

BETÆNKNING

om

UDDANNELSE AF RADIOFYSIKERE I DANMARK.

Afgivet af et udvalg nedsat af  
Dansk Selskab for Radioterapi og Cancerologi  
og vedtaget på dettes generalforsamling  
11. maj 1973.

## I. Indledning.

Året 1921 må betragtes som fødselsåret for faget radiofysik i Danmark. I dette år ansatte Radiumfondet, hvori professor, dr. phil. Niels Bohr havde sæde, afdøde professor, dr. phil. I. C. Jacobsen som fysiker ved radiumstationen i København, og samtidigt indtrådte afdøde professor, dr. phil. H. M. Hansen i Radiumfondets forretningsudvalg. I 1929 overtog Landsforeningen til Kræftens Bekæmpelse driften af radiumstationerne og de dertil knyttede laboratorier, og i 1964 overtog staten driften, i det daglige administreret af de sygehuse, til hvilke radiumstationerne er knyttet.

En ikke uvæsentlig del af arbejdet på det fysiske laboratorium ved radiumstationen i København var fremstillingen af emanationspræparater, som blev sendt til en række sygehuse landet over. Desuden måltes bl.a. røntgendoser fra stationernes apparater. Røntgenapparaterne ved landets øvrige sygehuse blev målt enten af egne læger eller af fysikere fra universitetets biofysiske laboratorium.

I. C. Jacobsen var knyttet til radiumstationen som konsulent og var ansat ved universitetets institut for teoretisk fysik (nu Niels Bohr instituttet). Der opstod et nært samarbejde med dette. Mange nulevende fysikere har som studenter eller yngre kandidater arbejdet på radiumstationen i København, ligesom fysikere fra universitetets biofysiske laboratorium har udført meget af dette laboratoriums arbejde ved de andre sygehuse.

Kort efter åbningen af det fysiske institut ved Århus universitet fik radiumstationen i Århus i 1936 en fysiker derfra knyttet til sig på konsulentbasis.

Den stærke udvikling i efterkrigsårene både på højvoltage-terapi-området og ved anvendelsen af radioaktive isotoper medførte, at man i begyndelsen af 50-erne begyndte at overveje at oprette faste stillinger ved de radiofysiske laboratorier og at gøre disse selvstændige. Dette skete i 1954 i København og i 1955 i Århus, dette sidste laboratorium skulle foreløbig også betjene radiumstationen i Odense, som i 1963 fik sit eget laboratorium.

Det arbejde, som var udført fra universitetets biofysiske laboratorium i København blev i 1961 overtaget af det under sundhedsstyrelsen oprettede strålehygiejniske laboratorium (nu statens institut for strålehygiejne (SIS)).

Endvidere blev der i 1971 ansat en fysiker ved Vejle sygehus med henblik på indretning af et kommende højvoltage-terapi-afsnit.

I 1972 blev der oprettet et radiofysisk laboratorium ved den nye radiumstation i Ålborg.

I 1973 blev også forstanderen for et radiofysisk laboratorium ved den kommende radiumstation i Herlev udnævnt.

I begyndelsen var antallet af ansatte ved de forskellige laboratorier kun nogle få personer. Antallet af det nuværende personale ved de forskellige laboratorier fremgår af nedstående oversigt.

	radiumstationerne						
	Her- lev	Kbhv	Oden se	Ålb.	Årh.	SIS	Vej- le
forstandere	1	1	1	1	1	1	-
cand.scient.	-	-	1	-	1	1	1
cand.pharm.	-	-	1	-	1	1	-
civ.ing.	-	3	1	-	4	2	1
akad.ing.	-	1	-	-	-	-	-
tekn.ing.	-	3	2	1	1	3	-
øvr.personale	-	12	13	3	17	12	4
<b>ialt</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>6</b>

Som det ses, er personalet rekruteret med forskellig grunduddannelse, hvilket er nødvendigt, da der ikke her i landet således som f.eks. i Sverige gives en radiofysisk uddannelse ved universiteterne.

Ved besættelse af chefstillingerne i Odense, Ålborg, Vejle og Herlev har der været nedsat et udvalg til bedømmelse af ansøgernes kvalifikationer. Disse udvalg har ved deres bedømmelse lagt vægt på 1) om ansøgerne - da der ikke findes eksamen i radiofysik her i landet - i publikationer eller på anden måde har vist grundigt kendskab til faget, og 2) hvor længe ansøgerne har været beskæftiget på et radiofysisk laboratorium (WHO anbefaler mindst 3 år, Sverige kræver mindst 3 år, Finland noget mere).

Personalet ved de radiofysiske laboratorier har ikke haft nogen mulighed for at få special-uddannelse, men har ved selvstudium måttet søge at kvalificere sig.

Da der fremover kan forventes en yderligere tilgang til faget, både fordi dette stadig udvikles, og fordi der vil finde en afgang sted, har man fundet det ønskeligt, at der findes en plan for uddannelsen af radiofysikere.

