

Kärnkraftens utsläpp av tritium, korrosionsprodukter och kol-14

Jag har i två tidigare avsnitt behandlat det faktum att våra kärnkraftverk släpper ut kärnavfall både genom skorstenarna till lufthavet och med kylvattnet till världshaven. Utsläppen av radioaktiva gaser till atmosfären misstänks kunna leda till klimatförändringar. Dessa två tidigare avsnitt finns på min hemsida, adressen finns på sid 9.

Detta avsnitt behandlar utsläppen av A) *tritium* och B) *korrosionsprodukter* till vattnet samt C) *kol-14* till lufthavet. Allt detta har tidigare varit närmast okänt för de allra flesta i samhället.

Utdrag ur boken ”*Strålande miljö*” (Liden, Mattsson, Persson) ISBN 91-40-03708-8, sid 69:

A) Tritium (H-3; 12,3 år)

”Tritium produceras kontinuerligt genom den kosmiska strålningens växelverkan med kväve och syre i den övre atmosfären. Den mest betydande källan till tritiumkontaminering av vår omgivning är emellertid för närvarande de provsprängningar av fusionsbomber, som utförts i atmosfären. Tritium har här producerats genom reaktionerna $H-2(n,\gamma)H-3$ och $Li-6(n,\alpha)H-3$ i den litiumdeuterid som fanns i bomberna. Kärnvapenproven har tillfört vår omgivning cirka 1700 MCi H-3. Detta bidrag är väsentligt större än jämviktsvärdet av den naturliga produktionen (cirka 28 MCi).

Tritium produceras vid en rad neutroninfångningsprocesser i alla reaktorer, men huvuddelen frigöres ej förrän i bearbetningsanläggningarna för använda bränsleelement. Av olika reaktortyper är de vattenkylda reaktorerna de största tritiumproducenterna. Det vattenburna utsläppet av tritium från en typisk 1000 MW (el. effekt) reaktor av kokartyp uppgår till omkring 100 Ci per år medan en 1000 MW tryckvattenreaktor släpper ut mycket mer, cirka 6000 Ci per år. Från en tungvattenreaktor kan läckaget av tritium till atmosfären bli ännu större, 1000 - 10 000 Ci per månad. Tritiumutsläppen från uppberedningsanläggningar är också ansevära. Se tabellerna IV:9 och IV:10. Utvecklingen beträffande reaktorproducerat tritium framgår av figur VI-4, som också visar bidragen från kärnvapenprov och den naturliga produktionen. Beräkningar för reaktorproducerat tritium baserar sig på en total kärnkraftkapacitet av 1 000 000 MW (el) år 2000 och visar att mängden avfallstritium då motsvarar cirka 100 MCi. Om kärnkraftproduktionen efter år 2000 antages vara vid en konstant nivå och producera 15 MCi tritium kommer en jämviktsnivå av omkring 260 MCi att uppnås år 2060, dvs. cirka 10 gånger mer än det naturliga tritiuminnehållet för hela jordklotet.

En eventuell framtida användning av fusionsreaktorer kommer att i mycket hög grad påverka H-3-nivån. Cirka 100 000 gånger mera H-3 produceras i en tänkt fusionsreaktor än i en motsvarande fissionsreaktor.

