

Det har nu vist sig, at små doser radioaktiv stråling er farligere end tidligere antaget.

Kort svar: Nej . Fagfolk mener tværtimod, at man hidtil har overvurderet virkningen af de små strålingsdoser .

Langt svar: Det må erkendes, at vi i grunden ved meget lidt om sammenhængen mellem små strålingsdoser og kræft. Også om større strålingsdoser har vi en begrænset viden. Udover leukæmi -tallene fra Hiroshima og Nagasaki, samt leukæmi -tallene fra efterundersøgelsen af visse patientgrupper i England, har man ikke noget materiale, der klart viser, at ioniserende\* stråling fremkalder kræft hos mennesker (ioniserende stråling er den korrekte betegnelse for det, vi i daglig tale ofte kalder radioaktiv stråling) . Men det, vi er interesseret i at kende ved vurderingen af kernekraftens sikkerhed, er virkningen af små doser, som er 1 .000 til 1 .000.000 gange mindre. At slå en bro over så stor en forskel er umuligt, hvis der skal være videnskabeligt hold i tingene.

Men den politiserende kernekraft-modstand tvinger os altså til at gøre det alligevel trods vanskelighederne. Det sker ved at opstille teoretiske modeller over virkningen nede omkring små strålingsdoser på niveau med den naturlige baggrundsstråling\*. Hidtil har man anset en lineær kurve for at være det bedste skøn - dvs. at man antager, at virkningen simpelthen vokser i takt med strålingsdosen. Men nu er man mere realistisk og tager direkte hensyn til den reparationsmekanisme, der findes i cellekernen.

Dette giver en krum dosis / virkning-kurve, svarende til at man hidtil har overvurderet virkningen ved de lave doser. Den seneste rapport fra det amerikanske National Academy of Sciences (BEIR-III, juli 1980) går således ind for dette krumme kurveforløb .

Akademiet har nu fundet, at virkningen for lave doser er blevet halveret i forhold til en tilsvarende tidligere rapport (BEIR-II, 1972) .

Men under alle omstændigheder er der ingen praktisk virkning på mennesker ved små strålingsdoser. Udover direkte målinger og betragtninger over sammenhængen mellem dosis og virkning kan man også få noget at vide om sammenhængen mellem stråling og kræft ved at se på sygdomsstatistikken, den såkaldte epidemiologiske metode. Denne er overordentlig vanskelig at 'aave med at aøre og

301

---

fuld af fejl muligheder for dem, der ikke er fuldt fortrolige med statistik. Man kan nemt få fejl tagt ige årsag/ virkning-sammenhænge frem, fordi der spiller andre påvirkninger ind end den bestråling, man mener at se på.  
(se nr. 512)

I de sidste år har der været nogle forskere - især amerikanske - der har ladet deres følelsesmæssige modstand mod den fredelige udnyttelse af kerneenergi en løbe af med sig.

De har fejlfortolket forskellige sygdomsstatistikker og hævdet, at disse skulle vise, at små doser ioniserende stråling er farligere end før antaget. Alle disse resultater er blevet afvist af den internationale sagkundskab (se nr. 511)

.

Marts 1981

---

Litteratur:

" Strid om biologisk risiko ved ioniserende stråling' Ugebladet  
INGENIØREN, 16. januar 1981.

303

En milliontedel af et gram plutonium er nok til at dræbe et menneske og i et kernekraftværk produceres der årligt over 100 kg plutonium.
--

Kort svar: Plutonium er i sig selv et meget giftigt stof – men for mennesket kun, når det optages i kroppen . Og det kan stort set ikke ske ved fødeindtagelse, da tarmsystemet blot udskiller det indtagne plutonium. Den egentlige trussel er en eventuel optage lise gennem lungerne, men heller ikke her vil en milliontedel gram plutonium slå mennesker ihjel. På kernekraftværkerne findes plutonium i brændselsstavene, og der udgør det ikke nogen som helst risiko.

Langt svar:

Plutoniums giftighed beror på, at det udsender radioaktiv stråling i form af **alfa-partikler\***, der er i stand til at nedbryde organisk væv med stor effektivitet. Hvis plutonium befinder sig i organ ismen tæt op ad vigtige biologiske funktioner, vil der ske biologiske skader. Mindre end en hundredetusindedel gram plutonium kan teoretisk tænkes at fremkalde kræft i knoglerne og en lignende mængde i lungerne kan muligvis give lungekræft. Under 2. verdenskrig blev flere amerikanske teknikere forurenede med plutonium og nogle af dem indeholder den dag i dag langt mere plutonium end svarende til den akcepterede grænse. Ingen af disse teknikere har dog lidt nogen skade som følge af det optagne plutonium. Men ligesom man regner med, at andre slags små strålingsdoser kan være farlige, regner man også med, at små mængder plutonium kan være det.

Uden for organismen er plutonium derimod ufarligt, da alfa-stråling tilbageholdes allerede af de yderste hudlag eller af tøjet og således ikke kan trænge ind i kroppen. Det er altså afgørende i plutonium-diskussionen at betragte risikoen for, at stof- fet optages i kroppen.

Vi plejer normalt at regne med, at vi har " indtaget" et stof, når vi har spist det. Dette er imidlertid ikke altid tilfældet. Fordøjelseskanalen er som bekendt åben i begge ender og udgør blot en slags indre overflade, gennem hvilken vi kan optage de dele af maden, der er fordøjelige. For plutoniums vedkommende er optagelsen gennem mavetarmkanalen endog særdeles ringe. Det hænger sammen med plutoniums særlige kemiske egenskaber. Den allerstørste del af det indtagne plutonium vil altså atter blive udskilt, bundet til madens ufordøjelige rester. Der- til kommer, at den samme mekanisme, som hindrer en

303

---

optagelse af plutonium fra føden, også vil være medvirkende til at hindre, at stoffet kommer ind i fødekæden. Planter har meget svært ved at optage plutonium fra jorden, og dyr har meget svært ved at optage plutonium fra planterne.

Derimod kan man konstatere, at der altså er al mulig grund til at mane til større forsigtighed, når det drejer sig om fabrikationsprocesser, hvor plutonium kan forekomme som luftbårne partikler. Det sker ikke på kernekraftværkerne, og på de anlæg, der fremstiller brændselsstave med plutonium, har man taget omfattende sikkerhedsforanstaltninger.

Når det drejer sig om plutonium i det høj aktive affald, kan man derimod nok sige, at problemet i virkeligheden er forsvindende lille - eller rettere, at problemet slet ikke eksisterer. Affaldet bliver anbragt dybt nede i jorden i en egnet geologisk aflejring og kunne i teorien kun tænkes at nå os via grundvandet og den førromtalte fødekæde. Men der er indskudt så mange barrierer på vejen, at en påvirkning af mennesket er utænkelig .

Marts 1981

---

Litteratur:

"Den nødvendige atomkraft" , kapitel 14. Teknisk Forlag 1976.

304

Radioaktive stoffer er særligt farlige, fordi de har en tendens til at opkoncentreres gennem fødekæderne .
--

Kort svar: Når et stof opkoncentreres gennem en fødekæde , (eksempelvis: lav - rensdyr - menneske) bliver stoffets procentvise andel af et kilo større og større fra det første led i fødekæden til det sidste. Men om dette sker, har intet at gøre med, om stoffet er radioaktivt. Nogle radioaktive stoffer vil således opkoncentreres, mens andre nedkoncentreres. Under alle omstændigheder tager man hensyn til dette forhold, før et kernekraftværk under den daglige drift får lov til at slippe små mængder radioaktivitet ud i omgivelserne.

Langt svar:

Når myndighederne tager stilling til, om et kernekraftværk under den daglige drift må slippe små mængder radioaktivt stof ud i omgivelserne (typisk med kølevandet) , undersøger man naturligvis først grundigt, hvordan disse stoffer vil opføre sig i naturen. Og det er vi vældig gode til at fastslå i dag som følge af stormagternes atombombeforsøg . Ved disse forsøg blev der netop spredt radioaktive stoffer over hele jorden. Mængderne var meget små, men da man alligevel er i stand til at måle dem, har der været udført et omfattende forskningsarbejde på området. I dag har man derfor gode regnemødder, der præcist kan forudsige påvirkningen på naturen ved et planlagt udslip af radioaktive stoffer. Det samme kan man for øvrigt kun med få ikke-radioaktive stoffer.

I naturen kan stofferne tænkes at ville ændre koncentrationen med tiden. Eksempelvis gennem fødekæden. Når et stof opkoncentreres gennem en fødekæde, (eksempelvis: lav - rensdyr - menneske) bliver stoffets procentvise andel af et kilo større og større fra det første led i fødekæden til det sidste. Men om dette sker, har intet at gøre med, om stoffet er radioaktivt. Mange ikke-radioaktive

stoffer opkoncentreres gennem fødekæden. Visse radioaktive stoffer opkoncentreres, mens andre nedkoncentreres.

De fleste grundstoffer - radioaktive såvel som ikke-radioaktive - vil i almindelig ikke opkoncentreres gennem fødekæden. De overføres nemlig kun i ringe grad fra fordøjelseskanalen til blodet og dermed til selve kroppen. Ganske vist vil nogle af disse stoffer kun udskille sig langsomt, når de først er optaget i organismen. Men sikrer man sig, at optaget isen er meget lille, vil det ikke føre til nogen farlig koncentration i fødekæden.

Et vigtigt led i myndighedernes undersøgelser af

304

---

radioaktivitet før en eventuel tilladelse til begrænset udslip i naturen er netop disse ændringer i koncentrationen af stofferne. Og kun hvis disse undersøgelser viser, at mennesker ved et givet udslip udsættes for radioaktivitet i mængder, der er langt mindre end de maksimalt tilladte lige, vil myndighederne give tilladelse til udslippet af det radioaktive stof. Der stilles kun tilsvarende strenge krav til få andre industrigrene.

Radioaktiv bestråling af mennesker er særlig farlig, fordi skaderne måske først viser sig flere generationer senere .

Kort svar: Der er ikke konstateret arvelige (= medfødte) skader hos mennesker som følge af radioaktiv bestråling. End ikke hos børnene af de mennesker, der blev udsat for betydelige strålingsdoser ved atom-bombesprængningerne over Japan i 1945. Da eventuelle skader vil vise sig i størst omfang i første generation af efterkommere, vil der heller ikke kunne konstateres skader hos senere generationer efter befolkningen i Hiroshima og Nagasaki.

Der er ikke konstateret arvelige skader hos mennesker som følge af radioaktiv bestråling. Siden tidernes morgen har alle levende væsener været udsat for påvirkninger, der kan ændre arveanlæggene . Disse påvirkninger kan være kemiske stoffer, varme , radioaktiv bestråling m.m. Desuden kan arveanlæggene ændre sig helt uden ydre påvirkning .

Den radioaktive bestråling skyldes især den naturlige baggrundsstråling fra jord, himmelrum, bygninger m.m. FN's videnskabelige udvalg for stråling har beregnet, at et par procent af de arvemæssige skader hos mennesker kan skyldes den naturlige baggrundsstråling . De fleste steder i verden giver den naturlige baggrundsstråling\* en stråledosis på omkring 1 00 mil li-rem\* om året, mens den nogle steder er meget højere. Mange lande har derfor undersøgt, om der skulle være en forskel på omfanget af arvelige skader hos befolkningsgrupper, der lever under forskellige niveauer af baggrundsstråling .

Alle undersøgelserne er faldet negativt ud - dvs. at der er ikke konstateret nogen forskel. Det stemmer da også godt med, at den naturlige baggrundsstråling kun kan være årsag til et par procent af de forekom- mende arvelige skader .

Da atombomberne sprængtes over Hiroshima og Nagasaki for 35 år siden blev beboerne udsat for strålings- doser, der var mange gange højere end den naturlige baggrundsstråling. Mange tusinde mennesker blev dræbt af varme, tryk og stråling. Man andre tusinder af by- ernes beboere overlevede atombomberne .

I årene siden har japanske og amerikanske læger og forskere overvåget helbredstilstanden både hos disse overlevende og hos deres børn, og undersøgelserne følges op år for år. Herunder har man naturligvis i ke mindst holdt øje med eventuelle arvelige skader hos børn født i årene efter krigen. Men heller ikke her har det været muligt at konstatere nogen forekomst

305

---

af arvelige skader.

Dyreforsøg og teoretiske beregninger viser endvidere, at hvis man kunstigt påfører ekstra arvelige skader, vil den største virkning registreres hos afkommet af de dyr, der er blevet påvirket. Derfor kan man sige med sikkerhed, at der ikke hos de efterfølgende generationer vil kunne konstateres arvemæssige skader efter atombomberne over Japan i 1945 .

Og bemærk så proportionerne: Strålingsdoserne fra kernekraften vil være meget mindre end strålingsdoserne fra atombombesprængningerne over Japan, og sædvanligvis helt ubetydelige i forhold til den naturlige baggrundsstråling. Derfor vil eventuelle arvelige skader som følge af driften af kernekraften være så små, at de aldrig vil kunne konstateres.

Risikoen for arvelige skader fra kernekraft anslår den amerikanske professor B. Cohen til en halv buksetime (The Hazards of Plutonium Dispersal. University of Pittsburg, Jul y, 1975) . Dvs. at den skade, der tilføjes de mandlige kønskirtler fra kernekraft- værkerne, svarer til virkningen af at gå med et par bukser en halv time ekstra i løbet af et år. Derved går testiklernes temperatur nemlig en smule i vejret.

Af og til høres den opfattelse, at "menneskehedens samlede arvemasse" bliver dårligere og dårligere, fordi der hele tiden dannes nye arvelige skader. Det er forkert. Naturen sørger for, at der opnås en lige- vægt så arvemæssige skader forsvinder igen. Det sker i langt de fleste tilfælde ved, at en beskadiget æg- celle eller sædcelle ikke sammen kan danne et befrugtet æg. Dermed kan den arvelige skade ikke føres videre , og skaderne forsvinder igen uden at nogen bemærker det.

Marts 1981

306





Marts 1981

Gravide kvinder og småbørn er særligt udsatte for at blive skadet af radioaktiv stråling .
--

Kort svar: Ja, man bør regne med, at småbørn og fostre er noget mere strålingsfølsomme end voksne mennesker og derfor lettere kan skades af stråling. Der er dog ikke tale om en mange gange større risiko, men en 2-5 gange større følsomhed. Og det tages der hensyn til, når der arbejdes med stråling .

