



# **Strålskydd**

*Radiation protection*

**Frida Hamberg**

---

**Sveriges Lantbruksuniversitet  
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa  
Djursjukvårdarprogrammet**

**Skara 2007**

**Studentarbete 108**

***Swedish University of Agricultural Sciences  
Department of Animal Environment and Health  
Veterinary Nursing Education***

***Student report 108***

**ISSN 1652-280X**

# **Strålskydd**

*Radiation protection*

**Frida Hamberg**

**Examensarbete, 5 poäng, Djursjukvårdarprogrammet**

Handledare: Anna Hellander Edman

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <i>Innehållsförteckning</i>      | <i>3</i>  |
| <i>Inledning</i>                 | <i>4</i>  |
| <i>1. Vad är strålning?</i>      | <i>5</i>  |
| 1:1 Atomen                       | 5         |
| 1:2 Elektromagnetisk strålning   | 5         |
| 1:3 Joniserande strålning        | 6         |
| 1:4 Produktion av strålning      | 7         |
| 1:5 Primärstrålning              | 7         |
| 1:6 Sekundärstrålning            | 8         |
| <i>2. Vad händer i kroppen?</i>  | <i>9</i>  |
| 2:1 Strålningens påverkan        | 9         |
| 2:2 Somatisk effekt              | 10        |
| 2:3 Genetisk effekt              | 12        |
| 2:4 Tröskelvärde                 | 13        |
| <i>3. Hur skyddar man sig?</i>   | <i>13</i> |
| 3:1 Allmänna råd                 | 13        |
| 3:2 Bländare och filter          | 14        |
| 3:3 Bly                          | 15        |
| 3:4 Raster                       | 15        |
| <i>4. Dosimetri</i>              | <i>16</i> |
| 4:1 Mått på strålning            | 16        |
| 4:2 Dosimeterns funktion         | 17        |
| <i>5. Lagar och föreskrifter</i> | <i>18</i> |
| 5:1 Vem får använda röntgen?     | 18        |
| 5:2 Hur ska rummet se ut?        | 18        |
| 5:3 Forskning från SSI           | 18        |
| <i>Diskussion</i>                | <i>19</i> |
| <i>Sammanfattning/Summary</i>    | <i>20</i> |
| <i>Referenslista</i>             | <i>21</i> |

## **Inledning:**

Röntgen är en del av en djursjukvårdares vardag och då undrar man naturligtvis hur farligt det är egentligen. På de olika klinikerna har jag mött olika perspektiv på strålskydd. Vissa tar knappt på sig ett förkläde, medan andra binder upp djuren och verkligen försöker minimera strålning på personalen.

Jag har sprungit på en hel del gamla röntgenmaskiner där man har kört på höga värden och lite längre exponeringstid för att få fram bra bilder. Då har man börjat undra hur bra det är att stå där inne på röntgen egentligen. Vad händer i kroppen när man träffas av röntgenstrålning? Vad kan man mer göra för att skydda sig mot strålning än att använda blyförkläden?

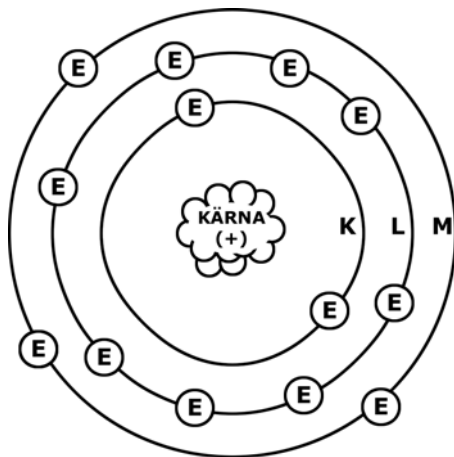
Strålning studsar, men hur studsar de? Är det samma strålar som de som kommer från röntgenröret?

Jag valde att skriva om röntgen och strålskydd därför att jag undrade varför strålning var farligt och hur det påverkar kroppen. Alla vet att man ska akta sig för röntgenstrålar, men inte exakt vad som händer i kroppen och hur stora doser som är farligt.

## 1. Vad är strålning?

### 1:1 Atomen

Atomer består av små partiklar, kallade protoner, elektroner och neutroner. En atom har en kärna med ett omringande moln av elektroner. Kärnan innehåller protoner, som är positivt laddade och neutroner som är neutrala. Elektronerna är negativt laddade och cirkulerar runt kärnan i bestämda banor som kallas skal (10). Varje skal kan hålla ett visst antal elektroner. Skalen har olika energinivåer och elektronerna lägger sig oftast i de inre skalen där energinivån är som högst (4).



Normalt sett finns det lika många elektroner som protoner i en atom, som då inte har någon elektrisk laddning. Antalet protoner och elektroner beror på vilket grundämne det är, varje grundämne har olika antal (4).

Om en atom förlorar en eller flera elektroner blir den positiv, drar den till sig elektroner blir den negativt laddad. Laddade atomer kallas joner, de är joniserade (9).

*Atommodell. Fritt ur Radiography in veterinary technology.*

### 1:2 Elektromagnetisk strålning

Elektromagnetisk strålning är en kombination av elektriska och magnetiska fält som färdas tillsammans. Elektromagnetisk strålning beskrivs oftast som en sinuskurva. Den består av två parametrar, frekvens och våglängd, vilka är relaterade till varandra (18). Röntgenstrålning är en form av elektromagnetisk strålning i likhet med vanligt ljus, fast av kortare våglängd (10).

Elektromagnetisk strålning delas in i olika grupper, radiovågor, radar, infrarött ljus, synligt ljus, ultraviolett ljus, röntgen- och gamma strålning (10). Dessa grupper har vissa lika egenskaper, men skiljer sig från varandra genom våglängd och frekvens (9).

Strålning färdas som en vågform utefter en rak linje, när sedan strålningen träffar ett föremål kan den byta riktning, men färdas fortfarande i en rät linje och mäts av våglängden. Elektromagnetisk strålning med kort våglängd har hög frekvens och elektromagnetisk strålning med lång våglängd har låg frekvens.

