

KÄRNAV FALLSRÅDET



Seminarium på Kungliga vetenskapsakademien 3 november 2015

Viktigt med forskning om risker vid låga stråldoser

Gränsvärdet för hur mycket strålning en person maximalt får utsättas för från ett slutförvar för använt kärnbränsle under ett år motsvarar ungefär samma dos som en tandröntgen ger.

– Metoderna för att bedöma riskerna med strålning i så låga doser, baseras på kunskap av effekter från högre doser. Men ny forskning kan snart överbrygga kunskapsluckorna, säger Mats Harms-Ringdahl, från Kärnavfallsrådet.

Kritiska röster hörs från publiken om att all forskning inte tas med i riskbedömningarna.

Svenskar utsätts för en stråldos på i genomsnitt 4,5 mSv (milliSievert) från joniserande strålning varje år genom att bl.a. bo i stenhus, utsätts för naturlig bakgrundsstrålning och röntgenun-

dersökningar. Eva Forssell Aronsson vid Göteborgs universitet och ordförande i Nationalkommittén för strålskyddsforskning vid Kungliga vetenskapsakademien anordnade seminariet tillsammans med Kärnavfallsrådet. Hon säger att det är viktigt att ställa det uppsatta gränsvärdet för hur mycket strålning en person maximalt får utsättas för från slutförvaret för använt kärnbränsle, i relation till strålning från andra aktiviteter som vi företar oss.

– Gränsvärdet, alltså den strålning som får uppkomma från slutförvaret enligt säkerhetsanalysen, är 0,014 mSv. En flygresa mellan Stockholm och New York tur och retur ger 10 gånger mer strålning än detta. Arbetsmiljögränsen för radiologisk personal ligger på 50 mSv per år, säger hon och pekar också på att var tredje svensk någon gång under sitt liv får en cancerdiagnos. Omkring 10 000 per år får cancer som beräknas bero på kostvanor, cirka 5500



Eva Forsell-Aronsson, Göteborgs universitet. Vid de låga stråldoser som gränsvärdet för slutförvaret ligger på är det ingen risk för växters och djurs fortplantningsförmåga. Och det är troligt att miljön är skyddad genom skyddet av människan, menar Eva Forsell-Aronsson.

cancerfall beror på rökning, runt 1500 uppstår till följd av UV-strålning och ett tusental fall orsakas av radon i bostäder.

– Om vi år efter år skulle utsättas för strålning som motsvarar det uppsatta gränsvärdet, skulle risken att drabbas av cancer öka med 0,0001 procent, säger hon.

Planerade utsläpp och olyckor

En stor del av den kunskap vi har om hur vi människor drabbas av strålning, har vi fått genom olika händelser som lett till spridning av radionuklider i miljön. Lennart Johansson, adjungerad professor i radiofysik vid Umeå universitet och ledamot i Kärnavfallsrådet har undersökt effekterna av olyckor, bl.a. i Windscale i Storbritannien, Tjernobyl i Ukraina och Mayak i Sovjetunionen. Också avsiktliga utsläpp från exempelvis kärnaventester och satelliter som störtat ligger till grund för studier.

– Det är stor skillnad på sammansättningen av radionuklider och exponeringen om strålningen kommer från nedfall i luften eller om den kommer via marken från exempelvis läckande kapslar i ett kärnavfallsförvar, säger han och beskriver att atombombsoffren i Hiroshima och Nagasaki under millisekunder utsattes för gammastrålning på typiskt mellan 100 och 1000 mSv. Ett läckage från ett kärnavfallsförvar skulle däremot innebära bl.a. alfastrålning från partiklar som tagits upp genom rotsystemet i växter och som äts av människor och djur eller från dricksvattnet. Då bestrålas kroppen inifrån i låga doser, förmodligen under en mycket lång tid.

– I Tjernobyl gick de lokala myndigheterna inte in med motåtgärder efter olyckan. Korna åt kontaminerat gräs och barnen drack sedan mjölken. En lärdom av detta är att barn som bestrålats är mycket känsliga.

I hög utsträckning drabbades barnen i närområdet av sköldkörtelcancer som började uppstå först omkring fem år efter olyckan.

Johansson påpekar att svenska kor inte fick beta



– De avsiktliga utsläppen av radioaktivitet till Techafloden i Sovjetunionen mellan 1949–1956 har gett oss möjligheter att studera effekten av kroniskt låga stråldoser till människor och höga doser till växtligheten, säger Lennart Johansson vid Umeå universitet.



