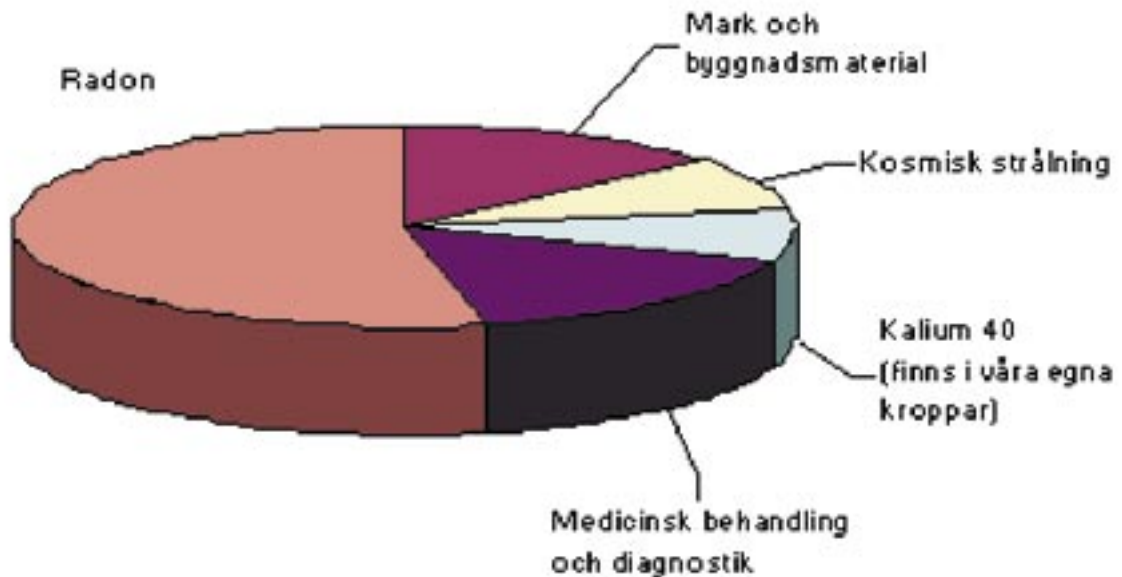




Joniserande strålning

Joniserande strålning



Vi är ständigt utsatta för strålning från rymden och från radioaktiva ämnen runt omkring oss. Även din egen kropp och födan du äter innehåller radioaktiva ämnen. Den mängd strålningenergi som tas upp i din kropp kallas stråldos och brukar anges i enheten millisievert som förkortas mSv.

Den naturliga strålningens intensitet på en ort beror bland annat på höjden över havet och hur berggrunden är sammansatt. Vissa yrkesgrupper får större stråldoser än andra,

till exempel flygare, gruvarbetare, personal på sjukhusens röntgenavdelningar och på kärnkraftverk. En svensk får i genomsnitt en stråldos på ca 5 mSv per år. Diagrammet visar ungefär varifrån strålningen kommer.

Det radioaktiva nedfallet efter olyckan i Tjernobyl gav under det första året efter olyckan en genomsnittssvensk knappt 0,2 mSv. För de närmaste femtio åren efter olyckan väntas bidraget bli 0,8 mSv.

Hur uppstår joniserande strålning?

Strålning med tillräckligt hög energi förmår att slita loss elektroner från atomer som den passerar: atomerna "joniseras" och strålningen kallas joniserande strålning. Det är genom denna jonisation som strålning kan skada levande celler.

Joniserande strålning avges framförallt av radioaktiva ämnen. En atomkärna består av protoner och neutroner. Antalet protoner bestämmer kärnans elektriska laddning, som i sin tur bestämmer till vilket grundämne kärnan hör. Atomerna i ett grundämne kan ha olika antal neutroner och utgör då isotoper av grundämnet. Isotoperna skiljer sig också från varandra ifråga om energiinnehåll. Är energiinnehållet i en kärna för stort, gör kärnan sig förr eller senare av med energiöverskottet genom att utsända strålning. En sådan kärna är instabil eller radioaktiv. De flesta grundämnena har både stabila och radioaktiva isotoper.

Joniserande strålning avges också vid kärnreaktioner såsom fission och fusion. Kärnprocesser i rymden är källan till den kosmiska strålning som bidrar till vår naturliga strålningsbakgrund.

Olika typer av strålning

De vanligaste strålslagen är:

- alfastrålning
- betastrålning
- gammastrålning
- neutronstrålning
- röntgenstrålning

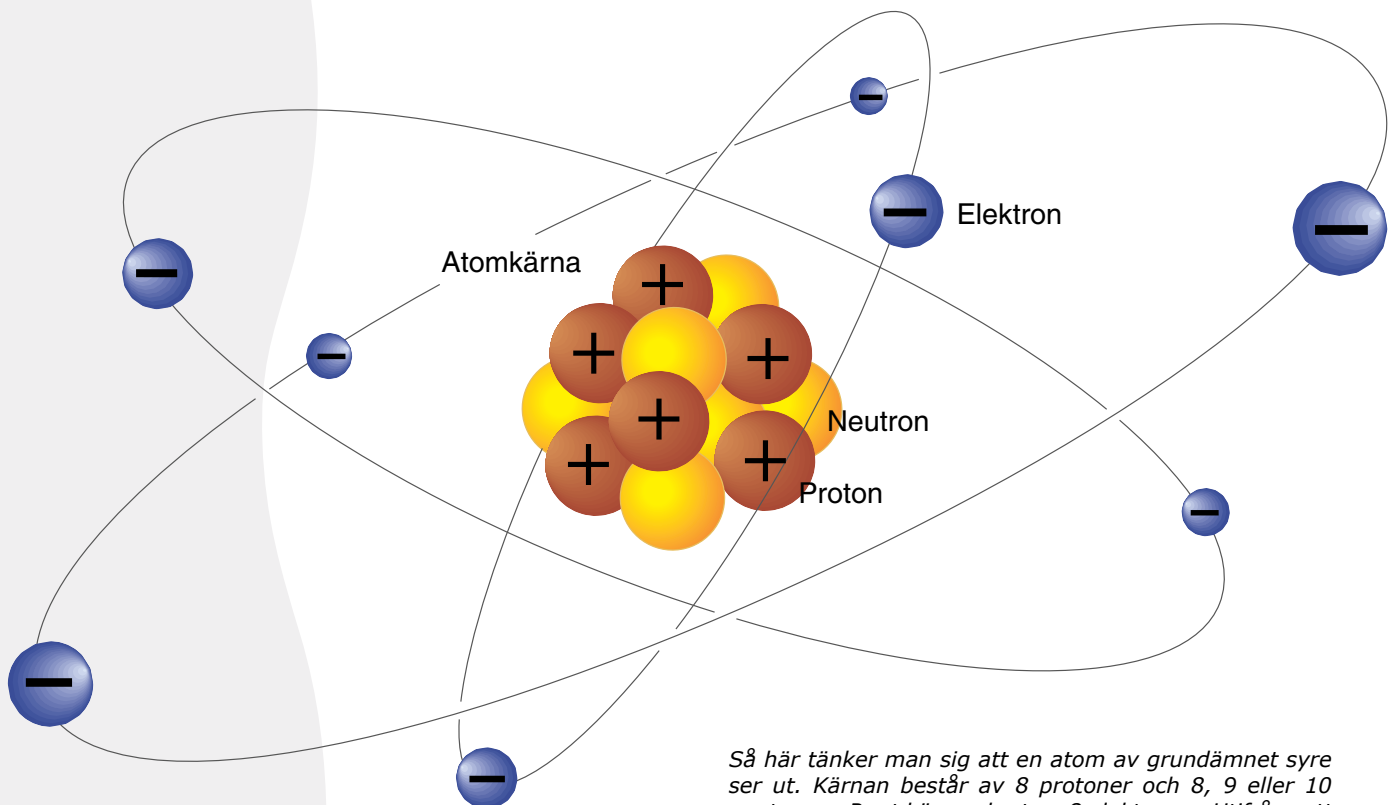
Alfastrålning

Alfastrålning består av heliumkärnor (2 protoner + 2 neutroner) och sänds ut framförallt från tunga radioaktiva atomkärnor.