Frekvensen mäts i hur många vågor som passerar en punkt per sekund. Ju högre frekvens, desto bättre tränger energin igenom en massa eller ett material (10).

Energi i en typ av strålning är direkt proportionerlig till frekvensen av strålningen och omvänt proportionerlig till våglängden (9).

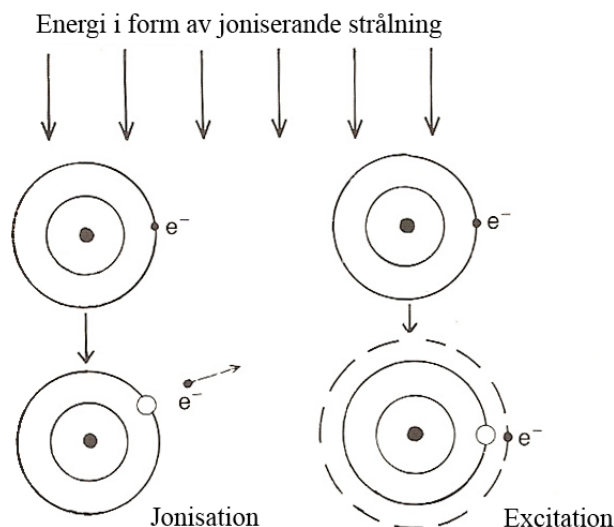
$$\text{Energi} = \text{Planck's konstant} \times \frac{\text{ljusets hastighet}}{\text{Våglängd}} \quad (18)$$

### 1:3 Joniserande strålning

Elektromagnetiska vågor har den energi som behövs för att orsaka en jonisation. Vid jonisering slås elektroner ut från atomer eller molekyler. När joniserande strålning tränger in i materia kan energin överföras till materiapartiklar genom olika slags växelverkan (7). Växelverkan är utbyte av partiklar (1). Det är genom denna energiöverföring som strålningen blir skadlig. Den överförda energin orsakar antingen jonisation eller excitation.

Vid jonisation har elektronerna ett så stort energitillskott att de frigör sig helt från den atom eller molekyl som den är bunden till och laddningen förändras.

Vid excitation har elektronen inte lika mycket energi, så elektronen knuffas bara till ett annat skal med lägre bindningsenergi. Laddningen i atomen eller molekylen är oförändrad, men den har förändrade kemiska egenskaper om man jämför med en oexciterad atom eller molekyl (7).



Figur från Strålskydd

Strålningen måste ha en viss energi för att orsaka jonisation och den energin mäts i elektronvolt, eV (7). En eV är den rörelseenergi en elektron får när den accelereras i ett spänningsgap på 1 volt (1). Elektromagnetisk strålning med energier högre än 15 eV, som är en väldigt låg energi, kan producera jonisering i levande celler. Röntgenstrålar som används vid bildiagnostik har tusen gånger högre energi (18).

Joniserande strålning absorberas av vattnet i cellen. Med hjälp av syre bildas fria radikaler (atomer eller molekyler som förlorat en elektron i det yttre skalet) som är väldigt reaktiva. De reagerar med olika celldelar och kan orsaka allvarliga skador. Ett synligt tecken kan vara en akut, inflammatorisk reaktion i den bestrålade vävnaden, som ser ut som en brännskada. Kromosomskador och andra skador i DNA kan uppstå, speciellt i celler som håller på att dela sig. Det kan då bli nekros, men kromosomskador som inte leder till celldöd kan repareras. Utsätts kroppen för en stor stråldos eller upprepade mindre doser kan mutationer uppstå (3).

### **1:4 Produktion av strålning**

Röntgenstrålar skapas när snabbgående elektroner kolliderar med en massa (10). Små paket av energi, fotoner, frigörs när de snabbgående elektronerna bromsas ner eller stoppas (9). Detta är lättast att åstadkomma i ett röntgenrör (10).

Ett röntgenrör består av två elektroder, anod och katod, vilka har motsatta laddningar. I katoden är elektronerna negativt laddade och de dras till anoden där de kolliderar med det positivt laddade målet (10). Elektroner som stoppas helt av anoden frigör sin energi och formar en foton, medan de som endast bromsas upp ger en mindre och varierande mängd av energi, lågenergifotoner produceras. Röntgenstrålen innehåller därför fotoner av olika energier (9).

*Kilovolt och milliampere sekunder:*

Kilovolt (kV) bestämmer energin och hastigheten på elektronerna och alltså bestämmer den kvaliteten och genomträngningen av röntgenstrålen. Desto fortare elektronerna rör sig, desto mer energi har de att förlora och fotonerna får mer energi. Detta leder till att primärstrålen får högre genomslagskraft och bättre kvalitet (9).

Milliampere mäter mängden elektroner. Milliampere sekunder är den mängd elektroner som korsar röret under exponeringstiden. Detta är direkt relaterad till mängden strålar som produceras. Om antalet elektroner ökar produceras mer fotoner och intensiteten på primärstrålen ökar (9).

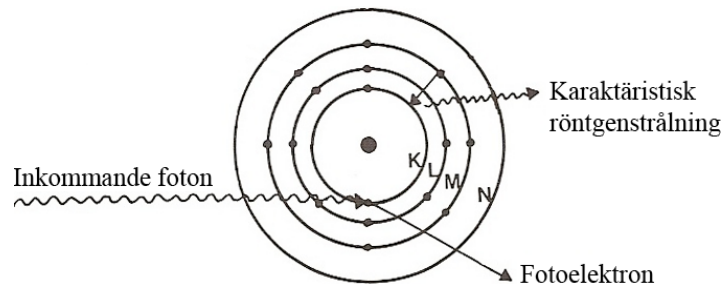
### **1:5 Primärstrålning**

Elektromagnetisk strålning beteer sig som både en våg och partikel. Röntgenstrålar är gjorda av buntar av energi som förflyttar sig med vågen. Dessa buntar av energi kallas fotoner och de har ingen massa eller elektrisk laddning utan består av ren energi (10).

