

VII GRUNDLÄGGANDE PRINCIPER FÖR SÄKERT

HANDHAVANDE AV RADIONUKLIDER

VII.1 RADIOTOXICITETSKLASSER

Vid handhavandet av radionuklider måste man förutom den externa bestrålningsrisken även ta hänsyn till den interna bestrålningsrisken. Man indelar därför radionuklider i olika radiotoxicitetsklasser med avseende på

- radionuklidens sönderfallstyp
- den fysikaliska sönderfallshastigheten (halveringstiden)
- hur effektivt den tas upp i människokroppen och sedan utsöndras
- radionuklidens benägenhet att koncentreras till vissa organ i människokroppen

GRUPP 1 : Mycket hög radiotoxicitet, innehåller bland annat de α -emitterande radionukliderna vilka räknas till de mest radiotoxiska substanserna. De har dessutom ofta mycket hög kemisk toxicitet eftersom de är tungmetaller.

GRUPP 2 : Hög radiotoxicitet, innehåller radionuklider som koncentreras till olika organ och som utsänder β - och γ -strålning med hög energi t ex ^{131}I som koncentreras i sköldkörteln och ^{90}Sr i skelettet.

GRUPP 3 : Moderat radiotoxicitet, innehåller radionuklider som fördelar sig relativt jämnt i kroppen och som utsöndras relativt snabbt.

GRUPP 4 : Låg radiotoxicitet, innehåller de radionuklider som endast emitterar lågenergetisk strålning eller som är mycket kortlivade.

TABELL VII:1

I nedanstående tabell ges några exempel på radionuklider i olika radiotoxicitetsklasser samt det maximalt tillåtliga kroppsinnehållet ($q \mu\text{Ci}$) för radiologisk personal. Dessutom finns medtagna de aktivitetsnivåer man inte bör överskrida vid normalt kemiskt arbete med radionuklider i vanligt laboratorium respektive radio-kemilaboratorium eller så kallat 'isotoplab'. För γ -strålare krävs emellertid extra strålskyddsskärmar (se VII.2.3). Radiotoxiciteten tilltar uppifrån och ner.

Radiotoxi- citets- grupp	Radionuklid	q μCi	Max aktivitet vid arbete i	
			Vanligt lab	Isotoplab
4	^{55}Fe	3000		
	^3H (oxid)	2000		
	^{51}Cr	800	10 Ci	1000 Ci
	^{14}C	400		
	^{57}Co	200		
3	^{35}S	90		
	^{36}Cl	80		
	^{137}Cs	30	100 mCi	10 Ci
	^{58}Co	30		
	^{198}Au	20		
2	^{45}Ca	30		
	^{59}Fe	20		
	^{60}Co	10		
	^{32}P	6	1 mCi	100 mCi
	^{89}Sr	4		
	^{90}Sr	2		
	^{131}I	0.7		
^{132}I	0.3			
1	^{226}Ra	0.1	10 μCi	1 mCi
	^{210}Po	0.03		
	^{239}Pu	0.04		

VII.2 KONTROLL AV DEN EXTERNA BESTRÅLNINGEN

Det är fyra punkter som i huvudsak bestämmer vilken extern bestrålning man erhåller vid arbete med radionuklider

- a) typ och energi hos den från preparatet emitterade strålningen
- b) avståndet till preparatet
- c) tiden som arbetsoperationen varar
- d) strålskyddsskärmning

VII.2.1 α -strålare

Med tanke på den höga radiotoxiciteten bör man alltid använda slutna handskboxar vid arbete med α -strålare. Gummihandskarna utgör ett tillräckligt skydd mot den externa α -bestrålningen.