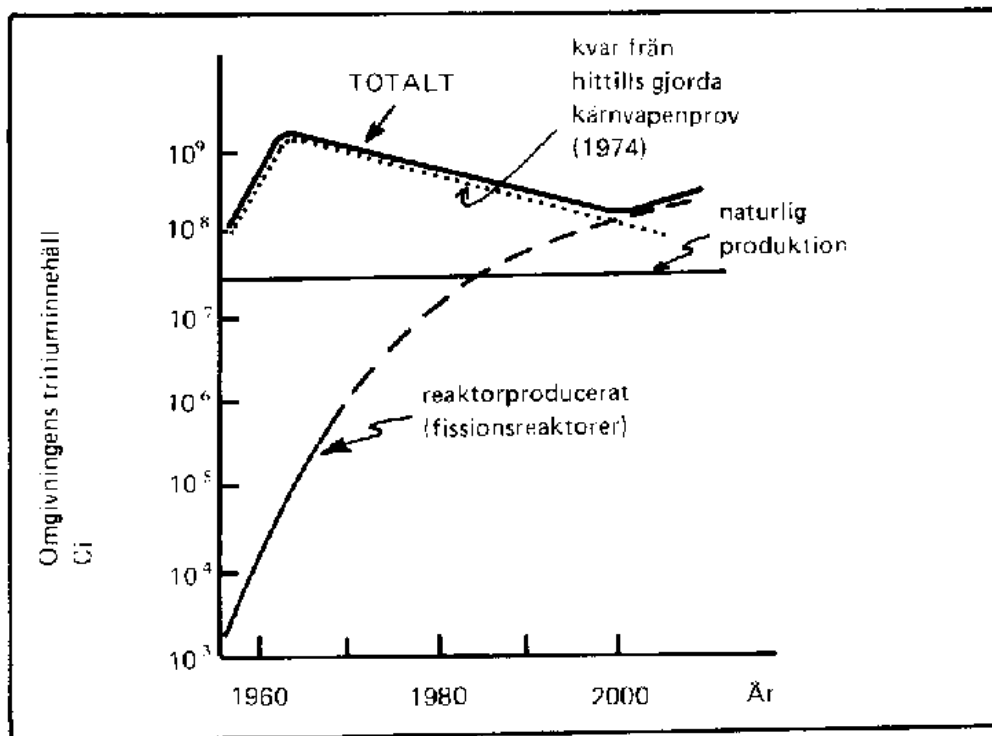
En användning i större skala av kärnladdningar för fredliga sprängningar på eller ovanför jordytan skulle kunna leda till en mycket större global kontaminering med tritium än den som kan orsakas av kärnkraftsindustrin under de närmaste 30 åren. Ett utnyttjande av kärnladdningar för att spränga en ny Panama-kanal har t. ex. beräknats ge mer än 1000 MCi H-3.

Det vattenburna avfallet från reaktorer släppes vanligen ut i vattendrag medan uppberedningsanläggningarnas stora utsläpp vanligen tillföres grundvattnet via sjunkbrunnar eller bassänger. Så småningom blir oceaner och sjöar de största reservoarerna för tritium. Uppskattningen av stråldosen till populationen efter år 2000 varierar mellan 1- 40 mikrorad per år. Eftersom tritiumutsläppen inte kommer att vara jämnt fördelade kommer vissa persongrupper att få mer än medeldosen, framför allt om de bor i närheten av bränsleuppberedningsanläggningar.

Om utsläppen går till mindre sjöar eller vattendrag, kan uppbyggnaden av tritium bli ett framtida problem, speciellt om sjöarnas vatten användes som dricksvatten eller för konstbevattning av jordbruksmark. Beräkningar för sjön Michigan i U. S. A. visar att en tritiumkoncentration på 40 nCi per liter i denna ändå rätt stora sjö kan väntas i framtiden. Om detta vatten användes som dricksvatten så skulle det ge upphov till en absorberad dos av cirka 7 mrad per år till människan.

Eftersom tritium följer väte i biologiska system så går det snabbt in i all levande materia sedan det väl släppts ut i omgivningen. Försök visar till och med att tritium/väteförhållandet i organiska molekyler kan vara högre än i omgivningen.

Försök med kor som tillförts tritierat vatten visar att tritium, som inkorporerats i organiska molekyler utsöndras långsammare än tritium i kroppens vattenpool. Man antar i dag att tritium delvis inkorporerats i organiska molekyler under mikroorganismernas nedbrytning av kons föda i våmmen. För närvarande pågår ett intensivt studium för att utröna betydelsen av organiskt bundet tritium i biosfären.”



Figur VI-4 Uppskattning av omgivningens tritiuminnehåll för perioden 1955-2000 uppdelat på olika källor.

Utdrag ur läroboken ”**Kärnfysik**” (Skeppstedt), Chalmers Tekniska Högskola, sid 222:

"För närvarande tillförs biosfären mer tritium, än det naturligt producerade, från kärnvapenprov och kärnreaktorer. Man räknar med att år 2060 kommer den totala, artificiellt producerade mängden, att vara 10 gånger större än det naturliga tritiuminnehållet i hela jordklotet. Eftersom tritium följer väte i biologiska system går det snabbt in i levande materia, om det kommit ut i omgivningen t ex vatten. Lokalt kan tritium i framtiden ev. bidra med en absorberad dos av storleksordningen 0,1 mGy/år till människan."