Dansk Selskab for Radioterapi og Cancerologi, i hvilket selskab ca. en trediedel af medlemmerne er radiofysikere ved de forskellige laboratorier, har derfor på sin generalforsamling den 16. april 1972 nedsat et udvalg med følgende kommissorium:

"Udvalget skal give en vurdering af den nødvendige uddannelse for radiofysikere. Denne vurdering skal omfatte både den grundlæggende uddannelse forud for hospitalsansættelsen og den videregående uddannelse i forbindelse med ansættelsen."

Udvalgets medlemmer er: institutforstander, cand. real. P. Grande, Brønshøj, afdelingsforstander, M.Sc. H. Hansen, Herlev, ingeniør J. Hvolby, Ålborg, afdelingsforstander, civilingeniør O. Kalnæs, Odense, afdelingsforstander, dr. phil. C. B. Madsen, Århus samt civilingeniør H. Simonsen, København.

Udvalget har i første række koncentreret sig om uddannelse til varetagelse af arbejdet på radiumstationerne og i nogen grad i strålehygiejne, medens man har lagt mindre vægt på røntgendiagnostik og arbejdet med de radioaktive isotoper. Dette skyldes, at man i første række har villet dække det fagområde, som hører under Dansk Selskab for Radioterapi og Cancerologi, og at Dansk Selskab for Nuclear-Medicin også har nedsat et uddannelsesudvalg. Den uddannelse, dette udvalg arbejder med, er tænkt for flere personalegrupper, men der findes dog i faget mange fysiske problemer af videnskabelig og teknisk karakter, som bedst løses i samarbejde med fysikere. Man kunne derfor tænke sig et supplement til den foreliggende betænkning udarbejdet i samarbejde med det nuklearmedicinske uddannelsesudvalg.

## II. Krav til radiofysikers kvalifikationer.

I det følgende vil blive gennemgået de fagområder, som må kendes af radiofysikere. Der vil blive givet en vurdering af omfanget af de nødvendige kundskaber indenfor hvert område sammen med begrundelserne herfor.

### 1. Strålefysik og dosimetri.

Strålefysikken må betragtes som det centrale fag for radiofysikere. Det er her de specielle kundskaber, som må være til stede, og det er her radiofysikerens specielle ansvar ligger. Kundskaberne i strålefysik må omfatte den ioniserende strålings forskellige typer absorption og spredning ved alle de energier, som er relevante i forbindelse med radioterapi. Det grundigste kendskab kræves til foton- og elektronstråling, men et summarisk kendskab til absorption og spredning af andre typer ioniserende stråling, som neutroner, protoner og andet, må også anses for nødvendigt. Ligeledes er et meget indgående og detaljeret kendskab til detektering af ioniserende stråling og til måling af strålingsintensitet og den absorberede dosis i forskellige vævstyper nødvendigt. Kalibrering af strålingsapparat og beregning og måling af fordeling af absorberet dosis i patienter, og dermed patienternes sikkerhed, er helt afhængig af tilstrækkelig kendskab til disse målemetoder og deres fejlmuligheder. Endelig er det nødvendigt at have kendskab til radioaktivitet, idet radioaktive isotoper anvendes såvel til terapeutiske som til diagnostiske formål.

### 2. Biologi og medicin.

En forudsætning for, at fysikere kan samarbejde tilstrækkelig tæt med radioterapeuter ved behandlingsplanlægning er, at fysikere er i stand til at forstå de behandlingsmæssige problemstillinger. Derfor er et vist kendskab til den makro-

skopiske anatomi absolut nødvendig. Uden dette er mulighederne for fejltagelser og misforståelser i samarbejdet mellem fysikere og læger ganske betydelige. Ligeledes er et vist kendskab til anatomi nødvendigt, for at fysikere skal kunne yde en selvstændig indsats i forbindelse med dosisplanlægning. Da en stor del af arbejdet foregår ved simulatorer og med anvendelse af røntgenbilleder, er et vist kendskab til røntgenanatomi af meget stor betydning. Kendskab til fysiologi, biokemi, histologi og cystologi vil i mange tilfælde være ønskelig for at kunne forstå konsekvenserne af forskellige typer behandling, men kundskaberne indenfor disse emner behøver ikke at være særlig dybtgående, da de kun i ringe grad indgår direkte i behandlingsplanlægningen.

### 3. Radioterapi.

For at kunne udføre sit arbejde i en radioterapiafdeling, er det nødvendigt, at fysikeren har et grundigt kendskab til de apparater, der anvendes til radioterapi. Ligeledes må de måleinstrumenter, der anvendes i forbindelse med kalibrering og strålingsmåling, kendes tilstrækkelig godt til, at deres pålidelighed og funktion kan vurderes. De nationale, nordiske og internationale regler for kontrolmålinger på radioterapi-apparatur må kendes, ligesom den praktiske udførelse af disse målinger.

Endvidere må fysikeren erhverve sig et grundigt kendskab til behandlingsteknik og behandlingsplanlægning både hvad angår de lokalt anvendte metoder samt mere generelle metoder. Der må være en tilbundsgående forståelse af begrundelserne for anvendelsen af de forskellige behandlingsmetoder.

For at kunne forstå de generelle problemstillinger på en radioterapiafdeling er det desuden nødvendigt, at fysikeren har et vist minimalt kendskab til cancerologi.