Langt svar: Ved større strålingsdoser - på omkring 100.000 mil li rad\* - ved man, at fostre kan tage skade. Ved lavere strålingsdoser er det mindre sikkert, men nogle undersøgelser peger på en forøget risiko for fremkaldelse af kræft eller leukæmi\* .Det samme gælder for mindre børn, hvor man kan regne med. en fordoblet risiko op til 10-års al- deren .

Det tager man hensyn til, hvor man arbejder med stråling. Unge under 18 år må således ikke ansættes på steder, hvor de udsættes for væsentlige strålingsdoser, såsom på røntgenafdelinger, isotoplaboratorier eller kernekraftværker. Man har også den regel, at yngre kvinder ikke beskæftiges med arbejde, der kan indebære bestrålinger i nærheden af den maksimalt tilladelige grænse, og når man har konstateret en graviditet, sikrer man, at vedkommende kvinde ikke udsættes for væsentlige strålingsdoser under resten af graviditeten. Det skal nævnes, at den gravide kvinde selv ikke er udsat for nogen større risiko - begrænsningen sker af hensyn til fostret.

Fostre og småbørn er mere strålingsfølsomme end voksne mennesker, fordi deres cellevæv vokser og deler sig hele tiden. Voksende væv kan lettere beskadiges end ikke-voksende væv. Det er grunden til, at man kan benytte stråling til at helbrede for kræft. Kræftceller vokser og deler sig hastigt, og med en kraftig bestråling kan man ødelægge kræftcellerne, uden at det omkringliggende sunde væv beskadiges .

Kræftceller kan også stoppes ved en behandling med kemiske stoffer, og på tilsvarende måde er fostre også særlig følsomme over for nogle kemiske stoffer. Det har man konstateret adskillige gange i tidens IØb. Tilsvarende virkninger af stråling har man derimod kun sikkert konstateret efter sprængningen af atombomberne over Hiroshi-

ma og Nagasaki. Her var der især tale om h jernskader, og følsomheden over for disse skader var størst i de første uger af svangerskabet.

Talmæssigt regner man med, at en bestråling af et foster på 100.000 mil li rad vil indebære 5% sandsynlighed for, at fostret beskadiges. Ska- derne kan være en tidlig abort eller en medfødt mental retardering. Ved en bestråling på 10.000 mil li rad kan man tilsvarende regne med 0,5% sandsynlighed for en skade.

Disse tal kan sammenholdes med, at der under normale omstændigheder er 5-6% sandsynlighed for, at børn fødes med naturlige arvelige skader .

I den danske diskussion om strålingsrisici har det ofte været fremført, at gravide kvinder, der var blevet bestrålet med 10.000 mil lir ad eller mere, burde have foretaget en abort. En sådan regel findes ikke, men hvis en gravid kvinde er blevet bestrålet, vil hun få oplysning om den til bestrålingen knyttede risiko set i relation til den naturlige risiko. (Den naturlige risiko for at få et mongolbarn er ca. 0,5%. Risikoen for abort eller for at få et barn med en eller anden lettere eller sværere skade efter en bestråling på 10.000 mil lir ad er også ca. 0,5% - hvis bestrålingen har fundet sted de første 17 uger af svangerskabet. Som altid, hvor det drejer sig om at bedømme virkninger af små og middelstore strålingsdoser, må man imidlertid sige, at det er muligt, at der slet ikke er nogen virkning af disse strålingsdoser. Men for at være på den sikre side, antager man dog, at der er en virkning.)

Afslutningsvis skal det nævnes, at selv en meget kraftig bestråling ikke behøver at skade et foster. I et enkelt tilfælde har et foster fået en bestråling på flere millioner mil lir ad uden at tage nogen særlig skade heraf. Den kraftige bestråling fandt sted, da moderen blev behandlet for livmoderkræft .

---

Bemærk: Der er forskel på fosterskader og arvelige skader. Ved fosterskader er det fostret selv, der er blevet bestrålet, og en evt. skade kan ikke føres videre til de følgende generati- oner. Ved arvelige skader er skaden opstået, før ægcellen befrugtes, og skaden kan føres vi- dere til de efterfølgende generationer.

I Hiroshima og Nagasaki observerede man et antal fosterskader, men man har ikke kunnet påvise nogen forøget forekomst af arvelige skader .

Marts 1981

Se også nr. 305.

307

Hensynet til profitten gør, at man lader arbejdere på kernekraftværker udsætte for 10 gange så høje strålingsdoser, som man tillader for andre mennesker.

Kort svar: Nej. Når sundhedsmyndighederne bestemmer hvilke strålingsdoser, der er de højest tilladte, tæller profitten ikke med. De højest tilladte doser gælder iøvrigt ikke bare for ansatte på kernekraftværker, men også for f. eks. røntgenlæger og -sygeplejersker samt for de mennesker, der arbejder med radioaktive isotoper\* .

Langt svar: I næsten alle lande benytter man de anbefalinger, som ICRP (den Internationale kommission for strålingsbeskyttelse) har opstillet for de højest tilladte strålingsdoser.

En af disse regler siger, at ingen "strålingsarbejdere" under normale forhold må udsættes for en samlet strålingsdosis på mere end 5000 mSv (eller 50 millisievert\*) om året.

Ved "strålingsarbejdere" forstår ICRP mennesker, der udsættes - for stråling i forbindelse med deres normale arbejde. Det er både personer, der arbejder på kernekraftværker og ansatte ved forsknings- og røntgenanlæg samt personer, der benytter radioaktive isotoper. For at være på den helt sikre side regner man inden for strålingsbeskyttelsen med, at selv små strålingsdoser måske kan indebære en vis (ringe) risiko. Formentlig vil man aldrig blive i stand til at måle, om den teoretisk beregnede risiko ved de 5000 mSv om året overhovedet er en risiko i praksis. ICRP har nemlig sat grænsen så lavt, at den teoretisk beregnede risiko er mindre end ved arbejde i andre erhvervsgrøner, der anses for meget sikre.

En anden af ICRP's anbefalinger siger, at man altid bør holde strålingsdoserne til mennesker så lave, som det er praktisk muligt. Det hører derfor til sjældenhederne, at man når op på 5000 mSv om året.

For personer, der ikke er beskæftiget med strålingsarbejde, har ICRP foreslået en dosisgrænse

på 500 mil li rem om året – altså en 10 gange 1 av- ere grænse end gældende for strålingsarbejdere . Denne grænse må ikke overstiges for nogen del af den " almindelige" befolkning – altså den del af befolkningen, der ikke er beskæftiget med strå – lingsarbejde. For de nordiske lande gælder spe- c i elt, at udnyttelsen af kernekraften ikke må

307

---

give en forøgelse af gennemsnitsbestrålingen til befolkningen på over 10 mil li rem om året. Det svarer til en tiendedel af den naturlige baggrundsstråling .

Der er flere grunde til, at IC RP anbefaler la- vere dosisgrænser for "almindelige" mennesker end for strålingsarbejdere, bl.a. følgende:

- 1 . Hensynet til børn, der formodes at være betydeligt mere følsomme over for stråling end voksne mennesker .
  2. " Strålingsarbejdere" er sædvanligvis under regelmæssig lægekontrol, hvilket ikke altid gælder for den øvrige befolkning .
  - 3 . Hensynet til syge og svagelige personer i den almirdelige befolkning. Strålingsarbej- dere må formodes at være sunde og raske. I alt fald så raske, at de kan passe deres ar- bejde.
  - 4 . Endelig kan man sige, at det er frivilligt, om man vil lade sig ansætte som strålings- arbejder. Derimod er det ikke frivilligt, om man vil være medlem af den almindelige be- folkning .
-

FORURENING , UHELD OG AFFALD

Marts 1981

Dansk litteratur:

REO' s avis "Orientering om de arbejdsmæssige omkostninger ved at fremstille energi" . Maj 1978.

"Energi og Miljø" kapitel 4, Teknisk Forlag, 1978.

" Kernekraft og strålingsbeskyttelse" , Naturens Verden nr. 3 , 1977 .

Ved fastlæggelsen af de tilladelige strålingsdoser har ICRP\* lagt niveauerne så højt, at de ikke kan komme til at genere atomindustrien.

Kort svar: Nej. Den internationale Kommission for Strålingsbeskyttelse (ICRP) har derimod lagt grænserne for tilladelige strålingsdoser, så den sundhedsmæssige risiko for mennesker er meget lille. Man har nemlig fastlagt dosisgrænserne, så risikoen ved strålingsarbejde højst svarer til risikoen ved at arbejde i andre meget sikre industrier, eksempelvis metalindustrien. Ved strålingsarbejde forstår man f.eks. arbejde på kernekraftværker og røntgenanlæg.

Langt svar: Når man skal fastlægge de tilladelige risikogrænser, tilstræber samfundet, at sikkerheden er størst mulig samtidig med, at tingene trods alt fungerer. Det gælder både for arbejdet med stråling og med kemiske produkter, i trafikken, i fødevarerindustrien m.m. Risikoen nul, den absolute sikkerhed, eksisterer ikke. Alt hvad vi gør, har nemlig sin pris. Men alle undersøgelser viser, at strålingen fra kernekraftværker er minimal i forhold til den stråling, vi alle alligevel modtager fra naturen, og at risikoen ved kernekraften er lille i forhold til risikoen ved andre energiformer. Og denne sidste er vi normalt ikke særligt optaget af.

Dosisgrænserne for erhvervsmæssigt beskæftigede med radioaktivitet er lagt således, at risikoen bliver af samme størrelse eller mindre end i anden industri med høj sikkerhedsgrad. I praksis har det vist sig, at de ansatte ved kernekraftværker modtager gennemsnitlig 1/10 af dosisgrænsen eller mindre. Den tilsvarende risiko kan udtrykkes som ét ekstra dødsfald hvert tyvende år pr. 1000 ansatte. Det lyder måske ikke så rart, men af omstående tabel fremgår det, at risikoen ved f.eks. ganske almindeligt dansk fiskeri er over tyve gange større.

For den øvrige befolkning gælder dosisgrænser, der er ti gange lavere, hvilket så begrundes med, at der her er tale om en ufrivillig generel risiko, der modtages oveni de enkeltes forskellige erhvervsmæssige risici. Dertil

Marts 1981

kommer særlige hen- syn til børn og gravide. Ligesom for de erhvervs- mæssigt beskæftigede gælder det også for den Øv- rige befolkning, at doserne fra atomkraftværker i praksis har vist sig at ligge under 1/10 af de fastsatte grænser ja, for det meste væsentligt under 1/100 af de fastsatte grænser.

308

Tabel over arbejdsrisici i Danmark udtrykt som antal årlige dødsfald på 1000 beskæftigede.

Tal lene er for det meste

fra 1973-75.

Erhverv Årlige dødsfald pr. 1000 beskæftigede

-----

-----

Fiskeri

Entreprenørvirksomhed 0,36

Luftfart 0 ,  
25

Skibsvarfter 0 ,  
23

Bygge- og anlagsvirksomhed 0 ,  
1 1

Landbrug 0 ,  
1 0

Transport 0 ,  
05

Kemisk industri 0 ,  
03

Offentlig administration 0 ,  
01

Undervisning, sundhedsvæsen 0.1. 0 ,  
005

Disse tal kan sammenlignes med følgende:

Kemisk industri med større risici 2 , 0

Kulminer (USA)	1 , 8
Kernekraft (USA)	0 , 08
Kernekraft (England)	0 ,
Stråling med max. tilladelige dosis i mange ar	02 0-0
Stråling med gennemsnitlig do- sis i mange ar	, 5 0-0
Alle ulykker (Danmark)	, 05 0 , 47

309

Uran-minearbejdere udsættes for store mængder radioaktivt stråling, og dødeligheden er derfor meget høj .

Kort svar: Strålingsmængden i uranminer er i dag meget lille - kun ca. 5-10 gange større end den mængde, vi alle modtager i vore boliger.

Amerikanske undersøgelser tyder på, at andre faktorer som eksempelvis minearbejdernes tobaksrygning har større indvirkning på dødeligheden end radioaktiv stråling. Det erkendes, at dødeligheden i uranminer for årtier siden var beklageligt højere. Men da var man ikke opmærksom på virkningen af store mængder radioaktiv stråling. Den var almindeligvis 25 gange kraftigere end man tillader idag .

Langt svar: Metallet uran omdannes gennem en lang kæde af radioaktive stoffer i tidens løb til bly. Et af de radioaktive stoffer, der dannes i løbet af denne lange proces, er radium. Luftarten radon er det næste led, og det kan derfor sive ud fra uranholdigt materiale og give anledning til høje koncentrationer i luften i indesluttede rum, eksempelvis i minegange. De næste led i processen efter radon dannes hurtigere, og når radon og dets datterprodukter\* indåndes, bliver menneskets luftkanaler i lungerne udsat for radioaktiv stråling. Det kan bl.a.



Marts 1981

medføre lungekræft, der viser sig med en for- sinke  
Ise på ti til tyve år.

Da man først i vort århundrede er blevet klar over den skadelige virkning af store mængder radon, måtte mange minearbejdere lade livet i det 15. århundrede ved uranholdige sølvminer i Tjekkoslaviet og Tyskland. Og i USA begyndte man så sent som i 1946 uran-minedrift i stort omfang for at skaffe uran til kernevåben. Minearbejdet blev stoppet i 1968, fordi lagrene var store nok, men i hele perioden var man ikke tilstrækkeligt opmærksom på faren ved indånding af mine luftens radioaktive stoffer.

Man må derfor regne med, at der ud af den samlede stab på ca. 10.000 personer, der i kortere eller længere tid havde været beskæftiget i de amerikanske uranminer frem til 1967, allerede er omkommet 250-300 flere minearbejdere end der ellers rent statistisk alligevel ville dø af andre årsager. Dette tal vil i de kommende 10-15 år formentlig vokse til ca. 600 til 1100 mennesker.

Men i 1971 blev den tilladte koncentration af radioaktivitet fastsat til 25 gange mindre værdier end minearbejderne de foregående årtier var blevet udsat for. Under denne grænse har man ikke kunnet

påvise nogen skadevirkning hos minearbejdere, som har arbejdet i uranminer gennem flere år.

Med ventilationsanlæg kan man endog komme under denne nye grænse - i uranminen Elliot Lake i Canada kom man i 1975 således ned på en fjerdedel af den tilladte strålingsmængde . Amerikanske undersøge Iser tyder også på, at andre faktorer som eksempelvis tobaksrygning har større indvirkning på dødeligheden end radioaktiv stråling. I en officiel svensk undersøgelse fra 1977 har man undersøgt omfanget af erhvervsskader ved fremskaffelse af forskellige former for brændsel til kraftværker . Det viste sig, at fremskaffelsen af kul kostede 60-70 gange så mange minearbejdere livet som fremskaffe Ise af uran til et tilsvarende antal kraftværker .