*Fotoelektrisk effekt:*

Den fotoelektriska effekten innebär att fotoner absorberas av hårt bundna elektroner, elektroner i ett av de innersta skalerna i en atom. Denna elektron får ett energitillskott av fotonen och knuffas ut från skalet och kallas fotoelektron. Det hål som bildas fylls igen av en elektron från något av de yttre skalerna (7). Elektronerna i de yttre skalerna har lägre energi än de i de inre. När en yttre elektron ska ta den tomma platsen i det inre skalet, måste den ge upp sin energi och den ges upp i form av en foton. Karaktäristisk strålning skapas

eftersom skalens energinivåer är specifika för varje atom. Detta är samma typ av röntgenstråle som skapas i röntgenröret när en elektron från katoden skapar tomrum i en målatom i anoden. Den röntgenstråle som skapas i kroppen har så låg energi att den absorberas i kroppen, vilket leder till ökad absorberad dos, men ingen verkan på bilden (18).



Figur från Strålskydd

Skillnaden mellan olika vävnaders absorptionsförmåga, som ben, mjukvävnad och fett, är ett resultat av den fotoelektriska effekten. Om det inte vore för atomnumrens betydelse, skulle det inte bli någon skillnad av röntgenfotoners absorption i vävnader, vilket leder till att all vävnad skulle ha samma oklarhet på röntgenbilden (18).

En fördel med den fotoelektriska effekten är att det inte blir någon sekundärstrålning eftersom strålen som träffar patienten absorberas helt, däremot ökar stråldosen för patienten. En annan fördel är att det inte blir någon exponering på filmen av sekundärstrålning, vilket även skulle öka strålning på personal (18).

När man inom radiologi använder fotoner med hög energi, ökar den fotoelektriska absorptionen och kontrasten mellan olika vävnader går förlorad (18).

### 1:6 Sekundärstrålning

Sekundärstrålning produceras i alla färdriktningar där primärstrålning träffar ett objekt. Det kommer från patienten, kassetten, bordet, golvet, väggar och innertak och färdas i oväntade riktningar. Den har mycket lägre energi än primärstrålen och absorberas av blyklädsel (9). Hur mycket skada sekundärstrålning orsakar beror på elektronenergi, atomnummer och avståndet från källan. Ju högre atomnummer, desto mer sekundärstrålning bildas (20).

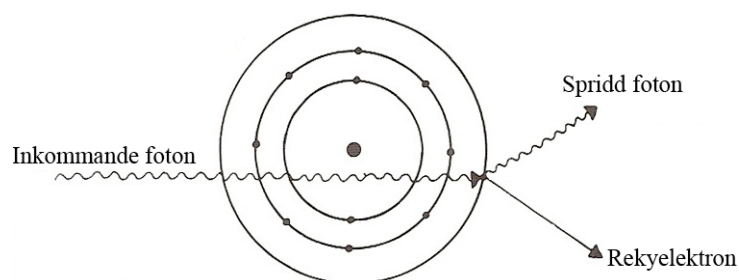
Nästan alla röntgenfotoner som träffar patienten under exponeringen absorberas fullständigt av patienten eller går rätt igenom. Ett visst antal sprids. Sekundärstrålning uppstår när en foton interagerar med vävnaden, förlorar lite energi och studsar åt ett annat håll som en foton med mindre energi. Vid lägre kV och små djur absorberas sekundärstrålningen i djuret. När man använder högre kV för att komma igenom tätare vävnad ökar den sekundära strålningen och en ansenlig del av strålningen studsar ut från patienten, vilket kan bli farligt för röntgenassistenten (9).



Vid sekundärstrålning exponeras olämpliga delar av filmen vilket gör att kontrasten blir sämre. Sekundärstrålning kommer först och främst från patienten, men även bordet och kassetten skapar sekundärstrålning. Strålning som kommer bakifrån bilden kan studsas tillbaka på den, detta kallas backscatter. Det mest effektiva sättet att reducera backscatter, är att begränsa primärstrålen så att den inte överskrider objektet. Många kassetter innehåller också ett tunt blyskikt som förhindrar backscatter att träffa filmen (10).

#### *Compton reaktion:*

När en foton växelverkar med en yttre banelektron används endast en del av fotonens energi för att rycka loss elektronen. Resten av energin överförs på en ny foton, som har en annan riktning och lägre energi än den inkommande fotonen. Detta kallas Comptonspridning och sannolikheten är ungefär lika för alla ämnen (7).



*Figur från Strålskydd*

Nästan all sekundärstrålning som man stöter på i diagnostisk radiologi resulterar från Comptonspridning. I Compton reaktionen interagerar en inkommande strålningsfoton med en elektron i patienten. Elektronen knuffas bort och fotonen ändrar riktning och har nu en lägre energi. Den bortknuffade elektronen kallas Compton elektron eller rekyelektron.

Om energin från primärstrålningen är sådan att Compton dominerar, blir det dålig kontrast på bilden. Fotonspridning som bildas vid Comptonspridning är också ogynnsamma eftersom de spridda fotonerna bidrar till ökad stråldos hos personalen och gör bilden suddigare (18).

## **2. Vad händer i kroppen?**

### **2:1 Strålningens påverkan**

Strålning påverkar oftast kroppens celler genom växelverkan mellan snabba elektroner (fotoelektroner) eller molekyler i cellen. Energiavgivandet sker mycket fort och man kan få en direkt eller indirekt verkan (7).

*Direkt:* Strålningen växelverkar med biomolekyler (DNA) och de förändras (7).

När en elektron träffar en cell blir det skador på biomolekylen. Vid låga doser sker en ökning av stråldosen på cellnivå och när man sedan anger stråldosen för en organism gör man medelvärdesbildning för hela kroppen.

Enstaka skador på ena strängen i DNA kan repareras effektivt och noggrant i cellerna. Vid glesjoniserad strålning (röntgenstrålning) är denna typ av skada den vanligaste. Vid låga doser är det osannolikt att två jonisationer sker precis bredvid varandra så att två primärskador uppstår i båda strängarna (7).