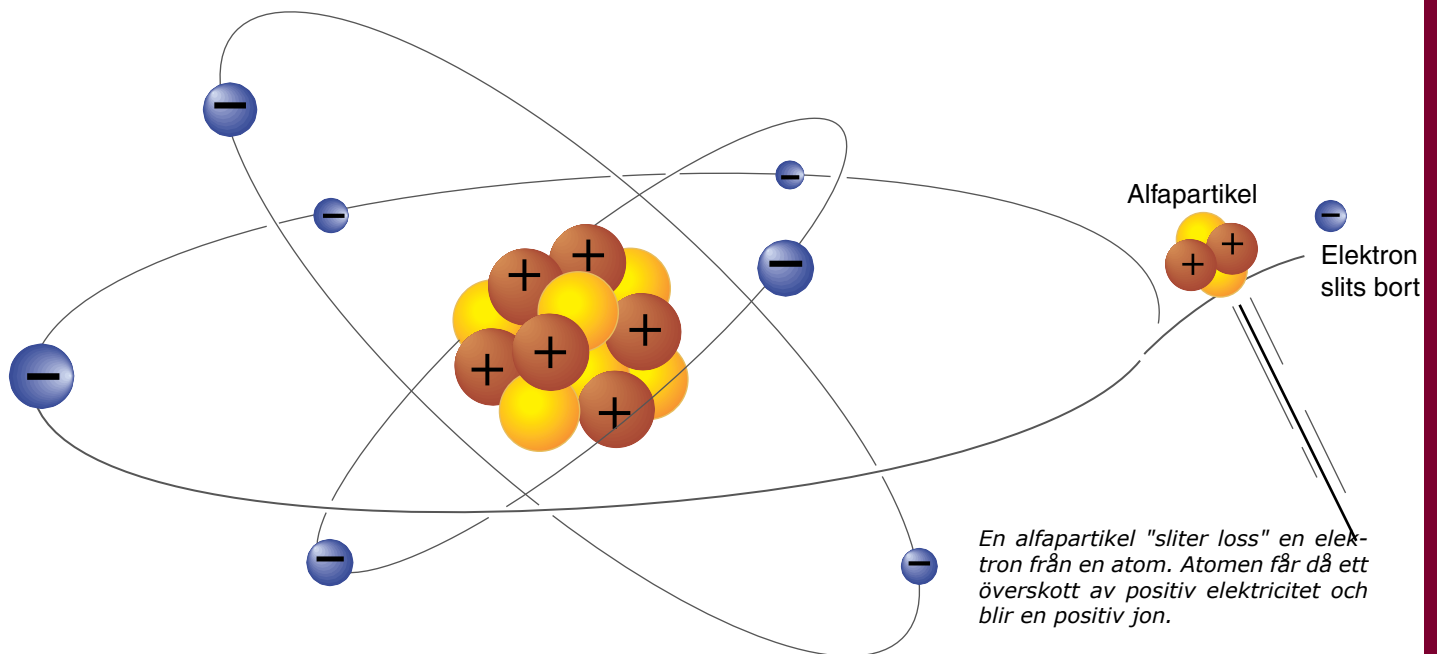
Räckvidden för alfapartiklar är några centimeter i luft. Ett papper eller handskar stoppar alfastrålningen fullständigt.

I kroppsvävnad är räckvidden någon tiondels millimeter och alfapartiklarna kan därför i regel inte tränga igenom kroppens överhud.

Alfastrålningen kan endast skada kroppens celler om man förtär eller andas in ämnen som sänder ut alfapartiklar.



Så här tänker man sig att en atom av grundämnet syre ser ut. Kärnan består av 8 protoner och 8, 9 eller 10 neutroner. Runt kärnan kretsar 8 elektroner. Utifrån sett är atomen elektriskt neutral.



Betastrålning

Betastrålning består av elektroner. Dessa har mycket mindre massa än alfapartiklarna. Räckvidden för betastrålning kan i luft vara upp till 20 m.

I kroppsvävnad är räckvidden mindre än 10 mm. Betastrålning kan stoppas helt av glasögon eller tjock klädsel.

Den stoppas bara delvis av människokroppen och bromsas obetydligt i luft. För att minska strålningen till ungefär en tusendel kan till exempel krävas ett blyskikt på 5-10 cm eller ett betongskikt på 50-75 cm.

Vid en röntgenundersökning räcker det med mindre än en millimeter bly för att minska strålningen till en tusendel av den ursprungliga strålningen.

Gammastrålning och röntgenstrålning

Båda dessa strålslag är elektromagnetiska vågor, besläktade med ljus, men mer energirika. Gammastrålning härrör från omvandlingar i atomkärnan. Röntgenstrålning uppstår vid omlagringar i atomens elektronskal eller då elektroner bromsas i atomkärnans kraftfält. Omlagringar kan i sin tur orsakas av kärnomvandlingar.

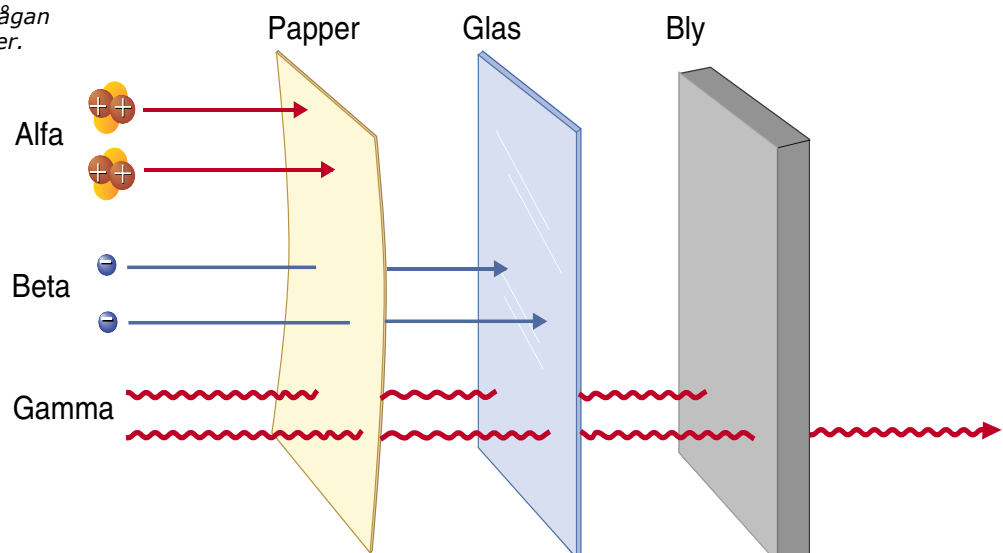
Gammastrålning har i allmänhet större energi än röntgenstrålning.

Gammastrålning har mycket större genomträngningsförmåga än alfa- och betastrålning.

Neutronstrålning

Neutronstrålning avges av endast ett litet fåtal radioaktiva ämnen. Neutroner frigörs däremot alltid vid kärnklyvning och neutronstrålning finns därför inuti reaktorer, då dessa är i drift. Den når dock inte utanför reaktorinneslutningen och upphör praktiskt taget helt när kärnklyvningarna avbryts. En viss mängd avges dock från det använda bränslet, även efter det att reaktorn stängts av. Vid kärnvapenexplosioner kan neutronstrålning svara för en betydande del av strålskadorna.

Genomträngningsförmågan hos olika strålningstyper.



Avklingningstid

Aktiviteten hos ett radioaktivt ämne minskar efter hand och i takt med att instabila atomkärnor övergår i stabila. Förloppet kallas »avklingning».

Halveringstiden för ett radioaktivt ämne är den tid det tar innan aktiviteten sjunkit till 50 % av den ursprungliga. Halveringstiden är alltså ett mått på **hur snabbt** aktiviteten avtar och **inte** något mått på den skadliga effekten av den strålning ämnet sänder ut.

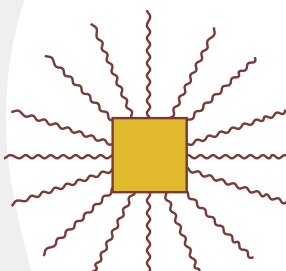
Halveringstiderna är mycket olika för olika ämnen. De kan variera från bråkdelar av en sekund upp till flera miljarder år. Ett stabilt

ämne kan sägas ha en oändligt lång halveringstid.