Uranet i Kvanefjeldet på Grønland bør ikke udvindes, fordi det vil betyde en ødelæggende forurening af det omgiv-

Kort svar: Nej, både før, under og efter brydningen vil man nøje kontrollere, at fastsatte grænser for ændringer af miljøet ikke overskrides.

Langt svar: Brydningen af uranmalm i Grønland vil foregå sådan, at der tages alle nødvendige hensyn til mennesker og miljø. Inden man begynder brydningen, vil der være foretaget omhyggelige undersøgelser af alle de stoffer, der bliver frigivet ved uranudvindingen. Det drejer sig både om radioaktive og ikke-radioaktive stoffer. Biologer vil tillige undersøge, hvor sårbart miljøet må forventes at være overfor mulige forurenende stoffer. Derved kan man fastsætte grænser for, hvor meget ekstra der må forekomme af stofferne i omgivelserne. Ved valget af disse grænser vil man tillige støtte sig til internationale erfaringer og regler. Under og efter brydningen vil miljøet blive kontrolleret, så man sikrer sig, at disse grænser ikke overskrides.

ende miljø.

Det bør erindres, at omgivelserne ved Kvanefjeldet allerede indeholder de samme stoffer, der vil kunne frigøres ved uranudvindingen, da vejr og vind gennem millioner af år har spredt noget af uranforekomsten til miljøet.

Forøvrigt er der nu fundet så store mængder uran i Kvanefjeldet, at det kunne dække det danske behov for uran i mange årtier. Det indgår dog ikke i de danske kernekraftplaner, at Danmark nødvendigvis skal anvende grønlandsk uran, så i alle økonomiske beregninger over fordelene ved kernekraft antager man, at uranet skal købes på verdensmarkedet til normal markedspris .



Kølevandet fra eventuelle kernekraftværker vil opvarme havet så meget, at det skader dyrelivet i havet. Desuden bliver fiskene radioaktive .

Kort svar: Inden myndighederne giver tilladelse til bygning af et kernekraftværk - eller et andet stort kraftværk - skal el-selskabet vise, at kølevandet fra kraftværket kun i ringe grad vil påvirke dyrelivet i havet.

Udslippene af radioaktivitet\* til havet er forsvindende små og ligger sædvanligvis langt under de grænser, som myndighederne har fastlagt .

Langt svar: Uanset om man producerer elektricitet ved hjælp af uran\* eller kul, olie e. a. vil der altid fremkomme en vis mængde spildvarme. Hvis kraftværket ligger i nærheden af en by, kan denne spildvarme benyttes til fjernvarme, men i andre tilfælde må man udlede spildvarmen med kølevandet til en flod eller et havområde - eller evt. benytte køletårne. Dette gælder for både kernekraftværker og andre værker .

Her i landet er vi i den heldige situation, at vi kan placere alle store kraftværker ved kysten, hvor problemerne med den spildvarme, der ikke kan bruges som fjernvarme, er mindst.

Når havvand benyttes som kølevand, opvarmes det 10 grader C ved passagen gennem kraftværkets kondensatorer. For store kraftværker, som f. eks. kernekraftværker, sker udledningen af kølevandet på en måde, der sikrer en hurtig opblanding med det kolde havvand, så temperaturen højst stiger et par grader i indenfor et område, der typisk vil dække 1 km

Det varme kølevand kan have både negative og positive virkninger på dyrelivet i havet. I Danmark vil disse virkninger dog være meget svage.

Blandt de negative virkninger kan nævnes, at en forhøjet vandtemperatur kan forøge fiskenes indhold af giftstoffer (hvis der da i forvejen er giftstoffer i havvandet) . Endvidere udbredes visse fiskesygdomme bedre ved højere temperatur .

Som et specielt forhold kan nævnes, at man i forsommermånederne forskellige steder i landet har

kunnet observere et stort antal døde hornfisk. I denne periode, hvor de yngler, er de muligvis meget følsomme over for ydre påvirkninger. Man mener bl.a. at hornfisk, der svømmer ind i det varme vand ved et kølevandsudslip, kan blive dræbt ved

3 1 1

---

en effekt, der ligner dykkersyge. Det kan se drabeligt ud med nogle tusinde døde hornfisk, men i forhold til de mange millioner hornfisk, der årligt besøger de danske kyster, vil nogle tusinde ikke betyde noget. Og i hvert fald er det en skade, vi må leve med, ligemeget hvilket brændsel kraftværkerne bruger .

Blandt de positive virkninger af kølevandet kan nævnes, at området ud for udløbet vil blive holdt isfrit hele året, så havet lettere kan optage ilt fra atmosfæren. Når der er ilt nok i vandet, vil den højere temperatur give en hurtigere selvrensning af vandet. Desuden vil den forhøjede vandtemperatur bevirke, at havområdet s produktivitet forøges, og fiskene vokser hurtigere. Dette sidste søger man forskellige steder i verden at udnytte ved at oprette saltvandsfiskedamme i forbindelse med kølevandsudslippet fra store kraftværker .

Som nævnt bliver kølevandet herhjemme fra de store kraftværker udledt til de danske havområder uden væsentlige påvirkninger af vandtemperaturen. De anførte negative og positive virkninger vil derfor kun forekomme i meget ringe grad .

Fra kernekraftværker slippes der små mængder radioaktivitet ud med kølevandet. Det drejer sig om så små mængder, at man kun ved omhyggelige målinger i et laboratorium af f.eks. bundprøver, tang og muslinger er i stand til at måle, at der overhovedet er sluppet radioaktivitet ud. For nogle få fiskearters vedkommende har man kunnet registrere en svag stigning i radioaktivitet hos de fisk, der gennem længere tid har opholdt sig i kølevandsfanen. Radioaktiviteten i disse fisk har dog været langt under de tilladte grænser.

Den har i øvrigt været mindre end den naturlige radioaktivitet i fiskene.

Marts 1981

---

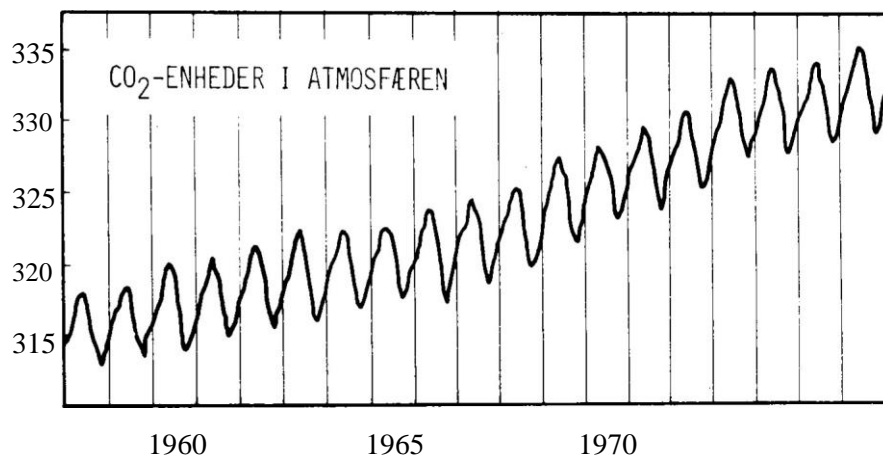
Dansk litteratur: " Energi og Miljø" . Kapitel 4 og 8. Teknisk Forlag . 1978.

312

Er det rigtigt, at forbruget af kul, olie og naturgas kan påvirke Jordens klima?

Kort svar: Ja, men man ved dog endnu ikke med sikkerhed, hvor stor en påvirkning der vil blive tale om. De første klimatiske virkninger af menneskenes afbrænding af kul, olie og naturgas vil ifølge de mest troværdige beregninger først kunne måles om et par årtier. De alvorligere klima følger skulle vise sig endnu et par årtier senere. Ved forbrænding af kul, olie og naturgas opstår der kul -dioxid ( $\text{CO}_2$ ) \* . Den opsamles i atmosfæren og medfører, at Jordens middeltemperatur stiger.

Langt svar: Siden 1957 har man målt atmosfærens indhold af luftarten kul -dioxid ( $\text{CO}_2$ ) . Det stiger langsomt, fordi halvdelen af den  $\text{CO}_2$  , der dannes ved for- brændingen af kul, olie og naturgas, forbliver i atmosfæren. Hverken plantelivet eller Verdenshavene kan nemlig optage dette ekstra tilskud af  $\text{CO}_2$  så hurtigt, som den nu dannes. Også af- brændingen af store skovområder kan tænkes at øge  $\text{CO}$  -indholdet i atmosfæren.



Figuren viser forøgelsen i atmosfærens indhold af  $\text{CO}_2$  siden 1957. De årlige svingninger skyldes planternes optagelse af  $\text{CO}$  fra

atmosfæren forår og sommer, efterfulgt af en tilsvarende frigivelse til atmosfæren, når planterne nedbrydes efterår og vinter.

Den fremtidige tilvækst af CO<sub>2</sub> i atmosfæren vil naturligvis afhænge af, hvor meget kul, olie og naturgas der afbrændes. Og her har det stor betydning, om verden som helhed skal klare sig med kul, olie og naturgas - eller om verdens energi-

312

---

forsyning i væsentligt omfang kan dækkes af kernekraft, fusionsenergi\* , solenergi og andre nye energikilder, der ikke frembringer CO<sub>2</sub>.

CO<sub>2</sub> i atmosfæren nedsætter varmeudstrålingen fra jordkloden til verdensrummet, mens sollyset frit kan passere ned gennem atmosfæren. Det betyder, at jordens middeltemperatur stiger i takt med atmosfærens CO<sub>2</sub>-indhold. Denne virkning kaldes drivhus-effekten.

En fordobling i forhold til det naturlige CO<sub>2</sub> -indhold i atmosfæren fra før industrialiseringen (ca. 1850) medfører ifølge de hidtil mest troværdige beregninger en temperaturstigning på ca. 2 grader C for jordkloden i gennemsnit. Stigningen vil i midlertid ikke være den samme overalt. Ved ækvator vil stigningen være meget lille, mens den vil blive 6-10 grader C i de polare områder.

I løbet af nogle hundrede år kan dette resultere i, at indlandsisen på Grønland og ved Sydpolen smelter. Smeltevandet vil få verdenshavene til at stige med ca. 60 meter. På kort sigt - måske på mindre end 10 år vil havisen i Nordpolområdet begynde at smelte, hvilket kan give klimaændringer i det nordlige Europa. Desuden kan de mindre temperaturforskelle mellem ækvator og polerne ændre Jordens vindsystemer og nedbørsforhold en effekt, der vil være stor i de tempererede områder. Betydningen heraf er ikke klarlagt endnu, men det har været påpeget, at de meget frugtbare kornområder i USA kan blive ramt af tørke - et forhold, der i givet fald vil få katastrofale følger for verdens fødevarer-situation.

Der er stor usikkerhed på beregningerne over drivhus-effekten. Der er derfor bevilget mange penge til en nøjere undersøgelse af spørgsmålet - især i USA. Noget helt klart svar vil man næppe få ved beregninger alene - men hvis den frygtede drivhus-effekt først kommer, er det for sent at ændre udviklingen. Et overskud af CO<sub>2</sub> i atmosfæren opsluges nemlig kun langsomt af



Marts 1981

verdenshavene, så virkningen vil vedvare i flere hundrede år.

Drivhus-effekten er en katastrofe, mod hvilken selv den værst tænkelige kernekraftulykke er for intet at regne: Hvis denne risiko skal nedbringes, må vi i de næste 20 år satse kraftigt på kernekraft, som er det eneste praktiske supplement til kul, olie og naturgas.

---

Dansk litteratur: " Energi og Miljø" kapitel 7. Teknisk Forlag 1978

Engelsksproget litteratur: "Energy and Climate " National Academy of Science: Washington D.C. 1977

3 1 3

**Kul fyrede kraftværker giver mere radioaktiv forurening end kernekraftværker .**

Kort svar: Ja, normalt giver et kulfyret kraftværk 1 00 gange større radioaktiv forurening end et kerne— kraftværk. Men både for et kulfyret kraftværk og et kernekraftværk gælder det, at forureningen normalt er meget lille.

Langt svar: I de sidste femten år har man mange steder i ver— den undersøgt den radioaktive forurening, der fremkom ved frigivelsen af små mængder radioak— ti vi tet fra de kul, der forbrændes på kul fyrede kraftværker. Alle steder har man konkluderet, at et kulfyret kraftværk giver mere radioaktiv stråling til omgivelserne end et kernekraftværk af samme størrelse. Men også først og fremmest, at den radioaktive forurening normalt er meget lille. Enkelte steder i verden har man dog kul, der indeholder betydeligt mere radioaktivitet end almindelige kul, og her følger man forureningen ganske nøje.

1 1980 offentliggjorde den officielle engelske kommission for strålingsbeskyttelse (NRPB) en rapport med beregninger over størrelsen af den radioaktive forurening omkring et stort engelsk kulfyret kraftværk. Man havde også beregnet hvor meget stråling befolkningen i området modtog. De samme beregninger var benyttet, soln anvendes til at bestemme forureningen fra et kernekraftværk.

Beregningen viste, at de mest udsatte personer modtog en strålingsdosis på 23 mil li rem\* som følge af ét års drift af det kul fyrede værk. Denne strå— ling kan sammenlignes med den naturlige baggrunds— stråling\* på ca. 100 mil li rem årligt — eller den maksimalt tilladelige strålingsdosis til alminde— lige mennesker på 500 mil li rem om året. Et moderne

kernekræftværk vil sjældent give mere end et par millirem om året til befolkningen i omegnen af værket .

Det er altså vigtigt at huske proportionerne, når emnet er stråling .

Hvis kul fyrede kræftværker i fremtiden forsynes med mere effektive filtre for at begrænse den al minde— lige forurening, vil også den radioaktive forure— ning formindskes noget.

31 3

---

Hovedparten af radioaktiviteten i kullene genfindes efter forbrændingen i asken. Derfor skal der vises omtanke ved deponeringen af asken, så den ikke giver en fremtidig forurening af grundvandet — og her skal man naturligvis ikke blot tage højde for de radioaktive stoffer i asken, men også til de tungmetaller\* , der findes heri.