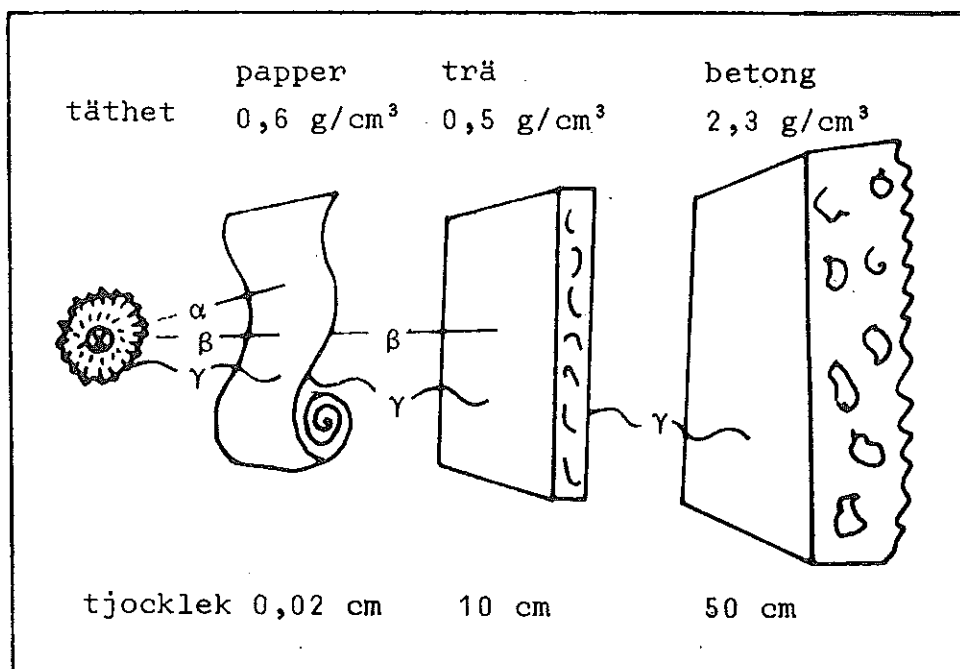
VII.2.2 β -strålare

Betastrålning är också ganska lätt att bemästra eftersom den har ganska kort räckvidd (jfr Figur VI-1). I vatten, vävnad och plastmaterial är räckvidden ungefär 0.5 cm för β -strålning med max energin 1 MeV. Man bör emellertid observera att vid absorption av β -strålning bildas bromsstrålning speciellt i material med högt atomnummer (t ex bly). (Jfr Figur VI-2)

VII.2.3 γ -strålare

Gamma strålning är mer genomträngande än både α - och β -strålning. Man måste därför ta speciell hänsyn till alla fyra ovannämnda punkter för att få ett smidigt

och ekonomiskt strålskydd mot γ -strålning.



FIGUR VII-1 Jämförelse av genomträngningsförmågan hos α -, β - och γ -strålning. Alfastrålningen stoppas av ett vanligt skrivpapper och betastrålningen av en tjock träskiva. Gammastrålningen däremot kräver tjocka betongblock eller bly för att tillräcklig dämpning skall uppnås.

Då man planerar en arbetsoperation med ett γ -strålande preparat bör man på förhand uppskatta vilken bestrålning man riskerar att utsätta personalen för. Expositionen från ett punktformigt preparat på avståndet x m med en strålskyddsbarriär d m tjock kan uttryckas:

$$X = \Gamma \frac{A t}{x^2} T_d \quad [\text{mR}]$$

- Γ = den specifika gammakonstanten $\text{mR m}^2 / \text{h mCi}$
 A = aktiviteten i preparatet; mCi
 t = tiden för att utföra arbetsoperationen; h
 x = avståndet mellan preparatet och personalen; m
 T_d = transmissionen hos strålskyddsbarriären vars tjocklek är d m (jfr Figur VI-3, VI-6, VI-7 och VI-8).

