masse deformationer i dem. Så sætter man dem ind i et andet værktøj, der er plant, varmer dem op igen og planerer dem. Så gentager man processen, men bukker dem nu den anden vej, køler ned til stuetemperatur og planerer dem igen. Til slut har man fået indført en tilpas mængde deformationer, der faktisk passer nogenlunde til det divergente neutron strålebundt fra en reaktor. Og så reflekterer en passende tyk stak germaniumskiver næsten ligeså godt som pyrolytisk grafit, der normalt bruges som neutronmonokromatorer for kolde neutroner. Reflektiviteten af deformerede germanium krystaller kommer ikke op på 80 % effektivitet som pyrolytisk grafit, men i hvert fald op omkring 50 %, hvorimod effektiviteten er minimal, hvis de er perfekte. I Brookhaven havde de en student til at gå og lave en sådan germanium monokromator i over to år, hvor han ikke lavede andet. Det blev nemlig brugt en ret primitiv, tidskrævende metode. Da vi fik lov at kopiere processen, sagde vi til os selv: vi har ikke folk, der kan gå og lave det som fuldtidsbeskæftigelse. En af vores

<sup>59</sup> SANS (Small Angle Neutron Scattering), et instrument til neutronspreddning

teknikere satte sig derfor ned og udtænkte en fuldautomatisk, robotstyret proces, hvilket betød, at der var ca.  $\frac{1}{2}$  times arbejde på det om dagen, resten kørte af sig selv. Det skal gøres individuelt for hver enkelt skive, og man klistrer dem så sammen til sidst, så man får en passende tykkelse. Man skal bruge noget i størrelsesordenen en centimeter tyk stak. Så 20 til 30 deformerede skiver skal klistres sammen. Først laver man krystallen, skærer den op i skiver, derefter ødelægger man skiverne og så klistrer man dem sammen igen, og så har man en monokromator. Dem har vi også kunnet sælge, og det gør vi stadigvæk. Vi har netop udbyggede den facilitet. Vi tjener faktisk penge til Risø, og har gjort det siden 1995.

HK: Hvad har DR3 overordnet betydet for dansk fysik?

BL: Jeg vil sige, at den har betydet meget. Internationalt har den betydet meget. Til trods for, at DR3 blev lukket ned for syv-otte år siden, er det stadigvæk sådan, at hvis du kommer til en neutronkonference, bliver der præsenteret ting, der er lavet her.

HK: Nu her, syv år efter?

BL: Ja. Og når vores unge folk kommer tilbage første gang de har været ude, er de dybt imponeret over, at de skal hilse fra den og den. Risø har inden for neutronspreddning stadigvæk et godt navn. Det er selvfølgelig fysik indenfor et afgrænset område, men det eksperimentelle arbejde med kritisk spredning bestemt haft betydning for en Nobelpris, der blev givet til nogle teoretikere. Magnetisme i sjældne jordarts metaller er også et område, hvor Risøs navn stadigvæk figurerer i referencer alle mulige steder. Inden for magnetisme har DR3 betydet meget. På en eller anden måde er der ikke så mange i Danmark, der ved det.

HK: Har I gjort for lidt?

BL: Ja, vi har gjort for lidt. Vi har været for fokuseret på vores internationale samarbejde. Det er nok til en vis grad vores egen skyld. Men det var et internationalt felt. Det var jo kun os hernede, der kunne gøre det. Det er ikke en type forskning, der helt er mulig for universitetsfolk, fordi det kræver, at du kan være på 24 timer i døgnet. Det kan ikke nytte, at du bliver afbrudt af undervisning, så du skal rende til midt i det hele. Når reaktoren kører, så kører den altså, og hvis de neutroner, som immervæk koster mange penge, skal udnyttes effektivt, så bliver man nødt til at sige, at går skidt ned, så bliver jeg nødt til at blive og få det i gang igen. Og der er altså nogle ting, der kolliderer en hel del med universitetsarbejde. Der er nødt til at være nogle folk på stedet, der kan hellige sig det 100 % af deres tid. Det er en stor facilitet. Det kræver noget, som man heller ikke har på universitetet, nemlig en stor teknikerstab og et stort værksted. Det kan sagtens fungere som samarbejde, men man kan ikke sidde inde på et universitet og have et instrument kørende på Risø og så kun kunne komme herned f.eks. om aftenen eller 20 % af tiden. Så kører det i hvert fald ikke effektivt, og så er det alt for dyrt. Der kan man så sige, at vores interessefællesskab i det, vi har lavet, i meget vid udstrækning har ligget uden for Danmarks grænser. Det kan man så sige, er vores fejl. Men sådan har det været. Og der tror jeg altså, at hvis man er vant til den type forskning, man kan lave på et universitetslaboratorium, så virker det overvældende på en eller anden måde, og man har ikke helt på samme måde hånd i hanke med, hvad der foregår, som hvis man har sit eget lille instrument. Men det er svært at forklare. Man skal have prøvet det.

HK: Hvordan oplevede I nedlukningen? Kom det bag på jer, at det skulle lukkes?

BL: Det gjorde det, for der havde indtil to måneder før, det blev besluttet, været planer om, hvordan aktiviteterne på DR3 skulle afvikles i løbet af de næste fem år.

HK: I havde også lige fået nye instrumenter?