#### 4. Røntgendiagnostik.

Det væsentligste værktøj i forbindelse med behandlingsplanlægning er simulatoren. Da dette er et røntgendiagnostikapparat, der anvendes til såvel gennemlysning som fotografering, må fysikeren have et grundigt kendskab til den apparatlære og den projektionsteknik indenfor røntgendiagnostikken, som er relevant i forbindelse med simulatoren. Kun herigennem kan det sikres, at simulatoren udnyttes fuldt ud, og den bedst opnåelige behandling bliver gennemført.

#### 5. Nuklearmedicin.

På radioterapiafdelinger udføres foruden terapi med lukkede kilder også terapi med indgift af radioaktive isotoper. Desuden er der som oftest knyttet et større eller mindre isotoplaboratorium til en radioterapiafdeling. Det må følgelig kræves, at fysikeren har tilstrækkeligt kendskab til anvendelsen af radioaktive isotoper til at kunne erhverve sundhedsstyrelsens indkøbstilladelse for radioaktive stoffer. Som det væsentligste punkt for fysikerne i denne forbindelse må nævnes den interne dosimetri, som fysikeren må have et indgående kendskab til. Ligeledes er det væsentligt, at instrumentering i forbindelse med isotopundersøgelse kendes i et vist omfang.

#### 6. Radiobiologi.

Med mindre der udføres radiobiologiske forsøg er det nødvendige kendskab til radiobiologi forholdsvis begrænset. Det drejer sig i det væsentlige om kendskab til teorier for celledrab, celleoverlevelseskurver ved bestråling med forskellige strålearter og under forskellige iltforhold. Principperne for fraktionering må kendes og et vist kendskab til den kliniske virkning af strålebehandlingen må være til stede. Ikke mindst af hensyn til den helsefysiske side af radioterapien er det nødvendigt med et mindstemål af viden om genetik og cytologi.

### 7. Elektronik.

Samtlige behandlingsapparaturer og måleinstrumenter er elektroniske apparater, hvorfor et grundigt kendskab til elektronik er ønskeligt. Herved kan man opnå, at mindre reparationer kan udføres hurtigt, uden at det er nødvendigt at afvente ankomst af servicefolk fra de firmaer, der har leveret apparaterne. Desuden er det nødvendigt med et vist kendskab til det elektroniske udstyr for at kunne vurdere forskellige apparaturer i forhold til hinanden, samt for at kunne vurdere sikkerheden af kontrolsystemer og lignende.

### 8. Strålehygiejne.

For at kunne varetage de helsefysiske opgaver på forsvarlig måde, er det nødvendigt, at fysikeren har et grundigt kendskab til de nationale og internationale regler, der gælder med hensyn til maksimalt tilladelige strålingsniveauer, koncentration af radioaktive stoffer, transportregler for radioaktive stoffer og lignende. For at kunne sikre, at disse regler overholdes, må fysikeren have et godt kendskab til de instrumenter og målemetoder, der anvendes indenfor det strålehygiejniske område.

### 9. Afskærningsberegninger.

Ved installation af nyt strålebehandlingsapparat skal der foretages beregninger af den nødvendige afskærmning. Dette forudsætter, at fysikeren har det nødvendige kendskab til beregningsmetoder, der kan anvendes ved beregning af tykkelse af vægge og døre, for at der er tilstrækkelig beskyttelse mod såvel direkte som indirekte stråling.

## 10. Datalogi og statistik.

I forbindelse med dosisplanlægning anvendes i stigende omfang EDB. Et vist kendskab til principperne for databehandling og til mulighederne, der ligger i en anvendelse af datamater vil derfor være ønskeligt. Dette kan ofte bedst opnås ved et vist kendskab til og en vis praktisk øvelse i programmering med et af de almindeligste programmeringssprog fortran, algol, basic eller lignende.

De statistiske love, der er knyttet til måling af radioaktivitet og strålingsniveauer, må kendes grundigt, medens de statistiske problemer, der er knyttet til vurdering af patientmaterialer ikke falder ind under fysikerens arbejdsområde.

## 11. Teori og praksis.

For alle ovennævnte punkter gælder det, at det er nødvendigt med såvel teoretiske kundskaber som praktisk erfaring. Det må derfor kræves, at en kompetent radiofysiker, udover den nødvendige teoretiske uddannelse, som fremgår af ovennævnte punkter, har været beskæftiget i mindst 3 år på en radioterapiafdeling, således som det også er anbefalet af WHO. (World Health Organization Technical Report Series, No. 328 "Planning af Radiotherapy Facilities", Geneva 1966 og No. 390 "Medical Radiation Physics, Geneva 1968). Arbejdet på en radioterapiafdeling bør omfatte alle arbejdsområder: arbejde med radioaktive isotoper, strålehygiejne, dosimetri og behandlingsplanlægning. De to sidstnævnte områder, dosimetri og behandlingsplanlægning, må anses for at være de vigtigste.