TABELL VII:2

Specifika gammakonstanter för några vanliga radionuklider

Nuklid	Halveringstid	Specifika gammakonstanten [$\text{mRh}^{-1} \text{ m}^2 \text{ mCi}^{-1}$]
^{22}Na	2.58 år	1.23
^{24}Na	15.0 h	1.84
^{42}K	12 h	0.08
^{47}Ca	4.5 d	0.51
^{51}Cr	28 d	0.02
^{54}Mn	290 d	0.48
^{57}Co	270 d	0.06
^{59}Fe	44.9 d	0.63
^{60}Co	5.23 år	1.33
$^{87}\text{Sr}^{\text{m}}$	2.8 h	0.18
$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$	6.0 h	0.07
$^{113}\text{In}^{\text{m}}$	1.7 h	0.15
^{124}Sb	60.3 d	0.99
^{131}I	8.05 d	0.23
^{137}Cs	30 år	0.31
^{198}Au	2.70 d	0.23
^{203}Hg	47.1 d	0.12
^{226}Ra		
(i 0.5 mm Pt)	1620 år	0.84
^{228}Th	1.91 år	0.0012

VII.3 KONTROLL AV DEN INTERNA BESTRÅLNINGENVII.3.1 Maximalt tillåtligt kroppsinnehåll av radionuklider

Med utgångspunkt från den maximalt tillåtliga stråldosen för radiologisk personal, MPD = 5 rem per år, kan man beräkna vilken aktivitet, $q \mu\text{Ci}$, detta motsvarar av en viss radionuklid i kroppen då endast denna är närvarande.

TABELL VII:3

Det maximalt tillåtliga kroppsinnehållet q för radiologisk personal, förutsatt att endast en radionuklid är närvarande. Radiotoxiciteten hos dessa radionuklider, som fördelar sig i hela kroppen, tilltar uppifrån och ned i tabellen.

Radio-nuklid	Strål-art	Fysikalisk halverings-tid d	Effektiv halve-ringstid d	q Aktivitet i hela kroppen μCi
^{55}Fe	K-rtg	1100	450	3000
^3H	β	4500	12	2000
^{14}C	β	$2 \cdot 10^6$	12	400
^{36}Cl	β	$1.2 \cdot 10^8$	29	80
^{65}Zn	β^+, γ	245	194	60
^{137}Cs	β, γ	$1.1 \cdot 10^4$	70	30
^{59}Fe	β, γ	45	43	20
^{22}Na	β^+, γ	950	11	10
^{42}K	β, γ	0.52	0.52	10
^{60}Co	β, γ	1900	9.5	10
^{24}Na	β, γ	0.63	0.6	7

VII.3.2 Maximalt tillåtliga radionuklidkoncentrationer i luft och vatten

Den maximalt tillåtliga radioaktivitetskoncentrationen MPC i luft och vatten ger efter långtidsintag upphov till den maximalt tillåtliga radioaktivitetsnivån $q \mu\text{Ci}$ i kroppen. Som grundval för beräkning av MPC-värden har man en standardmänniska som andas 20 m^3 luft per dygn och som konsumerar 2.2 l vatten per dygn. För de radionuklider som ej fördelar sig jämnt i kroppen utan koncentreras till vissa organ, måste man förutom absorptionsgraden även känna till hur de fördelar sig. Så koncentreras t ex ^{90}Sr och ^{226}Ra till skelettet och ^{131}I till sköldkörteln.

TABELL VII:4

Några exempel på maximalt tillåtliga gränser för radioaktivitetskoncentrationerna av enskilda radionuklider i luft och vatten med tanke på kontinuerlig exponering av radiologisk personal

Radio-nuklid	Strålslag	Fysikalisk halveringstid år	Maximalt tillåten radioaktivitetskoncentration i	
			vatten MPC _w nCi l ⁻¹	luft MPC _a nCi m ⁻³
^3H	β	12.6	30000	2000
^{14}C	β	5745	8000	1000
^{55}Fe	K-rtg	2.6	8000	300
^{60}Co	β, γ	5.3	500	100
^{65}Zn	$\beta^+, \text{EC}, \gamma$	0.68	1000	40
^{85}Kr	β, γ	10.8	—	3000
$^{90}\text{Sr}(\text{Y})$	β	27.7	4	0.4
$^{106}\text{Ru}(\text{Rh})$	β, γ	1.0	100	30
^{131}I	β, γ	0.022	20	3
$^{137}\text{Cs}(\text{Ba})$	β, γ	30	200	20
$^{144}\text{Ce}(\text{Pr})$	β, γ	0.78	100	3
^{210}Po	α	0.4	1	0.04
^{226}Ra	α	1602	0.3	0.02

VII.4 PRAKTISKA STRÅLSKYDDSÅTGÄRDER

Vid laboratoriearbete med radioaktiva ämnen måste man ta hänsyn till dels vilken radiotoxicitetsklass den aktuella radionukliden tillhör dels laboratoriets beskaffenhet och dels om personalen i laboratoriet är av kategorin radiologisk personal.