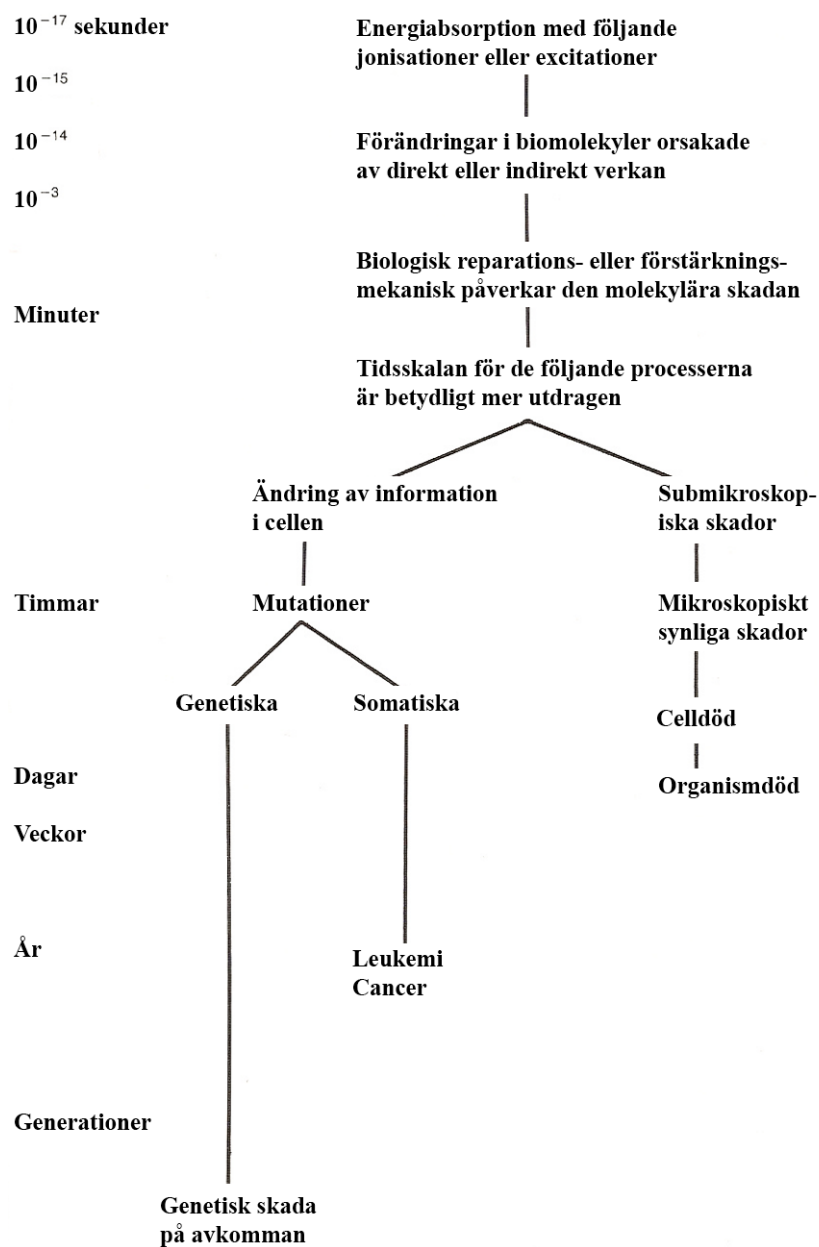
*Indirekt:* Förändring av vatten är den primära processen och den vanligaste reaktionen i levande celler (7).

Den energimängd som överförs till vattenmolekyler är inte stor, men gör ändå att molekylen inte kan behålla sina elektroner och den joniseras. Radikaler bildas, de är mycket reaktiva och har en kort livslängd. Vattnets radikaler kan reagera med alla biomolekyler och efter bestrålning är det många molekyler som är förändrade (7).

## **2:2 Somatisk effekt**

Dessa är de direkta förändringarna i kroppsvävnad, som uppkommer kort efter exponering. De inkluderar förändringar såsom hudrodnad och bristningar, rubbningar i blodet, håravfall, kataraktformation och illamående. Den somatiska effekten används till fördel vid strålning av tumörer, eftersom dess celler är mer känsliga för strålning än vanliga celler (9).

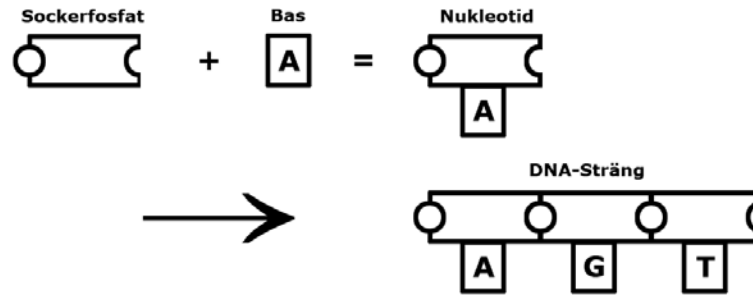
Kroppens celler måste också skyddas från mutationer. Nukleotidförändringar som uppstår i somatiska celler kan ge upphov till att vissa celler växer okontrollerat på bekostnad av andra celler i kroppen. I extremfall uppstår cancer (5). En cancerogen effekt har uppstått, detta är induktionen av tumörer i vävnad som har blivit utsatt för strålning. Det kan gå flera år innan dessa tumörer uppkommer (9).



Figur från Strålskydd

### 2:3 Genetisk effekt

En DNA molekyl består av två komplementära strängar av nukleotider. De hålls ihop av fyra olika kvävebaser som tillsammans med sockerfosfat bildar nukleotiderna. De fyra olika kvävebaserna adenin (A), cytosin (C), guanin (G) och tymin (T) bildar par. De har olika former och kemiska strukturer som gör att A och T alltid binds till varandra och G och C alltid bildar det andra paret. De två nukleotidsträngarna bildar DNA:s dubbla helix, som hålls samman av kvävebasbindningarna (5).



*Fritt ur Principles of genetics*

När könsceller bestrålas och mutationer uppstår i kromosomerna i cellkärnan, blir det en genetisk effekt. Mutationerna kan ge upphov till ärftliga förändringar hos avkomman (9). Små förändringar kallas punktmutation och stora förändringar är oftast kromosomförändringar (7). DNA skadas hela tiden i kroppen och de förändringar som bildas är oftast tillfälliga eftersom en process för att korrigera felet sätts in direkt. Ibland fungerar inte detta och en permanent skada, en mutation uppstår. När en mutation sker i reproduceringsceller, går generna vidare till nästa generation. Alla celler har flera mekanismer för att förhindra mutation (5).