Marts 1981

Dansk litteratur om emnet:

" Radioaktiv belastning som følge af anvendelse af kul i kraftværker". Miljøstyrelsens luftforurenings laboratorium, 1980 .

3 1 4

**Kan stråling være gavnlig for sundheden?**

Kort svar:

Ud fra den nuværende samlede viden om stråling bør man gå ud fra, at stråling ikke ligefrem er gavnlig for sundheden. Nogle undersøgelser af virkningen af små strålingsdoser har dog givet resultater, der kunne tolkes som en gavnlig indflydelse af stråling. De fleste andre undersøgelser har dog ikke vist nogen virkning af små strålingsdoser — hverken i positiv eller negativ retning .

Langt svar:

Der er i tidens løb foretaget en del undersøgelser af, om små strålingsdoser som f.eks. den naturlige baggrundsstråling\* skulle have nogen skadelig indflydelse på menneskers helbredstilstand.

En af de mest omfattende undersøgelser stammer fra USA. Her har man undersøgt, om den naturlige baggrundsstråling påvirkede hyppigheden af kræft i de forskellige dele af landet. Man vidste på forhånd, at det ville være nærmest umuligt at konstatere nogen effekt, selv om man gik ud fra den såkaldte linearitetsteori\* for strålingspåvirkning . Ved at se på statistikkerne for næsten hele befolkningen i ingen kunne der dog være en lille mulighed for at se en lidt højere kræfthyppighed i de dele af USA, der har den højeste naturlige baggrundsstråling.

Men for at kunne registrere en så lille effekt, måtte man i undersøgelsen tage hensyn til en række andre forhold, der kunne tænkes at påvirke hyppigheden af kræft. Det gjorde man så og nåede det forunderlige resultat, at kræfthyppigheden var mindst i de dele af USA, der havde den højeste naturlige baggrundsstråling og man kunne ikke forklare forskellen ved hjælp af de andre faktorer, der kunne spille ind.

Denne erfaring kan dog ikke benyttes som et argument for, at nu bør man søge at forøge den "naturlige" baggrundsstråling i Danmark, så den kommer på højde med de "sundeste" stater i USA. Det er muligt — ja vel troligt — at der har været en eller anden overset grund til den formindskede kræfthyppighed i de dele af USA, der havde den højeste baggrundsstråling .

Andre undersøgelser, f.eks. en omfattende kinesisk undersøgelse, har ikke vist nogen forskel i hel— bredstilstanden hos befolkningsgrupper, der var udsat for forskellige niveauer af baggrundsstråling. Hverken med hensyn til kræfthyppigheden, levealder eller med hensyn til arvelige skader.

314

---

Man må derfor konkludere, at har små strålingsdoser nogen indvirkning på mennesker — må virkningen være lille, hvadenten den er positiv eller negativ.

At små strålingsdoser skulle kunne have en svag positiv indflydelse på menneskers helbred, kan godt begrundes ud fra teoretiske betragtninger og ud fra en undersøgelse udført i Østrig.

Når stråling rammer kroppens celler, vil der i nogle af cellerne ske en beskadigelse af molekylerne. Sådanne skader sker også helt uden bestråling, og cellerne besidder reparationsmekanismer, der kan genopbygge de beskadigede molekyler .

I Østrig undersøgte man nogle celler fra personer, der arbejdede i et meget højt niveau af naturlig baggrundsstråling. Cellerne blev udsat for ultraviolet lys, der også kan beskadige molekylerne i cellerne. Herefter målte man, hvor længe det varede for cellerne at gennemføre reparationerne af de beskadigede molekyler.

Det viste sig her, at cellerne fra de pågældende personer kunne gennemføre reparationerne tre gange så hurtigt som celler fra personer, der kun havde været udsat for en normal naturlig baggrundsstråling.

Den forhøjede baggrundsstråling bringer altså cellerne i en mere aktiv tilstand, hvor de hurtigere kan reparere opståede skader. Lidt forenklet kunne man sige, at cellerne er blevet "vaccineret" mod skader i molekyl -strukturen.

Igen skal det dog understreges, at hvis dette har en positiv virkning — f.eks. en nedsat risiko for kræft — er det en virkning der er meget lille.

(Se også nr. 934)

FORURENING, UHELD OG AFFALD

Marts 1981

"Carcinogenic and genetic hazard from background radiation" .

N.A. Frigerio and R.S. Stowe. IAEA-SM-202/805

December 1984

Er der en sundhedsrisiko ved at tætne husene for at spare varme?
--

Kort svar : Ja, hvis luftudskiftningen i husene bliver nedsat så meget, at der ophobes høje koncentrationer af den radioaktive luftart radon, som stammer fra den naturlige radioaktivitet i byggematerialer og fra undergrunden under husene .

Det må antages, at 100-200 danskere hvert år pådrager sig lungekræft som følge af radon i indendørs luften. Energibesparelser indebærer således en helbredsrisiko .

Langt svar : Mange steder i udlandet har man konstateret , at luften i almindelige huse kan indeholde så høje koncentrationer af den radioaktive luftart radon (radon-222) , at luften må betegnes som sundhedsfarlig. Det har været en overraskelse for forskere og for sundhedsmyndighederne .

Man har tidligere været klar over, at luften i underjordiske miner kunne indeholde høje koncentrationer af radon, og hos arbejderne i disse miner har man kunnet konstatere en overdødelighed af lungekræft. Det gælder både for uranmetal- og mineralminer .

Da man i begyndelsen af 1970'erne konstaterede , at der kunne findes ret høje koncentrationer af radon i almindelige huse - bl . a. i Sverige - rettede man i første omgang mistanken mod de materialer, som husene var bygget af. Man fandt da også herved nogle byggematerialer, der afgav betydelige mængder radon. Disse byggematerialer må nu ikke længere sælges, og der er bl . a. i EF regler for, hvor store mængder naturlig radioaktivitet, byggematerialer må indeholde .

Men efterhånden opdagede man, at der måtte være andre kilder til radon end byggematerialerne . Luften i huse bygget af materialer med ringe radon-afgivelse kunne godt indeholde høje koncentrationer af radon. I dag ved man, at denne radon stammer fra jorden under husene .

I almindelig jord er der altid en vis mængde naturlig radioaktivitet, bl . a. radium, som omdannes til radon ved et radioaktivt henfald. Radon er en såkaldt ædel gasart, der ikke går i kemisk

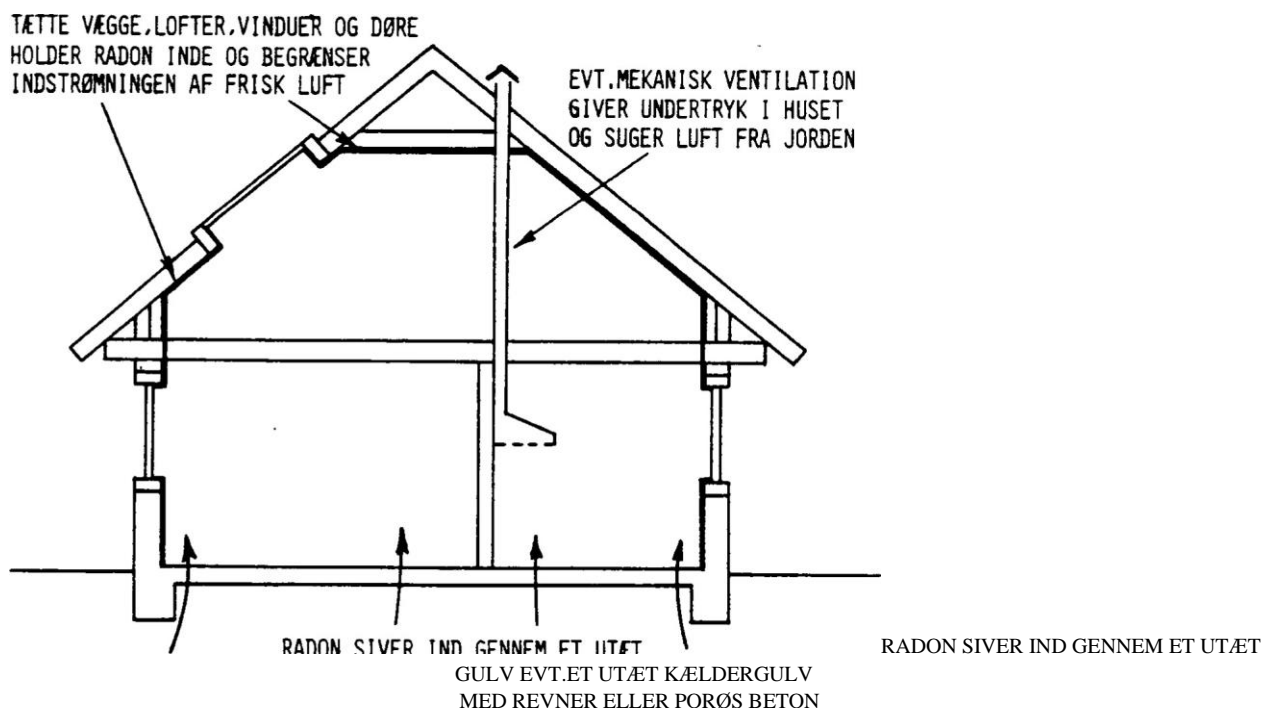
Marts 1981

forbindelse med andre stoffer. Den kan derfor som en luftart bevæge sig mellem sandkornene og lerpartiklerne i jorden.

Har et hus utætte kældergulve eller -vægge, kan radon fra jorden under huset langsomt sive ind . Er utæthederne store, og er der meget radon i luften under huset, kan der på denne måde opstå høje radon-koncentrationer inde i huset. De højeste koncentrationer opnås naturligvis, når huset er så tæt - ved vinduer og døre m.m. - at den opsivende radon opholder sig længe inde i huset, inden den siver ud til atmosfæren uden for huset, hvor den fortyndes til uskadelige koncentrationer .

Før 1973 var de færreste huse så tætte, at de kunne opsamle høje radon-koncentrationer, men siden den første oliekrise er de fleste huse blevet tætnet for at spare på varmen. Det har bevirket en langsommere luftudveksling og hermed er radon-koncentrationerne i indendørs-luften vokset. Denne tilvækst i radon-koncentrationerne i danske huse siden 1979 må antages at være ansvarlig for omkring 100 lungekræfttilfælde om året.

De danske sundhedsmyndigheder har igangsat et undersøgelsesprogram, der skal skaffe et overblik over hvilke koncentrationer af radon, der kan træffes i danske huse. Hidtil er der kun fundet enkelte huse med så høje radon-koncentrationer, at det har været nødvendigt at gribe ind for at forhindre radon fra jorden under huset i at strørtune ind. Undersøgelsesprogrammet skal fortsætte de kommende år .



S

Uheldet på Tremileøen i marts 1979 viste, at sandsynligheden for en kernekraft-katastrofe er meget større end man tidligere havde regnet med.

Kort svar: Nej . Et teknisk uheld af en størrelse som det på Tremileøen var bl.a. forudset i Rasmussen-rapporten fra 1975. (se nr. 501 og nr. 504) .

Nej . Et teknisk uheld af en størrelse som det på Tremileøen var bl.a. forudset i Rasmussen-rapporten fra 1975. Her deler man de tænkbare uheld op i 3 kategorier:  
Alvorlige uheld, hvor reaktorkernen smelter, og bygningen om reaktoren ødelægges, så store mængder radioaktivitet slipper ud i omgivelserne. Sandsynligheden for sådanne uheld er én gang pr. 1 million driftsår\* .

Mellemstore uheld, hvor reaktorkernen smelter, men hvor der kun slipper ringe mængder radioaktivitet ud i omgivelserne. Sandsynligheden for sådanne uheld ligger på én gang pr. 1 00.000 driftsår.

Endelig " små " uheld, hvor kernen ikke smelter sammen, men hvor brændselsstavene bliver så overophedede, at der slipper betydelig radioaktivitet ud i reaktor-indeslutningen (den lufttætte bygning om reaktoren) samt en del radioaktive ædelgasser\* ud i omgivelserne.

Uheldet på Tremileøen var et af disse " små " uheld. I Rasmussen-rapporten var det forudset at kunne ske med en sandsynlighed på mellem én gang på 600 og én gang pr. 15.000 driftsår.

I den vestlige verden var driftserfaringerne med kernekraftværker i 1979 et sted mellem 700 og 2000 reaktordriftsår. Tallet afhænger af, hvilke reaktorer man medregner i statistikken. (Medregnes reaktorerne i de atomdrevne undervandsbåde bliver driftserfaringerne meget større) . Selv med det mindste tal - de 700 reaktordriftsår - var man før Tremileø-uheldet nået inden for Rasmussen-rapportens usikkerhedsinterval for uheld af Tremileø-størrelsen.

Når ordet katastrofe overhovedet er blevet brugt, skyldes det sensationspressen. Der skete kun materiel skade. En katastrofe indebærer vold-



## FORURENING , UHELD OG AFFALD

Marts 1981

somme ødelæggelser og tab af menneskeliv, som da den norske boreplatform Alexander Kielland i marts 1980 kæntrede, og 123 mennesker døde. Eller den ulykke (katastrofe) der fandt sted ved Vaiont dæmningen i Italien i 1963, hvor ca. 2300 mennesker druknede i dalen under dæmningen.



Et kernekraftværk kan eksplodere som en atombombe .
---

Kort svar: Et kerne-kraftværk kan ikke eksplodere som en atombombe. Kraftværkets brændsel har nemlig en helt anden sammensætning og helt andre egenskaber end sprængstoffet i en atombombe. Ordet " atom" dækker altså ligesom ord som energi og grundstof over meget. Militær og fredelig ud- nytte Ise af atomenergien må ikke blandes sammen.

Langt svar:

Et kernekraftværk kan ikke eksplodere som en atom- bombe. Kraftværkets brændsel har nemlig en helt anden sammensætning og helt andre egenskaber end sprængstoffet i en atombombe .

I atombomben bruger man enten rent plutonium-239 eller højt beriget\* uran, der består af 90% uran- 235 og uran- 238.

Årsagen til at atombomben kan eksplodere er, at der med store, kraftigt sammenpressede mængder af disse stoffer opstår en selvforstærkende kædereaktion. Energi udviklingen løber løbsk og ophører først, når stofferne ved eksplosionen blæses fra hinanden .

Et kernekraftværk bruger derimod enten svagt beriget uran, der består af 2-3% uran- 235 og 97-98% uran- 238, eller for de hurtige formeringsreaktorers\* vedkommende 20% plutonium og 80% uran- 238.