VII.4.1 Laboratoriets beskaffenhet

TYP 1 : Vanligt kemiskt laboratorium utrustat för isotoparbete. Detta är i stort sett ett konventionellt kemiskt laboratorium med golvbeläggning av PVC eller likvärdigt material. Arbetsbänkar och dragskåp bör ha glatta ej absorberande ytor. Man bör ha ett bra dragskåp med god, helst separat ventilation.

TYP 2 : Radiokemilaboratorium speciellt avsett för arbete med radionuklider (isotoplab). Här får man speciellt ta hänsyn till att kontaminering skall kunna undvikas, begränsas och avlägsnas. Dragskåpen måste ha god, separat ventilation med absolut filter. Väggar, golv och tak bör vara lätta att rengöra. Ständig övervakning med strålningsmonitor, är önskvärd.

TYP 3 och 4: Speciallaboratorier För arbete med höga aktiviteter gammastrålare eller speciellt toxiska nuklider, t ex Pu och andra α -strålare, måste man inreda speciella laboratorier med speciell

utrustning. För γ -strålare krävs strålskärmar och fjärrmanipulatorer och för α -strålare krävs handskboxar.

De aktivitetsnivåer som rutinerad personal kan arbeta med vid normala kemiska operationer varierar med typen av laboratorium. I tabell VII:1 återfinnes maximala aktiviteter av olika radionuklider för normala kemiska operationer dels i ett vanligt laboratorium (typ 1) och dels i ett radiokemilaboratorium (typ 2). För γ -strålare som kräver strålskyddsskärmar och distansverktyg bör man modifiera de angivna aktivitetsnivåerna med en faktor $10^{-1} - 10^{-2}$. Då man skall utföra annat än normala kemiska operationer kan man också tillämpa olika modifieringsfaktorer vid val av aktivitetsnivå eller typ av laboratorium (se tabell VII:5).

TABELL VII:5

Modifieringsfaktorer för de i tabell VII:1 angivna aktiviteterna vid olika typer av arbete med radionuklider

Typ av handhavande	Faktor
Förvaring	× 100
Enkla spädningar	× 10
Normala kemiska operationer (t ex analyser, titreringar, enkla kemiska preparationer)	× 1
Besvärliga våta metoder (t ex synteser med invecklad glasapparat)	× 0.1
Enkla torra metoder (manipulering med pulver eller flyktiga ämnen)	× 0.1
Torra och dammiga metoder (t ex målning)	× 0.1

VII.4.2 Förhållningsregler för personal vid arbete med radioaktiva ämnen

För att minska kontamineringsrisken vid arbete med radioaktiva ämnen måste man följa vissa enkla förhållningsregler:

- Vid passage ut och in i laboratoriet bytes skor eller tofflor samt skyddsrock.
- Högsta renlighet i laboratoriet; regelbunden diskning, städning och avfallstömning. Speciella avfallskärl för aktivt avfall.
- Alla arbetsytor skall vara täckta med absorberande papper med plastad undersida, vilket bytes med jämna mellanrum och speciellt då man avslutat en arbetsoperation med öppna preparat.
- Vid alla arbetsoperationer med aktiva preparat användes engångsplast eller gummihandskar. Gripverktyg användes vid förflyttning av aktiva preparat. Pipettering av radioaktiva lösningar sker alltid med hjälp av så kallad peleusboll, pumpett eller dylikt.
- Behållare som innehåller radioaktivt material skall vara tydligt märkta och förvaras inlåsta.
- Det är också önskvärt att ha en strålningsmonitor till hands i laboratoriet.