Olika system har utvecklats för att förhindra förändring eller förlust av information. Det finns olika reparationssystem för DNA och de sker oftast om skadan bara finns på ena strängen på DNA (7). Strålning kan avlägsna en bas från nukleotiden i DNA eller skada den. Olika enzymer känner av skador i helix. Baser och nukleotider tas bort från det skadade området och hålet fylls igen med den kvarvarande strängen som mall. En liten sträcka av nukleotider kan också ersättas (17).

Joniserande strålning kan också ta sönder båda strängarna i helix. Det finns ett protein som binder till trasiga kromosomändar och med hjälp av andra proteiner härdas de trasiga ändarna ihop. Om det finns mer än två trasiga ändar kan de sättas ihop felaktigt (17).

Man har upptäckt att felaktiga återföreningar i DNA molekylen inte är linjär med stråldosen. Det är större risk för felaktiga återföreningar vid högre stråldoser än vid låga (11).

En studie visar att vid exponering av DNA var den huvudsakliga skadan dubbla strängbrott i helix. Repareras detta inte rätt kan det leda till celldöd och framkalla kromosomförändringar eller induktion till apoptos. Strängar som sätts ihop fel kan leda till mutation eller en genetisk förändring i en överlevande cell, som i sin tur kan leda till geninstabilitet eller bli cancerogen (21).

## **2:4 Tröskelvärde**

I strålskyddsarbete utgår man från att det inte finns några riskfria doser, utan att risken avtar proportionerligt med stråldosen (7). Ett tröskelvärde är ett värde där doser under detta värde inte skulle ha några hälsokonsekvenser (2).

En studie visar att responsen på lågdosstrålning var lägre än vid högdosstrålning. Generna ändrade sig först vid bestrålning av 4 Gy, men ingen respons visades vid lägre doser. Detta visar att den biologiska effekten av joniserande strålning vid lågdos och högdos inte är linjärt fördelade. Vissa cellresponser föreslår att lågdosstrålning kan behärska kännetecken som skiljer sig från högdosen. Den kvantitativa skillnaden av strålningen är den stora skillnaden mellan lågdos- och högdosstrålning. Den kvalitativa skillnaden kan vara betydande i hur en cell svarar på just lågdos eller högdos (6).

En annan studie har undersökt responsen av skador på DNA vid låga doser, som representerar skadenivåer nära nivåer av dubbelsträngsbrott som man hittar i celler under varje cellcykel. I denna studie hittar man inte heller något generellt tröskelvärde, men däremot kan de inte helt utesluta att det finns ett tröskelvärde i specifika celler. Däremot tror man att aktiviteten hos det enzym som lagar strängbrott på helix, ändras vid låga doser (12).

En studie på bananflugor visar däremot att det finns ett tröskelvärde vid ungefär 1 Gy. Flugorna visade olika kurvor av den linjära delen i dosresponskurvan och detta föreslår att lagningsfunktionen hos DNA är inblandad i hur cellerna svarar på strålning och att detta är orsaken till att ett tröskelvärde existerar. Detta visar att det även kan finnas ett tröskelvärde hos människor, även om det i dagsläget inte är bevisat (8).

## **3. Hur skyddar man sig?**

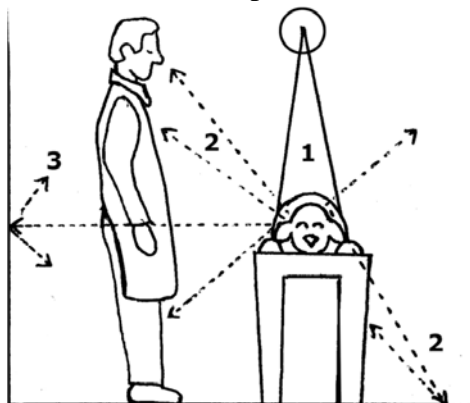
### **3:1 Allmänna råd**

Röntgenstrålar är osynliga och de gör inte ont, vilket lätt gör att man underskattar röntgenstrålarnas negativa sidor. Effekterna från strålningen är latent, det ger ingen reaktion direkt efter att man blivit utsatt för dem utan effekterna kommer senare. Effekterna lagras i kroppen, så upprepade små doser kan vara lika skadliga som en enda stor dos (9).

Personal på röntgen kan bli exponerade av primärstrålen, sekundärstrålning eller om röret är sönder och strålning läcker ut. Man ska aldrig ha någon kroppsdel av sig själv med i primärfältet, inte ens om man har blyhandskar på sig (10).

En stor mängd sekundärstrålning färdas uppåt mot bröstet och huvudet på dem som håller fast djuret, därför ska man hålla ett så stort avstånd som möjligt till primärstrålen. Man ska heller inte böja sig över bordet eller sitta på det.

Att titta bort från primärstrålen under exponeringen minskar strålning mot linsen i ögat.



Mängden sekundärstrålning avgörs av intensiteten i strålen (kV) och kompositionen av strukturen som blir röntgad (patientens tjocklek) (10).

Det bästa vid röntgenundersökning är om djuret är sederat eller sövt. Det finns ingen anledning till att en person är i rummet vid exponering om djuret är sövt. Att djurägaren håller djuret är bättre än att det som rutin är personalen som håller djuren. På stordjur ska kassetthållare användas och kassetten ska bara hållas med handen i undantagsfall (14).

*Fritt ur Veterinary Nursing*

Det bästa sättet att reducera strålningen är om man inte behöver ta om bilder. Alla som röntgar borde ha som mål att få en bra bild redan från början! (10).

Röret är täckt av bly, men äldre maskiner får oftast sprickor i skalet. Detta gör att strålningen kommer ut åt fel håll. Därför ska man aldrig hålla i röret eller ta på det under exponering (9).

Att blända av ordentligt, reducera kV när man kan och använda skyddskläder och blyklädda kassetter och bord är sätt att skydda sig från sekundärstrålning. Rotering av personal, särskilt på stordjur där man oftast står närmare primärstrålen, är en form av strålskydd. På smådjur är det också önskvärt med rotering av personal, även om man där oftast kan binda fast djuren (9).