– Vi har mycket lite kunskap om hur celler och vävnader påverkas vid låga stråldoser under 100 mSv, även om det finns data för speciella åldersgrupper och speciella tumörsjukdomar som utgör "förankringspunkter" för en linjär dos/risk modell ner till ca 10 mSv, säger Sören Mattsson från Lunds universitet.

utomhus efter olyckan och att vi inte har sett någon ökad cancerfrekvens hos de svenskar som var barn när händelsen inträffade.

Atombomber har gett vetenskapligt underlag

Sören Mattsson, professor i medicinsk strålningsfysik vid Lunds universitet, tar upp studier av de som drabbats av Hiroshima- och Nagasaki-bombningarna och säger att de överlevande, förutom cancer, också fick ett försämrat immunförsvar på samma sätt som vid för tidigt åldrande.

– Men det kan vara skönt att veta att resultaten visar att barn till de som utsatts för strålning inte har drabbats av cancer i någon ökad utsträckning och att man inte heller sett någon ökad genetisk påverkan på dessa barn.

Mattsson framhåller tyngden av studierna från Japan när det gäller epidemiologisk forskning och att de utgör en viktig del av den vetenskapliga basen för dagens strålskydd. Kompletterande studier är gjorda på personer som upprepade gånger röntgats eller strålbehandlats för bl.a. bröstcancer, gruvarbetare som utsatts för höga radonhalter, anställda

Om strålning

Joniserande strålning är så energirik att den kan rycka loss elektroner från atomer och på så vis förvandla dem till positivt laddade joner.

Begreppet dos är den energi som absorberats av ett objekt som bestrålats med joniserad strålning. Enheten för dos är gray (Gy)². Dosrat anger absorberad dos per tidsenhet, t.ex. Gy/timme.

Strålningens biologiska effekt är inte enbart beroende av den absorberade dosens storlek utan också av det aktuella strålslaget. Olika slag av strålning har nämligen olika stor biologisk effekt. En absorberad dos av 1 Gy alfastrålning är t.ex. 20 gånger farligare än 1 Gy av röntgen- eller gammastrålning. För de olika strålslagen har man beräknat en viktningfaktor som anger hur mycket skadligare den aktuella strålkvaliteten är jämfört med gamma- eller röntgenstrålning som har viktningfaktor 1. Om den absorberade dosen multipliceras med viktningfaktorn erhålls den ekvivalenta dosen, som nu mäts i sievert (Sv).

Med kännedom om dosekvivalenten kan man för ett organ beräkna t.ex. risken för cancer, men måste då ta hänsyn till olika organs strålkänslighet.

SAXAT UR SOU 2011:18 SID 235

på kärnavenfabriker m.fl. liksom djurförsök och bestrålning av celler.

Han poängterar att studier i epidemiologi kräver höga stråldoser eftersom personer som utsatts för låga doser också kan ha fått cancer av andra orsaker och förklarar:

– Det blir som ett slags ”noise” eller störning från omkringliggande faktorer och det är svårt att urskilja det särskilda bidraget från lågdosstrålningen.

Han hävdar att vi idag vet att joniserad strålning förutom cancer, också kan ge upphov till andra sjukdomar, såsom exempelvis i hjärta och kärl. Men risken för detta, liksom för cancer, är låg jämfört med vad andra miljöfaktorer och ämnen i vår miljö kan orsaka.

– Vi har hyggliga kvantitativa uppskattningar av riskerna med strålning, vilket inte alltid gäller för exempelvis kemikalier. Ett problem är dock att vi har mycket lite kunskap om hur celler och vävnader påverkas vid låga stråldoser under 100 mSv.

Utgår från linjärt samband

Om man undersöker effekterna av höga stråldoser, visar epidemiologiska studier att sambandet mellan stråldos och cancerrisk är linjärt, dvs. vid ökad stråldos ökar cancerrisken i motsvarande grad. Mats Harms-Ringdahl, professor i strålningsbiologi vid Stockholms universitets Centrum för strålskyddsforskning och ledamot i Kärnavfallsrådet framhåller att sambandet också styrks av biologiska undersökningar som visar linearitet när mutationer och DNA-skador uppkommer vid högre stråldoser.