BL: Vi havde lige fået stillet nye instrumenter op, og vi havde også et på bedding, som nu står i Schweiz. Vi havde fået renoveret en meget stor del af det hele, og det kørte fabelagtigt godt. Vi havde det europæiske projekt, som kørte, og vi var inde i en sund udvikling. Det var en voldsom hændelse. En ting var, at man lukkede DR3, en anden, at man så ikke sørgede for, at den i gang værende aktivitet kunne køre videre uden meget store sværdsdrag. Hvis ikke vi havde haft gode udenlandske venner, som kunne lægge pres på, havde vi været stoppet her og nu. Det er der hos mig ingen tvivl om. Der blev ikke til at begynde med sagt: "I skal sikres". Det skete først senere da vi havde råbt virkelig højt. Men den første reaktion var ikke positiv over for, at vi skulle fortsætte.

HK: I var stort set også de eneste, der var aktive i pressen på det tidspunkt...

BL: Ja, det var ikke meget der kom ud... heller ikke fra Risøs side. Det var næsten det, der var det værste. Det tror jeg var politisk motiveret. Man havde håbet på at beholde pengene til noget andet. Det er min fornemmelse, at man havde håbet, at de penge, der blev postet i DR3, ville gå til Risø. Og det gjorde de jo ikke. Det ville man heller ikke have kunnet forvente. Sådan går det jo ikke i politik.

HK: Men jeg troede sådan set, at Risø fik lov til at beholde pengene?

BL: Nej, ikke så vidt jeg ved. Jeg ved ikke hvor de er forsvundet hen. Man kunne jo sige: "okay, vi har haft så og så meget til den type forskning", og så kunne, måske ikke det hele, men så en slat, være sat af til at fortsætte den forskning, som man faktisk skulle udføre ifølge de strategiplaner, der lå i juni måned 2000. Og de strategiplaner var blevet udarbejdet over et år. Der var lavet en plan om hvordan og hvornår, hvad man skulle begynde at drosle neutronspredningsaktiviteterne ned på DR3 og samtidig begynde at bygge noget andet op et andet sted. Det blev simpelthen skåret væk. Der gik en bom ned. Og det kan jeg ikke personligt se begrundelsen for.

HK: Men hvordan er det så gået med neutronspretningsforskningen herude siden da?

BL: Altså, efter omstændighederne er det jo gået godt, fordi dem, der er her, knokler. Men bemanningen er jo langsomt, langsomt sivet. Dem der er tilbage gør et godt arbejde. De kan også få gode studenter. Men det er meget hårdt for dem. Langsomt forsvinder aktiviteterne og kommer andre steder hen. De forsvinder fra Risø.

HK: De er forsvundet til Schweiz?

BL: Ja. Der sidder jo en tre-fire-fem danskere nu på det schweiziske PSI<sup>60</sup>, bl.a. Kurt Clausen og Henrik Rønnow. Vores gode folk, ph.d.-studerende fra dengang, sidder også i Schweiz eller andre steder. Hvis man skal tage helt strikt på det, er der måske tre aktive neutronspreddere tilbage på Risø nu. Det er dem, der har ekspertisen. Der er folk, der laver neutronspreddning på KU og på DTU, men de er ikke eksperter, de er brugere. Ekspertisen er næsten væk. Vores teknikere er her stadigvæk, men de laver andre ting. Det, der var, tror jeg ikke på, kommer tilbage.

HK: Har der nogensinde været planer om en ny reaktor herude?

BL: Nej. Vi har meget længe været klar over, at vi havde DR3, og det var heldigt. Det var et guldæg, der var kommet til os. Et mirakel nærmest. Der har været planer om at ændre effekten. F.eks. var en af Harwell reaktorerne i England af samme type som DR3, og der hævdede man effekten fra 10 MW til 20 MW. På Risø hævdede man den kun til 12 MW. Men så var det, at man til de neutronspreddnings eksperimenter som man lavede, begyndte at sige: "nu bygger

---

<sup>60</sup> Paul Scherrer Institutet

vi ud med en kold kilde og vi optimerer vores instrumentering.” Noget af den bedste aktivitet, der er her nu, er faktisk udsprunget at disse tanker. Det er virtuelt eksperiment med neutroner, hvor man via Monte Carlo teknik simulerer spredningsprocesser. Det er programmet McStas, som kan bruges til instrumentoptimering, hvor du starter nogle neutroner og følger dem igennem et instrument og ser, hvor mange der kommer ud i den anden ende, hvis jeg gør ditten og datten ved de komponenter, der bliver sat ind i strålegangen? McStas er nu det mest brugte virtuelle neutronsimulerings program i verden. Det var startet, før DR3 lukkede ned, fem år før eller sådan noget. Det blev også brugt til en sidste reovering af vores instrumenter på DR3, bl.a. til at lave forbedringer på den kolde neutronkilde der blev installeret i 1995. Det er en aktivitet, der bliver fortsat, og den bliver i vid udstrækning støttet af EU-penge. Og det er virkelig en succes. Det er et neutroneksperiment, men det er på regnemaskine. Det foregår ved internationalt samarbejde. Vi har en mand, der sidder og styrer det herfra, som i vid udstrækning samarbejder med folk i Grenoble og andre steder. Det kan man også kalde neutronspreddning.

HK: Nu kaldte du DR3 et guldæg. Var det ikke forudset fra starten, hvad den skulle bruges til?

BL: Nej, det var det vel ikke. Dengang man startede, som jeg har forstået det, satte man sig ned og tænkte: ”Hvad typer reaktorer findes der?” Meningen var jo, at man skulle udvikle danske reaktorer. Og der var man nødt til at have noget erfaring i at drive den, men også i, hvordan komponenterne fungerede osv. DR1 blev købt til træning. Det er jo i virkeligheden ikke en reaktor, men det der hedder en termisk søjle, som nærmest var underkritisk.