Når kernekraftværker ikke kan eksplodere, skyldes det, at kædereaktionen med disse stoffer ikke kan løbe løbsk. Rent teknisk kan det forklares ved, at i de kraftværker, der bruger svagt-beriget uran er det næsten kun de nedbrersede, lanasorpme neutroner, der forårsager kædereaktionen. Efterhånden som kædereaktionen tager til, bliver vandet omkring brændselsstavene varmere (det er jo det, der er men ingen med kernekraft-processen) . Men når vandet begynder at koge, nedbremses neutronerne ikke så effektivt - de bliver til hurtige neutroner, og de kan ikke opretholde kædereaktionen i et brændsel af denne sammensætning. Dermed aftager kædereaktionen, og den kan derfor aldrig løbe løbsk som i en atombombe .

I en hurtig formeringsreaktor kan de hurtige neutroner opretholde en kædereaktion i plutoniumdelen af brændslet. Men hvis kædereaktionen vokser i

styrke, bliver brændslet varmere. Og efterhånden som de af brændslet, der udgøres af uran-238, bliver varmere, opsluger denne uran-238 stadig større mængde af de hurtige neutroner, der ellers skulle opretholde kædereaktionen i plutoniumdelen. Så også her garanterer naturens egen love, at reaktionen i k-

322

---

ke løber løbsk som i en atombombe .

I atombomben har man med vilje fjernet disse bremsere ved at bruge et helt andet brændstof , eller en helt anden sammensætning af brændstof end i kernekraftværkerne .

Marts 1981

"Atomkraft i Danmark . Fordele og ulemper" , Lindhardt og Ringhofs forlag 1974.

323

Et kernekraftværk er kun sikkert, hvis teknikken fungerer fuldstændig korrekt, og hvis der ikke sker menneskelige fejl. Men teknikken kan svigte og mennesker kan tage fejl. Derfor er kernekraftværker usikre.

Kort svar: Alle kernekraftværker er bygget, så de kan tåle flere fejl uden at det fører til alvorlige skader på omgivelserne. Det viste sig også ved uheldet på Tremileøen i foråret 1979. Det startede med en teknisk fejl, der blev efterfulgt af flere menneskelige fejl. Men takket være den indbyggede sikkerhed på værket, blev kernekraftværket s omgivelser kun udsat for meget små strålingsdoser.

Ved konstruktion af kernekraftværker benytter man sig af det princip, der hedder forsvar i dybden . Det betyder, at man opbygger en række sikkerhedsniveauer, der skal træde i funktion, efterhånden som de foranstående sikkerhedsniveauer bliver "gennembrudt" . Det betyder, at et betydeligt uheld kun kan ske, hvis der sker en lang række tekniske og menneskelige fejl.

Et uheld på et kernekraftværk kan kun få alvorlige følger for omgivelserne, hvis brændselsstavene ødelægges eller evt. smelter sammen, så radioaktivitet frigøres - og hvis der sker brud på de tætte barrierer, der normalt ville holde radioaktivitet tilbage. Derfor er det vigtigt, at brændselsstavene holdes kølede, så de ikke beskadiges og evt. smelter sammen .

Foruden det normale kølevand har man derfor flere former for nødkølevand, der enten blot pumpes ind i reaktor tanken eller som bruses over brændselsstavene. De pumper og ventiler, der benyttes af de forskellige nødkølesystemer er placeret forskellige steder på kraftværket, så en brand e. a. ikke kan sætte dem alle ud af drift på en gang.

Skulle brændselsstavene alligevel blive så varme, at de beskadiges (som på Tremileøen se nr. 504), skal radioaktiviteten holdes tilbage i reaktortanken + rørledninger og ventiler m.m. Kun hvis der er

et hul i en rørledning eller hvis en ventil står åben (som på Tremileøen) kan der slippe radioaktivitet ud i den lufttætte bygning om reaktoren (reaktorindeslutningen). Her vil det meste af den frigjorte radioaktivitet blive holdt tilbage (som på Tremileøen). Kun hvis der er sket betydelige skader på reaktorindeslutningen, kan der slippe store mængder radioaktivitet ud i omgivelserne.

Som et andet eksempel på "forsvar i dybden" kan nævnes forsyningen af elektricitet til pumper,

323

---

ventiler og reguleringsudstyr på de to kraftværksenheder på Barsebäck-værket.

Under den normale drift leverer værkets hovedgenerator (dynamo) den nødvendige elektricitet, men standses denne - f.eks. fordi reaktoren lukkes ned - må der på anden måde skaffes strøm til de nævnte pumper m.m. Strømmen kan i første række skaffes fra et af de to ydre højspændingsnet på 400kV og 130kV. Det vil sædvanligvis betyde, at strømmen fås fra den anden kraftværksenhed på Bars ebäck-værket, men hvis denne ikke er i drift, kommer strømmen fra andre kraftværker gennem højspændingsnettet.

Hvis begge højspændingsnet af en eller anden grund skulle svigte, kan den elektriske strøm leveres af 4 gasturbiner, der hele tiden står klar til igangsætning med 90 sek. varsel. Gasturbinerne er parvis tilkoblet en generator (dynamo), og hver af de 4 gasturbiner kan levere den nødvendige strøm.

Skulle også alle gasturbinerne svigte, har hver kraftværksenhed yderligere to dieselmotorer, der står klar til drift med 10 sek. varsel.

Med hver af de nævnte muligheder for levering af elektricitet kan man holde de nødvendige pumper m.m. i drift for en normal nedlukning af reaktoren.

Herudover har man batterier, der kan levere en nødstrømforsyning til det vigtigste kontrol- og reguleringsudstyr. Batterierne kan derimod ikke levere strøm nok til at drive pumperne med, men de kan sikre en kontrol over anlægget i en periode, mens man bringer en af de andre forsyningsmuligheder i drift.

Marts 1981

På denne måde har man på Barsebäck sikret sig, at der er en overmåde lille sandsynlighed for et to-talt strømsvigt så længe, at det kan blive årsag til skader på værket.

324

Det er umuligt at beregne sandsynligheden for uheld på kernekraftværker, for man kan ikke tage hensyn til den menneskelige faktor .

Kort svar: Jo, man har medregnet muligheden for menneskelige fejl i de undersøgelser af reaktorsikkerhed, der er foretaget i tidens løb, bl.a. i den såkaldte Rasmussen-rapport fra 1975. Fra driften af kernekraftværker og andre store tekniske anlæg foreligger der et omfattende talmateriale for, hvor ofte mennesker har foretaget forkerte handlinger .

Derimod er det meget sværere at tage hensyn til, at mennesker er "fornufts-væsener" , der i en kritisk situation kan løse et problem med utraditionelle midler. Sådanne handlinger, der kan standse et driftsuheld under udvikling, har man oplevet i flere tilfælde.

Langt svar: I Rasmussen-rapporten fra 1975 (se nr. 501 ) og i andre tilsvarende rapporter har man medtaget alle tænkelige typer af fejl - herunder også menneskelige fejl. Sådanne fejl kan være, at en reparatør har glemt at forbinde to ledninger. Det kan også være en operatør, der trykker på en rød knap, når han efter instrukserne skulle trykke på en grøn knap. For fejl af den sidste type - altså operatør fejl - har man endda oplysninger om, hvordan stress-situationer påvirker mennesker, og for stressede uheldssituationer regner Rasmussen-rapporten oven i købet med, at operatørerne foretager mange fejl- betj eninger - som dog i de fleste tilfælde opfanges af de automatiske sikkerhedssystemer.

Derimod er det langt vanskeligere at tage hensyn til, at mennesker kan finde utraditionelle løsninger på et problem. I nogle tilfælde har man på kernekraftværker og andre store tekniske anlæg været ude for, at personalet har klareret en "krisesituation" på en måde, der ikke var beskrevet i de sædvanlige regler for sådanne situationer.

Den amerikanske professor Harold W. Lewis, der var formand for den arbejdsgruppe, som i 1977-78 foretog en analyse af Rasmussen-rapportens beregningsmetoder for de amerikanske myndigheder, har på dette punkt sammenlignet reaktor sikkerheden med flysikkerheden. Bl.a. ud fra sine erfaringer som pr i-

324

---

vatpilot, siger han herom, at man ville regne sig frem til et meget stort antal flyulykker, hvis man foretog en ligeså "skrap" analyse af flyvemaskiner, der blev udsat for en større eller mindre driftsforstyrrelse. Men så mange ulykker sker der ikke i virkeligheden, for piloterne kan oftest gribe ind og standse udviklingen på mere eller mindre utraditionelle måder - og udvikler uheldet sig alligevel, kan piloten tilstræbe, at konsekvenserne bliver mindst mulige.



Marts 1981

325



Marts 1981

Man har aldrig kunnet afprøve nødkølesystemerne på noget kernekraftværk, og man ved derfor ikke, om de overhovedet virker, hvis man en dag får brug for dem.

Kort svar: Jo, amerikanske forsøg har vist, at man er i stand til at køle brændselsstavene med nødkølesystemer. De nyeste eksperimenter viser endda, at nødkølesystemer i praksis er meget bedre end de tidligere teoretiske beregninger angav.

Langt svar: Formålet med nødkølesystemerne er at sikre, at brændselsstavene efter et tab af det normale kølevand ikke opvarmes så meget, at de beskadiges og evt. smelter. Hvis et større kølerør pludselig går i stykker, og vandet fosser ud, skal nødkølesystemerne automatisk gå igang og køle brændslet.

Det er klart, at ingen med vilje foranstalter et sådant uheld blot for at se, om nødkølesystemerne nu også virker som planlagt.

Man sænker jo heller ikke en passagerdamper for at se, om redningsbådene virker.

Nødkølesystemernes effektivitet kan derimod undersøges på særlige modelanlæg.

Spørgsmålet om nødkølesystemernes tilstrækkelighed dukkede op i den amerikanske kernekraftdebat i 1971. Enkelte forskere ved de amerikanske atommyndigheders laboratorier var usikre på spørgsmålet. De havde kun nogle mindre forsøg og teoretiske beregninger at støtte sig til.

Langt de fleste atomteknikere var dog allerede dengang overbevist om, at nødkølesystemerne var tilstrækkeligt effektive, fordi de var "overdimensionerede".

Nogle dårligt planlagte forsøg med nødkølesystemer i "mini-skala" (Semiscale-forsøgene) gav i 1971 nogle uventede resultater, og det blev starten til en offentlig debat. Det var især kernekraftmodstandere, organiseret i "Union of Concerned Scientists", der skabte blæst om sa-

gen, og man kan ligefrem sige, at organisationen slog sig op på denne sag. (se nr. 800)

I perioden fra januar 1972 til december 1973 blev der i USA afholdt en lang række høringer

325

---

om spørgsmålet. De resulterede i, at man i to trin skærpede kravene til nødkølesystemerne. Der var tale om ret begrænsede skærpelser, og mange teknikere mente, at de var overflødige og nærmest blev indført som en slags "politisk kompromis". (Et af de nye krav var, at en bestemt beregnet temperatur under overgangen til nødkølingen ikke måtte overstige 1205 grader C mod tidligere 1260 grader C).

I mellemtiden var man ved at forberede de første større nødkøleeksperimenter på et modelanlæg i Idaho (LOFTforsøgene). Efter en lang indkøringsperiode blev det første forsøg foretaget d. 4. marts 1976. Dette forsøg samt alle senere forsøg har vist, at nødkølesystemerne i praksis er meget mere effektive end de teoretiske regnemodeller angav. (En teoretisk beregnet temperatur var f.eks. 740 grader C, mens den målte temperatur kun var 510 grader C). For mange atomteknikere var dette ikke nogen overraskelse, for de teoretiske modeller havde indeholdt mange overvurderede antagelser.

LOFT-forsøgene foretages med en reaktor på 55 MW\*. Det er 30—60 gange mindre end dagens store kernekraftværker. Forsøgene foretages med brændselselementer, der stort set er af samme type som i rigtige kernekraftværker. Der er derfor ingen tvivl om, at forsøgene nøje viser, hvorledes nødkølingen vil forløbe i reaktoren på et stort kernekraftværk, hvis der en dag skulle blive brug herfor.

Også i andre lande foretages der nødkølingsforsøg, og man forventer efterhånden at kunne udforme simple og endnu mere effektive nødkølesystemer.

---

Litteratur: Der findes ingen dansk oversigt over nødkølesystemer. Forløbet af LOFT-forsøgene kan følges i det amerikanske ugeskrift "Nucleonics Week", f.eks.

27.5.76, 17.2.77 og 14.14.78

Marts 1981

En gennemgang findes også i "Nuclear Engineering  
International " , januar 1979

326

Rasmussen-rapporten* om reaktorsikkerhed, som kernekrafttilhængere ofte henviser til, blev i 1979 tilbagevist af de amerikanske myndigheder .
---

Kort svar: Nej. Rasmussen-rapporten er solid nok. Dens metoder og vurderinger anerkendes og benyttes fortsat af de amerikanske atom-myndigheder (NCR) . Men i januar 1979 tilbageviste myndighederne en populær udgave af Rasmussen-rapporten, fordi sammenfatningen ikke gav et fyldestgørende billede af spørgsmålet om reaktorsikkerhed. Endvidere tilsluttede de amerikanske myndigheder sig den kritik, der havde været rettet mod de dele af Rasmussen-rapportens sandsynlighedsberegninger, der i rapporten var anført med for stor nøjagtighed. (se nr. 502)

Men de amerikanske atom-myndigheder benytter fortsat Rasmussen-rapportens metoder og vurderinger i arbejdet med reaktorsikkerhed - efter uheldet på Tremileøen i marts 1979 endda med forøget styrke. Hvis man nemlig havde anvendt Rasmussen-rapportens analysemetoder på Tremileøværket, ville uheldet sandsynligvis ikke være sket. (se nr. 505)

Langt svar:

Rasmussen-rapporten om reaktorsikkerhed udkom i 1975. I 1977 nedsatte de amerikanske atom-myndigheder en gruppe forskere til at bedømme rapporten. Formanden for denne undersøgelsesgruppe var professor Harold Lewis. Undersøgelsesgruppen fremlagde sine resultater i Lewis-rapporten i september 1978. Heri var der både ris og ros til Rasmussen-rapporten. Rasmussen-rapporten blev fremhævet som et stort skridt i forståelsen af reaktor sikkerhedsproblemerne. Endvidere anerkendte man Rasmussen-rapportens analysemetoder som meget værdifulde i arbejdet med at forbedre og vedligeholde reaktorsikkerheden . Derimod kritiserede man den populære sammenfatning af Rasmussen-rapportens resultater, der blev

udsendt samtidig med selve Rasmussen-rapporten. Endvidere kritiserede man nogle sandsynlighedsberegninger i Rasmussen-rapporten, fordi det ikke var korrekt at angive sandsynlighederne for havarier med reaktorer så nøjagtigt, som det var gjort i Rasmussen-rapporten. Man vil dog ikke sige, om Rasmussen-rapportens sandsynligheder var overvurderede eller undervurderede.