Det bästa sättet att representera strålskydd är genom att man har accepterat proportionalitet mellan doser och att man inte tror att det finns något tröskelvärde. Alla nuvarande regler är byggda på denna modell (2).

### **3:2 Bländare och filter**

Röntgenutrustningen ska vara försedd med ljusvisirbländare, som har rörliga bländarluckor. Ljusfältets gränser ska vara väl synliga och vara justerat så att det överrensstämmer med röntgenrörets primärstrålefält (14). Genom att blända av primärstrålen reducerar man strålbilden och förhindrar på så sätt onödig strålning. Ett så litet ljusfält som möjligt ska användas när man röntgar och på den framkallade filmen ska man kunna se avskärmningen runt hela bilden (9).

Filter är en anordning som dämpar den andelen av strålningen som inte bidrar till bildframställningen (14). I primärstrålen finns röntgenfotoner med lägre energi, som inte är kraftiga nog att tränga igenom patienten, men som kan absorberas eller bilda sekundärstrålning. Detta är en säkerhetsrisk och de avlägsnas med hjälp av ett aluminiumfilter som sitter i röntgenröret (10). Filtringen mellan rörfokus och djur ska

bestå av minst 1,5 mm aluminium för rörspänningar upp till 70 kV eller 2,5 mm aluminium för rörspänningar upp till 150 kV (14).

### **3:3 Bly**

Skyddskläder innebär förkläden, kragar och handskar. Oftast är de gjorda av plast eller gummi och impregnerade med bly (9). Blyekvivalensen ska vara minst 0,25 mm i ett förkläde och 0,25 mm i handskar för smådjur och 0,5 mm i handskar för stordjur. Blyekvivalens är den blytjocklek som tjockleken hos ett visst material motsvarar (14).

Handskar bör användas när man inte kan binda fast djuret utan måste hålla det. Det är viktigt att komma ihåg att även om en blyhandske verkar helt röntgentät på bilden, så är den skyddad av två lager bly, handen är bara skyddad av ett lager. Alla skyddskläder bör kontrolleras regelbundet så att det inte har uppstått sprickor i blyet där strålar kan tränga igenom (9).

*Blyhandskar och förkläden är gjorda för att förhindra exponering av sekundärstrålning. Handskar och förkläden skyddar inte bäraren mot primärstrålen! (18).*

### **3:4 Raster**

Fotoner från sekundärstrålning gör att bilden blir suddig och minskar kontrasten. Hur mycket sekundärstrålning som bildas har att göra med den fysiska densiteten, volymen som bestrålas och energin på strålningen (mAs). Raster kan ta bort dessa strålar (18). Betydande mängder sekundärstrålning produceras när den fasta vävnaden är tjockare än tio cm och raster rekommenderas därför att användas vid tjockare områden (9).

Raster förbättrar den diagnostiska kvaliteten av bilderna genom att absorbera sekundärstrålning. Några strålar som träffar patienten kommer att studsas och bli sekundärstrålning. Raster förhindrar dessa strålar att träffa filmen, vilka annars skulle göra filmen suddig. Vissa primärstrålar kommer också att träffa rastret och därför måste man öka strålningen 2-3 gånger (18). Ofta måste man också förlänga exponeringstiden (9).

Raster är ett föremål som placeras mellan patienten och filmen. Raster är uppbyggda av tunna blyremсор, som sitter växelvis med aluminium eller plastremсор, vilka inte absorberar röntgenstrålning. Blyremсорna riktas så att bara de primära strålarna träffar filmen och absorberar de strålar som inte färdas i önskvärd riktning. Stationära raster kan placeras på en kasset, vara inbyggd i kassetten, eller ligga i bordet mellan patienten och kassetten (10).

Har man använt ett stationärt raster kan man ibland se linjerna efter blyremсорna på bilden. Ett rörligt raster absorberar sekundärstrålning samtidigt som det tar bort linjerna från rastret. Metoden kallas för Potter-Bucky och placeras i bordet där rastret placeras över. Potter-Bucky anordningen rör sig när man trycker av och används mest på häst, där Potter-Bucky sitter i den anordning som håller kassetten (10).

En nackdel med rörligt raster är att de låter och vibrerar precis när man trycker av, vilket kan skrämra djuret så att det rör sig (18).

Ju mer remsor/cm det finns i ett raster, desto mindre syns rastret på filmen. Raster ratio är förhållandet mellan höjden på remsorna och vidden mellan dem. Ju högre ratio, desto effektivare är rastret på att ta bort sekundärstrålning, men absorptionen av primärstrålen blir högre (9). Är höjden på en remsa sex gånger vidden mellan remsorna är ration 6:1 (10).

## 4. Dosimetri

### 4:1 Mått på strålning

Organ och vävnader i kroppen är alla olika känsliga för strålning när det gäller risken för slumpmässiga skador, t ex cancer och andra ärftliga skador. Om kroppen bestrålas med samma absorberande dos i alla vävnader, (homogent bestrålade) ges den relativa risken för att skador ska uppstå av organets viktningsfaktor, (det aktuella organets strålningskänslighet). Organ med kraftig celledelning är mest strålkänsliga, till exempel röda benmärgen, tarmen, lymfoida organ, huden och testiklarna (7).

#### Viktningsfaktorer ( $W_T$ ) för olika vävnader och organ

| Vävnad eller organ | $W_T$ | Vävnad eller organ | $W_T$ |
|--------------------|-------|--------------------|-------|
| Könskörtlar        | 0,20  | Lever              | 0,05  |
| Benmärg (röd)      | 0,12  | Matstrupe          | 0,05  |
| Tjocktarm          | 0,12  | Sköldkörtel        | 0,05  |
| Lunga              | 0,12  | Hud                | 0,01  |
| Magsäck            | 0,12  | Benvävnad (ytan)   | 0,01  |
| Urinblåsa          | 0,05  | Resten av kroppen  | 0,05  |
| Bröst              | 0,05  |                    |       |

Tabell från SSI FS 1998:4

Absorberad dos är den energi som den joniserade strålningen avgivit till en massa i ett material. Enheten är gray (Gy) (7). Absorptionsförmågan varierar mellan olika vävnader, vilket gör att man kan se de olika vävnaderna i kroppen på bilden (18).