Halveringstiden är en fysikalisk konstant, som är karakteristisk för varje ämne. Halveringstiden kan inte påverkas. Däremot kan radioaktiva ämnen omvandlas till andra radioaktiva ämnen, t ex i en kärnreaktor.

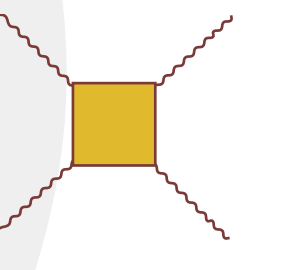
De flesta radioaktiva ämnen som finns i naturen är långlivade i förhållande till jordens geologiska ålder. När jorden skapades fanns det mycket mer av radioaktiva ämnen, men de kortlivade har hunnit klinga av. Kortlivade ämnen kan dock bildas som mellanled i de långlivade ämnernas radioaktiva sönderfall.

1



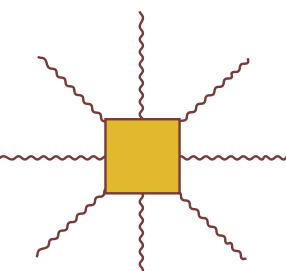
Det här ämnet är radioaktivt. Varje stråle motsvarar aktiviteten 1. Vid ett visst tillfälle hade ämnet aktiviteten 16 (det är 16 strålar).

3



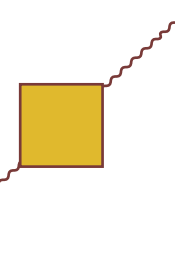
Efter ytterligare tio år är aktiviteten 4, dvs hälften av vad den var i bild 2. Halveringstiden är ju tio år.

2

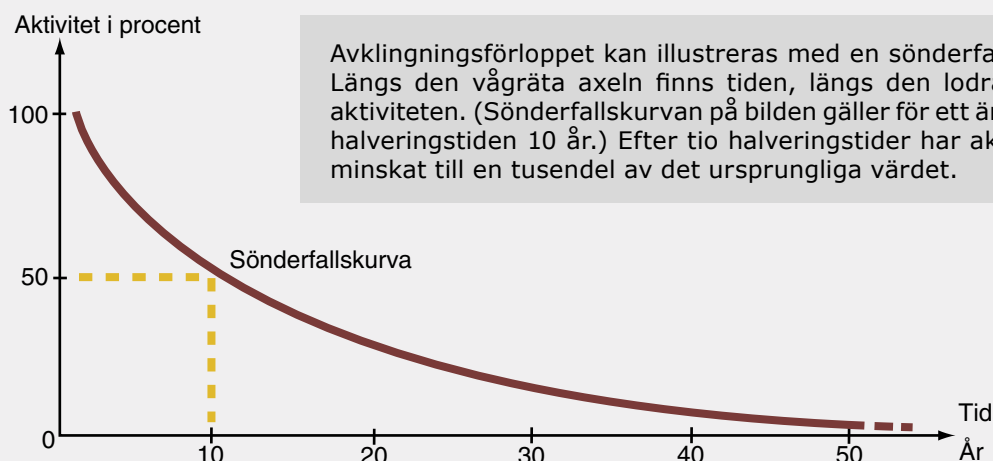


Efter tio år har aktiviteten sjunkit till hälften, dvs till 8. På tio år har alltså aktiviteten sjunkit med 50 %. Det radioaktiva ämnets halveringstid är tio år.

4



Och efter ytterligare tio år har aktiviteten sjunkit till 2. På det här sättet avtar aktiviteten hela tiden. För varje tioårsperiod halveras aktiviteten.



Storheter och enheter

Storhet	Enhet		Definition
	benämning	beteckning	
Aktivitet	becquerel	Bq	1 Bq = 1 sönderfall/s
Absorberad dos	gray	Gy	1 Gy = 1 joule/kg
Ekvivalent dos	sievert	Sv	1 Sv = 1 joule/kg

Aktivitet

Aktiviteten hos ett radioaktivt ämne anger hur många atomkärnor som sönderfaller per tidsenhet. Enheten är *becquerel* (Bq). 1 Bq = 1 sönderfall per sekund.

Absorberad dos

Med *absorberad dos* menar man den energi en kropp tar upp per kilogram när den bestrålas. Absorberad dos anges i enheten *gray* (Gy). 1 Gy = 1 J/kg.

Ekvivalent dos

Olika slags strålning ger olika biologisk verkan, även om den absorberade dosen är lika stor. Alfastrålningen har 20 gånger större biologisk effekt än gammastrålning.

Storheten *ekvivalent dos* – här kallad *stråldos* eller bara *dos* – tar hänsyn till strålslagens olika biologiska verkan genom att den absor-

berade dosen multipliceras med en så kallad *viktningfaktor* för strålning. För gamma- och betastrålning är den 1, för alfa- och neutronstrålning är den större.

Den ekvivalenta dosen anges i enheten *sievert* (Sv). 1 Sv = 1 J/kg. En oftare använd enhet är millisievert (mSv). 1 mSv = 0,001 Sv.

Stråldosens fördelning i kroppen kan vara mycket ojämn. För att ändå kunna jämföra stråldoser från risksynpunkt viktas man därför stråldoserna i olika organ i förhållande till deras strålkänslighet. Summan för hela kroppen av samtliga viktade doser kallas *effektiv dos* (ibland förekommer också termen *effektiv helkroppsdos*) och anges i enheten mSv.

Risken när man fått en given organdos är då samma som om hela kroppen hade bestrålats med motsvarande effektiv dos (dvs organdosen gånger organets viktningfaktor).

Strålskydd

Den internationella strålskyddskommissionen, ICRP, utformar rekommendationer för hur strålskyddet bör bedrivas. De tre grundläggande strålskyddsprinciperna är:

- 1 *All bestrålning måste vara berättigad.* Detta innebär att alla verksamheter där strålning används ska utformas så att nyttan med verksamheten överstiger den risk för skada som verksamheten kan tänkas innebära.
- 2 *Alla stråldoser ska hållas så låga som möjligt inom rimliga gränser.* Principen brukar benämnas ALARA-principen (As Low As Reasonable Achievable) och innebär att stråldoser ska hållas så låga som möjligt med hänsyn till vad som är praktiskt och ekonomiskt genomförbart (optimerat).
- 3 *Dosgränser.* Dessa fungerar som en övre begränsning av de stråldoser människor får utsättas för. Dosgränserna ska dock inte

tillämpas vid medicinsk bestrålning och den strålning som vi naturligt utsätts för.

Den strålskyddslagstiftning vi har i Sverige baseras på ICRPs rekommendationer och EUs regelverk. Statens Strålskyddsinstitut, SSI, utövar tillsyn och utfärdar föreskrifter för verksamhet med strålning.

SSIs föreskrifter anger

- En individ får i sitt arbete inte erhålla mer än 100 mSv under en rullande 5-årsperiod. Ett enstaka år kan max 50 mSv accepteras, men genomsnittet under 5-årsperioden får inte överstiga 20 mSv/år.
- För bestrålning av allmänheten gäller en årsdosgräns på 1 mSv/år. Under enstaka år kan max 5 mSv accepteras om genomsnittet under hela livstiden väntas understiga 1 mSv/år.

Strålningens skadeverkningar

Det finns mycket kunskap

Både röntgenstrålning och radioaktivitet upptäcktes i slutet av 1800-talet. Från början kände man inte till riskerna med stora stråldoser. Under 1900-talets första decennier var det åtskilliga forskare och läkare som fick sina liv förkortade genom strålning. Från denna tidsperiod finns betydande erfarenhet som visar de biologiska effekterna av stora stråldoser. Ett mycket omfattande statistiskt material har också samlats in efter atombombsfällningarna över Japan under andra världskriget, från strålningsanvändning inom sjukvården och från djurförsök. Idag vet vi alltså mer om de biologiska effekterna vid *höga* stråldoser.

Däremot har det hittills inte varit möjligt att klargöra strålningens skadeverkan vid *låga* doser. Det beror på att hälsoeffekterna från strålning »drunknar» bland effekter som har andra orsaker.