Lewis-rapporten anbefalede, at de amerikanske atommyndigheder mere direkte benyttede Rasmus-

326

---

sen-rapportens metoder i det daglige arbejde - herunder også sandsynlighedsberegningerne i de tilfælde, hvor de nødvendige data kunne skaffes. Endvidere burde atommyndighederne tilrettelægge den fremtidige forskning af reaktorsikkerheden på baggrund af Rasmussen-rapportens resultater.

I forbindelse med uheldet på Tremileøen er der to forhold, der bør trækkes frem:

1. Lewis-rapporten mener, at de amerikanske atommyndigheder ikke tog tilstrækkeligt hensyn til Rasmussen-rapportens påvisning af, hvad der vil udgøre den største risiko for reaktorhavarier, nemlig pludselige driftsforstyrrelser, små utætheder på reaktorsystemet samt menneskelig fejlbetjening. Atommyndighederne blev kritiseret for, at man alligevel blev ved med at arbejde med de sikkerhedsmæssige problemer i forbindelse med meget store rørbrud, som ifølge Rasmussen-rapporten bidrog meget lidt til uheldsmulighederne. (Harold Lewis antyder i en artikel i "Scientific American", marts 1980, at det er de amerikanske modstanderes kampagner, der har fået de amerikanske atommyndigheder til fortsat at beskæftige sig mest med de store rørbrud og glemme de vigtigere forhold). Uheldet på Tremileøen var en kombination af en driftsforstyrrelse, en mindre utæthed og menneskelig fejlbetjening.

2. Rasmussen-rapporten analyserer to bestemte amerikanske kernekraftværker, som i teknisk henseende afviger noget fra værket på Tremileøen. Under udarbejde Isen af Rasmussen-rapporten opdagede man, at et af de undersøgte værker kunne forbedres be-

tydeligt i sikkerhedsmæssig henseende ved en mindre ændring, der straks blev gennemført.

Efter Tremileø-uheldet er Rasmussen-rapportens analysemetoder blevet anvendt på Tremileø-værket. Det

Marts 1981

viste sig, at meget simple ændringer kunne gøre værker af "Tremileø-typen" langt mere "modstandsdygtige" overfor uheld af den type, der ramte Tremileø-værket. Disse ændringer er nu indført på de Øvrige værker .

Havde ændringerne været indført på Tremileø-værket, ville driftsforstyrrelsen efter al sandsynlighed ikke have udviklet sig til et reaktorhavari.

Konklusionen er altså, at Rasmussen-rapporten er solid nok. Den har bare ikke været anvendt i tilstrækkeligt omfang .

327

Hvad er det værst tænkelige uheld på et kernekraftværk?

Kort svar: Ved et "værst tænkeligt uheld" antager man, at et kernekraftværk total havarerer og udsender en betydelig andel af de radioaktive stoffer, der findes i selve reaktor -kernen. Og samtidig antager man, at vinden netop skal føre den frigjorte aktivitet mod tætbefolkede områder.

I så fald antages bestrålingen af mennesker at kunne blive så stor, at nogle dør af strålings-syge, og et større antal kan få kræft 10-30 år efter uheldet.

Men - sandsynligheden for et så alvorligt uheld er helt minimal. I middel vil uheldet kunne forekomme én gang pr. 10 millioner til 100 millioner år.

Langt svar:

I Rasmussen-rapporten fra 1975 (se nr. 501 ) har man undersøgt forskellige typer reaktor -havari, som i teorien kan forekomme. De er blevet ind- delt i forskellige klasser. Havariene i klasse 1 og 2 omfatter frigivelsen af så store mængder radioaktivitet, at der kan opstå en ret alvorlig forurening af kraftværkets omgivelser ud til en betydelig afstand. FØI gerne for omgivelserne vil naturligvis afhænge meget af, hvor det uhelds- ramte kernekraftværk er tænkt placeret, samt af de vejrforhold, der hersker under uheldet.

For den tænkte gennemsnitsplacering af et kernekraftværk, som der er regnet med i Rasmussen-rapporten, kan de sundhedsmæssige følger af et "værst tænkeligt uheld" typisk være 100 til 1 000 dødsfald

af strålingssyge, samt et omkring 10 gange så stort antal beregnede senere kræftdødsfald. Hertil kommer en forurening af et landområde, der rammes af radioaktivt nedfald (se nr. 501) . Altså ganske alvorlige konsekvenser.

Men – sandsynligheden for, at der med et kernekraftværk skal ske et sådant "værst tænkeligt uheld" , er i følge Rasmussen-rapporten i middel kun en gang pr. 10 millioner år til 100 millioner år.

Mange mennesker har forståeligt nok svært ved at vurdere, hvad sådanne meget lave sandsynligheder egentlig vil sige i praksis. I Rasmussen-rapporten er der derfor foretaget beregninger over andre menneskeskabte forhold, der kan føre til alvorlige uheld med lav sandsynlighed. Brande, eksplosioner, dæmningsbrud osv. udgør typisk i USA en risiko for befolkningen, der er 100 til 1000 gange højere end driften af 100 kernekraftværker. Derimod påpegede

327

---

Rasmussen-rapporten, at risikoen ved nedstyrtende store himmellegemer stort set svarede til risikoen ved at have 100 kernekraftværker i drift i USA. Ja, den forøgede viden siden rapportens fremkomst peger endda på, at kernekraftværkerne udgør en betydelig mindre risiko end nedstyrtende himmellegemer. Og så er risikoen for uheld på kernekraftværker også langt mindre end risikoen for ulykker i forbindelse med fossile\* brændsler og vandkraft. Alligevel taler vi jo ikke til daglig meget om risikoen ved vore traditionelle kraftværker.

I de senere år har forskere og teknikere fået en stærkt forøget viden om mange af de forhold, der påvirker forløbet af et alvorligt kernekraftuheld. Da Rasmussen-rapporten blev udarbejdet, antog man, at der i forbindelse med sammensmeltningen af en reaktorkerne kunne opstå en såkaldt damp-eksplosion, som kunne ødelægge reaktor tanken og den lufttætte bygning om reaktoren, I dag tyder alt på, at damp-eksplosioner langt fra kan blive så kraftige som antaget i Rasmussen-rapporten. Desuden ser det ud til, at Rasmussen-rapporten har overvurderet de sundhedsmæssige følger af de tænkte udslip af radioaktivitet under et uheld. (se også nr. 503 og 507) .

FORURENING , UHELD OG AFFALD

Marts 1981

---

Dansk litteratur:

"En bedømmelse af Barsebäck-uheld på grundlag af den nyeste viden" .  
Uffe Korsbech, Danmarks Tekniske Høj skole, 1981

Februar 1 983

Kernekraftværker er så usikre, at forsikringspolicer ikke omfatter skader som følge af kernekraft-uheld.
--

ikkeKort svar: Den almindelige borger skal mod følgerne af evt. uheld på kernekraftværker . Derimod skal ejerne af et kernekraftværk tegne forsikringer for skader, der kan tænkes at ramme udenforstående dvs. den almindelige borger . Derfor omfattes skader som følge af kernekraft-uheld ikke af de almindelige husstandspolicer .

Langt svar: Modstandere af kernekraft henviser ofte til de almindelige betingelser, f.eks. gældende for hus- og-hjem forsikringer. Her er det anført, at skader som følge af atomenergi og radioaktivitet ikke er dækket af forsikringen. Denne undtagelse i de almindelige forsikringer - mener kernekraftmodstanderne - er et tydeligt bevis på, at forsikringsselskaberne anser kernekraftværkerne for meget risikable.

forsikre sig

Sådan forholder det sig nu ikke. Det er nemlig ejerne af et kernekraftværk, der skal sørge for de forsikringer, der kan dække de skader, som uheld på værket kan forvolde på omgivelserne - herunder følgerne af evt. frigjort radioaktivitet.



1987

Da man i slutningen af 1950 'erne for alvor begyndte at bygge kernekraftværker i mange lande, var man opmærksom på, at et meget alvorligt uheld på et kernekraftværk kunne forvolde meget store økonomiske skader på omgivelserne - især i form af forurening af afgrøder på markerne. Uheldet på det engelske militære anlæg ved Windscale havde bl.a.

vist, at store områder kunne blive forurenede med radioaktivt jod, så mælken måtte kasseres i de berørte områder. Men samtidig var man klar over, at sandsynligheden for et sådant meget alvorligt uheld var meget lille. Disse to forhold - de mulige store skader og den meget lave sandsynlighed - gjorde, at flere lande inden for OECD slog sig sammen om fælles regler og et gensidigt forsikringsansvar. Dette samarbejde, der startede i 1960, er siden blevet revideret flere gange. Som et eksempel på forholdene i dag kan man tage de regler, der gælder for de svenske kernekraftværker.

Her skal ejerne af et kernekraftværk tegne en "privat" ansvarsforsikring, der dækker skader på udenforstående for et samlet beløb på op til ca. 600 mill. kr. (danske kroner). Hvis der skulle ske et

328

---

reaktorhavari med endnu større økonomiske skader på omgivelserne, træder den svenske stat til og dækker skader for yderligere 600 mill. kr. Hvis dette ikke skulle være tilstrækkeligt - f.eks. ved forurening af landbrugsafgrøder over et meget stort landområde - træder de øvrige lande i forsikringspuljen til og dækker op til 800 mill. kr. ekstra. Dermed kommer forsikringsbeløbet op på ca. 2000 mill. kr. Og skulle det helt usandsynlige ske, dækker den svenske stat yderligere ca. 1600 mill. kr., så det samlede forsikringsbeløb bliver 3600 mill. kr. Dette beløb gælder for skader på udenforstående.

Selve kernekraftværkerne er også forsikret mod skader. Her er det maksimale erstatningsbeløb for tiden ca. 3400 mill. kr. Dette beløb giver ikke fuld dækning, hvis et kernekraftværk skulle havarere totalt. Ejerne må selv bære resten af en evt. stor skade.

Heller ikke her er der tale om, at forsikringsselskaberne finder kernekraftværkerne særligt risikable. Når værkerne ikke kan forsikres for et endnu større beløb, er årsagen, at forsikringsselskaberne ikke kan binde sig for et større beløb. Tilsvarende forhold kendes også inden for andre områder - f.eks. i forbindelse med platforme til udvinning af olie og gas på havet.

I miljøstyrelsens landforureningsrapport om Barsebäck-uheld (se nr. 515) er det anført, at et værst tænkeligt uheld på Barsebäck skulle kunne forvolde økonomiske skader for 8000 mill. kr. i Danmark. Altså mere end de 3600 mill. kr., som værket's ansvarsforsikring dækker.

Hertil skal bemærkes, at landforureningsrapporten er baseret på ældre antagelser om udslip af store mængder radioaktivitet ved et meget alvorligt havari. Disse antagelser ser må i dag anses for at indebære en betydelig overvurdering (se nr. 507 og 518).

Der er dog endnu ikke enighed mellem teknikerne om, hvor meget lavere udslip, man bør regne med. Men flere forhold peger på mindst 5 gange lavere udslip - muligvis 100 gange lavere udslip. Ved en realistisk vurdering er de økonomiske skader efter et værst tænkeligt uheld - med en sandsynlighed på en gang pr. 8-80 mill. år - derfor dækket af Barsebäck-værket's ansvarsforsikring.

Fra 1986 - når FILTRA-projektet på Barsebäck er gennemført - har man helt udelukket muligheden for væsentlige udslip af de radioaktive stoffer, der kan give økonomiske skader i form af forurening af landbrugets afgrøder (se nr. 522).

329

Januar

Katastrofen i Tjernobyl viste, at kernekraften er farligere end hidtil antaget.
---

Kort svar : Det er meget sandsynligt, at russerne nu har erkendt, at reaktorer af Tjernobyl -typen er farligere end de tidligere har regnet med, men de reaktorer, der benyttes i de vestlige lande, er allerede så sikre nu som man regnede med før Tjernobyl.

Langt svar : Der er så stor en forskel mellem de sovjetiske RBMK-reaktorer (= Tjernobyl -typen) og de i Vesten benyttede reaktorer, at der ikke kan overføres nogen erfaring fra havariet af Tjernobyl-reaktoren til drifts- og sikkerhedsforholdene ved vestlige kernekraftværkers reaktorer. På nogle meget fundamentale områder er RBMK-reaktorer helt anderledes end f. eks. svenske og vesttyske kernekraftværker :

1. Under bestemte driftsforhold er RBMK-reaktorer ustabile med hensyn til kædeprocessens styrke - dvs. en forøgelse i kædeprocessens styrke vil automatisk føre til yderligere en forøgelse, så energifreudviklingen ingen pludselig kan

1987

løbe løbsk. I vestlige reaktorer - især trykvandsreaktorer og kogendevands reaktorer er der en automatisk naturlig indbygget modkobling, der modvirker en forøgelse af **kædeprocessens** styrke.

2 . Næsten alle vestlige kernekraftværker er omgivet af en solid lufttæt bygning ( indeslutning), der kan modstå hurtige trykstigninger til 5-10 atmosfærers overtryk - og som fortsat vil være lufttætte. I Tjernobyl kunne en trykstigning på mindre end en halv atmosfære få låget over reaktoren til at løfte sig, og over reaktoren var der blot en almindelig fabriksbygning, hvis tag og vægge hurtigt styrtede sammen. .

Under og omkring siderne af reaktoren i Tjernobyl var der en noget solidere bygningskonstruktion, der kunne tåle, at et trykrør (7 cm diameter) i reaktoren kunne gå i stykker. Ved havariet gik 500 trykrør i stykker. Indeslutningen om vestlige reaktorer er dimensioneret til at tåle, at det største trykrør (50 cm diameter) pludselig går i stykker.

3. I RBMK-reaktorer benyttes grafit som moderator (til at nedbremse de hurtige neutroner fra spaltningsprocesserne). Som kølemiddel benyttes vand, der ved høj temperatur kan reagere kemisk med grafit og danne bl . a. brint og kulilte. Grafit, som er rent kulstof, kan bryde i brand ved høj temperatur.