Ekvivalent dos är mängden man uppnår när man multiplicerar den absorberande dosen i vävnaden med viktningsfaktorn. Enheten är Sievert (Sv) (10). Den ekvivalenta dosen är en storhet för riskbedömningar i enskilda organ och bör endast användas i riskuppskattningssammanhang (7).

Effektiv dos är alla ekvivalenta doser till organ eller vävnader, som är viktade för deras olika känslighet för strålning (13).

#### **Dosgränser för personer i verksamhet med joniserande strålning**

| Situation    | Period<br>Storhet                      | Högsta effektiva dos eller ekvivalent dos<br>(millisievert, mSv) |
|--------------|--|--|
| Arbetstagare | År                                     |  |
|              | Effektiv dos                           | 50   |
|              | Ekvivalent dos till ögats lins         | 150  |
|              | Ekvivalent dos till hud                | 500  |
|              | Ekvivalent dos till extremiteter       | 500  |
|              | Samtidigt gäller under fem på varandra |  |
|              | Följande år                            |  |
|              | Effektiv dos                           | 100  |

*Tabell från SSI FS 1998:4*

#### **4:2 Dosimeterns funktion**

All personal som jobbar med röntgen ska ha en dosimeter, som registrerar hur mycket strålning personalen utsätts för. Dosimetern bärs på bröstet under blyförklädet och man kan också ha en dosimeter som mäter strålningen på oskyddade delar av kroppen (9).

Det finns olika sorters dosimetrar och den vanligaste består av ett plasthölje som innehåller strålningskänslig film. Filmerna framkallas och utvärderas genom att mäta svärtningen som blir av exponering av filmen (10). Dosimetern är personlig och ska aldrig lämnas inne på röntgen där den kan exponeras utan att man bär den. Den får heller inte utsättas för värme och solljus (9).

Dosimetrarna sänds regelbundet till godkända laboratorier där de framkallas och dosen rapporteras. Oftast bär man en dosimeter en månad innan den skickas in. En ny dosimeter skickas ut i tid så att personalen aldrig är utan (10).

## **5. Lagar och föreskrifter**

### **5:1 Vem får använda röntgen?**

En legitimerad veterinär med kunskaper inom röntgen och strålskydd ska leda verksamheten. Denna person ska också se till att det finns en organisationsplan på arbetsplatsen där det står vem som är kontaktperson för strålskyddsinstitutet och arbetsuppgifterna om strålskydd är uppdelade (14).

Veterinären ska också se till att all personal som jobbar på röntgen har de praktiska och teoretiska kunskaperna som krävs. Alla personer som arbetar med röntgen ska också försöka hålla persondoserna så låga som möjligt genom att följa strålskyddsföreskrifterna (14).

Det ska finnas en kvalitetshandbok på arbetsplatsen som innehåller tillståndsbevis, organisationsplan och bruksanvisningar på svenska till den utrustning man har. Rutiner för utbildning av personal, arbetsinstruktioner, schema för kontroller och rutiner för rapporteringar av oplanerade händelser som har betydelse ur strålskyddsynpunkt, ska också finnas med. Alla ska ha kännedom om kvalitetshandboken och ha tillgång till den (14).

### **5:2 Hur ska rummet se ut?**

En röntgenlokal ska vara utformad så att risken att personer oavsiktligt utsätts för strålning minimeras. Den effektiva dosen får inte överstiga 0,1 mSv per år för personer som vistas utanför lokalerna (15).

Personalen ska kunna se patienten från utrustningens manövreringsplats (15).

Golv och tak som ligger i direkt anslutning till mark eller yttertak kräver ingen strålavskärmning. Vistas det inte personer på ett avstånd mindre än 20 m krävs ingen strålavskärmning i ytterväggar eller fönster. Väggarna ska strålskärmas med bly upp till 2,1 m om inte primärstrålen riktas högre upp på väggen (15).

I lokaler där bara smådjur undersöks och primärstrålen är riktad mot golvet, ska strålskärmningen i väggar, tak, golv, dörrar och fönster som vetter mot utrymmen som inte tillhör kliniken, 1 mm bly. I väggar, dörrar och fönster inom kliniken ska strålavskärmningen vara 0,5 mm bly (15).

### **5:3 Forskning inom SSI**

Enligt SSI krävs ytterligare forskning inom strålskyddsbiologi, studier av den joniserande strålningens biologiska effekter. Cancerrisken vid lågdosstrålning är en het debatt då vissa forskare påstår sig ha hittat ett tröskelvärde och andra säger att det inte existerar. Mer grundläggande forskning krävs på molekylär, cellulär och vävnadsnivå. Blir det bevisat att ett tröskelvärde existerar skulle detta påverka riskbedömningen och strålskyddsreglerna (16).

Inom dosimetrin studeras den biologiska dosimetrin. Biologisk dosimetri innebär analysering av celler som utsatts för joniserande strålning. Syftet med detta är att fastställa stråldosen i situationer där den vanliga dosimetern inte räcker till (16).

## *Diskussion*

Med detta arbete vill jag upplysa djursjukvårdare om att vara noggranna med strålskyddet vid röntgenarbete. Användning av förkläden, handskar, kragar och uppbindning av djuren för att minska exponering av sekundärstrålning, vilket på sikt kan ha stora effekter på kroppen.

Forskning pågår hela tiden inom joniserande strålning och dess inverkan på kroppen. Sökandet efter ett tröskelvärde kan inge lättnad, att vid låga doser har strålningen ingen effekt på kroppens celler. Detta kan också ge upphov till slarv, att man inte skyddar sig lika bra eftersom strålning under en viss styrka inte är farlig. Här är det lätt att det blir problem, man ska inte vara rädd för röntgenstrålar, men man ska respektera dem. De blir bara farliga när man inte vet hur farliga de är, vilka skador som kan uppstå på sikt och när man är nonchalant.