Strålskador

När levande vävnad bestrålas kan cellerna skadas eller dödas. Ju större stråldosen är, desto fler skador uppstår på vävnaden. Om bestrålningen är begränsad till ett enskilt organ är skadeverkan mindre än om hela kroppen bestrålas med samma dos. Om en viss stråldos ges över längre tid blir skadorna i allmänhet mindre än om motsvarande dos ges vid ett enda tillfälle.

De strålskador som kan uppstå brukar man dela in på följande sätt:

Specifika organskador	Till exempel tunntarms-skador (akut strålsjuka), lunginflammation, nedsatt sköldkörtelfunktion
Fosterskador	Mental efterblivenhet
Sena skador	Cancer, ärftliga skador

Akut strålsjuka

Akut strålsjuka uppstår när man får en kortvarig, hög stråldos (mer än 1 Sv) till hela kroppen. Det är främst benmärgen och tarmens slemhinnor som blir skadade.

Inom ca 6 timmar efter bestrålningen kan den drabbade må illa och kräkas. Den slutliga utgången kan bedömas utifrån hur snart illamåendet sätter in. Om symptomen uppträder inom mindre än en timme är överlevnadschansen liten.

Vid stråldoser på några Sv kan den första tiden av illamående följas av en period av besvärsfrihet, men patienterna drabbas så småningom av bland annat trötthet, infektioner och feber. Vid stråldoser kring 3-5 Sv beräknas hälften avlida inom två månader på grund av att benmärgens blodbildande funktion slagits ut. Medicinsk intensivvård kan förbättra chanserna att överleva.

Tabellen visar förloppet för de fall som leder till döden. Vid högre strål-

doser får sjukdomen ett häftigare förlopp och vid stråldoser omkring 10 Sv avlider samtliga bestrålade.

Vår kunskap om strålningens hälsoeffekter har i huvudsak inhämtats från olyckor i samband med forskningsarbeten och från resultaten av atombombsfällningarna över Japan.

Viktig information om såväl effekterna av höga stråldoser som möjligheterna att lindra dem kommer från olyckan i Tjernoby. Endast en av dem som då fick en beräknad stråldos över 6 Sv överlevde. Strålskador på huden och brännskador bidrog i flera fall till dödlig utgång.

Helkroppsdos Sv	Viktigaste dödsorsak	Antal dygn mellan bestrålning och död
3-5	Benmärgsskada	30-60
5-15	Skador på magsäck, tarm och lungor	10-20
Mer än 15	Blodkärllsskador som leder till dödliga hjärnskador	1-5
Några 100	Skador på centrala nervsystemet	Ögonblicklig koma och död inom några timmar

Andra specifika organskador

Om stråldosen är koncentrerad till ett visst organ kan organet skadas så att dess funktion minskar eller helt upphör. Två uppmärksammade former av sådana skador är sköldkörtelrubbingar och lunginflammation.

Sköldkörtelskador kan till exempel uppkomma efter omfattande utsläpp till omgivningen vid haverier i kärnkraftverk. Utsläppen kan innehålla radioaktiv jod som koncentreras i sköldkörteln efter inandning eller förtäring. Vid sköldkörteldoser över 10 Sv kan körtelns funktion bli nedsatt eller utslagen. Sådana skador är emellertid inte livshotande, då körtelfunktionen kan ersättas med hormontabletter. Detta är den enda strålningsrelaterade effekten man hittills sett efter tjernobylyockan.

Genom att inför ett hotande jodutsläpp äta tabletter med icke-radioaktiv jod, kan man förhindra att sköldkörteln tar upp ytterligare jod i radioaktiv form. Den radioaktiva joden

kommer istället att snabbt utsöndras ur kroppen. Jodtabletter delas för närvarande ut i förebyggande syfte genom myndigheternas försorg till dem som bor kring kärnkraftverken.

Det har dock visat sig att mycket av den radioaktiva joden, på grund av sin kemiska form, förblir bunden i kärnkraftverk av lättvattentyp också vid svåra haverier. Jodutsläppen blir därför mindre än man tidigare befarat. De säkerhetsfilter som finns på inneslutningarna kring de svenska verken bidrar också till att minska risken för utsläpp av jod.

Om man andas in stora mängder radioaktiva ämnen utsätts lungorna för kraftig bestrålning, som senare kan leda till lunginflammation. Detta kräver höga stråldoser till lungorna, 6-8 Sv.

Lunginflammationen uppträder först efter flera månader och kan då ha ett mycket våldsamt förlopp, ofta med dödlig utgång.

Fosterskador

Fosterskador ska inte förväxlas med ärftliga (genetiska) skador.

Celler som håller på att dela sig är strålkänsliga. Tidigare trodde man att fostret var känsligast under havandeskapets första två månader. Studier av dem som bestrålades som foster i Hiroshima och Nagasaki har dock visat att den känsligaste perioden inträffar när fostret är 8-15 veckor gammalt. (Denna period infaller i vad som räknas som 10:e-17:e graviditetsveckan.)

Under denna period utvecklas storhjärnan, och bestrålning kan medföra att personen blir mentalt efterbliven. Man har beräknat att om 100 foster under den känsliga perioden får en stråldos på 1000 mSv (1 Sv) blir 40 av barnen mentalt efterblivna. Vid lägre stråldoser minskar risken. Vissa resultat tyder på att det till och

med kan finnas en tröskeldos mellan 100 och 200 mSv, under vilken ingen skada uppstår, men resultaten är inte entydiga.

Mer iögonfallande fosterskador hos människor, såsom missbildade extremiteter, har aldrig kunnat sättas i samband med strålning.

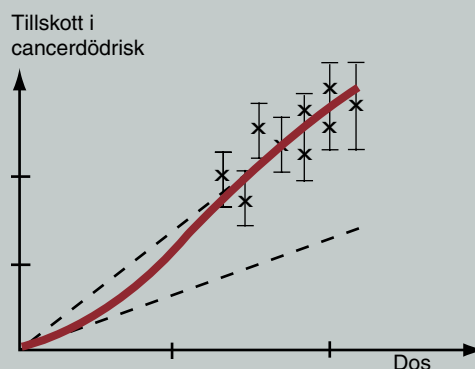
Försiktighet rekommenderas vid röntgenundersökningar av buken hos kvinnor i fruktsam ålder. Om kvinnan inte kan utesluta att hon är gravid ska undersökningen om möjligt uppskjutas.

Kvinnor i fruktsam ålder som kan bestrålas i sitt arbete, har rätt att under graviditeten omplaceras till ett arbete som inte är förenat med strålning. Om de stannar kvar, ska arbetet planeras så att fostret under hela graviditeten inte får mer än 1 mSv.

Cancer

Celler som bestrålas kan skadas utan att dö. Sådana skador kommer till stor del att elimineras genom kroppens försvarsmekanismer, men de kan under vissa förhållanden överföras till nya cellgenerationer. Detta kan i sinom tid leda till cancer.

För låga doser (mindre än 50 mSv), eller högre doser fördelade över lång tid, finns inget statistiskt säkerställt samband mellan stråldos och cancer. En orsak är att strålningen då bidrar ytterst lite till den totala cancerrisken – några extra fall i en stor befolkning "drunknar" i den normala variationen av antalet cancerfall.



Man vet dock, från bland annat djurexperiment, att risken per mSv minskar i lågdosområdet (den heldragna kurvan i figuren). Internationella strålskyddskommissionen ICRP antar, att det också vid låga doser råder ett linjärt samband mellan risk och dos (den nedre streckade linjen), men att lutningen på linjen bara är hälften så stor som vid höga doser (den övre streckade linjen).

Vid låga stråldoser är enligt ICRPs antagande risken att dö i strålningsframkallad cancer 5 % per Sv. Det betyder att om 10 000 människor får en stråldos på vardera 10 mSv, beräknas 5 personer avlida i cancer på grund av strålningen. (Samtidigt kommer dock 2 000 att dö i cancer av andra orsaker.) Eftersom man antagit ett linjärt samband mellan risk och stråldos, blir det beräknade antalet cancerdödsfall detsamma (5) om i stället 20 000 människor får en stråldos på 5 mSv, eller 100 000 människor får 1 mSv.