329

---

I de fleste vestlige reaktorer benyttes vand både som kølemiddel og som moderator . Vand kan ikke brænde. Nogle vestlige kernekraftværker har grafit som moderator, men i disse benyttes som kølemiddel luftarten kuldioxid, der ikke kan reagere kemisk med grafit. I disse reaktorer holdes temperaturen af grafitten under driften lavere end i RBMK-reaktorerne, og sandsynligheden for en brand i forbindelse et havari er derfor meget lille.

Der findes i USA en gammel militær reaktor, der i nogen grad ligner de russiske RBMK-reaktorer med grafitmoderator og vand som kølemiddel. Den vil formentlig blive ombygget.

4. Foruden de her nævnte rent tekniske forskelle mellem RBMK-reaktorer og andre reaktortyper skal

det nævnes, at personalet på Tjernobyl-reaktoren udviste en sådan mangel på sikkerhedsmæssig forståelse og disciplin, at man i Vesten finder det ufatteligt. Under det eksperiment, der førte frem til havariet, satte man flere sikkerhedssystemer ud af drift; man overtrådte sikkerhedsnormer og overhørte datamaternes krav om at reaktoren skulle stoppes.

I Vesten har operatører foretaget forkerte handlinger på grund af manglende oversigt eller forståelse, men bevidste **overtrædelser** af en lang række sikkerhedsforhold foretaget af en hel gruppe operatører er helt ukendte i Vesten – og nogle af de **overtrædelser**, der skete i Tjernobyl, kan slet ikke ske her.

Man kan endelig nævne sikkerhedsmyndighedernes indstilling. I Vesten har man altid sagt nej til at bygge kernekraftværker med indbygget ustabilitet med hensyn til **kædeprocessernes** styrke (punkt 1. nævnt tidligere). I begyndelsen af 1960'erne var svenskerne – i gang med at bygge en reaktor (Marviken) der skulle bruge tungt vand som moderator. Man var næsten færdig med reaktoren og skulle kontrollere dens stabilitet, da man konstaterede, at en ustabil **kædeproces** ikke kunne udelukkes. Man havde da valgt mellem at foretage en meget omfattende og dyr ombygning eller at skrotte reaktoren. Man valgte den sidste løsning og gik over til en anden reaktor-type.

I Canada var man ude for en lignende erfaring med en reaktor, der brugte tungt vand som moderator. Denne reaktormodel blev også opgivet.

I 1976 var en gruppe britiske sagkyndige i USSR for at få oplysninger om RBMK-reaktorerne. I England overvejede man den gang at forlade de gaskølede reaktortyper, og RBMK-typen var en ny mulighed. I rapporten om erfaringerne fra besøget konstaterede de sagkyndige imidlertid, at en sådan reaktortype ikke ville kunne blive sikkerhedsgodkendt i Storbritannien.

1987

Kort svar: Jo. I Sverige udarbejdede el -selskaberne i 1977-78 en fuldstændig plan for deponering af højaktivt affald. Planen er godkendt af både de tekniske myndigheder og regeringen .

I følge de svenske planer skal det udbrændte brændsel behandles på et fransk oparbejdningsanlæg, hvor det høj aktive affald bliver omdannet til glas. Det radioaktive glas returneres senere til Sverige, hvor det kan deponeres i 500 meters dybde i grundfjeldet ved Sternö, der ligger i Blekinge .

Langt svar: Jo. I vort naboland Sverige har el -selskaberne udarbejdet en fuldstændig plan for, hvordan man deponerer højaktivt affald. Planen blev i marts 1979 godkendt af de tekniske myndigheder, og den svenske regering godkendte planen i juni samme år.

Den svenske løsning på affalds -problemet er resultatet af det såkaldte KBS-projekt (KBS - Kärn Bränsle Säkerhet) . Den svenske regering opstillede i 1976 under kernekraftmodstanderen, statsminister Torbjörn Fälldin den såkaldte "vilkårs lov" . Efter denne kunne de svenske el -selskaber ikke få lov til af starte kernekraftværkerne Ringhals III og Forsmark I, før det var bevist, at der var mindst ét sted i landet, hvor der kunne foretages en helt sikker deponering af det høj aktive affald.

Stedet er nu fundet. Det ligger ved Sternö i Blekinge. Projektet går ud på at placere affaldet i 500 meters dybde i et område med et helt jordskælvs- frit grundfjeld.

Inden denne deponering skal affaldet dog omdannes til glas. Det sker på en af de franske fabrikker, der behandler udbrændt brændsel fra kernekraftværker, eller på det nye, engelske Windscale-anlæg , der er under opbygning. Når affaldet omdannes til glas, svarer det til, at affaldet indgår som andel i glasset på samme måde som den grønne farve i ØI-flasker .

På disse anlæg støbes affaldsglasset ind i cylindriske beholdere af rustfrit stål, kobber eller titan. Efter returneringen til Sverige bliver de opbevaret i et underjordisk "mellemlager" , inden de bliver endeligt deponeret i grundfjeldet.

Hvor store mængder der egentligt er tale om? Se her-

---

om i nr. 510, hvor også de svenske undersøgelser for at finde billigere løsninger omtales.

Mens Sverige altså har løst både det tekniske og politiske affaldsproblem, er der mange andre steder i verden, hvor man endnu ikke har peget på konkrete steder, hvor det høj aktive affald kan deponeres .

I USA gennemførte "American Physical Society" i 1976-77 en omhyggelig undersøgelse af spørgsmålet om sikker deponering af høj aktivt affald, og udsendte i 1977 en rapport om undersøgelsen. Her konkluderede man bl.a., at man kan få en sikker deponering af affaldet ved at grave det ned i jorden. På det rigtige sted i den rigtige dybde er der kun en lille risiko for jordskælv og vulkanudbrud, og man kan også sikre sig fuldstændig mod, at uvedkommende mennesker graver sig ned til affaldet. Så vidt denne rapport.

Den amerikanske FORD-rapport\* udkom også i 1977, og omhandler også spørgsmålet om en sikker deponering af høj aktivt affald. Rapporten er udarbejdet af en række ansete videnskabsmænd, og i konklusionen hedder det bl.a. . "Vi er overbeviste om, at radioaktivt affald og plutonium kan deponeres permanent på sikker vis. Hvis affaldet deponeres rigtigt og dybt i stabile geologiske formationer, er der ringe mulighed for, at disse stoffer vil vende tilbage til miljøet i farlige mængder. Selvom større mængder affald, end det synes muligt, skulle trænge ud, ville det ikke medføre en større katastrofe eller bare en større sundhedsrisiko for kommende civilisationer"! .

Tilsvarende konklusioner er en gruppe forskere under OECD nået frem til efter en gennemgribende undersøgelse i 1974-77.

Se også nr. 345 og 510.

---

Dansk litteratur om emnet:

" Energi og Miljø" kapitel 9. Teknisk Forlag. 1978

" Kernekraftværkernes høj aktive affald", H.L. Gjørup. Naturens Verden nr. 5. 1976

" Radioaktivt affald", B. Skytte Jensen, R i sø. 1975

1987

342

Marts

Vi kan ikke tillade os at overlade problemerne med det høj aktive affald til vore efterkommere.

Kort svar: Der bliver ingen problemer med affaldet, hverken for den nulevende generation eller kommende generationer, når det deponeres dybt nede i jorden i passende geologiske lag.

Langt svar: Danmark har hidtil satset på kul fyring frem for kernekraft. Lad os en gang sammenli ne affalds-mæn den fra kul o uran ved et r s drift af to

lige store anlæg p |

KULURAN

Kultveilte 8 . 000 . 000 ton EØ j aktivt affald 5 ton  
 Svovl- og kvæl- Melleaktivt affald 600 ton stof ilter 90 .  
 000 ton  
 Flyveaske ud i omg i velserne  
 1 . 700 ton  
 Flyveaske til- bageholdt 300  
 . 000 ton

Kul fyringen giver altså meget mere affald rent mængdemæssigt; derfor er det svært at holde stvr oå. Kernekraftaffaldet er nok farligere i sig selv, men mængderne er til at overskue. Og netop derfor er det muligt at tage vare på det og gemme det af vejen, så det ikke bliver en trussel mod miljøet eller mod menneskenes sundhed .

Dertil kommer, at kernekraft-affaldet med tiden omdannes til ufarlige stoffer, hvorimod kul affaldet forbliver så godt som uændret. Kulaffaldets tungmetaller\* forbliver således tungmetaller til evig tid.

Hvad vi end gør, vil det på en eller anden måde få en vis betydning for vore efterkommere. En nærmere analyse af forholdet mellem kul affald og uranaffald viser, at kul affaldet udgør den

største risiko for eftertiden. Den kuldioxid\* , der dannes ved forbrændingen af kul – og for øvrigt også ved forbrændingen af olie og naturgas – kan nemlig vise sig at indebære en risiko, som vi ikke kan tillade os at udsætte vore efter-

342

---

kommere for. Som nærmere omtalt i nr. 312 tyder videnskabelige undersøgelser på, at kuldioxiden kan komme til at give drastiske ændringer i Jordens klima. Inden for overskuelig tid kan det derfor tværtimod blive forbrændingen af kul, olie og naturgas, der vil bevirke et problem, som vi ikke kan overlade til vore efterkommere .



Februar 1 983

Det vil tage mindst 10 år at finde en sikker løsning på affaldsproblemerne her i landet.

Kort svar: Det er rigtigt, at man må regne med en samlet undersøgelsesindsats på omkring 10 år, hvis man i detaljer skal vide, hvor og hvordan et anlæg til deponering af højaktivt affald kan bygges. Men ønsker man alene at vide, om der findes anvendelige metoder og passende geologiske aflejringer at deponere i, kan man få et svar på et par år.

I Danmark var el -værkerne ca. 3 år om at få afklaret Mors-horstens egnethed til deponering, og i Sverige kunne el -værkerne på mindre end to år afklare det samme spørgsmål for deponering af højaktivt affald i grundfjeldet.

Langt svar : Påstanden om, at det vil tage mindst 10 år at finde en sikker løsning på affaldsspørgsmålet her i landet, er baseret på en misforstået tolkning af en redegørelse om deponering af affald fra kernekraftværker, som Handelsministeriet udsendte i 1976 . I denne rapport er der foretaget en bedømmelse af, hvilke danske geologiske formationer der kan være egnede til deponering af høj aktivt affald. Man peger på muligheden for deponering i grundfjeldet i 1-2 km dybde, deponering i en salthorst eller i tykke lag af ler. Rapporten, der bygger på udenlandske erfaringer og overvejelser baseret på generelle geologiske forhold, indeholder nogle forslag til, hvorledes man i praksis kan gennemføre et dansk undersøgelsesprogram. Det foreslåede program omfatter dels en opmåling og en undersøgelse af egnede aflejringer, dels en gennemførelse af en række praktiske forsøg, der tænkes at løbe over nogle år.

Den undersøgelse, som de danske el -værker gennemførte i perioden 1978-81 , svarer i store træk til første del af det i 1976 foreslåede program samt noget af sidste del. (Se nr. 516) .

## FORURENING, UHELD OG AFFALD

På basis af undersøgelsen, der især var rettet mod salthorsten på Mors, sluttede el -værkerne, at der her fandtes rigelige mængder deponeringseget salt - og at en deponering kunne foretages med den teknik og de metoder, der allerede kendes i dag.



Marts 1981

Ingen af de nuværende fabrikker for behandling af udbrændte uranstave fungerer korrekt, og man ved derfor ikke, hvad man skal gøre ved det udbrændte brændsel fra kernekraftværkerne .

Kort svar: Jo, i flere lande har man oparbejdningsanlæg , der fungerer som planlagt. Men politiske pro-, blemer har gjort, at nogle anlæg ikke er kommet i drift endnu. Derfor er det nødvendigt, at opbevare det udbrændte uranbrændsel, ind- til en behandling kan ske. Til dette formål bygger og udvider man for tiden midlertidige opbevaringsanlæg til de udbrændte brændselsstave. Sådanne anlæg består i hovedsagen blot af store vandbassiner, og kan derfor hurtigt bygges i takt med behovet.

Langt svar: Jo, de tekniske problemer for behandling af udbrændte uranstave er løst. Ophobningen af brugt brændsel på kernekraftværkerne skyldes manglende politiske beslutninger. Når brændslet i et kernekraftværk er udbrændt, kan det sendes til et oparbejdningsanlæg. Her udvindes det resterende uran og det dannede plutonium til brug i nyt brændsel. De stoffer, der herefter bliver tilbage, udgør det høj akti ve affald. (se nr. 944 )

På sådanne oparbejdningsanlæg har man i næsten 20 år behandlet udbrændt brændsel fra gaskølede reaktorer. Oparbejdningsanlæggene er for længst kommet over deres "børnesygdomme" og kører nu upåklagel igt .

I løbet af 1960 t erne gik de fleste lande over til at bygge vandkøl ede reaktorer, der benytter en anden type brændsel end de gaskølede reaktorer. Det nye brændsel er sværere at behandle på oparbejdningsanlæggene, og man har derfor må t- tet foretage ændringer på de eksisterende op- arbejdningsanlæg - eller bygge helt nye anlæg.

I Frankrig har man ved la Hauge siden 1976 behandlet stigende mængder brændsel fra vandkø lede reaktorer. Under indkøringen blev anlægget ændret, efterhånden som man indhøstede er farin- ger. Men nu er "børnesygdommene" stort set overstået, og anlægget kører som planlagt.

Kerne- kraftmodstandere tog imidlertid de forskellige "børnesygdomme" som et bevis på, at man slet ikke var i stand til at behandle brændslet fra de vandkølede reaktorer og denne påstand frem- føres fortsat af og til. Det franske anlæg er det første i verden, der arbejder i fuld teknisk

---

målestok, og i de kommende år vil andre lande følge efter.

England er ved at bygge et stort oparbejdnings- anlæg ved Windscale. Det er blevet forsinket nogle år på grund af manglende politiske beslutninger, der imidlertid blev afklaret ved en hø- ring i 1977. Lederen af høringen, dommer Par- ker, ønskede dokumentation for alle påstande . Han krævede " tal på bordet" , hvor det var muligt. Det viste sig, at kernekraftmodstandernes argu- menter ikke kunne stå for en nærmere analyse . Høringen, der varede 100 dage, resulterede i et klart ja til at gå igang med at bygge det nye op- arbejdningsanlæg. Det ventes taget i drift i 1987.