Det anses for rimeligt, at op til et år af den ovenfor nævnte nødvendige treårige praktiske uddannelse kan opnås udenfor radioterapiafdelinger. Det må dog i hvert enkelt tilfælde vurderes i hvilket omfang en sådan uddannelse kan medregnes. Ligeledes må det formodes, at beskæftigelse udenfor det egentlige radiofysikerarbejdsområde gennem længere tid vil forringe værdien af en tidligere opnået praktisk uddannelse, hvorfor det ofte vil være nødvendigt at kræve en supplerende uddannelse.

En radiofysiker, der opfylder disse krav, kan følgelig arbejde selvstændigt, medens det må forudsættes, at der i uddannelsestiden gives en vis vejledning. Er kravene opfyldt, må en radiofysiker rent fagligt anses for kvalificeret til at være leder af et radiofysisk laboratorium, men en vis yderligere erfaring må også anses for ønskelig. Besættelsen af sådanne stillinger har hidtil fundet sted efter indstilling af et sagkyndigt udvalg. Sundhedsstyrelsen søger i øjeblikket sammen med amtsrådsforeningen at få det sagkyndige udvalg gjort til en permanent institution.

Et sådant udvalg bør tage hensyn til ansættelsestid, publikationer, og da der ofte er undervisningsarbejde i forbindelse med chefstillinger, også til pædagogiske evner. Som nævnt vil det være naturligt at kræve en længere ansættelsestid end de nævnte tre år for at være kvalificeret til en chefstilling; om man vil sætte et bestemt åremål kan først diskuteres endeligt, når forholdene omkring et sagkyndigt udvalg er afklaret.

### III. Den nødvendige grunduddannelse.

Som det fremgår af skemaet i kapitel I, er de personer, der i dag arbejder som radiofysikere, rekruteret fra mindst fire forskellige grunduddannelser: de tre ingeniør-kategorier samt universiteternes cand. mag.- og mag. scient.-uddannelser.

Årsagen til denne rekruttering var den i halvtredserne og tresserne herskende mangel på fysikere, bl.a. forårsaget ved oprettelsen af Risø og udvidelsen af universitetsinstitutterne. Det har vist sig, at denne rekruttering har haft stor positiv betydning, da hver af disse uddannelser har fortrin, der er af værdi i det mangeartede arbejde, hvormed radiofysikere beskæftiges, og som på udmærket vis supplerer hinanden i det daglige arbejde.

Det må imidlertid påpeges, at teknikum-uddannelsen ikke giver meget basalt kendskab til almindelig fysik; endvidere må man stille sig afventende m.h.t. kandidater fra de nye universitetscentre, indtil man kender disse uddannelsers omfang.

Som nævnt i betænkningen om Nordisk Sjukhusfysikersamarbejde vil nye stillinger indenfor radiumstationerne formentlig i højere grad blive besat med naturvidenskabelig uddannet personale, hvilket vil sige cand. scient.'er i fysik og civilingeniører i elektrofysik, hvis uddannelse forudsættes som grundlag for den videregående uddannelse, der omtales i kapitel IV.

Som lige nævnt kan nogle stillinger med fordel besættes med folk af anden uddannelse. Hvis disse senere ønsker at gennemgå en videregående uddannelse, må de pågældende, inden denne påbegyndes, komplettere sin grunduddannelse. Mulighederne for denne komplettering af grunduddannelser vil blive berørt kort i kapitel IV.

#### IV. Muligheder for uddannelse under ansættelse.

I dette kapitel skal diskuteres mulighederne for at til-  
egne sig en uddannelse som radiofysiker i forbindelse med  
ansættelse på en radiumstation.

Der er behov for undervisning i to trin:

##### A. Supplerings af grundkundskaber.

For kandidater, hvis grunduddannelse ikke giver til-  
strækkelige kundskaber indenfor et eller flere emneområder,  
bør der være mulighed for at supplere grunduddannelsen. Dette  
vil være nødvendigt for at få det fulde udbytte af den videre-  
gående uddannelse, der omtales i afsnit B.

Udvalget må her henvise til i videst mulig omfang at  
gøre brug af den undervisning, som allerede tilbydes ved  
universiteterne og de højere læreanstalter. Udvalget har  
ikke detaljeret kendskab til studieplanerne for de forskel-  
lige læreanstalter og har ikke ment det formålstjenligt at  
komme med yderligere forslag. Grunden hertil er, at det må  
antages, at der bliver få kandidater, som har brug for en  
sådan undervisning, og desuden vil det være forskelligt på  
hvilke områder den enkelte skal supplere sin uddannelse.  
Dertil kommer, at lokale forhold kan være bestemmende for,  
i hvilket omfang det er muligt at følge en allerede eksiste-  
rende undervisning. Man er derfor af den opfattelse, at  
generelle regler ikke kan opstilles, men man henviser til  
behandling af hvert enkelt tilfælde for sig.

##### B. Special-uddannelse.

Det er absolut ønskeligt, at der kan tilbydes de, der  
ønsker den videregående special-uddannelse, mulighed for  
at deltage i de nødvendige kurser indenfor et tidsmæssigt  
rimeligt interval. Uddannelsen skal kunne gennemføres i for-  
bindelse med heltidsansættelse på en radiumstation. De krav,  
der skal stilles til en sådan uddannelse, er angivet i kapi-  
tel II.