Det måste understrykas att det av ICRP rekommenderade sambandet mellan risk och dos vid låga doser är avsett att användas i förebyggande strålskydd, och kan inte användas för att förutsäga skadeutfall efter inträffad bestrålning. De verkliga cancerfallen kan mycket väl bli färre än de beräknade, men det vet vi ingenting om.

Olika organ är olika strålkänsliga. Enligt ICRP är de mest strålkänsliga organen benmärgen, lungorna, tunntarmen och magsäcken. Det är också ganska säkert att cancer risken är större för barn än för vuxna.

Den tid det tar, från bestrålningstillfället till dess att strålningsframkallad cancer kan påvisas, kallas latenstid. För leukemi räknar man med en latenstid på minst två år, och för övrig cancer minst 10 år. De flesta cancerfallen väntas dock uppträda betydligt senare och fördelas över en lång tid, 40 år eller längre.

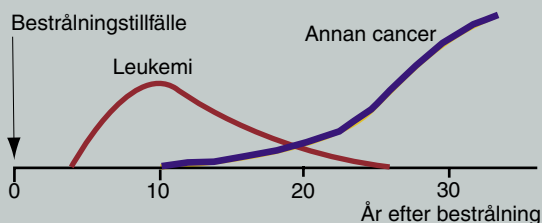
Genetiska skador

Könsceller kan också skadas av strålning. Om en sådan könscell medverkar vid en befruktning, kan en genetisk skada uppstå. Man har inte kunnat påvisa ärftliga skador efter bombfällningarna över Hiroshima och Nagasaki, utan riskuppskattningarna baseras på djurförsök. Man antar att risken för ärftliga skador är proportionell mot stråldosen. De skador det är fråga om behöver inte vara livshotande för den drabbade individen.

Risken för ärftliga skador är mindre än risken för cancer. Man brukar räkna med 1 % per Sv. Även vid höga stråldoser till stora befolkningar skulle bara en liten bråkdel av människorna föra strålningsorsakade genetiska skador vidare. Att mänskligheten skulle kunna dö ut på grund av genetiska skador i samband med strålningskatastrofer som kärnvapenkrig, tillbakavisas därför av strålningsbiologer.

Ärftliga skador kan givetvis bara uppkomma efter bestrålning av personer i fruktsam ålder. Det är viktigt att skilja mellan fosterskador på individen och genetiska skador, som kan föras över till kommande generationer.

Latenstider för strålningsorsakad cancer



Akuta skador

Benmärg
Tunntarmens slemhinnor
Centrala nervsystemet
Lunginflammation
Död genom bestrålning

Kan uppstå vid stråldoser som är...

större än 1 Sv
ca 3 Sv
ca 15 Sv
större än 6-8 Sv
ca 3-5 Sv (50 % dödlighet)

Fosterskador

Mental efterblivenhet

Risk vid 1 000 mSv

40 fall på 100 bestrålade. (Dosen måste ha erhållits när fostret är mellan 8 och 15 veckor. Möjligen inträffar inga skador vid doser under 100-200 mSv.)

Sena skador

Cancer
Genetiska skador

Risk per 10 mSv (vid låga doser)

5 fall på 10 000 bestrålade
1 fall på 10 000 bestrålade

Hur mäter man joniserande strålning?



Vi kan inte uppfatta joniserande strålning med våra sinnen, men den är lätt att mäta med enkla instrument och kan påvisas med vanlig fotografisk film. När vi registrerar förekomst av strålning och mäter stråldoser, använder vi just strålningens förmåga att jonisera en gas eller en vätska eller att svärta en film.

Geiger-Müller-instrumentet är det instrument som vanligtvis används för att påvisa joniserande strålning. Styrkan av strålningen kan avläsas på en skala och "knattret" från instrumentets högtalare ger en uppfattning om dess intensitet.

Geiger-Müller-rör används ofta i små instrument som kan bäras i t ex bröstfickan under arbetet, så som elektroniska dosimetrar. På dessa kan man avläsa, förutom strålningens styrka, den samlade stråldosen under t ex ett arbetspass. Utvärderingen sker direkt efter arbetet och resultatet läggs in i personens dosregister.

Bilden ovan visar principen. När strålning passerar gasen i röret, joniseras en del gasmolekyler. De frigjorda elektronerna dras till den positivt laddade metalltråden i mitten och ger en elektrisk impuls.

Stråldoser kan mätas på flera sätt

TL- och direktvisande persondosimetrar

TL står för det fysikaliska fenomenet »termoluminiscens». En sådan dosimeter består av små tabletter av ett material som kan »minnas» den stråldos det absorberat. När materialet efter bestrålningen värms upp, avger det ljus i en mängd som motsvarar stråldosen. Tabletterna mäts regelbundet på detta sätt och ger då besked om den stråldos bäraren av dosimetern erhållit sedan närmast föregående mättillfälle.

Den direktvisande persondosimetern bygger på halvledarteknik men kan också innehålla ett Geiger-Mullerrör. Dosimetern registrerar gamma- och röntgenstrålning. Den sammanlagda stråldosen kan avläsas på dosimeterns display.

Dosimetern är ofta konstruerad så att den avger larm om dos- eller dosrat överstiger i förväg inställda larmnivåer. Den kan också ingå i större datoriserade dosövervaknings-system.

Båda dosimetrarna bärs av personal som utsätts för strålning i sitt arbete, till exempel inom sjukvården och kärnkraftindustrin. De bärs utanpå klädseln i brösthöjd.



TL-dosimeter



Direktvisande persondosimeter

Helkroppsmätning

För att mäta den radioaktivitet en person har i kroppen, placerar man personen inuti ett utrymme med tjocka stålväggar som skärmar av strålningen utifrån. Känsliga instrument kan då registrera strålningen från kroppen utan att störas av bakgrundsstrålning. Denna anordning, som visas på bilden, kallas *helkroppsmätare*.

Urinprov kan också ge besked om eventuella intag i kroppen av radioaktiva ämnen.



Vår strålmiljö

Strålning i bostäder

Strålningen i våra bostäder kommer i huvudsak från två källor; mark och byggnadsmaterial. I såväl mark som byggnadsmaterial finns grundämnet radium. Radium ingår i uranets sönderfallskedja, och förekommer nästan överallt men med mycket stora variationer. När radium sönderfaller bildas radon, som är en radioaktiv gas. Radium, som ju är ett fast ämne, sitter kvar där det en gång bildades medan radonet kan lämna marken eller byggnadsmaterialet och tränga in i våra bostadsutrymmen.

När radonet sönderfaller bildas *radondöttrar*. Dessa är liksom radium fasta ämnen och fastnar lätt på dammpartiklar som finns i luften. När radondöttrarna sönderfaller utsänds alfastrålning och det är dessa som kan ge höga stråldoser till de boende.

Det radium som finns i mark och byggnadsmaterial ger även det ett litet bidrag till stråldosen men då i form av gammastrålning.

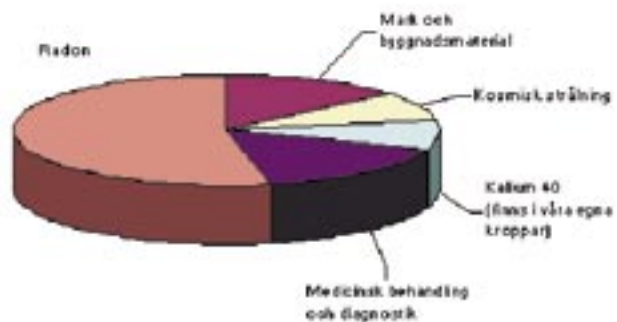
Radondöttrar är metalljoner av polonium, vismut och bly.

Mängden strålning från marken varierar beroende på jord- och bergart. Det är framförallt alunskiffer, pegmatiter och vissa graniter som har höga halter av radioaktiva ämnen. Markens genomsläpplighet för radongasen är också av stor betydelse.

Också i byggnadsmaterial varierar halten av radioaktiva ämnen. Trä innehåller praktiskt taget inget radium medan lättbetong kan ha höga halter. Vit, sandbaserad lättbetong är praktiskt taget radiumfri medan grå eller blå lättbetong kan ha betydande halter. Sådan lättbetong är baserad på alunskiffer och halterna i den grå och blå lättbetongen varierar beroende på vilken plats råvaran hämtats.

