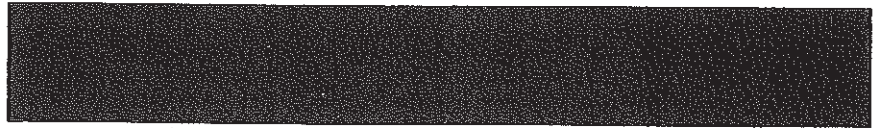


# **Strålningsbiofysik och strålskyddslära**



**R Bertil R Persson**

**CWK Gleerup Bokförlag**

Teckningar: Carin Lingårdh

© 1972 R. Bertil R. Persson och AB CWK Gleerup Bokförlag, Lund. Mångfaldigandet av innehållet i denna bok, helt eller delvis, är enligt lag om upphovsrätt av den 30 december 1960 förbjudet utan medgivande av förlaget, AB CWK Gleerup Bokförlag, Lund. Förbudet gäller varje form av mångfaldigande, genom tryckning, duplicering, stencilering, bandinspelning etc.

17730811

Rahms Boktryckeri AB Lund 1972

## STRÅLNINGSBIOFYSIK OCH STRÅLSKYDDSLÄRA

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		<u>SID</u>	<u>LÖP SID</u>
0	<u>INTRODUKTION</u>	0.01	1
I	<u>STRÅLNINGENS VÄXELVERKAN MED MATERIA</u>	1.01	7
I.1	STRÅLNINGSFÄLTETS STORHETER . . . . .	1.01	7
I.2	VÄXELVERKAN MED DIREKT JONISERANDE STRÅLNING . . . . .	1.05	11
I.2.1	Tunga laddade partiklar	1.06	12
I.2.2	Lätta laddade partiklar	1.07	13
I.3	VÄXELVERKAN MED INDIREKT JONISERANDE STRÅLNING . . . . .	1.11	17
I.3.1	Fotonstrålning	1.11	17
	a Fotoelektrisk absorption	1.12	18
	b Comptoneffekten	1.13	19
	c Parbildningsprocessen	1.16	22
	d Dämpningskoefficienten $\mu$	1.17	23
I.3.2	Neutronstrålning	1.20	26
	a Elastisk spridning	1.22	28
	b Infångning	1.23	29
II	<u>STRÅLNINGSDOSIMETRI</u>	2.01	31
II.1	DEFINITIONER AV STORHETER OCH ENHETER INOM STRÅLNINGSDOSIMETRIN . . . . .	2.03	33
II.1.1	Linjär energiöverföring LET	2.03	33
II.1.2	Absorberad dos	2.05	35
II.1.3	Exposition	2.07	37
II.1.4	Samband mellan flödestäthet och absorberad dosrat	2.08	38
II.1.5	Samband mellan exposition och absorberad dos för fotoner	2.11	41
	a I luft	2.11	41
	b I annat medium	2.12	42

II.2	MÄTNING AV ABSORBERAD DOS . . . . .	2.14	44
II.2.1	Kalorimetri	2.15	45
II.2.2	Jonisationskammaren	2.16	46
II.2.3	Filmdosimetri	2.18	48
II.2.4	Luminiscensdosimetri	2.19	49
III	<u>BIOLOGISKA EFFEKTER AV JONISERANDE STRÅLNING</u>	3.01	53
III.1	KEMISKA EFFEKTER . . . . .	3.01	53
III.1.1	Vattnets radiolys	3.01	53
III.1.2	Radiolys av organiska ämnen	3.05	57
III.1.3	Radiolys av nukleinsyror	3.07	59
III.2	EFFEKTER AV JONISERANDE STRÅLNING PÅ MÄNNISKAN . . . . .	3.09	61
III.2.1	Cellen, celldelning	3.09	61
III.2.2	Genetiska respektive somatiska stråleffekter	3.11	63
III.2.3	Risker förknippade med låga stråldoser	3.15	67
	a Risk för somatiska effekter	3.16	68
	b Risken för genetiska effekter	3.16	68
	c Total risk-bedömning	3.18	70
IV	<u>MÄNNISKANS NATURLIGA OCH ARTIFICIELLA STRÅLNINGSMILJÖ</u>	4.01	73
IV.1	MÄNNISKANS NATURLIGA STRÅLNINGSMILJÖ	4.01	73
IV.1.1	Kosmisk strålning	4.02	74
IV.1.2	Naturlig radioaktivitet i omgivningen	4.02	74
IV.1.3	Radioaktiva ämnen i kroppen	4.03	75
IV.1.4	Sammanfattning	4.03	75
IV.2	ARTIFICIELLA RADIONUKLIDER I VÅR OMGIVNING . . . . .	4.05	77
IV.2.1	Strontium-90 ( <sup>90</sup> Sr)	4.07	79
IV.2.2	Cesium-137 ( <sup>137</sup> Cs)	4.08	80
IV.2.3	Jod-131 ( <sup>131</sup> I)	4.08	80