Her findes ikke færdigsyede kurser udover de nedenfor omtalte, og det er ikke sandsynligt, at undervisningsbehovet vil kunne imødekommes af de eksisterende læreanstalter, dels på grund af mangel på lærerkræfter og undervisningsmateriel, dels på grund af det ringe antal studerende, der vil blive tale om.

Det skal dog i denne forbindelse nævnes, at Danmarks tekniske Højskole planlægger at starte et helsefysikmodul i efteråret 1973 bestående af 28 dobbeltforelæsninger.

I det følgende vil blive opstillet forslag om, hvorledes undervisningsbehovet kunne tænkes dækket indenfor de enkelte områder, som de er beskrevet i kapitel II. Der skal dog forinden gøres rede for, hvad der heri menes med "special-kurser", "studiekredse" og "selvstudium".

Et "special-kursus" vil bestå af et koncentreret kursus omfattende teoretisk undervisning i forelæsningsform kombineret med løsning af bundne, praktiske opgaver i laboratorie og/eller klinik.

En "studiekreds" er selvstudium i gruppeform under vejledning af en eller flere personer med specialviden indenfor det aktuelle område. Mulighederne for at gennemføre disse former for undervisning skulle være tilstede på radiumstationerne netop i kraft af, at der er ansat personale med ret varieret teoretisk baggrund - civilingeniører, svagstrømsingeniører og magistre i fysik, kemikere og farmaceuter samt specialuddannede læger indenfor stråleterapi og nuklearmedicin. For det personale, som er beskæftiget på de radiofysiske laboratorier gælder yderligere, at de fleste i mere eller mindre udpræget grad har specialiseret sig indenfor snævrere områder som dosimetri, dosisplanlægning, isotoparbejde eller elektronik. Det skulle derfor være muligt at finde undervisere blandt den eksisterende stab på radiumstationerne.

Ved "selvstudium" forstås studium på egen hånd, evt. under vejledning fra det laboratorium, til hvilket man er knyttet.

De forskellige emner vil blive behandlet i samme rækkefølge som i kapitel II.

### 1. Strålefysik og dosimetri.

For de, der bor i byer, hvor der er større fysiske institutioner, vil der formentlig være lejlighed til at følge enkelte forelæsningsrækker f. eks. om strålers gennemgang gennem stof og om faststoffysik, men stort set må man henvise til studiekredse suppleret med selvstudium.

### 2. Biologi og medicin, herunder fysiologi, anatomi og røntgenanatomi.

For fysiologiens og anatomiens vedkommende vil der måske være mulighed for at følge forskolen på sygeplejehøjskolen, der afholdes 1-2 gange årligt på alle hospitalernes sygeplejeskoler. Kurset strækker sig over  $\frac{1}{2}$  år med ialt ca. 700 undervisningstimer, hvoraf ca. 100 timer er anatomi/fysiologi, fordelt med 3-5 timer pr. uge.

Røntgenanatomi må læres ved selvstudium og ved praktik i forbindelse med simulatorarbejdet. Endvidere er der muligheden at deltage i enkelte timer i specialkursus i røntgen-diagnostik (se nedenfor).

### 3. Radioterapi, d.v.s. apparatlære, behandlingsteknik og cancerologi.

For apparatlærens vedkommende må et specialkursus være den ideelle undervisningsform både hvad angår behandlingsapparat, måleinstrumenter og målemetodik. Det kan anbefales,

at man deltager i radioterapikursus for læger, og her lægger vægt på de fysiske problemer, dosisberegning og fraktionering. Kurset afholdes efter behov ca. hvert tredje år som et koncentreret kursus på radiumstationerne i København og/eller Århus. Ca. 1/3 af kursus er afsat til fysik og resten til klinik. Behandlingsteknik må læres som praktik og cancerologi ved studiekreds og selvstudium.

#### 4. Røntgendiagnostik.

Indenfor dette emne må der kræves kendskab til funktionen af almindeligt røntgendiagnostikapparat samt til projektionslære, anvendelse af rastere, forstærkningsfolier m.m. Her kan man evt. følge udvalgte forelæsninger under specialkursus i diagnostisk radiologi. Kurset afholdes næsten hvert år som et fælles kursus for København og Århus med ca. halvdelen af timerne hvert sted.

Faget kan muligvis dækkes som praktik evt. på en røntgendiagnostisk afdeling kombineret med selvstudium.

#### 5. Nuklearmedicin.

Man bør følge et af de allerede eksisterende isotopkurser for læger, som afholdes i København og i Århus. I København afholdes kursus normalt 2 gange årligt som et kursus af 2 måneders varighed med ialt ca. 100 timers forelæsninger og øvelser. I Århus afholdes kursus 1 gang årligt med ialt ca. 90 timers forelæsninger og øvelser, der undervises 1 eftermiddag ugentlig i vinterhalvåret. Formentlig vil der i nær fremtid også blive kursus i Odense.

#### 6. Radiobiologi.

Dette fag må læres ved selvstudium, muligvis ved mindre studiekredse sammen med læger på ansættelsesstedet.

### 7. Elektronik.

Området kan være dækket ved grunduddannelsen, men må i modsat fald udvides på visse specielle områder ved studiekredse og selvstudium.