Radondöttrarna fastnar lätt på damm i luften. När man andas in sådan luft, fastnar en del av dessa i lungorna. Strålningen från dessa kan bidra till att lungcancer uppkommer.

Höga koncentrationer av radon i inomhusluften beror, förutom av markens förmåga att avge radon, också av husets täthet mot marken. God ventilation motverkar höga radonhalter.



Varje svensk får i genomsnitt ca 3,8 mSv i effektiv dos varje år. Radon i bostäder svarar för det största enskilda bidraget, drygt 50 %. Ungefär 15 % kommer från den medicinska användningen av strålning, nuklearmedicin och röntgenundersökningar.

Den naturliga strålningen, strålning från världsrymden, från mark och även från våra egna kroppar svarar för ca 30 %. Övriga »konstgjorda» strålkällor svarar för ca 1 %.

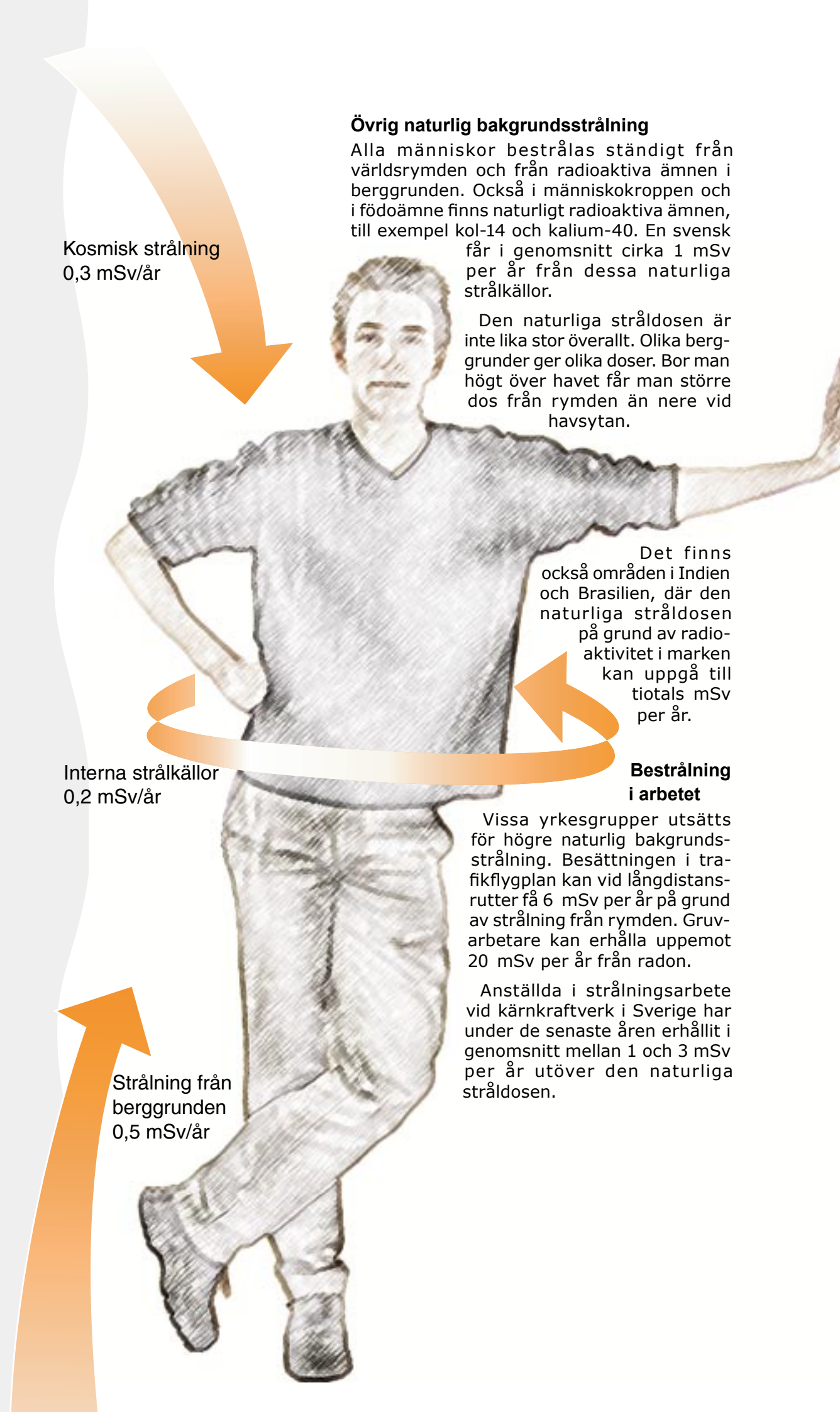
Nedfallet efter Tjernobyolyckan gav under första året efter olyckan knappt 0,2 mSv i genomsnitt.

Den högsta tillåtna radonhalten i en bostad är 400 Bq/m³. I nybyggda hus får radonhalten inte överstiga 200 Bq/m³ och på arbetsplatser är gränsvärdet detsamma som för bostäder: 400 Bq/m³.

Man kan med vissa antaganden räkna om radonhalten i bostadsluften till effektiv dos till de boende. Vid riktvärdesnivån, 400 Bq/m³, blir den effektiva dosen ca 8 mSv/år.

Den högsta tillåtna radonhalten i en bostad är 400 Bq/m³. I nybyggda hus får radonhalten inte överstiga 200 Bq/m³, och på arbetsplatser är gränsvärdet detsamma som för bostäder, 400 Bq/m³.

Man kan med vissa antaganden räkna om radonhalten i bostadsluften till effektiv dos till de boende. Vid riktvärdesnivån, 400 Bq/m³, blir den effektiva dosen 1,3 mSv/år för ickerökare, för rökare blir motsvarande siffra 18 mSv/år.



Övrig naturlig bakgrundsstrålning

Alla människor bestrålas ständigt från världsrymden och från radioaktiva ämnen i berggrunden. Också i människokroppen och i födoämne finns naturligt radioaktiva ämnen, till exempel kol-14 och kalium-40. En svensk får i genomsnitt cirka 1 mSv per år från dessa naturliga strålkällor.

Den naturliga stråldosen är inte lika stor överallt. Olika berggrunder ger olika doser. Bor man högt över havet får man större dos från rymden än nere vid havsytan.

Det finns också områden i Indien och Brasilien, där den naturliga stråldosen på grund av radioaktivitet i marken kan uppgå till tiotals mSv per år.

Bestrålning i arbetet

Vissa yrkesgrupper utsätts för högre naturlig bakgrundsstrålning. Besättningen i trafikflygplan kan vid långdistansrutter få 6 mSv per år på grund av strålning från rymden. Gruvarbetare kan erhålla uppemot 20 mSv per år från radon.

Anställda i strålningsarbete vid kärnkraftverk i Sverige har under de senaste åren erhållit i genomsnitt mellan 1 och 3 mSv per år utöver den naturliga stråldosen.

Kosmisk strålning
0,3 mSv/år

Interna strålkällor
0,2 mSv/år

Strålning från berggrunden
0,5 mSv/år

Bestrålning från olyckan i Tjernobyl

Den enda radioaktiva ämnet från nedfallet som kan ge stråldoser på längre sikt är cesium-137, med en halveringstid på 30 år.

Nedfallet från olyckan i Tjernobyl fördelades mycket ojämnt över Sverige. I genomsnitt fick vi första året efter olyckan en stråldos på mindre än 0,2 mSv, medan några hundra personer i de mest utsatta områdena fick ca 3 mSv. Jämfört med bestrålningen från marken gav livsmedlen ett obetydligt bidrag.

Genomsnittssvensken beräknas under de första 50 åren efter olyckan få 0,8 mSv, de mest utsatta grupperna 25 mSv.

I de delar av landet som blev mest drabbade av nedfallet från Tjernobyl är cesium-137 i marken ett kvardröjande problem. Särskilt på mager skogsmark förblir cesiet lättillgängligt för växter och kan förekomma i höga halter i svamp, bär och vilt. Framför allt rennäringen har blivit hårt drabbad. Genom vattenavrinningen i dessa marker har cesium också ansamlats i vissa insjöars botten-sediment och därifrån överförts till fisk.