HK: En nul-energi-opstilling.

BL: Ja. DR1 er god til at optræne operatører med. Så købte man en letvandsreaktor [DR2] og en tungtvandsreaktor [DR3]. Og de var købt til reaktorteknologi. Det er derfor, jeg kalder det et guldæg, et guldæg for fysikerne. Det kunne også godt være, den kunne være blevet det for reaktorteknologerne, men det blev den så ikke på grund af udviklingen i Danmark. Men den var ikke købt til og tænkt til neutronspreddningsfysik. At lave Risø dengang var en stor opgave. Der har ikke været eksperter på alle felter. Man har fået faciliteterne og den bevilling, og så har man skullet bruge dem bedst muligt. Og der blev konklusionen, at DR3 bedst kunne bruges til at lave fysikforsøg med. Men jeg tror ikke på, at det var det, den var købt til. Det er i hvert fald ikke den opfattelse, jeg har fået gennem tiderne. Men jeg har selvfølgelig ikke selv været med til de oprindelige overvejelser. Det var meget den måde, at Kofoed-Hansen opererede på. Han gav folk nogle muligheder, og så kunne de gribe dem eller lade være. Det havde selvfølgelig nogle konsekvenser, når man ikke greb dem, men man fik mulighederne.

HK: Skam få den, der ikke udnyttede dem?

BL: Ja. Det var som om, at han kastede folk ud i vandet for at se, om de kunne svømme. Og han var efter min mening fantastisk god til at bakke en op, hvis man følte, at man var ved at drukne. Det var nok også det, der var nødvendigt. Tænk dig at skulle køre en afdeling og starte aktiviteter på en helt ny type forskningscenter, hvor du må ansætte folk direkte fra universitetet, og så får de besked på at gå ned og bruge en reaktor! Der er man nødt til at uddelegere noget ansvar, samtidig med at man selv holder øje med det.

HK: Som jeg har forstået det, var Kofoed-Hansen en af dem, der forsøgte at indføre noget forskningsplanlægning på Risø. Er det korrekt? Hvordan mærkede I det?

BL: Ja, det kan man jo sige, at han gjorde. Jeg har ikke mærket det som nogen voldsom forskningsplanlægning, som et voldsomt indgreb. Men det er da rigtigt nok, at han sørgede for, at give folk mulighed for også at uddanne sig. Han var meget ivrig m.h.t. at sende folk ud. Alle fra fysikafdelingen blev sendt ud i deres unge år. Et år et eller andet sted, der var relevant

for det, som han mente, at de skulle beskæftige sig med. Det kan du jo godt kalde forskningsplanlægning. Det var det jo. Man blev sendt ud med pengene i lommen, og så skulle man suge til sig. Så kom man hjem igen, og havde forhåbentlig lært noget. Det var jo uden tvivl meningen, man skulle lære noget. Men jeg følte ikke, at der var nogen voldsom topstyring i, hvad man valgte at lave. Men det er klart, at hvis det ikke gik, så greb han ind. Men det var på ingen måde sådan, som det foregår nu, hvor det virkelig kommer helt oppe fra ministerierne, og hvor det i den grad er baseret på, at man går efter pengene, at man er nødt til at dreje sin forskning, så man kan få fat i nogle penge.

HK: Jeg tror, jeg på Elmuseets og Steno Instituttets vegne vil sige tak, medmindre der er noget, som du har lyst til at tilføje, noget som du ikke synes, vi har været inde omkring?

BL: Det synes jeg faktisk ikke, der er.



# Del 3

## Nedlæggelse og dekommissionering – en kommenteret tidslinje

I det nedenstående gives en kort historisk gennemgang af den politisk-organisatoriske proces i forbindelse med dannelsen af Dansk Dekommissionering (DD). Gennemgangen baserer sig på materiale fra Folketingets hjemmeside (primært lovforslag B 48), avismateriale hentet fra *Infomedia* samt samtaler med to centrale medarbejdere fra DD, nemlig sektionsleder, civilingeniør Kurt Lauridsen og funktionsleder, cand. polit. Jørgen Kamp Knudsen. Sidstnævnte arbejdede i Forskningsministeriet, før han kom til DD. Ingen af de to har selv sagt nogen andel i fremstillingens eventuelle fejl og mangler. Det skal ligeledes understreges, at redegørelsen refererer en række normative synspunkter, der ikke er sammenfaldende med DD's interesser.

DD varetager en række opgaver af forskellig karakter. DD er i første linje ansvarlig for afviklingen af Risøs nukleare faciliteter. Dernæst står DD for håndtering og mellemlagring af det radioaktive affald, som i dag befinder sig på Forskningscenter Risøs område, og for det affald, som fortsat kommer fra andre danske brugere af radioaktivt materiale. Hovedparten af det eksisterende affald stammer fra 45 års drift af Risøs forskningsreaktorer og den forskning, der er forgået på stedet. Omtrent 1/3 af affaldet skyldes universiteternes, hospitalernes og den danske industris brug af radioaktivt materiale. DD har endvidere til opgave at bidrage med teknisk ekspertise til forberedelse af etablering af et dansk slutdepot for radioaktivt affald.

Selve spørgsmålet om, hvad der skulle ske med dette affald den dag, hvor institutionens to forskningsreaktorer DR1 og DR3 ikke mere var i drift, har selvfølgelig en længere forhistorie. Jeg vil dog tillade mig at springe direkte ind i sagsforløbet lige før det trækker op til en nedlukning af DR3. Når det kan lade sig gøre, er det fordi der ikke forelå nogen klart formuleret strategi for, hvordan affaldet i givet fald skulle håndteres, og fordi beslutningen om at nedlukke Risøs nukleare forskningsfaciliteter kom til at gå hurtigere, end de fleste havde forestillet sig muligt.