– Men dessa metoder har begränsningar vid lägre stråldoser eftersom man inte längre hittar tillräckligt många mutationer i cellerna för att kunna kvantifiera dem. Därför används en modell för riskbedömning som bygger på hypotesen att risken är linjär från höga doser ner till bakgrundsosor.

Man extrapolerar alltså, dvs. förlänger risken linjärt till lägre doser än 100 mSv. Modellen som används kallas LNT-modellen och står för ”Linear Non Threshold model” Linjär icke tröskel modell



– SSM förlitar sig på den vetenskapliga genomgången som de internationella organisationerna gör, och denna ligger till grund för vår reglering. Vi följer också pågående forskning inom området, men vi ser det i första hand som de internationella organisationernas uppgift att genomföra den sammanvägda bedömningen, säger Anders Wiebert, SSM.

och har kritiserats för att den inte är baserad på ett vetenskapligt underlag.

– Biologiska studier visar på att det finns andra tänkbara dosrespons samband som kan innebära att risken av strålning i lågdosområdet under 100 mSv kan vara såväl överskattad som underskattad, säger Harms-Ringdahl.

Sören Mattson menar att olika modeller har diskuterats under lång tid, men att LNT-modellen stöds av stora organisationer sammansatta av internationellt ledande experter inom området, såsom FN:s strålningsvetenskapliga kommitté, UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) och Internationella strålskyddskommissionen, ICRP. Han påpekar också att det finns data för vissa åldersgrupper och speciella tumörsjukdomar som utgör ”förankringspunkter” för en linjär modell och som visar samband mellan dos och risk ner till doser på ca 10 mSv.

Tiotusentals måste ingå

Harms-Ringdahl beskriver svårigheterna med att få fram vetenskapliga studier och den mängd data som krävs för epidemiologiska studier på människor när man undersöker effekterna av låga stråldoser. Han illustrerar med den nyligen publicerade studien INWORKS som omfattar över 300 000 anställda vid kärnkraftverk som utsatts för i genomsnitt 21 mSv. Av de drygt 19 000 personer som hittills dött i cancer, kan man utifrån LNT-modellen sluta sig till att cirka 200 personer fått sjukdomen av strålning.

– För denna typ av studier, krävs långtidsstudier av tiotusentals exponerade personer. Det finns få så stora grupper där man har detaljkunskap om varje persons dos. Men här har man haft tillgång till såväl cancerregister som dosimetrar som mätt stråldoser.

Han anser att det krävs nya metoder och nya strategier när lägre stråldoser ska studeras. Exempel på en sådan utveckling finns inom molekylärepidemiologi där man arbetar med att ta fram biomarkörer som indikerar om en persons cancer uppkommit genom strålning eller av någon annan orsak, och kombinerar detta med andra biomarkörer som syftar till att fastställa om personen verkligen blivit exponerad för strålning.

– Med hjälp av sådan forskning och andra molekylärbiologiska studier av biomarkörer, mekanismerna bakom stressrespons och genetiska skador som uppkommit vid låga stråldoser, kan vi få ökad kunskap om risker. Denna kunskap kan i sin tur stödja eller förkasta den linjära modellen när det gäller låga stråldoser.

Forskningens finansiering oklar

Forskning om strålrisker pågår runt om i världen enligt Harms-Ringdahl. Han understryker att den europeiska forskningsstrategin har uppmärksamats och i synnerhet det pågående forskningsprogrammet Horizon 2020, bland annat för att en mängd olika aktörer inom strålskyddsforskningen samverkar. Strategin utgår från nya plattformar som samlar experter inom en rad forskningsfält, som exempelvis studerar hälsorisker för människor vid



Mats Harms-Ringdahl framhåller att bombningarna av Hiroshima och Nagasaki har gett insikt om gammastrålningens effekter av höga doser och dosrater, men att det finns kunskapsluckor i hur celler påverkas av andra strålkvaliteter.



Christopher Busby, Green Audit, hävdar att EU-lagstiftningen ställer krav på nationella strålsäkerhetsmyndigheter att undersöka studier som kan ändra riskbedömningarna vad gäller låga doser av strålning.



– SKB har gjort pessimistiska antaganden när det gäller riskbedömningen för spridning av radionuklider från slutförvaret. Men vår slutsats är att den naturliga barriären kommer att fungera bra och att ett utsläpp skulle ge mycket mindre än 1% av den naturliga bakgrundsstrålningen, säger Ulrik Kautsky från SKB.