Myndigheterna har satt ett gränsvärde för livsmedel på 1500 Bq cesium-137 per kilo. Låt oss ta ett extremt exempel: en person med självhushåll i ett cesiumförorenat område äter varje dag 300 gram kött eller fisk med en halt av 3000 Bq per kilo, det vill säga långt över gränsvärdet. Detta beräknas på ett år ge honom en effektiv dos på 4 mSv. Om personen bor i ett äldre trähus, kan hans årliga stråldos ändå förmodas bli mindre än för en person i ett cesiumfritt område som bor i ett hus med hög (men fortfarande tillåten) radonhalt.

Kärnkraftindustrin

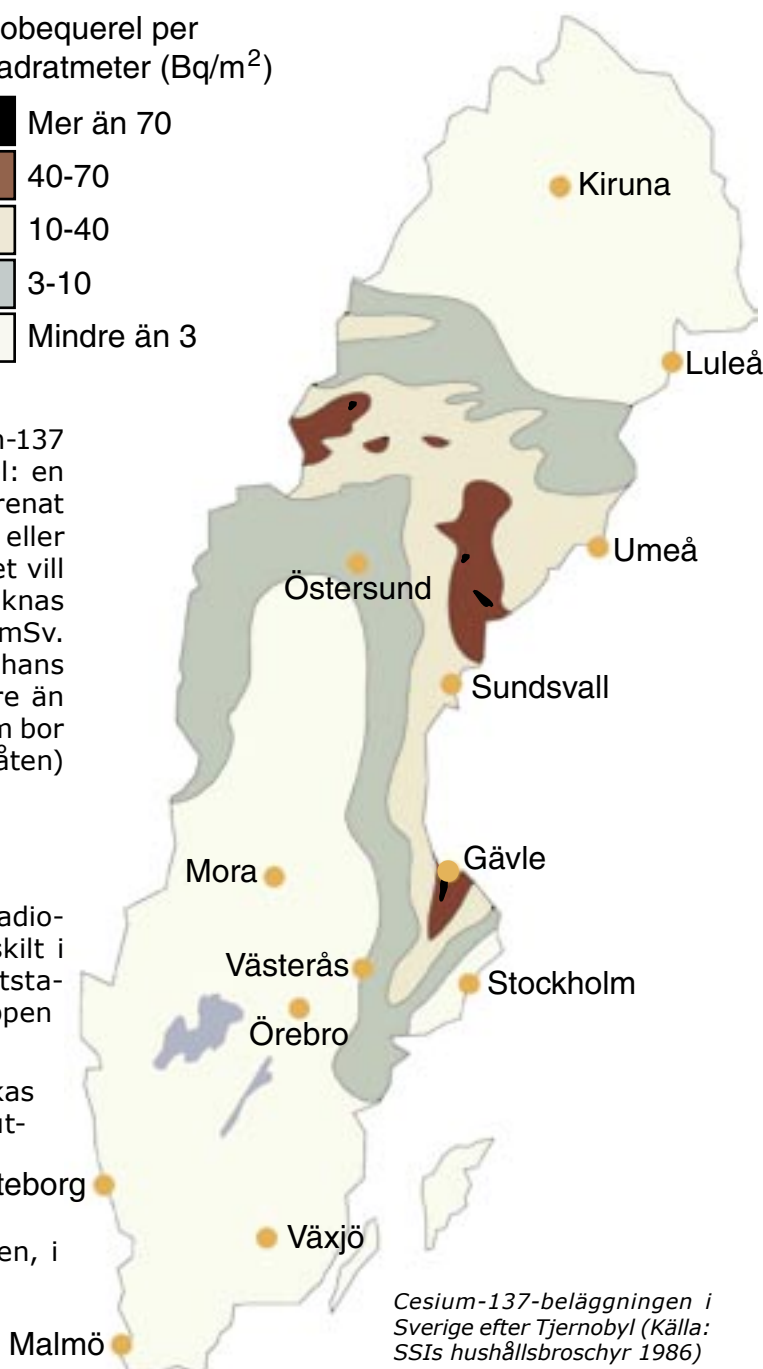
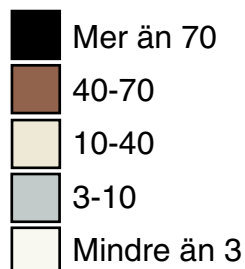
Under den tid en reaktor är i drift bildas radioaktiva ämnen i reaktorhärden och särskilt i bränslet. Säkerhetsarbetet vid kärnkraftstationerna har som mål att begränsa utsläppen av radioaktiva ämnen till omgivningen.

Utsläpp från ett kärnkraftverk övervakas noga. Dels vill man kontrollera att utsläppen inte är större än vad som är tillåtet, dels vill man veta vilka ämnen som finns i utsläppen. Man mäter radioaktiviteten i ventilationsluften, i kylvattnet och i omgivningen.

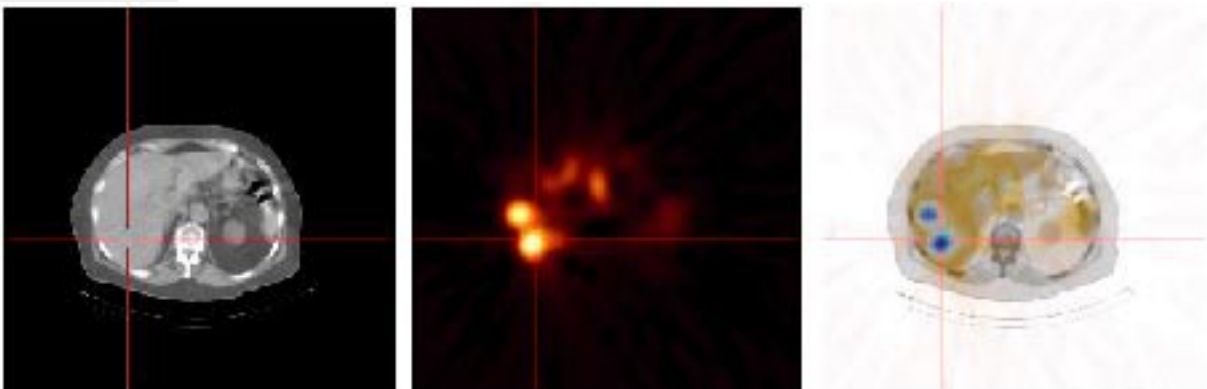
Genom att ta prov på växande gröda kan man konstatera vilka radioaktiva ämnen som finns på marken. På någon lämplig bondgård i närheten av stationen tar man under betessäsning mjölkprov för att mäta halten radioaktiv jod i mjölken.

Enligt de svenska föreskrifterna ska ingen person som bor i närheten av ett kärnkraftverk få ett dostillskott som överstiger 0,1 mSv per år. De svenska verken ligger på mindre än en hundradel av detta värde. Dostillskottet är mindre än det man får på grund av kosmisk strålning vid en enda flygresor över Atlanten.