VII.4.3 Åtgärder vid olyckshändelser med radioaktivt material i laboratoriet

Då olyckan är framme och du trots alla försiktighetsåtgärder spiller radioaktivt material på kläder, golv och arbetsytor avbryt genast pågående arbetsoperation. Stäng av apparater, värmeplattor och dylikt.

- a) Personsanering bör ske så snart som möjligt.

Lämna kontaminerade kläder i laboratoriet. Tvätta dig omsorgsfullt och tag på dina rena skor (tofflor) och skyddsrock och lämna laboratoriet. Sätt ett meddelande om det inträffade på dörren och informera övrig personal om det inträffade. Tvätta dig åter omsorgsfullt och kontrollera att ingen kontaminering finns på huden. Har du fått sårskador av splitter eller dylikt, spola såret omsorgsfullt med rent vatten. Låt om möjligt såret blöda en stund om det misstänkes vara kontaminerat.

- b) Rums- och materielsanering startar lämpligen med att omsorgsfullt rengöra golvet i laboratoriet och täcka det med kraftigt papper. Kontaminerat material kastas i kraftiga plastpåsar. Avlägsna skyddspapperet från arbetsytorna och rengör dem omsorgsfullt. Gör strykprov (ett filterpapper fuktat med alkohol strykes över en känd yta och mätes därefter med lämplig detektor) och lägg på nytt skyddspapper. Värdefull utrustning saneras omsorgsfullt genom upprepad tvättning och avtorkning och förvaras eventuellt för avklingning. Slutligen avlägsnas kraftpapperet från golvet vilket tvättas igen. Gör strykprov på golvet för att kontrollera att ingen kontaminering finns kvar.

VII.5 TRANSPORT AV RADIOAKTIVA VAROR

Vid transport av radioaktiva material vars aktivitet per kilogram överstiger $2 \mu\text{Ci}$ gäller särskilda bestämmelser. Internationella atomenergi organet, IAEA, i Wien har fastställt de regler som skall tillämpas av alla länder vid all transport av radioaktivt material. (IAEA, Safety Series No 6, 1967). Vid arbete med radionuklider kan det bli aktuellt att ta emot eller sända iväg radioaktivt material. Det är då viktigt att känna till åtminstone något om bestämmelserna för transport av radioaktivt gods.

VII.5.1 Transportgrupper

Radionukliderna indelas med hänsyn till sin radiotoxicitet (se VII.4.1) i olika transportgrupper (jfr tabell VII:1).

GRUPP I	:	Mycket hög radiotoxicitet
II	:	Hög radiotoxicitet
III	:	Moderat radiotoxicitet
IV	:	Låg radiotoxicitet
V-VI	:	Ädelgaser vid normalt tryck
VII	:	Tritiumgas och lysfärg

För transport av mer än 15 g klyvbart material såsom ^{239}Pu , ^{241}Pu , ^{233}U och ^{235}U gäller speciella villkor beträffande kriticitets säkerhet.

VII.5.2 Emballagetyper

VII.5.2.1 A-emballage

Ett A-emballage skall klara följande prov:

- a - Vattenbegjutningen i en $\frac{1}{2}$ timme och därefter fritt fall 1.2 m
- b - Fritt fall 1.2 m
- c - Kompression med 5 ggr kollivikten under 24 timmar
- d - Stöt mot emballaget av en stång med vikten 6 kg och diametern 32 mm som fallit 1 m

TABELL VII:6

Tillåten aktivitet i A-emballaget

Transportgrupp	Aktivitet
I	0.001 Ci
II	0.05 Ci
III	3 Ci
IV	20 Ci
V	20 Ci
VI	1000 Ci
VII	1000 Ci

VII.5.2.2 B-emballage

Ett typ B-emballage skall klara följande tre prov utöver proven för typ A-emballage:

- a - Fritt fall från 9 m höjd mot en plan stötplatta
- b - Fritt fall från 1 m höjd mot en massiv stålcyllinder med diametern 15 cm
- c - Upphettning under 30 minuter i en omgivningstemperatur av 800°C
- d - Nedsänkning i vatten till 15 m djup utan att läckage skall uppstå