Det är vanligt att det finns osäkerheter i olika riktningar. Det finns exempelvis risker i en metod för ett slutförvar, men det finns också osäkerheter med en mellanlagring. Försiktighet blir ett svårhanterligt begrepp och det är inte entydigt. Det måste sägas vad man ska vara försiktig med, säger Sven Ove Hansson från Kungliga tekniska högskolan.



Marc Elert, Kemakta konsult AB säger att när det gäller riskbilden, finns stora likheter mellan radioaktivt och konventionellt avfall. De har ungefär samma spridnings- och exponeringsvägar. Trots det har samhället olika angreppssätt i riskbedömningen och lagstiftning. – Det finns en stor mängd deponier för konventionellt avfall, för vilka ägarna måste rätta sig efter generella regler och föreskrifter. Men det skulle också behövas platsspecifika bedömningar, såsom för slutförvaret för använt kärnbränsle, speciellt när det gäller tungmetaller. Dessa har en oändlig halveringstid, säger han.

låga stråldoser och effekter på växter och djur. Dessa forskare arbetar tillsammans fram forskningsstrategier som ska skapa bättre kunskap vad gäller risker för människa och miljö.

Men det finns orosmoln, anser han. Endast ett fåtal länder bedriver idag strålskyddsforskning och den nationella kompetensen i många länder är bristfällig eller saknas helt. Dessutom är den framtida finansieringen oklar. Han är också bekymrad över att stora nationella strålskyddsorganisationer konkurrerar med universiteten om resurser, vilket leder till att grundforskningen hotas.

Kritik över valet av studier

Under seminariet kommer det emellertid fram kritik av bedömningarna av risker med strålning.



Bo Stenerlöv, Uppsala universitet, säger att över 50 000 enkla brott på DNA-strängar normalt bildas varje dag i varje cell och dessa repareras snabbt och noggrant. Men dubbelsträngsbrott kan orsaka stora problem för cellen, även om också dessa oftast repareras.

– Men oreparerade och felreparerade dubbelsträngsbrott leder till bestående DNA-skador dvs kromosomsador. Om dubbelsträngsbrotten uppkommer p.g.a. joniserande strålning kan det leda till akuta skador på celler och vävnad och resultera i bl.a. cancer, hjärt- och kärlsjukdomar och effekter på hjärnan i form av kognitiva störningar.

Christopher Busby från Green Audit i Storbritannien, ifrågasätter ICRP:s riskbedömningsmodell och anser att organisationen liksom seminariets föreläsare ignorerar studier om effekter av låga stråldoser, som han ger exempel på.

– Alla har fokuserat på att bedöma risker baserade på effekterna av höga utifrån kommande stråldoser på de överlevande från atombombssprängningarna över Hiroshima och Nagasaki, liksom röntgenbestrålning inom sjukvården, men det finns en mängd publicerade studier om låga interna doser från radionuklider som tagits upp av kroppen, säger han.

Han anser att dessa studier (varav han själv publicerat ett antal) visar att riskerna kraftigt underskattats. Han ger exempel från bland annat uranarbetare i Frankrike, bröstcancer hos kvinnor bosatta nära kärnkraftverk och Fukushima.

– EU-lagstiftningen kräver att nationella myndigheter, såsom Strålsäkerhetsmyndigheten i Sverige, ska undersöka också dessa studier, säger han.

Harms-Ringdahl svarar att en stor mängd vetenskaplig fakta har vägts in i de nu etablerade riskbedömningarna.

– De internationella organen samlar in det som publiceras, kvalitetsgranskar studierna, diskuterar dem och fäster sedan olika vetenskaplig vikt vid dem. Studierna som Busby hänvisar till, har inte haft den tyngd, som gör att den etablerade riskmodellen behövt omprövas.

Harms-Ringdahl får medhåll från Andrzej Wojcik från Stockholms universitet och medlem i kommitté 1 i ICRP. Han säger att det är en felaktig uppfattning att de organisationer som utvärderar det vetenskapliga underlaget inte tar hänsyn till de publikationer som Christopher Busby nämnde, och menar att det finns stora brister i dessa.

TEXT ANNIKA OLOFSDOTTER FOTO ANETTE ANDERSSON

/ VETENSKAPSJOURNALISTERN