IV.2.4	Ko1-14	( <sup>14</sup> C)	4.09	81
IV.2.5	Tritium	( <sup>3</sup> H)	4.10	82
IV.2.6	Krypton	( <sup>85</sup> Kr)	4.12	84
IV.2.7	Plutonium		4.14	86
IV.2.8	Exempel på övriga radionuklider		4.14	86
IV.2.9	Sammanfattning		4.15	87
IV.3	ANVÄNDNINGEN AV JONISERANDE STRÅLNING OCH RADIOAKTIVA ÄMNER INOM SJUKVÅRDEN		4.18	90
IV.3.1	Röntgendiagnostik		4.18	90
IV.3.2	Isotopdiagnostik		4.20	92
IV.3.3	Radioterapi		4.21	93
IV.3.4	Genetiskt signifikant dos		4.21	93
IV.4	SAMMANFATTNING AV NATURLIG OCH ARTIFI- CIELL BESTRÅLNING AV MÄNNISKAN		4.25	97
V	<u>STRÅLSKYDDSBEGREPP OCH STRÅLSKYDDSNORMER</u>		5.01	99
V.1	SPECIELLA STORHETER FÖR STRÅLSKYDDSBEGREPP DOSIMETRI . . . . .		5.02	100
V.1.1	Dosekvivalent		5.02	100
V.1.2	Dosekvivalentindex		5.03	101
V.2	STRÅLSKYDDSNORMER OCH REKOMMENDATIONER		5.05	103
V.2.1	Operativa gränsvärden för enskilda individer		5.06	104
V.2.2	Operativa gränsvärden för befolkningen som helhet		5.08	106
V.2.3	Kärnkraftverken och populations- dosen		5.09	107
V.2.4	Åtgärder vid atomolyckor		5.12	110
VI	<u>GRUNDLÄGGANDE PRINCIPER FÖR DIMENSIO- NERING AV STRÅLSKYDDSBARRIÄRER</u>		6.01	113
VI.1	TUNGA LADDADA PARTIKLAR . . . . .		6.01	113
VI.2	ELEKTRONER OCH $\beta$ -PARTIKLAR . . . . .		6.03	115
VI.3	FOTONSTRÅLNING . . . . .		6.05	117
VI.3.1	Bestämning av transmissionen hos strålskyddsbarriärer		6.07	119