### 8. Strålehygiejne.

Dette kan passende dækkes ved et specialkursus af få dages varighed. Det kunne tænkes afholdt af og på statens institut for strålehygiejne, muligvis sammen med andre deltagere end radiofysikere. Herunder hører også en gennemgang af lovgivning angående strålebeskyttelse.

### 9. Afskærmningsberegning.

Dette emne er meget specielt, idet kun de få, som får ansvaret for bygningsarbejder til højvoltageapparatur, vil få brug derfor. Det må læres ved selvstudium, men hvis det under punkt 8 foreslåede kursus bliver til virkelighed, kunne dette emne også berøres der.

### 10. Datalogi.

Det nødvendige kendskab til datalogi kan opnås gennem deltagelse i et af de 1 - 2 ugers kursus, der afholdes med jævne mellemrum på forskellige regnecentre. Herved opnås det grundlæggende kendskab til programmering, som er nødvendigt for selv at kunne arbejde med programmeringsopgaver og herved opnå en vis færdighed og erfaring.

### C. Afsluttende bemærkninger.

Den undervisningsform, som her er skitseret, vil gøre det vanskeligt at afgøre, om det ønskede resultat af uddannelsen, nemlig de nødvendige kvalifikationer for en radiofysiker, er opnået.

I modsætning til lægernes special-uddannelse er der ikke kursus-stillinger ved bestemte hospitaler, som kandidaterne kan søge. Ved lægernes tilknytning til en bestemt afdeling, hvorfra uddannelse ledes og til dels kontrolleres, er uddannelsen koncentreret om et sted. For fysikere foreslås en form for undervisning, som dels er spredt på flere kurser og dels er selvstudium. Det kan være ønskværdigt for kandidaterne at få en form for dokumentation for sin erhvervede specialviden. Dette ønske kunne eventuelt opfyldes ved at afslutte den videregående uddannelse med en prøve under en eller anden form. Man kunne forestille sig et udvalg nedsat under Dansk Selskab for Radioterapi og Cancerologi, som tilstillede kandidaterne bundne, praktiske opgaver indenfor radiofysikken.

Besvarelsen af disse opgaver kunne, sammen med evt. publicerede arbejder, dokumentere, at den pågældende har erhvervet sig tilstrækkelig viden indenfor radiofysikken.

Bedømmelsen skulle ikke indeholde nogen specificeret udtalelse, men kun være grundlag for et af selskabet udstedt diplom.

V. Analyse af det fremtidige behov for radiofysikere.

I betænkning om strålebehandlingens fremtidige organisation i Danmark (fra sundhedsstyrelsen marts 1970, p. 169) findes en opgørelse over det forventede antal fysikerstillinger. Der forudsættes, at der i 1985 er 5 radiumstationer og 4 strålebehandlingscentre. Antallet af fysikere ved en radiumstation anslås til 7, medens antallet på et strålebehandlingscenter anslås til 3. Man har derfor regnet med gennemsnitlig 7 fysikere til en radiumstation og 3 til et strålebehandlingscenter.

I nedstående tabel er angivet hvor mange radiofysikere, der i dag er ansat ved de radiofysiske laboratorier. Det bemærkes, at flere af disse laboratorier udfører isotopdiagnostiske undersøgelser. Man skønner, at det arbejde, som fysikere udfører på dette område, svarer til, at 6 personer til stadighed er beskæftiget dermed, således at arbejdet med højvoltage etc. svarer til 19 radiofysikeres fuld-tids arbejde.

Endvidere skal det påpeges, at det antal, der forventes ansat i 1985, er udregnet under forudsætning af, at de fire strålebehandlingscentre oprettes.

	antal 1973	antal 1985
Ra-st. Herlev	1	7
Ra-st. Kbhv.	8	8
Ra-st. Odense	6	7
Ra-st. Ålborg	2	7
Ra-st. Århus	8	8
Strålebeh.center A	0	3
Strålebeh.center B	0	3
Strålebeh.center C	0	3
Strålebeh.center D	0	3
	<hr/> 25 <hr/>	<hr/> 49 <hr/>

Under nævnte forudsætninger må man således regne med, at der i de kommende 12 år skal uddannes ca. 25 nye radiofysikere, hvortil kommer et antal, som skyldes afgang fra faget ved aldersgrænsen og overgang til andet arbejde. Da de fleste ansatte er

relativt unge, anslås dette antal kun til 5 for nævnte periode. Det samlede antal af ledige radiofysikerstillinger ved hospitaler bliver således ca. 30 i løbet af 12 år. Hertil kommer nogle få stillinger, som kan forventes at blive ledige ved statens institut for strålehygiejne.

Indtil 1985 kan man forvente, at der skal uddannes ca. 35 radiofysikere eller i gennemsnit ca. 3 pr. år.

I 1985 vil der være 50 radiofysikere i hele landet, en del af disse vil til den tid være ældre, således at man må forvente en noget større afgang p.gr.a. alder end i de nærmeste år. Hvis behovet for nye radiumstationer og strålebehandlingscentre til den tid er dækket, vil oprettelsen af nye radiofysikerstillinger blive mindre i årene efter 1985. Formentlig vil der derfor efter 1985 stadig blive brug for at uddanne 2 - 3 radiofysikere årligt.