Min kommentar:

Utsläppet av tritium (väte-3) med kärnkraftverkens kylvatten till världshaven är stort och mycket oroande. I ovanstående diagram kan man följa hur tritiummängden på jorden ökade när kärnvapenproven skedde i atmosfären. Observera att skalan är logaritmisk. Efter Kennedys och Chrusjtjovs överenskommelse om provstopp, har tritiumhalten sakta närmat sig den normala. Men nu riskerar den att öka kraftigt igen, beroende på om kärnkraften avvecklas eller byggs ut.

Man har beräknat att jordklotets totala innehåll av tritium vid utbyggnad kommer att ha tiodubblats vid mitten av detta århundrade. Detta är också en mycket kraftig avvikelse från de naturliga bakgrundsnivåerna och den biologiska normen. Dessvärre är man mycket okunnig om vad tritiumutsläppen kommer att leda till. Väte har en central betydelse för cellens funktion och en ökning av andelen tritium i allt vattnen på planeten kan få konsekvenser för allt liv på jorden. Här måste vi vara ytterst försiktiga och inte godta någon förändring alls (försiktighetsprincipen).

Forskningen kan inte visa att det finns en säker nivå för intag av tritium. Ämnet passerar placentabarriären hos gravida kvinnor och byggs in i fostret. Effekter som forskningen undersöker är påverkan och utvecklingsstörningar på foster, särskilt av kvinnokön, samt cancer och mutationer. Vid djurförsök har man visat på sterilitet, förminskat huvud (mikrocefali), minskad tillväxt (särskilt hjärna, testiklar och äggstockar) samt minskad kullstorlek. Dessa effekter tycks uppstå vid både lägre och högre doser, dvs inget tydligt dos-responssamband, se nedan.

I biologiska system följer tritium naturligtvis väte, men här infinner sig speciella problem. Då alla isotoper av ett grundämne har olika atomvikt, är det inte säkert att de uppträder lika t ex i biologiska system. Detta kallas "isotopeffekt". Eftersom tritium är tre gånger tyngre än en normal väteatom, kan isotopeffekter väntas få större betydelse i detta fall. Man har t ex visat att förhållandet mellan tritium och vanligt väte i organiska molekyler kan vara högre än i omgivningen. Kor som dricker vatten med tritium utsöndrar detta långsammare om det finns i kroppens organiska molekyler än om det finns i kroppens vatteninnehåll. Lokalt kan tritium öka genom utsläpp i sjöar. Man väntar av den här anledningen framtida problem vid sjön Michigan, om dess vatten används som dricksvatten. Forskare (t ex Dobson) menar att tritiumfrågan måste bedömas mer allvarligt än idag. Se vidare:

http://www.ccnr.org/tritium_1.html#table

http://www.ccnr.org/tritium_2.html

B) Korrosionsprodukter (aktiveringsprodukter)

Utdrag ur boken ”*Strålande miljö*” (Liden, Mattsson, Persson) ISBN 91-40-03708-8, sid 72:

Aktiveringsprodukter (*mangan-54, järn-55, järn-59, kobolt-58, kobolt-60, koppar-64, zink-65*).

"Aktiveringsprodukter bildas i en reaktor och kan via kylmediet föras vidare ut i biosfären.

Man kan i princip aldrig undvika att aktiverade korrosionsprodukter sprids. De vanligaste spridningsvägarna till människan för dessa aktiveringsprodukter går via vatten, plankton och fisk. Kräftdjur och musslor har visat sig ha en speciell förmåga att anrika en del av dessa ämnen. Koncentrationen av t ex zink-65 kan vara 10.000 till 100.000 gånger större i en mussla än i det omgivande havsvattnet, som innehåller mycket lite stabilt zink.

Upptag av radioaktiva ämnen i strandvegetationen utgör en annan spridningsväg som kan leda till bestrålning av människor som bedriver fiske, badar etc. De radionuklider som kan bli gränssättande när det gäller spridningsvägar via fisk är bl a zink-65 (vid sidan av fissionsprodukterna jod-131 och cesium-137). Föroreningar av hummer kan göra järn-59 och kobolt-60 gränssättande under det att upptaget i musslor kan göra koppar-64 och zink-65 gränssättande vid sidan av fissionsprodukten cerium-144. Upptaget i strandvegetationen domineras vanligen av mangan-54, järn-55, järn-59 och jod-131."