**Maj 1999:** Indenrigsminister Thorkild Simonsen (S) beder Risø redegøre for institutionens håndtering af radioaktivt affald. Ministerens reaktion var direkte foranlediget af, at der to gange i det forløbne år var sluppet lavradioaktivt affald ud fra Risø. Det handlede konkret om en radioaktiv elektromotor og noget betonaffald, som var endt på en almindelig kommunal losseplads. Lederen af Statens Institut for Strålehygiejne, Kaare Ulbak, udtalte i den forbindelse til *Politiken*, at myndighederne nærrede ”en begyndende bekymring for sikkerhedskulturen på Risø”. Beredskabsstyrelsen bakkede samtidigt op om kritikken. (*Politiken*, 16.05.1999, 1. Sektion, side 1). *Politiken* kunne yderligere oplyse, at myndighederne havde kendskab til, at Risø 12 gange inden for de seneste tre år havde overtrådt reglerne for drift af de nukleare anlæg. Avisen mente, at en væsentlig årsag til problemerne var, at en del af det rutinerede personale var gået på pension i løbet af 1990'erne og at det kneb med at få oplært nyt personale. Som reaktion på disse forhold satte Thorkild Simonsen få dage senere Risøs atomare anlæg under skærpet tilsyn (*Berlingske Tidende*, 28.05.1999, 1. sektion, s. 13).

**November 1999:** DR3 lukkes ned, efter at man havde konstateret en utæthed i et drænrør. Utætheden bevirkede, at grafitten uden om reaktortanken blev gennemvædet med radioaktivt tritiumholdigt tungt vand. Kurt Lauridsen, der sad i Risøs sikkerhedskomiteé, mener, at DR3-personalet på dette tidspunkt havde været lidt for længe om at erkende, at der var et problem (samtale med Kurt Lauridsen, DD).

**Februar 2000:** Efter udbedringen af skaderne blev reaktoren til alles tilfredshed sat i drift den 22/2 (*Information*, 21.02.2001, 1. sektion, s. 1).

**April 2000:** DR3 blev standset igen, da man fortsat kunne konstatere tritium i ventilationsluften og kølevandet fra reaktoren. Der opstod derfor mistanke om, at selve reaktortanken måske var læk.

**Maj 2000:** Forskningsminister Birte Weiss (S) tilkendegav den 18/5 under et samråd i Folketinget indkaldt af Enhedslistens miljøordfører Søren Kolstrup, at hun helst så DR3 lukket i løbet af en relativ kort årrække. Birte Weiss udtalte ved samme lejlighed, at hun i stedet hellere så, at Risø opprioriterede sin forskning ”inden for de alternativer energiformer”. Folketingets Finansudvalg havde kort forinden bevilliget 50 mio. kr til et nyt Center for Vindenergi på Risø. Regeringens støttepartier på venstrefløjen (SF og Enhedslisten) pressede på for en hurtig lukning af de nukleare faciliteter. Birte Weiss afviste dog på dette tidspunkt, at hendes udmelding havde relation til den aktuelle standsningssituation, og hun fremførte samtidigt, at en lukning i givet fald skulle kædes sammen med forhandlinger om en ny resultatkontrakt for Risø. Den gældende kontrakt udløb ved udgangen af 2001, og der skulle snart forhandles om en ny. Resultatkontrakten er det måske mest håndfaste politiske styringsinstrument, som en minister har overfor en institutionsledelse, hvorfor ministerens udmelding med al tydelighed viste, at hun var interesseret i en fundamental fremadrettet strategisk kursændring i Risøs arbejde og at der var alvor bag. Risø havde tidligere overfor ministeriet oplyst, at det ville koste ca. 1 mia. kr at bygge en ny reaktor til erstatning for DR3. (*Politiken*, 19.05.2000, 1. sektion, s. 4).

En arbejdsgruppe i Forskningsministeriet blev samtidig sat i gang med at se på forskellige scenarier for nedlukning af DR3. Nedlukningsscenarierne var bl.a. baseret på, hvornår man kunne flytte forskningen ved DR3 til udlandet og hvornår reaktoren definitivt ville have udspillet sin rolle som videnskabeligt instrument (kilde: samtale med Jørgen Kamp Knudsen, DD). Arbejdsgruppen skulle dog hurtigt blive overhalet af den politiske udvikling. Risø selv fandt på dette tidspunkt, at 2006 var den meste naturlige lukningsdato for DR3, idet en eksisterende aftale med USA om tilbagelevering af brugt reaktorbrændsel udløb det år (*Weekend Avisen*, 29.09.2000, 1. sektion, s. 1).

I den følgende sommer tilkendegav Birte Weiss flere gange, at hun helst så en snarlig lukning af DR3. Hun har aldrig lagt skjul på, ja endog ved en enkelt lejlighed pralet med, at hun i 1970'erne og 80'erne var aktiv som atomkraftmodstander og medlem af OOA, samt at hun ved et møde med Risøs ledelse havde ironiseret over dette forhold (jf. f.eks. *Information*, 16.02.2001, 1. sektion, s. 4). Dette fremhæves ikke for at frakende ministeren hverken ideale motiver, rationelle bekymringer eller tekniske argumenter, men ministerens stærkt markerede ideologiske engagement i sagen forekommer dog bemærkelsesværdigt i dansk politisk sammenhæng, hvor beslutningerne ofte iscenesættes mere teknokratisk.