Appendix.

Der skal her angives nogle studiematerialer, som af udvalget er anset for at være velegnede for fysikere, der ønsker at erhverve sig de tilstrækkelige teoretiske kundskaber i radiofysik. En del kundskaber må erhverves gennem deltagelse i det daglige arbejde på en radioterapiafdeling, og dette skal ikke berøres her. Det skal pointeres, at mange andre bøger sikkert vil kunne anvendes med lige så godt resultat, således at de her angivne forslag kun må opfattes som eksempler på materiale, der kan anvendes. Herigennem mener udvalget at have konkretiseret i højere grad, hvad er angivet som krav i kapitel II, ligesom udvalget mener, at man gennem angivelse af egnet studiemateriale kan gøre det lettere for nyansatte fysikere at finde frem til relevante bøger og artikler.

I den følgende gennemgang er der anvendt tre forskellige betegnelser for at angive, hvor nødvendigt et givet stofområde er, og i hvor høj grad det skal kendes. For en del materiale er det angivet, at det skal kunnes. Dette angiver, at det foreliggende stof skal kunne anvendes i det daglige arbejde uden nogen form for besvær, at tilsvarende opgaver skal kunne løses med stor sikkerhed, og at stoffet skal kunne videregives til læger, teknikere og sygeplejersker.

For en del materiales vedkommende gælder det, at det er angivet, at dette skal kendes. Dette indebærer, at indholdet af disse kapitler og rapporter skal kendes, således at de kan anvendes med sikkerhed som opslagsbøger. Det skal pointeres, at der heri også ligger, at udvalget anser det for nødvendigt, at en fysiker har dette kendskab for at kunne varetage sit arbejde.

Endelig er der angivet en del stof, som ikke er absolut nødvendigt for arbejdets udførelse, men som efter udvalgets mening er af stor værdi for fysikere i deres daglige arbejde.

Det kan f. eks. have betydning ved deltagelse i forsknings- og udviklingsarbejde, og det kan have stor betydning derigennem, at det øger fysikerens forståelse for fagområder med nær tilknytning til arbejdet, hvilket ikke mindst er vigtigt på grund af den tilfredsstillelse, det giver. Denne litteratur kan anbefales.

The Physics of Radiology. H. E. Johns and J. R. Cunningham.  
3. udg. American Lecture Series. 1969.

Stoffet i denne bog skal kunnes uden undtagelser. Bogens væsentligste emneområder er strålefysik og radioterapi, men også nuklearmedicin, røntgen-diagnostik, strålehygiejne, radiobiologi og tællestatistik berøres.

Radiation Dosimetry. Frank H. Attix et al. Bind 1 - 3. Academic Press 1968, 1966, 1969.

Bind 1: Fundamentals.

Følgende kapitler skal kunnes, idet de dog indeholder en del tekniske detaljer, som er uvæsentlige: kap.3. X-ray and  $\gamma$ -Ray Interactions. kap.7. Ionization kap.8. Cavity-Chamber Theory.

Som supplerende læsning kan anbefales:

kap.4. Charged-Particle Interaction, kap.6. Neutron Interactions and Penetration in Tissue.

Bind 2: Instrumentation.

For hele bindet gælder det, at det i højere grad er en håndbog end en lærebog, og at mange mindre væsentlige detaljer derfor er medtaget. Endvidere skal det anføres, at trykkeåret er 1966, hvorfor den seneste udvikling ikke er medtaget. Hele dette bind bør kendes i det væsentlige, undtagen dele af kap.12 Chemical Dosimetry og kap.16. Calorimetry, som kan indgå som supplerende læsning.

Bind 3: Sources, Fields, Measurements and Applications.

Følgende to kapitler skal kunnes: 19. Electron Beams, 32. Transition-Zone Dosimetry.

Som supplerende læsning kan anbefales:

kap.20. Heavy Charged-Particle Beams, kap.21. Reactor Neutron Dosimetry in Irradiation of Materials, kap.22. Dosimetry of Neutrons and Mixed  $n + \gamma$  Fields.

Anatomi og Fysiologi. Lærebog for sygeplejeelever. Andreas Kehler. Nyt Nordisk Forlag, Arnold Busk, København 1970.

Denne lærebog består af 2 bind, der i det væsentlige bør kunnes, og som giver et tilstrækkeligt grundlag i anatomi og fysiologi. Visse afsnit er mindre væsentlige og kan derfor læses summarisk. Det drejer sig således om kapitlerne om musklerne, fødemidlernes sammensætning og forbrænding, fordøjelsen, stofskifte og varmeregulation, det perifære nervesystem, nervesystemets fysiologi, reflekser og de endokrine kirtler.

Cancer and Radiotherapy, a short guide for nurses and medical students. J. Walther and H. Miller. J. P. Churchill. 1959.

Terapeutisk Onkologi. E. Hammer-Jacobsen et al. Løvens kemiske Fabrik. 1972.

Som introduction til emnet radioterapi skal relevante dele af de to ovennævnte bøger kunnes.