Min kommentar:

I SSI rapport **2002:21** ”Utsläpps- och omgivningskontroll vid de kärntekniska anläggningarna 2001” redovisas utsläppen av korrosionsprodukter m m, samt hur dessa tas upp i olika växter och djur runt anläggningarna. Några axplock:

- Cesium-137 var ungefär 10 ggr högre hos komjölk från Forsmark än vid de övriga anläggningarna.
- Vid Westinghouse Atom AB var aktiviteten i gräs 7,7 Bq/kg för uran-234, 0,3 Bq/kg för uran-235 och 5,6 Bq/kg för uran-238. I rötslammet var aktiviteten 360 Bq/kg för uran-234, 12 Bq/kg för uran-235 och 287 Bq/kg för uran-238.
- Vid Studsvik var aktiviteten hos kobolt-60 i blåstång över 500 Bq/kg och i sediment 400 Bq/kg samt hos cesium-137 i gädda nästan 200 Bq/kg och i sediment över 3.000 Bq/kg
- Vid Ringhals var aktiviteten hos cesium-137 i renlav över 200 Bq/kg, i örnbräken över 600 Bq/kg och i en betesvall över 150 Bq/kg.
- Vid Oskarshamn var aktiviteten hos kobolt-60 i sediment nästan 3000 Bq/kg och i alg 500 Bq/kg samt hos cesium-137 i ormbunke 140 Bq/kg, i rådjur 180 Bq/kg, i torsk nästan 80 Bq/kg, i björnmossa 120 Bq/kg och i abborre 180 Bq/kg.
- Vid Forsmark var aktiviteten hos kobolt-60 i alg 240 Bq/kg, i rötslam 120 Bq/kg, i sediment 3600 Bq/kg och i tång 45 Bq/kg medan aktiviteten hos cesium-137 var i väggmossa 1600 Bq/kg, i abborre 220 Bq/kg, gädda 170 Bq/kg, renlav 2400 Bq/kg, sill/strömming 69 Bq/kg, sediment 1300 Bq/kg och får 42 Bq/kg.
- Vid Barsebäck var aktiviteten hos kobolt-60 i tång 369 Bq/kg, blåmussla 42 Bq/kg, alg 267 Bq/kg medan aktiviteten hos cesium-137 var i torsk 36 Bq/kg, i lake 28 Bq/kg, i skädda 38 Bq/kg och i ål 33 Bq/kg.

C) Kol-14 och cancerfall i framtiden

Utdrag ur boken ”*Strålande miljö*” (Liden, Mattsson, Persson) ISBN 91-40-03708-8, sid 71:

”**Kol-14** (C-14, 5 730 år)