VI.4	NEUTRONSTRÅLNING . . . . .	6.14	126
VI.4.1	Dimensionering av strålskyddsbarriärer mot neutroner	6.15	127
VI.5	REFLEKTION AV STRÅLNING OCH LÄCKAGE I STRÅLSKYDDSBARRIÄRER . . . . .	6.19	131
VII	<u>GRUNDLÄGGANDE PRINCIPER FÖR SÄKERT HANDHAVANDE AV RADIONUKLIDER . . . . .</u>	7.01	133
VII.1	RADIOTOXICITETSKLASSER . . . . .	7.01	133
VII.2	KONTROLL AV DEN EXTERNA BESTRÅLNINGEN	7.03	135
VII.2.1	$\alpha$ -strålare	7.03	135
VII.2.2	$\beta$ -strålare	7.03	135
VII.2.3	$\gamma$ -strålare	7.03	135
VII.3	KONTROLL AV DEN INTERNA BESTRÅLNINGEN	7.06	138
VII.3.1	Maximalt tillåtligt kropps-innehåll av radionuklider	7.06	138
VII.3.2	Maximalt tillåtliga radionuklidkoncentrationer i luft och vatten	7.07	139
VII.4	PRAKTISKA STRÅLSKYDDSATGÄRDER . . . . .	7.08	140
VII.4.1	Laboratoriets beskaftenhet	7.08	140
VII.4.2	Förhållningsregler för personal vid arbete med radioaktiva ämnen	7.10	142
VII.4.3	Åtgärder vid olyckshändelser med radioaktivt material i laboratoriet	7.10	142
VII.5	TRANSPORT AV RADIOAKTIVA VAROR . . . . .	7.12	144
VII.5.1	Transportgrupper	7.12	144
VII.5.2	Emballagetyper	7.12	144
VII.5.2.1	A-emballage	7.12	144
VII.5.2.2	B-emballage	7.13	145
VII.5.2.3	Externstrålning	7.14	146
VII.6	RADIOAKTIVT AVFALL	7.15	147
VII.6.1	Högaktivt avfall	7.15	147
VII.6.2	Lågaktivt avfall	7.15	147

VIII	<u>REFERENSER</u>	. . . . .	8.01	151
IX	<u>INDEX</u>	. . . . .	9.01	157

O INTRODUKTION

Människan har liksom alla andra varelser på jorden under hela sin existens varit utsatt för bestrålning dels från världsrymden (kosmisk strålning), dels från naturligt förekommande radioaktiva ämnen i vår omgivning.

Vid slutet av 1800-talet gjordes emellertid en del upptäckter som förändrade människans strålningsmiljö. Röntgen upptäckte 1895 den efter honom uppkallade röntgenstrålningen. Becquerel upptäckte 1896 den naturliga radioaktiviteten i uran. Makarna Curie upptäckte och isolerade 1898 grundämnena polonium and radium.

Genom att framställa joniserande strålning med röntgenrör och genom att framställa radium i högkoncentrerad form införde människan nya komponenter i strålningsmiljön. De biologiska verkningarna av dessa bestrålningsformer visade sig snart då man upptäckte att vid långvarig, kraftig bestrålning av huden blev denna röd, "liksom solbränd". Fortsatt bestrålning av huden gav upphov till kronisk uttorkning, pigmentförskjutningar, fjällbildning, vårt- och hornbildningar, håravfall, sköra och spruckna naglar etc. Karakteristiskt var i dessa fall också en abnorm känslighet för små sår, vilka uppvisade en starkt fördröjd läkning. På botten av den strålskadade "röntgenhuden" utvecklade sig ibland under årens lopp svårartade svulster. Många pionjärer inom röntgenforskningen föll offer för strålskador av denna typ. Inom de 5 första



Åren efter Röntgens upptäckt inrapporterades bortemot 200 strålskador. Genom den ökade användningen av röntgenstrålningen inom medicinsk diagnostik, framför allt i samband med första världskriget, ökades skadefrekvensen och fram till 1922 hade ca 100 radiologer (alltså ej patienter) avlidit som följd av strålskador. Efterhand utarbetades regler och anvisningar för att minska strålningens skadeverkningar. Det stora steget mot internationella rekommendationer togs 1928 vid 2:a Internationella Radiologikongressen i Stockholm. Vid samma kongress bildades Internationella Strålskyddskommissionen (ICRP), som alltsedan dess utfärdat rekommendationer beträffande skyddsåtgärder vid användandet av joniserande strålning.

Upptäckten av fissionsprocessen, "kärnklyvningen", (Hahn, Strassman, Meitner, 1939) är en annan milstolpe, som medfört radikala förändringar av människans situation. Oberoende av tillgången på kol och olja kan man nu utvinna energi ur klyvningen av uran- och plutoniumkärnorna. Både vid den kontrollerade klyvningen (reaktorn) och den okontrollerade (kärnvapnet) produceras stora mängder radioaktiva klyvningsprodukter.