Vesttyskland har planlagt at bygge et oparbejdningsanlæg ved Gorleben i Nieder- Sachsen. Affaldet vil blive deponeret i de salt forekomster, der lig- ger under Gorleben. Da planerne herom var færdige i 1979, blev der afholdt en høring. Resultatet af denne var, at der ikke var teknisk-videnskabelige grunde for ikke at bygge anlægget samt affaldsde- potet i salt formationen. Men ministerpræsident Albrecht fra CDU ville kun gå med til at bygge an- lægget, hvis også oppositionen (SPD) ville sige ja. Det ville oppositionen ikke, og ministerpræ- sidenten afslog derfor at give tilladelse til byg- ningen af oparbejdningsanlægget - men accepterede de fortsatte arbejder med at undersøge mulighederne for at anlægge et affaldsdepot i salt formatio- nen under Gorleben.

I USA udsatte præsident Carter i 1977 en igangsætte lse af de amerikanske oparbejdningsanlæg ud fra den opfattelse, at oparbejdning af brugt brændsel kunne føre til en spredning af kernevåben i nye lande. Samtidig fik han igangsat en international undersøgelse af spørgsmålet - den såkaldte I NFC E- undersøgelse. Den gav i foråret 1980 grønt lys for en videreudbygning af kernekraften og for oparbejdningsanlæg. I USA kan der dog gå lang tid, før arbejdet med oparbejdningsanlæggene fortsættes.

På grund af de forskellige forsinkelser med oparbejdningsanlæggene er adskillige lande nødt til at bygge anlæg for en midlertidig opbevaring af udbrændt brændsel. Det gælder især for USA og Vesttyskland .

Se endvidere figuren over det nukleare brændselskredsløb på nr. 944.

---

Litteratur om emnet (på tysk) : "Sicherheit und Umweltschutz bei der nuklearen Entsorgung" .  
Der Bundesminister für  
Forschung und Technologie. 1979.

347

Marts 1981

Når et kernekraftværk er nedslidt, må det stå som en radioaktiv ruin i hundreder af år.
---

Kort svar: Nej, man kan nedrive et kernekraftværk straks efter, at det er taget ud af drift. Omkostningerne bliver dog mindre, hvis man venter nogle år med at foretage en total nedrivning.

Der er foretaget flere undersøgelser af, hvordan store kernekraftværker kan nedrives, og omkostningerne viser sig at svare til mellem 0,05 øre og 0,13 øre pr. kWh\* , som kernekraftværket har produceret i sin driftstid. Når man foretager økonomiske beregninger over kernekraftens konkurrenceevne medtages sædvanligvis disse udgifter til en nedrivning af det udtjente anlæg.

Langt svar:

Der er endnu ingen steder i verden nedrevet et stort kernekraftværk. Grunden er den enkle, at ingen store kernekraftværker er "slidt op" endnu. Derimod er nogle mindre kernekraftværker blevet revet ned. på den baggrund kan man i dag pege på tre nedrivningsmetoder.

Den ene er en total nedrivning af anlægget straks efter, at det er udtjent. Det meste af anlægget kan uden videre rives ned, men hvad angår reaktortanken, kan der blive tale om et omfattende og kompliceret arbejde. I kernekraftværkets driftsperiode bliver tanken nemlig radioaktiv, og denne radioaktivitet forsvinder kun langsomt igen. Der kræves derfor specielle arbejdsmetoder,

FORURENING, UHELD OG AFFALD

og bagefter skal en del middel- aktivt affald deponeres sikkert i omkring 100 år.

En anden metode består i at nedrive hele kernekraftværket på nær reaktor tanken, som herefter indstøbes i beton. Tankens rumfang svarer omtrent til rumfanget af et stort parcelhus. Evt. kan tanken nedsænkes i en til formålet fremstillet betonkælder umiddelbart under kernekraftværket. Herefter tillukkes betonkælderen helt, og det hele får lov at henligge i en passende årrække - måske 30 år - hvorefter den endelige nedrivning af reaktor tanken foretages.

Endelig er der den metode at lægge kernekraftværket i "mølpose" efter at have fjernet det udbrændte brændsel m.m. Denne metode kan benyttes, hvor man i nærheden af det udtjente kernekraftværk vil have et nyere kraftværk i drift i en årrække, så der kan holdes tilsyn med det udslidte anlæg i "mølposen" .

347

---

Det ser i dag ud til, at man vil nedrive de helt store kernekraftværker efter " til støbningsmetoden" .Den kan tænkes at komme i brug i løbet af 1990 'erne, hvor de første store kernekraftværker vil være udslidte. For mindre og mellemstore kernekraftværker vil man derimod sikkert foretrække en fuldstændig nedrivning straks efter driftsperiodens ophør .

Tabellen nedenfor viser de omtrentlige omkostninger ved de forskellige metoder til nedrivning af et stort kernekraftværk på 1 000 MW\* .

---

Metode	Engangsudg .	Årlige udgifter	Til lægsudgift for endelig nedrivning
	v. standsn.	til tilsyn m.v.	
MØI pose	1 5 mio. kr.	1 ,00 mio. kr. / år	130 mio. kr.
Til støbning	45 mio . kr.	0,35 mio. kr. / år	1 00 mio. kr.
Umiddelbar nedrivning	200 mio . kr.	0	

---

Priserne er angivet i 1976-kroner og kan sammen lignedes med anlægsprisen for et kernekraftværk, som er på omkring 3300 millioner kr. (også angivet i 1976-kroner) .

---

Dansk litteratur: " Energ i og Miljø" , kapitel 6. Teknisk Forlag. 1978.

348

Oktober 1 984

En officiel engelsk rapport har bekræftet, at hyppigheden af leukæmi blandt børn i omegnen af det engelske oparbejdningsanlæg Sellafield (Windscale) er større end i resten af landet.
--

Kort svar : Det er rigtigt. Men rapporten siger også, at det ikke er muligt at påvise, at oparbejdningsanlægget er skyld i dette fænomen. Andre små områder i England, der ligger langt fra nukleare installationer, udviser en lignende anomalitet. Det udelukkes ikke i rapporten, at der kan være tale om et statistisk fænomen.

Langt svar : Den 1 . november 1 983 udsendtes i en engelsk TV-kanal, Yorkshire Television, et program om "det nukleare vaskeri" Sellafield. Det blev i programmet omtalt, at dødeligheden af leukæmi\* blandt børn i landsbyen Seascale nær anlægget skulle være 10 gange højere end landsgennemsnittet. Det antydedes, at udslip fra Sellafield kunne være årsag hertil .  
Den britiske regering nedsatte en kommission til at undersøge påstanden. • Formand blev en meget



anerkendt læge, Sir Douglas Black, der tidligere var formand for Royal College of Physicians . Kommissionen fremkom med sin rapport, den såkaldte Black-rapport, i juli 1984.

Kommissionen undersøgte alle kræfttilfælde, der var forekommet i en periode på 30 år i området. Den fandt 7 tilfælde af "lymfomatiske lidelser" i Seascale, hvoraf 4 var leukæmi. Dette antal karakteriseres som "usædvanligt, men ikke uden paralleller" . Hermed hentydes til forekomsten af andre lignende tilfælde i områder langt fra nukleare anlæg .

Man har i Black-rapporten undersøgt, om det Observerede antal leukæmitilfælde kan forklares som en følge af den bestråling, som befolkningen har fået fra Sellafield. Benytter man den internationale kommission for strålebeskyttelses (ICPR 's) antagelser om strålingsrisici, finder man, at den er ca. 400 gange for lav til at kunne være årsagen. Antager man ekstremt pessimistisk - at det er den naturlige baggrundsstråling, der normalt forårsager alle leukæmitilfælde, vil forureningen fra Sellafield alligevel være ca. 40 gange for lille til at kunne være årsag til den forøgede hyppighed.

I Black-rapportens konklusioner hedder det bl.a. : Vi har ikke fundet noget tegn på nogen almen helbredets risiko for børn eller voksne, der bor nær Sellafield, og vi kan på kvalificeret grundlag berotage forklaringen, der er uro over en mulig helbredetsrisiko nær Sellafield.

Black-rapporten kommer også med 10 anbefalinger . Af disse drejer 7 sig om yderligere undersøgelser, som kan vare adskillige år. Tre af anbefalingerne drejer sig om bedre kontrol med udledninger fra Sellafield. Den britiske regering har accepteret rapporten i dens helhed inklusive anbefalingerne, som nu vil blive taget til følge.

Se også nr. 528.

Januar 1987 .

Det radioaktive nedfald fra Tjernobyl har gjort renkød så radioaktivt, at det truer Sameku I turens eks istens i No rdsverige.

Kort svar : Nej, det der truer samerne, er bureaukratiske og politiske beslutninger hos de svenske miljø- og sundhedsmyndigheder. Man har lagt de til ladelige grænser for cæsium-137 i renkød mange gange lavere end det kan begrundes ud fra sundhedsmæssige hensyn .

Renkød indeholdt i 1960'erne mere cæsium-137 end svarende til den nugældende svenske grænse uden at man den gang indførte restriktioner.

Langt svar : I Sverige tillades for tiden maksimalt 300 Bq cæsium-137 i bl. a. kødvarer, og renkød er også omfattet af denne grænse. Den er ikke fastlagt ud fra sundhedsmæssige kriterier, med alene ud fra politiske motiver. Da man fastlagde grænserne, var man næppe opmærksomme på konsekvenserne af den lave grænse, og nu bagefter har man været uvillige til at ændre grænsen.

I Norge havde man i en periode en lignende lav grænse for bl. a. renkød, men da man erkendte konsekvenserne heraf, satte man grænsen 10 gange højere op ( i november 1986) . I Finland har man hele tiden haft en højere grænse end i Sverige. Mange sagkyndige i Sverige har argumenteret for, at de svenske grænser burde sættes op, og det er troligt, at det vil ske en dag.

Det urimelige i den lave svenske grænse kan bl. a. ses ud fra nedenstående tabel, der er taget fra en artikel i den svenske avis Dagens Nyheter d. 19. oktober 1986. Den er skrevet af fire uafhængige svenske strålingseksperter. De sammenligner den teoretiske risiko ved at spise renkød med et vist indhold af cæsium med den tilsvarende risiko ved andre strålingspåvirkninger, den almindelige svensker udsættes for. Alle disse påvirkninger omregnes til en ækvivalent mængde cæsium-137.

#### SAMMENLIGNING MELLEM FORSKELLIGE STRÅLINGSPÅVIRKNINGER I SVERIGE

Naturlig baggrundsstråling.....	38 000 Bq pr. år
Middel radon-påvirkning ( inden døre).....	120 000 Bq pr. år
Indgrebsniveau for radon.....	900 000 Bq pr. år
Indhold i korn før Tjernobyl.....	75 Bq pr. kg
Indgrebsniveau for <b>renkød</b> .....	300 Bq pr. kg
Spisning af 100 kg renkød på indgrebsniveauet.	30 000 Bq

Det gennemsnitlige forbrug af er i Sverige 2 kg pr. person årligt. Den grænse, der er sat, svarer altså til

maks imalt 600 Bq cæs ium-137 om året. Dette tal er da ca. 63 gange lavere end den naturlige baggrundsstråling og 200 gange lavere end den

349

---

gennemsnitlige påvirkning fra radon i Sverige.

Ser man på de kraftigst påvirkede mennesker, nemlig samerne selv, finder man en påvirkning på 30-60 000 Bq årligt svarende til et indtag af 100-200 kg renkød - hvis alt renkødet netop var forurenede op til den tilladte grænse. Denne påvirkning kan sammenlignes med påvirkningen af de mennesker, der bor i et hus med et radon indhold, der ligger på den grænse, hvor myndighederne kræver indgreb, nemlig en årlig påvirkning svarende til 900 000 Bq cæsium.

Kritikerne af myndighedernes valg af grænse påpeger, at man ikke kan anlægge forskellige vurderinger af strålingspåvirkninger fra cæsium i renkød på den ene side og strålingspåvirkninger fra radon på den anden side. En strålingspåvirkning er en strålingspåvirkning, og hvis man ikke nærer større sundhedsmæssig betænkelighed ved at lade mennesker bo i et hus med radon ækvivalent til 900 000 Bq cæsium, da må man tilsvarende lægge grænserne for renkød, så de for de kraftigst påvirkede mennesker svarer til samme årlige ~~grænse~~ nemlig 900 000 Bq. Det betyder, at man ved at vælge samme sundhedsræssige kriterium kan sætte den maksimale grænse for renkød til mindst 10 gange højere værdier end nu.

De fire strålingseksperter skriver i artiklen i Dagens Nyheter, at den svenske miljøminister Birgitta Dahl, der har en stor indflydelse på fastlæggelsen af grænseværdien for cæsium-137 i **fødemidler**, har sagt, at grænseværdien skal sættes så lavt, at ingen mennesker er urolige. De fire beklager, at hun helt har set bort fra resultatet af fornuftige vurderinger - hvi I ket nu har ført til de tragiske konsekvenser for samerne i Sverige.

Der har været anvendt andre sammenligninger for at anskueliggøre den "mikroskopiske" eventuelle risiko ved at spise renkød, der er forurenede netop svarende til kassationsgrænsen. Man finder f. eks. at spisningen af 150 kg renkød, der burde være kasseret i henhold til den lave svenske grænse, indebærer en sundhedsrisiko svarende til risikoen ved at ryge i alt 10 cigaretter.

Svenske læger har peget på et andet paradox ved den lave grænse. Kasserer man f. eks. 1 kg renkød, der er forurenede med 300 Bq cæsium og i stedet spiser 1 kg svinekød, udsætter man sig for en større sundhedsrisiko. Renkød er meget magert, hvorimod svinekød indeholder betydelige mængder fedt. Indtaget af dette

fedt indebærer i henhold til de svenske læger en langt større sundhedsrisiko end indtaget af 300 Bq cæsium.

Renkød indeholdt allerede før Tjernobyl cæsium-137. De største koncentrationer målt i 1960'erne, da der blev foretaget mange sprængninger af atombomber i atmosfæren. Nedfaldet havnede bl. a. på rensdyrlav, og da rener store mængder af dette lav, indtog de den gang - ligesom i dag - en del cæsium. I vintrene 1964-66 målte man i gennemsnit ca. 1800 Bq cæsium-137 pr. kg renkød, dvs. et middelniveau, der lå 6 gange over den grænse, som i dag gælder for Sverige.