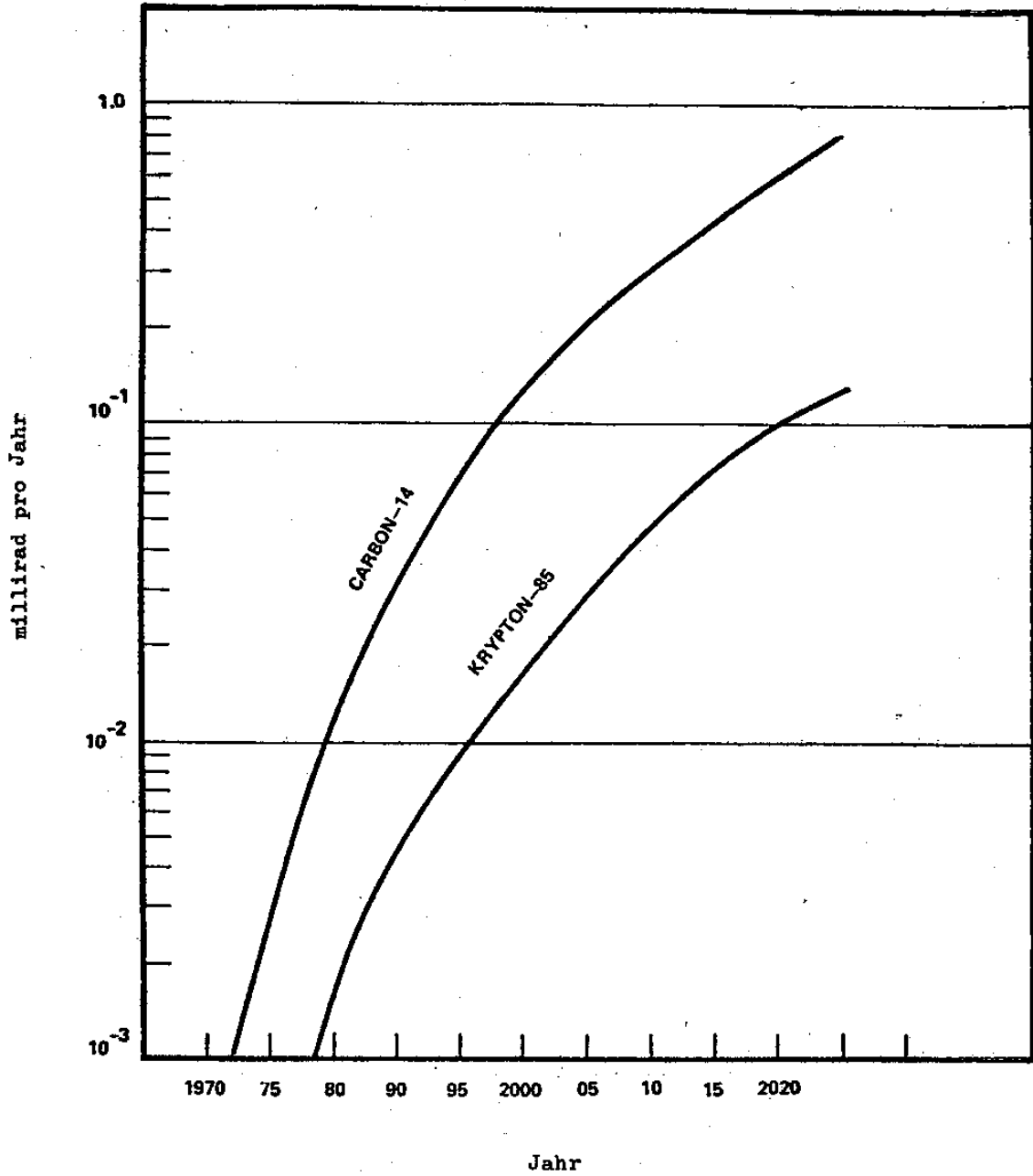
Kol-14 är liksom tritium en isotop av ett ämne som är väsentligt för varje form av liv. Kol-14 produceras kontinuerligt genom att neutroner i den kosmiska strålningen växelverkar med kväveatomer i atmosfären, N-14 (n,p) C-14. Luftens koldioxid (CO₂) kommer därför att innehålla en liten del C-14O₂, som tillföres växterna vid kolsyreassimilationen. Kol-14 har också producerats vid kärnvapenproven i atmosfären. År 1963 var t.ex. troposfärens Kol-14 innehåll 80 % högre än vad som förklaras av den naturliga produktionen. Den totala mängd Kol-14 som deponerats på jordytan efter bombproven uppgår emellertid bara till cirka 3 % av biosfärens totala naturliga kol-14-reservoar på ungefär 7 MCi.

Kol-14 är en viktig komponent i det gasformiga utsläppet från gaskylda grafitmodererade reaktorer. Radionukliden bildas dels vid neutronaktivering av moderatormaterialet (grafit = kol), dels vid neutronaktivering av kylmedlet då detta utgörs av koldioxid (CO₂). Maximalt beräknas utsläppet av kol-14 ge upphov till en absorberad dos till människan på cirka 1 mrad per år i reaktorns närmaste omgivning.”

I diagram nedan visas hur mängden kol-14 i atmosfären antas öka mycket snabbt – hur snabbt beror på i vilken omfattning kärnkraften här på jorden kommer att byggas ut i framtiden. Observera den logaritmiska skalan – för varje horisontellt streck på skalan ökar aktiviteten 10 gånger.

Observera vidare att SSI varken mäter upp eller redovisar det svenska kärnkraftsprogrammet utsläpp av den viktiga nukliden kol-14.

Vergleich zwischen der berechneten individuelle ganzkörperdosis (pro Jahr) verursacht von Kohlenstoff-14 und der von Krypton-85 emissionen der Atomindustrie der Welt

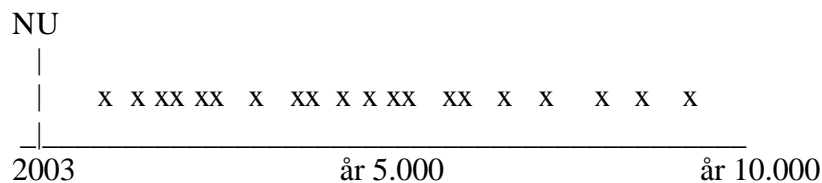


Min kommentar:

Problemet med utsläppen av kol-14 till lufthavet har en särställning, främst av moraliska skäl. Då kol-14 har en mycket lång halveringstid (ca 6.000 år) kommer det som släpps ut idag att cirkulera i biosfären under lång tid framåt. Kol-14 finns efter utsläppet snart i formen av koldioxid och ingår därmed i kolets kretslopp här på jorden.