Bra kunskaper i djurets anatomi är nödvändigt och att man är lite av en perfektionist för att undvika onödiga omtagningar och därmed mer exponering av både djur, djurägare och personal.

Ute på kliniker har jag stött på både okunnighet och nonchalans mot röntgenstrålar. Tidsbrist är också ofta en faktor, istället för att sadera djuret tar man en bild lite snabbt mellan två andra patienter och istället för att kunna binda upp en sederad patient krävs det då att någon eller några håller djuret. På vissa ställen finns det knappt några material till uppbindning eller stöttning av djuret.

Eftersom strålning studsar, vill man ju inte stå för nära djuret som man röntgar, men på grund av stress och nonchalans slarvas det med något som i framtiden kan få betydande konsekvenser. Låt det ta några minuter extra för att skapa en bra strålskyddsmiljö, både för djuret, djurägaren och framför allt din egen skull.

## *Sammanfattning*

Detta arbete tar upp hur strålning påverkar kroppen på cell- och atomnivå. Vilka somatiska och genetiska effekter som kan uppkomma vid exponering av joniserande strålning och hur man skyddar sig mot dessa strålar. Hur strålningen påverkar cellerna och varför man kan få cancer av att utsättas för mycket strålning tas också upp.

Forskning efter tröskelvärde inom strålning tas upp och vad som görs i Sverige idag för att förbättra strålskyddet genom lagar och föreskrifter.

Förklaring av atomens uppbyggnad, vad strålning är och hur den joniserande strålningen påverkar atomen. Sekundärstrålningens betydelse för bilden och personalen tas upp och olika sätt att skydda sig mot dessa strålar. Kort nämns stråldoser, dosimetri och regler för de som bedriver röntgen och hur röntgenrummet ska vara strålskyddat för omgivningen.

## *Summary*

This paper describes how radiation affects the body, the somatic and genetic effect that can occur in exposure of ionizing radiation and how to protect yourself against it. How radiation affects the cells and why you can get cancer if you get exposed of a large amount of radiation is mentioned.

Research after a threshold is mentioned and what Sweden does today to improve the radiation protection by laws and regulations.

Explaining the atom, what radiation is and how the ionizing radiation interacts with the atom. How backscatter affect the picture and the workers and how to protect yourself from backscatter is mentioned. Radiation doses, dosimetry and rules for those who practise radiation is shortly described.

## Referenslista

1. Bergström, L och Johansson, E. (1991) *Partiklarnas värld*. Lund. Studentlitteratur. ISBN: 91-44-34251-9
2. Breckow, J. (2006) *Linear-no-threshold is a radiation standard rather than a mechanistic effect model*. *Radiat Environ Biophys* 44: 257-260. DOI: 10.1007/s00411-006-0030-y.
3. Brehmer-Andersson, E. (1996) *Allmän patologi – en introduktion*. Lund. Studentlitteratur. ISBN: 91-44-05083-6
4. Breithaupt, J. (1993) *Understanding physics for advanced levels*. 2 ed. Cheltenham. Stanley Thornes Ltd. ISBN: 0-7487-0510-4
5. Bruce, A. et al. (2003) 2 ed. *Essential cell biology*. New York. Garland Science. ISBN: 0-8153-3481-8
6. Ding, L.H et al. (2005) *Gene expression profiles of normal human fibroblasts after exposure to ionizing radiation: A comparative study of low and high doses*. *Radiation Research* 164, 17-26.
7. Johansson, K-J. (2000) *Strålskydd*. Tredje reviderade utgåvan. Stockholm. Natur och kultur. ISBN: 91-27-08232-6
8. Koana, T et al. (2004) *A threshold exists in the dose-response relationship for somatic mutation frequency induced by X irradiation of Drosophila*. *Radiation Research* 161, 391-396.
9. Lane, D.R. & Cooper, B. (1999) *Veterinary Nursing*. 2 ed. Oxford. Butterworth-Heinemann. ISBN: 0-7506-3999-7
10. Lavin, L M. (2003) *Radiography in veterinary technology*. 3 ed. Philadelphia. W.B. Saunders Company. ISBN: 0-7216-9275-3
11. Rydberg, B et al (2005) *Dose-dependent misrejoining of radiation-induced DNA double-strand breaks in human fibroblasts: Experimental and theoretical study for high- and low-LET radiation*. *Radiation Research* 163, 526-534.
12. Short, S.C et al. (2005) *DNA damage responses at low radiation doses*. *Radiation Research* 164, 292-302.
13. Statens strålskyddsinstitut. *SSI FS 1998:4*. [online] (1998-10-29) Tillgänglig: [www.ssi.se](http://www.ssi.se) [2007-01-09]
14. Statens strålskyddsinstitut. *SSI FS 2000:5*. [online] (2000-05-06) Tillgänglig: [www.ssi.se](http://www.ssi.se) [2007-02-01]
15. Statens strålskyddsinstitut. *SSI FS 2005:6*. [online] (2006-02-08) Tillgänglig: [www.ssi.se](http://www.ssi.se) [2007-02-01]
16. Statens strålskyddsinstitut. *Nationell forskningsstrategi inom strålskyddsområdet*. [online] (2006-11-27) Tillgänglig: [www.ssi.se](http://www.ssi.se) [2007-03-20]

17. Tamarin, L H. (2001) *Principles of genetics*. 7 ed. New York. McGraw-Hill. ISBN: 0-07-233419-3
18. Thrall, D E. (2002) *Textbook of veterinary diagnostic radiology*. 4 ed. Philadelphia. W.B. Saunders Company. ISBN: 0-7216-8820-9
19. Verdun, F R och Schnyder, T. (2004) *Reduction of radiation to staff during diagnostic X-ray procedure*. Eur Radiol Syllabus 14:84-90. DOI: 10.1007/s10406-004-0012-6
20. Verhaegen, F & Buffa, F.M. (2004) *Backscatter and dose perturbations for low- to medium-energy electron point sources at the interface between materials with different atomic numbers*. Radiation Research 162, 693-701.
21. Willers, H et al (2006) *Distinct mechanisms of nonhomologous end joining in the repair of site-directed chromosomal breaks with noncomplementary and complementary ends*. Radiation Research 166, 567-574.