Textbook of Radiotherapy. Gilbert H. Fletcher. Lea & Fibiger, Philadelphia. 1966.

Stråleterapi. En nordisk lærebog. S. Feigenberg et al. Almquist & Wiksell. Uppsala. 1963.

Tumörsjukdomer. En nordisk lærebog. S. Feigenberg et al. Almquist & Wiksell. Uppsala. 1963.

Dele af ovenstående 3 bøger, der anvendes ved radio-terapikursus for læger, kan anbefales som supplerende læsning.

The Treatment of Malignant Disease by Radiotherapy. Ralston Paterson. 2. udg. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London 1968.

Selv om visse dele af denne bog er optrykt i John's fysik, kan den anbefales som supplerende læsning.

The Physical Aspects of Diagnostic Radiology. Michel M. Ter-Pogossian. Hoeber Medical Division. 1969.

Stoffet i denne bog skal kunnes, undtagen kapitlerne 10 og 11.

Instrumentation in Nuclear Medicine. G. J. Hine. Academic Press, 1967.

Det vil være af stor værdi ved arbejdet med isotopundersøgelse at have et vist kendskab til bogen, og den kan derfor anbefales som supplerende læsning.

Electronics for Scientists and Engineers. R. Ralph Benedict. Prentice-Hall. 1967.

Stoffet i denne bog skal kunnes undtagen kapitlerne 2, 12, 13, 15, 18 og 20.

Principles of Radiation Protection. K. Z. Morgan and J. E. Turner. Wiley. 1968.

Følgende kapitler skal kunnes:  
kap.1. History of Damage and Protection from Ionizing Radiation, kap.11. Radiation Biophysics, kap.12. Radiation Biology, kap.13. Evaluation of Human Exposure Data, kap.14. Maximum Permissible Exposure Levels - External and Internal.

Engineering Compendium on Radiation Shielding. R. G. Jaeger et al. Bind 1, Shielding, Fundamentals and Methods. Springer Verlag 1968.

Følgende kapitler skal kunnes bortset fra de afsnit, der handler om neutroner:  
kap.3. Radiation Attenuation Methods, kap.4. Photon Attenuation, kap.6. Extended Radiation Sources, kap.8. Ducts and Voids in Shields.

Procedures in Radiation Therapy Dosimetry with 5 - 50 MeV electrons and X-rays with maximum photon energy between 1 - 50 MeV. Recommendations by the Nordic Association of Clinical Physics. Acta Radiologica, Preprint. Stockholm 1971.

Disse recommendationer skal kunnes.

Publikationer, rapporter, reglementer m.m., som skal kendes:

MIRD, Journal of Nuclear Medicine, supplement number 1 - 6, pamphlets 1 - 9, 1968 - 1972.

I.C.R.P. Publikationer.

2. Report of committee 2 on permissible dose of internal radiation, 5. Handling and disposal of radioactive materials in hospitals and medical research establishments, 9. Recommendations of I.C.R.P., 15. Protection against ionizing radiation from external sources, 16. Protection of the patient in X-ray diagnosis, 17. Protection of the patient in radio-nuclear investigations.

I.C.R.U. rapporter.

14. Radiation dosimetry X-rays and  $\gamma$ -rays with maximum photon energies between 0.6 and 50 MeV, 17. Radiation dosimetry X-rays generated at potentials of 5-150 kV, 19. Radiation quantities and units, 20. Radiation protection instrumentation and its application.

Reglementer og love.

Bekendtgørelser om sikkerhedsforanstaltninger ved brug m.v. af radioaktive stoffer (15/7 1955), Vejledning vedrørende indretning af isotoplaboratoriet (13/9 1962), Bekendtgørelse af røntgenreglementet (27/3 1956), Vejledning vedrørende radioaktive stoffer på brandsteder (marts 1966), Love om brug af radioaktive stoffer (31/3 1953), Indenrigsministeriets bekendtgørelse af 16/10 1964 om ændring af røntgenreglement (vedr. bl.a. påbud om persondosimetri).

De fleste af ovennævnte danske reglementer er p.t. under revision.

Lokale behandlingsprotokoller og anvisninger.

Disse forskrifter skal kendes i deres fulde udstrækning og de afsnit, der drejer sig om strålebehandlings-teknik skal kunnes. (Som eksempel kan nævnes Lygra-protokollen).

Appendix II.

For at lette sammenligning mellem radiofysikeruddannelsen i de nordiske lande er nogle typiske uddannelsesforløb angivet nedenfor i skematisk form. Den del af uddannelsen, som normalt foregår under sygehusansættelse, er vist skraveret.

År efter studenter-eksamen	Danmark	Finland	Norge	Sverige
11				
10				Praktik
9	Radiofysiker	Tentamen		
8	Praktik og teori	Biträdande sjukhusfysiker		
7		kan ersättas med anden praktik	Sykehusfysiker	For-skar ut-bild-ning
6	cand. scient.	praktik som fysiker		Praktik
5	eller civilingeniør	fil. kand. eller diplomingeniør	cand. real. fysik	
4	(exp. fysik)	fysik	civ. ing. med tekn. fysik	C 1
3		mat.		A 1, B 1
2				Fysik mat.
1				