Om vi följer en atom kol-14 som släpps ut idag, kanske den tas upp i ett träd som koldioxid och byggs in i vedmassan. Den frigörs efter 75 år när trädet ruttnar och kommer till lufthavet igen som koldioxid. Denna gång tas den upp i en morotsplanta som sedan äts av en människa och byggs in i vår vävnad. Sedan händer inget förrän människan dör och kremeras och atomerna kommer tillbaka till lufthavet som koldioxid och tas sedan upp av gräs som växter. Atomen hamnar i en ko, som slaktas och äts upp av en människa. Denna gång sönderfaller atomerna av kol-14 och strålningen skapar en cancertumör i människan.

Genom sinnrika beräkningar har man visat att ett års drift av en reaktor (ett reaktorår) släpper ut så mycket kol-14, att denna mängd efter en lång rad piruetter i biosfären under en lång framtid kan väntas orsaka ca 20 cancerdödsfall. Dessa dödsfall ligger slumpmässigt utplacerade i framtiden – inom cirka 10.000 år framåt.



Då vi har ungefär 10 reaktorer i gång är det ca 200 cancerdödsfall som vi kan väntas orsaka i framtiden genom ett års drift. Vi drar fördel av kärnkraften medan kommande släkten får bära skada. Vi kan tycka att kärnkraften är ”ren” och är ofarlig (för oss). Det är en mycket liten sannolikhet att något av de 20 cancerdödsfallen sker under själva driftåret. Men skulle alla dessa förväntade fall av cancer drabba oss själva blir allt inte så enkelt längre.

För varje reaktorår kommer framtiden att fyllas med allt fler cancerfall – efter 20 år har vi i Sverige med våra ca 10 reaktorer stoppat in ca 4000 nya cancerdödsfall i framtiden - motsvarande 4 st havererade Estoniafärjor. Man kan ha olika uppfattningar om hur dessa förväntade dödsfall skall värderas. Ett hedersamt och etiskt riktigt handlande måste enligt min mening vara att visa samma respekt för de ofödda som för oss själva och betrakta dessa cancerdödsfall som verkliga. Vi skall inte smita ifrån dem genom olika bortförklaringar.

Slutligen skall nämnas att utsläppen av kol-14 från kärnkraften är så stora, att den metod för åldersbestämning av gamla arkeologiska fynd som bygger på uppmätning av kol-14 (”kol-14 metoden”), störs och blir alltmer opålitlig. Man tvingas idag tillämpa korrektionsåtgärder av detta skäl.

Appendix I

Dricksvattnet i Provence

En betydande del av dricksvattnet i Provence i Frankrike har Rhône som råvattentäkt. Samtidigt ligger ett tiotal kärnkraftverk utefter floden och dess biflöden (Genèvesjön m m). Man kan på förhand räkna ut hur mycket tritium som alstras vid dessa anläggningar. Hamnar det radioaktiva avfallet i Rhône skulle detta leda till klart förhöjda halter av tritium i dricksvattnet. Jag är inte övertygad om att vare sig ingenjörsfirman som tillverkar dricksvatten eller befolkningen i Provence känner till eventuella utsläpp till floden.

Efter ett besök i Avignon tog jag med ett vattenprov till Sverige. En analys visade då att ingen anmärkningsvärd förhöjd nivå av tritium kunde påvisas i det provet. Det kan finnas två förklaringar till detta. Antingen släpps inte den flytande avfallsprodukten från kärnkraftverken ut med kylvattnet till floden, utan industrias och tritium går upp i lufthavet i stället och når så småningom havsvattnet som nederbörd. Eller så samlas det flytande kärnavfallet först upp i tankar och släpps sedan ut och blir en avgränsad "blaffa" som flyter nedför Rhône. I så fall gäller det att ta många prover tills man får en fullträff.