TABELL VII:7

Tillåten aktivitet i B-emballage

Transportgrupp	Aktivitet
I & II	20 Ci
III & IV	200 Ci
V	5000 Ci
VI & VII	50000 Ci

VII.5.2.3 Externstrålning

Med hänsyn till externstrålningen utanför ett kollis skall det hänföras till någon av följande kategorier

KATEGORI I - Vit Expositionsraten får inte
överskrida 0.5 mRh^{-1} någonstans på kollits
utsida

KATEGORI II - Gul Expositionsraten får inte
överskrida 0.5 mRh^{-1} på 1 m avstånd från
kollits centrum och inte heller 10 mRh^{-1}
någonstans på kollits utsida

KATEGORI III - Gul Expositionsraten får inte
överskrida 10 mRh^{-1} på 1 m avstånd från
kollits centrum och inte heller 200 mRh^{-1}
någonstans på kollits utsida.

VII.6 RADIOAKTIVT AVFALL

Användningen av radionuklider inom forskning och annan verksamhet resulterar i en hel del radioaktivt avfall. Det kan t ex vara stamlösningar, prover till vätskescintillationsmätning, pipetter, bägare, djurkroppar m m. I laboratoriet skiljer man mellan högaktivt avfall och lågaktivt avfall och det göres lämpligen också en uppdelning av brännbart-, icke brännbart- och flytande avfall.

VII.6.1 Högaktivt avfall

Långlivade radionuklider (halveringstider > 2 år) vars aktivitet överskrider 1mCi samt alla α -strålare eller något av ämnena ^{90}Sr , ^{129}I , ^{210}Pb , ^{227}Ac , ^{228}Ra , ^{230}Pa , ^{241}Pu och ^{249}Bk klassas vid laboratoriebruk som högaktivt avfall. Sådant avfall kan omhändertas av AB Atomenergi i Studsvik, tel Nyköping 80 000. Det är lämpligt att samordna en avfallstransport en à två gånger om året. Under tiden uppsamlas det högaktiva avfallet i väl tillslutna behållare inlåsta med lämpligt strålskydd och ventilation.

VII.6.2 Lågaktivt avfall

Radionuklider med halveringstider < 2 år och vars aktivitet är mindre än 1mCi klassas vid laboratoriebruk som lågaktivt avfall.

Brännbart kontaminerat fast avfall exempelvis papper, plastbägare, djurkroppar m m emballeras i dubbla kraftiga

plastpåsar som i sin tur inneslutes i kraftigt papper så att det radioaktiva ämnet ej frigöres vid normal sophantering. Avfallspåsarna sändes därefter till sopstation för bränning. Vid vissa avfallsstationer finns speciella destruktionsugnar som bör utnyttjas.

Varje sändning får högst innehålla 100 μCi , för tritium (^3H) och kol-14 (^{14}C) dock högst 1mCi. Dosraten vid ytan av avfallspåsen får ej överskrida 2 mrad/tim.

Icke brännbart fast kontaminerat avfall t ex glasvaror och metallföremål emballeras i plastburkar som i sin tur inneslutes i plastpåsar och kraftigt papper.

Varje burk som sändes till sopstation får innehålla högst 1 μCi och varje sändning högst 100 μCi . Kan dessa krav ej uppfyllas klassas avfallet som högaktivt eller förvaras i laboratoriet tills aktiviteten avtagit till acceptabel nivå.

Flytande lågaktivt avfall kan spolas ut i avloppet. Maximalt utsläpp är 20 μCi per gång och högst 1mCi per vecka. Vid utspolningen skall stora mängder kranvatten rinna före, under och efter utsläppet.

De här nämnda reglerna grundar sig i huvudsak på godkända regler som utarbetats av Statens Strålskyddsinstitut för Uppsala hälsovårdsområde.

Skillnaderna mellan Uppsala och andra orter är i detta avseende ganska små men föreskrifter håller för närvarande på att utarbetas även för andra orter.

Om problem och frågor dyker upp i samband med disponeringen av det radioaktiva avfallet kontakta Statens Strålskyddsinstitut i Stockholm tel 08/24 40 80 som kan ge närmare anvisningar.