**Maj 2000:** Beredskabsstyrelsen oplyser på baggrund af en foreløbig undersøgelse, at der ikke er tegn på en lækage i reaktortanken. Det formodes, at de nye udslip af tritium stammer fra grafitten, der stadig ikke er fuldstændig udtørret. (*Politiken*, 31.05.2001, 1. sektion, s. 2). Dette er også reaktorchefen på DR3, Mogens Bagger Hansens bud på årsagen til, at reaktoren stadig lækker tritium.

**Maj 2000:** Risø-ledelsen iværksatte på samme tid en undersøgelse af, hvordan en dekommissionering af reaktoranlæggene kunne gribes an og hvad det i givet fald ville koste at rydde op efter driften af de tre reaktorer. Dette arbejde mandede i februar 2001 ud i den første samlede redegørelse om dekommissioneringen, nemlig den såkaldte Risø-R-1250 rapport. Undersøgelsen blev iværksat efter ”kraftig opfordring” fra Birte Weiss, erindrer Kurt Lauridsen, som både var leder for undersøgelsesarbejdet og redaktør på den endelige rapport.

**Maj 2000:** FORCE Instituttet blev tilkaldt af Risø for at lave en uafhængig lækageundersøgelse af reaktortanken. Den første undersøgelse udført i maj pegede på, at tanken var tæt. En mere grundig undersøgelse fandt sted i juni-august 2000.

**September 2000:** FORCE Instituttets rapport blev fremlagt den 26/9. Rapporten rummede ingen beviser for at reaktoren var utæt eller gennemtæret. I konklusionen hed det således bl.a., at ”der er ingen tegn på alvorlige defekter på grund af slitage [...] ingen indre brud [...] kun mindre lokale tegn på tæring.” (Citeret efter *Information*, 21.02.2001, 1 sektion, s. 1. Citatet har dog ikke kunne verificeres, da rapporten ikke mere er tilgængelig). Rapporten sagde ikke

noget præcist om, hvor hurtigt tæringen ville udvikle sig, og der påpegedes i øvrigt, at der var brug for flere nye undersøgelser. Men rapporten rummede en række dramatiske farvebilleder optaget bl.a. med fluorescerende stoffer, der skulle illustrere den begyndende tæring. Det var navnlig disse billeder, der gjorde udslaget. For det utrænede øje kunne de nemlig kun virke stærkt alarmerende, kommenterer Kurt Lauridsen. Rapportens indhold er senere (igen ifølge Kurt Lauridsen) kritiseret stærkt af Risøs metallurger og internationale eksperter. Rapporten skabte en voldsom vrede blandt de folk på Risø, der havde tilknytning til de nukleare anlæg.

**September 2000:** Risøs bestyrelse besluttede på et møde den 28/9, at lukke DR3 permanent. I den pressemeddelelse, der samme dag blev offentliggjort fra bestyrelsesmødet, angav bestyrelsen som begrundelse, at "udbyttet ved videre drift ikke står i et rimeligt forhold til de nødvendige omkostninger ved at holde dens tekniske tilstand på et fortsat højt niveau." Bestyrelsen oplyste samtidig, at man planlagde at oprette et uafhængigt selskab til at stå for afviklingen af de nukleare anlæg (<http://www.risoe.dk/press/06-DR3-lukning.htm>). Pressemeddelelsen omtaler kun lukningen af DR3 og det fremgår kun indirekte, at man *de facto* i et eneste hug ville afvikle alle resterende nukleare faciliteter på Risø. I fremtiden ville Risø "satse mere på vindenergiområdet, materialeudvikling baseret på nanoteknologi og bioproduktion", hed det sig. Medierne var ikke sene til at foretage en direkte sammenkædning, f.eks. skriver *Politiken*, at "Risø har besluttet, at man i stedet for atomkraft vil satse på vindenergi og materialeforskning." (*Politiken*, 29.09.2000, 1. sektion, side 15). Bestyrelsens egen formulering lå faktisk også ganske tæt på Birte Weiss' udtalelser i maj, hvilket naturligvis helt automatisk rejser det spørgsmål, om der var foregået en studehandel, hvis hovedlinjer var, at Risø fik lov at fortsætte aktiviteten på omtrent samme budgetniveau mod til gengæld at lukke alle de nukleare faciliteter med det samme? Der er ikke kildemæssigt belæg for at besvare dette spørgsmål og det vil næppe heller være muligt af afgøre, hvad der er helt præcist er foregået. Det, der kan konstateres, er dog et betydeligt pres fra ministerens side, hvorefter den endelige beslutning bliver fremstillet som Risø bestyrelsens helt suveræne beslutning. Risø havde dengang som nu en særdeles slagkraftig bestyrelse, hvis formand også dengang var Jørgen Mads Clausen. Såfremt bestyrelsen var uenige i en tilkendegivelse fra ministeren, ville den helt sikkert kunne mobilisere en betydelig del af pressen. Noget sådant skete ikke i sommeren 2000 og der er ingen fra Risø-ledelsen, der hverken dengang eller siden offentligt, har fremført kritik af beslutningsforløbet, hvilket jo må betyde, at der var enighed om, at afviklingen af de nukleare anlæg var fornuftig. Risøs ledelse har nok været ganske godt tilfredse med endelig at kunne børste det atomare støv af jakken, hvilket også ville gøre arbejdet med at skabe et nyt image for institutionen lettere. Det kan også konstateres, at Risø siden hen har opretholdt et stigende bevillingsniveau.