Appendix II

Att bo nära ett kärnkraftverk

Kärnkraftverkets skorsten spyr oavbrutet ut stora mängder strålning. Beroende på rådande vädertyp kommer de omkringboende att exponeras på olika sätt. Vid vissa vädertyper slår den radioaktiva plymen ned nära anläggningen och där finns då den högsta aktiviteten. Vid andra vädertyper kan högsta aktiviteten finnas längre bort från anläggningen. Vid en vind som slumpmässigt skiftar riktning (s k fri flöjlände vind) drabbas de omkringboende av den radioaktiva plymen bara under en liten del av tiden. Men vid kustbandet råder ofta en envis och förhärskande vindriktning och den som bor på läsidan av ett kärnkraftverk kan exponeras för högre doser än de som uppstår vid fri flöjlände vind. Observera att de anställda vid de allra flesta vädertyper inte drabbas av den radioaktiva plymen till skillnad från de omkringboende.

Kärnkraftsindustrin har alltid påstått att utsläppen är små, riskerna är små och de skall godtas av de omkringboende. Samtidigt har olika kärnanläggningar i årtionden plågats av misstankar om förhöjd cancerfrekvens hos både de omkringboende och även hos de anställda. Det kan tyvärr vara så att de metoder man använder för att beräkna samband mellan stråldoser och förväntade cancerfall kan vara felaktiga – man underskattar riskerna.

Med en enkel luftspidningsmodell kan man räkna ut hur stor radioaktiviteten är vid ett visst utsläpp och vid en viss höjd och ett visst avstånd från skorstenen. Vi utgår från att utsläppet vid Ringhals ligger vid cirka 10.000.000 Bq per sekund.

I nedanstående tabell visas hur aktiviteten varierar med avståndet och höjden över mark när man träffas av plymen. Som högst är aktiviteten 414 Bq/m³ vid markytan i soligt väder. Byn Lingome ligger högt belägen i den förhärskande vindriktningen alldeles bakom Ringhals. Där har man tidigare ansett att det uppstått ovanligt många cancerfall. Kan en förklaring vara att strålningen från ädelgaserna ombildar andra luftföreningar till nya reaktiva och riskabla ämnen?

På natten kan Barsebäckverket med ett lika stort utsläpp orsaka en aktivitet vid cirka 50 Bq/m³ där plymen slår ned i Köpenhamn. Vanligt radon - som dock är farligare än kärnkraftverkens ädelgaser - har utomhus en normal aktivitet vid cirka 10 Bq/m³.

Den intressantaste frågan när det gäller denna exponering av de närboende är kanske inte hur farlig denna är, utan varför de omkringboende skall acceptera denna riskökning – stor eller liten.

En etisk grundtanke när det gäller all planerad strålning, och som vanligtvis genomsyrar all myndighetsutövning, är att det måste finnas någon berättigad nytta med den radioaktiva exponeringen – oavsett hur stor exponeringen är. Eftersom det inte finns någon säker nivå på stråldoserna där cancer inte kan uppstå, skall alla stråldoser ifrågasättas. Jag kan inte se att den av samhället planerade bestrålningen av de omkringboende runt våra kärnkraftverk har något berättigat syfte? (De som bor nära ett kärnkraftverk och löper risken att få största exponeringen kallas på fackspråk för "kritisk grupp".)

GASSPRIDNING FRÅN PUNKTKÄLLA
AVSTÅND FRÅN KÄLLAN

	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
12	.002	.202	.394	.446	.429	.388	.343	.3	.263	.232
10	.001	.158	.362	.443	.425	.387	.343	.301	.264	.232
8	0	.123	.335	.422	.421	.386	.343	.301	.264	.232
6	0	.098	.313	.413	.418	.385	.343	.301	.265	.232
4	0	.08	.298	.406	.416	.385	.343	.302	.265	.233
2	0	.07	.289	.402	.414	.384	.343	.302	.265	.233
0	0	.066	.286	.401	.414	.384	.343	.302	.265	.233

HÖJD ÖVER MARKEN

KONCENTRATIONER I KBq

UTSLÄPP 10.000 KBq/SEK
VIND: 2 M/S SKURSTENSHÖJD 50 M
DAG - SOL



Gunnar Lindgren
Starrkärr 210, 446 95 Älvängen
Tel 0303-745 155 el 070-567 90 54
gunnar.lindgren@ale.mail.telia.com
www.gunnarlindgren.com