Radioaktivt nedfall från kärnvapen och utsläpp av klyvningsprodukter från kärnreaktorer kan öka bestrålningen av människan, liksom användningen av artificiella och naturliga radioaktiva ämnen inom naturvetenskap, teknik och medicin. Vi befinner oss alltså i en utveckling - på gott och ont - mot en allt vanligare användning av

radioaktivitet och joniserande strålning.

Förutsättningen för att man på ett säkert sätt skall kunna utnyttja joniserande strålning och radioaktiva ämnen är att man vet hur man skall handskas säkert med dem och skydda sig mot bestrålning. Detta kräver goda kunskaper om strålningens fysikaliska egenskaper, hur den växelverkar med materia och riskerna för biologiska strålnings-effekter. Denna kurs är avsedd att förmedla något av den kunskapen och ge fysikaliska och biologiska aspekter på användningen av joniserande strålning.

Det förutsättes att läsaren har elementära kunskaper i kärnfysik, motsvarande "Introduktion till kärnfysiken" av Sven Johansson. Det första kapitlet som behandlar strålningens fysikaliska egenskaper och dess växelverkan med materia är därför ganska kortfattat.

Inom strålningsbiofysiken utgör strålningsdosimetrin ett viktigt avsnitt och i kapitel I och II möter läsaren en del strålningsbegrepp samt storheter och enheter som de definierats av ICRU (International Commission on Radiation Units and measurements). Dessa begrepp utgör ett nödvändigt underlag för framställningen i senare kapitel varför det är viktigt att de inhämtas noggrant. Överensstämmelse mellan engelska och svenska termer har ej alltid kunnat uppnås. Därför förekommer också en del försvenskningar av de engelska termerna t ex svenska: fluens rat - engelska: fluence rate, svenska: attenuering - engelska: attenuation.

För att få någon känsla för den "filosofi" som ligger bakom strålskyddsnormerna är det viktigt att känna till de fundamentala grunderna för strålningens biologiska effekter. I kapitel III behandlas därför ganska grundligt både kemiska och biologiska effekter av den joniserande strålningen. I kapitel IV redogörs för de olika komponenterna i den naturliga strålningsmiljön. Det är viktigt att känna till vår naturliga strålningsmiljö för att kunna bedömma betydelsen av tillskott från artificiella strålningskomponenter, såsom medicinsk bestrålning, nedfall från kärnvapenprov och utsläpp från kärntekniska anläggningar.

I kapitel V redogöres för en del strålskyddsbegrepp och strålskyddsnormer vilka utarbetas av den internationella strålskyddskommissionen ICRP (International Commission on Radiation Protection). Dessutom ingår en del aspekter på tillämpningen av dessa normer i Sverige speciellt för kärnkraftverk såsom de utarbetats av Hedgran och Lindell vid Statens Strålskyddsinstitut.

Vid arbete med strålkällor är det nödvändigt att reducera personalbestrålningen genom att införa strålskyddsbarriärer. De grundläggande principerna för dimensionering av strålskyddsbarriärer behandlas kortfattat i kapitel VI. Radionuklider användes i allt större omfattning som spårämnen, indikatorer m m inom forskning, industriell teknik och miljöteknik. Det är därför viktigt att känna till hur man på ett säkert och riktigt sätt handskas med radioaktivt material. De grundläggande principerna för detta behandlas i kapitel VII.

Till de som på olika sätt medverkat vid bearbetningen av denna bok framför författaren sitt stora tack.

Däribland vill jag särskilt nämna Sören Mattsson vid radiofysiska institutionen som förutom synpunkter och kritik bidragit med delar av introduktionstexten och kapitel IV.2.

Gunnar Hyltén vid institutionen för kärnfysik har kritiskt granskat texten och modererat innehållets lämplighet för teknologundervisningen i teknisk fysik speciellt kurserna F3 och F4.

Dessutom vill jag omnämna professorerna Bengt Forkman (kärnfysik) och Kurt Lidén (radiofysik) vilka uppmuntrat mig att skriva denna bok.