I parentes bemærket, så er det ovenstående citat fra *Politiken* betegnende for den mediemæssige håndtering af disse spørgsmål, idet der helt automatisk sættes lighedstegn mellem forskning baseret på driften af Risøs to forsøgsreaktorer og "atomkraft". Men den kortslutning er simpelthen absurd.

**Oktober 2000:** De væsentlige offentlige indsigelser mod lukningen af DR3 kom i stedet fra Risøs egne materialeforskere, hvis forskning ville blive alvorligt hæmmet af lukningen. Firmaet Topsil A/S, som igennem 26 år havde fået bestrålet silicium hos Risø, oplyste til *Ingeniøren* i december 2000, at de overvejede et sagsanlæg mod Risø. Når man betænker, at bestyrelsens beslutning var den største omvæltning i Risøs 40 årige historie, var det egentlig forbavsende få pip, der nåede frem til offentligheden. Mig bekendt var der ingen politikere eller fremtrædende erhvervsledere, der offentlig i efteråret 2000 beklagede Risø ledelsens beslutning. Havde der været stemmer i det modsatte synspunkt, kunne det vel for politikernes vedkommende sagtens have været anderledes. Den politiske konsensus om nedlukningen er dermed en kraftig indikator på, at den generelle folkestemning mod a-kraft havde en afsmitende effekt på holdningen til driften af forskningsreaktorer på Risø.

**November 2000:** Birte Weiss fik kort efter et aktstykke gennem Folketingets Finansudvalg (Akt. 58 22/11 2000), der indebar, at et selvstændigt selskab Dansk Dekommissionering

skulle stå for afviklingsarbejdet. Begrundelsen for at oprette et selvstændigt selskab var, at man ville holde pengekasserne adskilt, således at dekommissionering og forskning ikke skulle konkurrere om midlerne inden for den samme organisation. Birte Weiss fortalte senere til pressen, at hun ønskede at give Risø arbejdsro til at arbejde videre med, hvad hun ved samme lejlighed præciserede som ”de nye spændende forskningsfelter” (*Information*, 16.02.2001, 1. sektion, s. 4). Det hører med til historien, at der på dette tidspunkt ikke var fuld klarhed over sektorforskningsinstitutionernes fremtid, hvorfor det også handlede om at sikre arbejdsro og stabile rammer omkring dekommissioneringsprocessen. Alle berørte parter var dermed formentlig bedst tjent med denne ordning.

**Januar 2001:** Oprettelsen af DD blev annonceret den 3/1 2001. Forskningsministeriets departementschef, historikeren Knud Larsen var allerede på dette tidspunkt blevet udpeget som direktør for selskabet. I de næste 1½ år skulle DD dog forblive en chefstol med to sekretærer, dels fordi man afventede, at det politiske grundlag skulle godkendes i Folketinget, og dels fordi man afventede de nukleare tilsynsmyndigheders godkendelse af, at DD var kapabel til at varetage ansvaret for de nukleare anlæg. De kilder, som jeg har talt med, lægger heller ikke skjul på, at Knud Larsens direktørpost blev opfattet som en retrætestilling for departementschefen, der som erklæret venstremand var blevet en hvid elefant i Birte Weiss ministerium. *Informations* David Rehling ironiserede således også på dette tidspunkt over, at departementschefen selv var blevet ”dekommissioneret” (*Information*, 21.02.2001, 1. sektion, s. 1). Det forhindrede dog ikke Knud Larsen i at levere et fornuftigt og kompetent stykke arbejde. Hans solide tag på medierne fremgår af mange af de artikler, der blev skrevet i disse år. Kurt Lauridsen vurderer, at den politisk drevne Knud Larsen var den helt rigtige mand at have i spidsen for DD på dette tidspunkt, hvor kontakten til det ministerielle apparat var vital.

**Februar 2001:** Risøs arbejdsgruppe under ledelse af Kurt Lauridsen barslede med rapporten R-1250 med titlen *Decommissioning of the Nuclear Facilities at Risø National Laboratory – Descriptions and Cost Assessment*. ([http://www.ddcom.dk/publikationer\\_en/Risoe\\_1250/](http://www.ddcom.dk/publikationer_en/Risoe_1250/)) Rapporten arbejdede med tre scenarier for dekommissioneringsprocessen, nemlig henholdsvis 20, 35 og 50 år. Konklusionen var, at omkostningerne ville være nogenlunde den samme for alle scenarierne og det blev anbefalet, at man valgte den korteste løsning, fordi man på den måde ville kunne få den maksimale gavn af den ekspertise, der allerede fandtes på Risø. Udgangspunktet var således, at der skulle anvendes dansk arbejdskraft og ekspertise – underforstået Risø-medarbejdere. Danmark havde ikke som i de store lande flere nukleare forskningsfaciliteter. Når de folk, der havde været med i driften af Risøs anlæg, var væk, var man en gang for alle løbet tør for indenlandsk ekspertise. Som en supplerende begrundelse for at gå i gang med det samme fremførte Risø i denne og alle senere sagsfremstillinger et etisk princip om, at hver generation har pligt til at rydde op efter sig selv. Prisen blev i rapporten estimeret til at ligge i intervallet fra 1.080-1.180 mio. kr. En af de internationale eksperter, der deltog i vurderingen af Risøs arbejde, oplyste dog, at denne type estimer var behæftet med en usikkerhedsmargin på +/- 50 %. Det nævnte beløb omfattede kun selve dekommissioneringen og hertil ville der komme udgifter til etablering af et slutdepot for de hen imod 10.000 m<sup>3</sup> primært lavradioaktivt affald.