Kilobequerel per kvadratmeter (Bq/m²)



Cesium-137-beläggningen i Sverige efter Tjernobyl (Källa: SSIs hushållsbroschyr 1986)



Positronkameraundersökning (PET) av patient med elakartad tumör med flera metastaser (dottersvulster) i levern. Bilderna är tagna med sk kombinationskamera. Till vänster anatomiskt referensbild (datortomografi), i mitten positronkameraundersökning (PET) med 18-FDG (radionuklidmärkt glukos) och till höger sammanslagen bild (datortomografi + PET)
Källa: Avdelning för Nuklearmedicin, Karolinska Sjukhuset

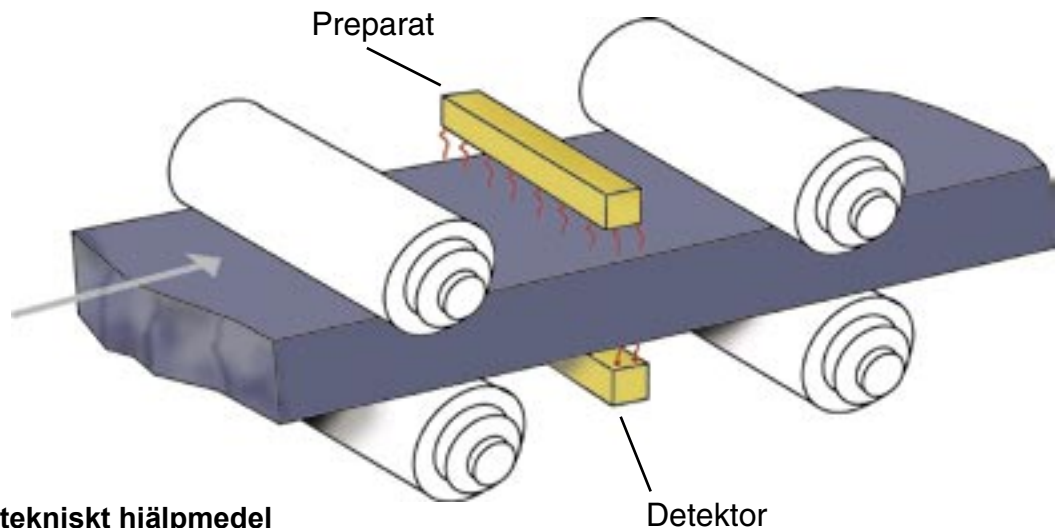
Medicinska strålkällor

Den medicinska användningen av joniserande strålning är av mycket stor betydelse. Varje år undersöks ungefär varannan svensk med röntgen. Vidare utförs undersökningar och strålbehandlingar med hjälp av joniserande strålning. Varje svensk erhåller en genomsnittsdos på ca 1,4 mSv per år (effektiv dos) från medicinska strålkällor, främst från diagnostik och terapi.

Sköldkörteln tar upp och lagrar ämnet jod. Vid sjukdomar som beror på överfunktion av sköldkörteln kan man tillföra patienten det

radioaktiva ämnet jod-131 i stora doser, så att en del av körtelvävnaden förstörs. I lägre doser används jod-131 för att mäta hur mycket jod som tas upp i sköldkörteln och samtidigt få en bild av hur joden fördelas i körteln. För att avbilda sköldkörteln används dock oftast det radioaktiva ämnet teknetium-99m.

Genom att spruta in lämpliga radioaktiva ämnen i blodet kan man på liknande sätt spåra cancertumörer, studera blodflödet i hjärnan, undersöka funktionen hos lungor, hjärta, njurar osv.



Strålning som tekniskt hjälpmedel

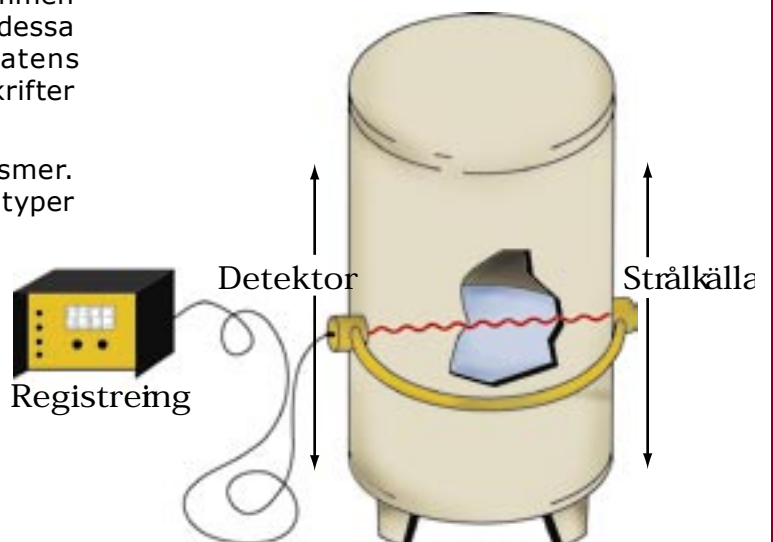
De flesta tekniska tillämpningarna av joniserande strålning bygger på att strålningen tränger igenom material som är ogenomsläppligt för ljus. Det är framför allt röntgen- och gammastrålning som utnyttjas på detta sätt, men ibland också betastrålning.

Exempel på tillämpningar är kontroll av vätskenivåer i slutna behållare eller automatisk övervakning av tjockleken på metallband eller papper under valsning. Om bandet blir för tjockt går en elektrisk signal till valsarna, som då pressas ihop mer. Röntgen- och gammagenomlysning (radiografering) är en välkänd metod för att kontrollera att material och svetsar är fria från defekter.

Vissa typer av brandvarnare innehåller ett radioaktivt ämne som ger upphov till en jonström i en jonisationskammare. Strömmen påverkas av brandrök. Strålkällorna i dessa apparater är mycket svaga, och statens strålskyddsinstitut har utfärdat föreskrifter för konstruktionen.

Höga stråldoser dödar mikroorganismer. Detta utnyttjas för att sterilisera vissa typer av sjukvårdsmaterial som inte tål hög temperatur. I Sverige finns tre anläggningar för detta ändamål.

I många länder används strålning för att sterilisera livsmedel, till exempel kryddor. Det är ett sätt att förebygga salmonellaspridning eller uppkomst av mögelgifter vid dålig lagring. I Sverige är dock strålningsbehandling av livsmedel förbjuden.



Så här fungerar strålskyddet

På det internationella planet finns

- ICRP - internationella strålskyddskommissionen. ICRP bildades i Stockholm 1928 och har 13 medlemmar i huvudkommissionen, 4 kommittéer och ett antal arbetsgrupper.
- UNSCEAR - FNs vetenskapliga strålningskommitté som bildades 1956 och rapporterar till FNs generalförsamling.

En annan organisation med högt internationellt anseende är:

- BEIR - amerikanska vetenskapsakademiens kommitté för strålningens biologiska effekter.

Alla dessa organisationer sammanträder regelbundet för att utvärdera ny kunskap och sammanfatta kunskapsläget på strålskyddsområdet.

Nationellt

Strålningsarbetet regleras, förutom av arbetsmiljölagen, av en särskild lagstiftning. Statens strålskyddsinstitut (SSI) är tillsynsmyndighet.

Sedan 1988 gäller en ny strålskyddslag i Sverige som innebär att den som bedriver verksamhet med strålning ska vidta de åtgärder som behövs för ett tillfredsställande strålskydd.

Bland annat kräver lagen att man ska:

- ha tillstånd från SSI
- kontrollera och upprätthålla strålskyddet
- svara för information och utbildning av personalen
- ta ansvar för radioaktivt avfall
- på begäran ge SSI upplysningar och tillträde till lokaler.

Inom sjukvården

Inom sjukvården måste strålskyddsarbetet inriktas på att skydda såväl patienter som personal.

I tillståndsvillkoren berörs bland annat personalens kompetens och rutinerna för dess utbildning för det specifika arbetet. Vidare gäller anmälningsplikt vid förändringar, missöden eller tillbud av betydelse för strålskyddet.

På många sjukhus finns sjukhusfysiker som följer utvecklingen, samordnar strålskyddet och hjälper till med att lösa lokala strålskyddsproblem.

Inom kärnkraften

Allt strålskyddsarbete inom kärnkraftområdet syftar till att minimera utsläppen av radioaktiva ämnen till omgivningen och att begränsa doserna för de anställda. På varje kärnkraftstation finns en radiologisk föreståndare.

Strålskyddsinstitutet, SSI, sätter gränser för utsläpp av radioaktiva ämnen och kontrollerar bland annat att den stråldos personalen erhåller inte överskrider rekommenderade värden.

Kärnkraftinspektionen, SKI, bevakar att alla säkerhetsvillkor uppfylls för konstruktion, uppförande och drift av kärnkraftblocket. Hos SSI liksom SKI finns inspektörer som regelbundet besöker kärnkraftverken och inspekterar verksamheten.



Kärnkraftsäkerhet
och Utbildning AB

Vi arbetar med säkerhetsfrågor, utbildning av driftpersonal och träning i simulatorer. Vi samlar också in och utvärderar information om driften vid svenska och utländska kärnkraftverk.

info@ksu.se
www.ksu.se