Cost-estimerne var hermed vokset betydeligt, siden Birte Weiss i folketinget i maj 2000 havde videregivet et foreløbigt skøn fra Risø, der lød på 300-600 mio. kr. Jørgen Kamp Knudsen fortæller, at det især var den store usikkerhedsmargin som bevirkede, at ministeriet fandt det betimeligt at iværksætte en række uddybende omkostningsundersøgelser. Det har formentlig også haft betydning, at der skulle være folketingsvalg i slutningen af 2001. Det var således set fra ministerens skrivebord et taktisk dårligt tidspunkt at fremlægge en stor regning og måske komme til at fumle.

**Marts 2001:** Formanden for Folketingets Miljø- og Planlægningsudvalg, Jørn Jespersen (SF) og formanden for Folketingets Forskningsudvalg, Hanne Severinsen (Venstre) udtrykte stor forundring over prisestimatets himmelflugt og forlangte en ministerredegørelse. De meddelte begge utvetydigt, at deres partier ikke ville lægge stemmer til, at oprettelsen af DD blev klaret

ved at sende flere aktstykker gennem Folketingets Finansudvalg. Hanne Severinsen påpegede, at hun var bekymret over de nye cost-estimer og tilføjede, at hun i øvrigt ikke var ”hysterisk bange for a-kraft” og derfor gerne havde set, at Risø af hensyn til forskningen fortsatte det nukleare arbejde lidt endnu (*Information*, 12.03.2001, 1. sektion, s. 1). Birte Weiss var således både under pres fra oppositionen og fra regeringens mest loyale støtteparti SF.

**Marts 2001:** Birte Weiss meddelte i et samråd i Folketingets Forskningsudvalg, at hun ville udskyde beslutningen om retningslinjerne for dekommissioneringsarbejdet et år. Tiden skulle bruges på at ”reducere usikkerhederne og klarlægge de nødvendige forudsætninger for afviklingen”, som det hed i ministersprog (*Berlingske Tidende*, 22.03.2001, 1 sektion, s. 5). Nedadtil var sproget noget klarere, idet Risø ifølge Kurt Lauridsen fik besked om, at udarbejde et nyt og meget gerne billigere cost-estimat, hvilket man senere på året efterkom i en tillægsrapport om dekommissioneringen af DR3 (*Revised Cost Estimate for the Decommissioning of the Reactor DR3*, november 2001), hvor estimatet for dekommissioneringen af DR3 blev sænket fra 436 til 301 mio. kr. Med til historien hører det ifølge Jørgen Kamp Knudsen, at den nye departementschef i Forskningsministeriet Leo Bjørnskov, der kom fra en stilling i Miljøministeriet, var opsat på, at dekommissioneringsprocessen skulle foregå helt efter bogen.

**April 2001:** Da DD stadig afventede en formel oprettelsesbeslutning fra Folketinget, oprettedes på Risø den 1. april afdelingen Risø Dekommissionering, hvortil den oprindelige Afdeling for Nukleare Anlæg samt bl.a. Anlægshelsefysik blev overflyttet. Knud Larsen og hans sekretariat blev samtidig tilknyttet Risøs direktion. I Risø Dekommissionerings regi fortsatte herefter det udredningsarbejde, som var foregået på Risø siden maj 2000.

**December 2001:** Statsministeren hed nu Anders Fogh Rasmussen, Forskningsministeriet havde skiftet navn til Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling (VTU) og Helge Sander stod i spidsen for dette ministerium. Han blev kort før julen præsenteret for et notat fra Knud Larsen, DD, hvoraf det fremgik, at dekommissioneringen ville koste ”mindst 810 mio. kr”. Som det eneste alternativ til denne udgift anfører Knud Larsen, at man kunne overdænge anlæggene med beton – en såkaldt ”entombment”, hvilken løsning han dog måtte fraråde, idet han anførte, at ”entombment” for det første ikke var en løsning, som man anbefalede i andre lande og at det for det andet ville være uansvarligt at overlade oprydningen til fremtidige generationer (*Ritzau Online*, 22.12.2001). Knud Larsens notat må ses som en reminder til den nye borgerlige regering.

**Januar 2002:** Helge Sander indgik kontrakt med et internationalt konsortium med COWI i spidsen, der skulle fremlægge en uafhængig omkostningsundersøgelse og vurdere en række dekommissioneringsscenerier. Opgaven blev sendt i udbud året forinden.

**Februar 2002:** Fhv. reaktorchef på DR3 Heinz Floto optrådte i *Ingeniøren* med budskabet om, at man skulle lave et energimuseum i DR3-bygningen og lade reaktoren stå i 25 år før man skrottede den. Til den tid ville aktiviteten være væsentlig mindre, hed det. Dette er i øvrigt en tanke, som flere gange både før og siden har været fremført - dog hovedsageligt af kritikere, der har set muligheden for på den måde at få lavet en skamstøtte for 45 års dansk atompolitik. Museumstanken afvises blankt af Knud Larsen, DD, bl.a. med det argument, at der om 25 år ikke vil være nogen hjemlig ekspertise til at varetage dekommissioneringsarbejdet (*Ingeniøren*, 22.02.2002, 1. sektion, s. 14).

**April 2002:** Helge Sander udskød folketingsbeslutningen om lovgrundlaget for dekommissioneringen. Som årsag til udskydelsen angav han manglen på et robust økonomisk og fagligt grundlag (*Berlingske Tidende*, 26.04.2002, 1. sektion, s. 7).

**Juni-September 2002:** COWI-konsortiets dekommissioneringsrapporter udkom nu i en lind strøm. COWI anbefalede, at afviklingen forløb over 11 år, mod Risøs oprindelige 20 år. COWI's cost-estimer lå dog samtidigt meget tæt på Risø Dekommissionerings egne skøn.

Risø havde i mellemtiden revideret sin tidsplan, og arbejdede nu med en afviklingstid på 18 år, hvilket ifølge Jørgen Kamp Knudsen skabte nogen utilfredshed hos COWI, fordi forskellen dermed var blevet mindre. COWI ville naturligvis helst have Risø-gruppen til at fremstå som konservative.

**November 2002:** Helge Sander fremsatte den 28/11 B 48 *Forslag til folketingsbeslutning om afvikling af de nukleare anlæg på Forskningscenter Risø.*

**Marts 2003:** B 48 blev vedtaget enstemmigt i Folketinget den 13/3 2003. Folketinget beslutter sig hermed for det korte dekommissioneringsscenarie på 11-20 år. På næsten alle punkter fulgte folketingsbeslutningen hovedlinjerne i Risøs oprindelige dekommissioneringsplan, der satte lighedstegn mellem dekommissionering og total oprydning. Endemålet er, at Risø arealerne, når dekommissioneringen er gennemført, opnår status som "green field", hvilket vil sige, at arealerne har ubegrænset brugsmulighed.

Under folketingsbehandlingen forsøgte kun civilingeniør Hans Hagen (en tidligere Risø-medarbejder), at påvirke Folketingets beslutningsproces. I et brev til det Folketingsudvalg, der behandlede spørgsmålet, anførte han, at staten kunne spare hen ved 1 mia. kr ved at overdænge anlæggene med beton. Hagen protesterede i sin henvendelse mod, at Risøs tidligere medarbejdere på denne måde blev holdt i et – for ham at se – helt unødvendigt dyrt "beskæftigelsesprojekt". Men der var tale om et enligt pip, som det alene af den grund var let at overhøre. Forinden havde mig bekendt nemlig kun Dansk Folkepartis forskningsordfører Jette Jespersen offentligt støttet den langt billigere "entombment"-løsning, som Hagen anbefalede. Heri var hun dog blevet underkendt af partiets miljøordfører Jørn Dorhmann, der ønskede en total oprydning (*Ritzaus Bureau*, 10.07.2002). Hagen står dog næppe helt alene med sine synspunkter: Med til historien hører det, at jeg har mødt flere ældre Risø-medarbejdere, der ryster lidt på hovedet over de summer, som er blevet afsat til oprydningen.

Beslutningen om at afsætte godt 1 mia. kr. til oprydningen på Risø gennemførtes derved uden nævneværdige sværdslag hverken i Folketinget eller i offentligheden. Folketingets behandling viser i øvrigt, at de fleste politikere med stor begejstring havde annammet hovedstenen i Risøs argumentation for en total oprydning, som fra starten var funderet på princippet om, at hver generation har en hellig pligt til at rydde op efter sig selv. Jf. ([http://www.folketinget.dk/samling/20021/beslutningsforslag\\_oversigtsformat/B48.htm](http://www.folketinget.dk/samling/20021/beslutningsforslag_oversigtsformat/B48.htm)).

At Dansk Dekommissionering arbejder på et enigt folketingsmandat betyder naturligvis, at den politiske opbakning til arbejdet er optimal. Der skal derfor helt usædvanlige begivenheder til for, at der kan skabes politisk usikkerhed om arbejdet. Folketinget undlod dog i 2003 at træffe beslutning om, hvornår et dansk slutdepot til affaldet skal bygges og hvor det skal placeres. Dette politisk meget kontroversielle spørgsmål er man i skrivende stund ikke kommet meget nærmere en løsning på. Dansk Dekommissionering foretrækker naturligvis, at depotet kommer til at ligge så tæt på de afviklede faciliteter som overhovedet muligt og at beslutningen om dets placering bliver truffet, inden man går i gang med DR3. På den måde kan man undgå, at skulle placere affaldet på et midlertidigt lager for siden måske at skulle pakke det om.

**September 2003:** Risø Dekommissionering overdrog i september 2003 de nukleare anlæg til DD. Med overdragelsen tiltrådte forhenværende Reaktorchef Mogens Bagger Hansen som direktør for DD (*Ritzaus Bureau*, 15.09.2003).

**Juli 2004:** Mogens Bagger Hansen forlader i april direktørjobbet angiveligt efter uenigheder med departementschef Leo Bjørnskov i VTU. DD's projektchef Max Østergaard blev af ministeriet udpeget som ny direktør den 1. juli 2004. Max Østergaard har en fortid i entreprenørbranchen.

**Oktober 2004:** DD indleder dekommissioneringen af den lille reaktor DR1.

**Januar 2006:** Dekommissioneringen af DR1 blev fuldført.

**Juli 2006:** Dekommissioneringen af DR2 indledes.

### Litteratur

Der er naturligvis produceret mange hyldemeter papir i denne sag, de mest vigtige er dog:

Kurt Lauridsen (red.) *Decommissioning of the nuclear facilities at Risø National Laboratory*  
Risø-R-1250, Feb. 2001. [http://www.dekom.dk/publikationer\\_en/Risoe\\_1250/](http://www.dekom.dk/publikationer_en/Risoe_1250/)

B 48, *Forslag til folketingsbeslutning om afvikling af de nukleare anlæg på Forskningscenter Risø*. [http://www.folketinget.dk/Samling/20021/afslutningsforslag\\_oversigtsformat/B48.htm](http://www.folketinget.dk/Samling/20021/afslutningsforslag_oversigtsformat/B48.htm)



