

Februar 1983



DEN DANSKE AFFALDSLØSNING

Regeringen besluttede i 1976 at udsætte den endelige beslutning om at indføre kernekraft i Danmark. Blandt andet ønskede man yderligere undersøgelser af sikkerheden ved deponering af høj-radioaktivt affald.

Elværkerne gennemførte på den baggrund efter samråd med myndighederne undersøgelser vedrørende deponering af højradoaktivt affald i danske salthorste. Arbejdet blev afsluttet i sommeren 1978 med aflevering af den såkaldte fase 1 rapport til myndighederne. Rapporten konkluderede, at betryggende deponering af affald vil kunne ske i en egnet salthorst, og at en sådan horst med stor sandsynlighed vil kunne udpeges blandt de danske horste i Nordjylland.

Myndighederne vurderede fase 1 arbejdet positivt og konkluderede bl.a., at undersøgelsen "giver grundlag for en ubetinget positiv vurdering af mulighederne for ved de foreslåede undersøgelser at finde en til betryggende deponering egnet salthorst".

Regeringen anmodede herefter i efteråret 1978 elværkerne om at gennemføre undersøgelseernes fase 2, og en rapport herom blev afleveret til myndighederne i sommeren 1981. Denne rapport er til vurdering hos miljøstyrelsen, der skal have sin indstilling klar i efteråret 1983.

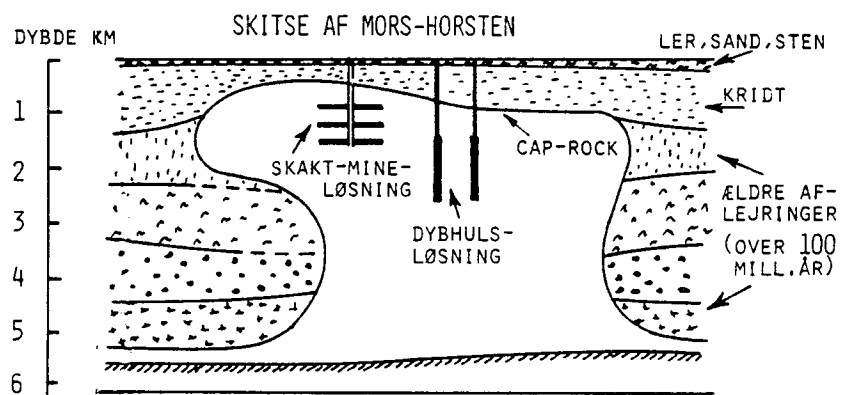
I fase 2 arbejdet er der blevet foretaget indledende undersøgelser af salthorsten ved Linde, Vejrum og på Mors. Herefter blev det besluttet at koncentrere resten af arbejdet omkring Mors-horsten. Her er der udført 2 dybe borer til ca. 3500 meters dybde. Desuden er der udført 4 borer til 550 meters dybde.

De 2 dybe borer skulle skaffe kendskab til saltets kvalitet, mens de andre 4 borer er udført for at få kendskab til de overliggende jordlags egenskaber.

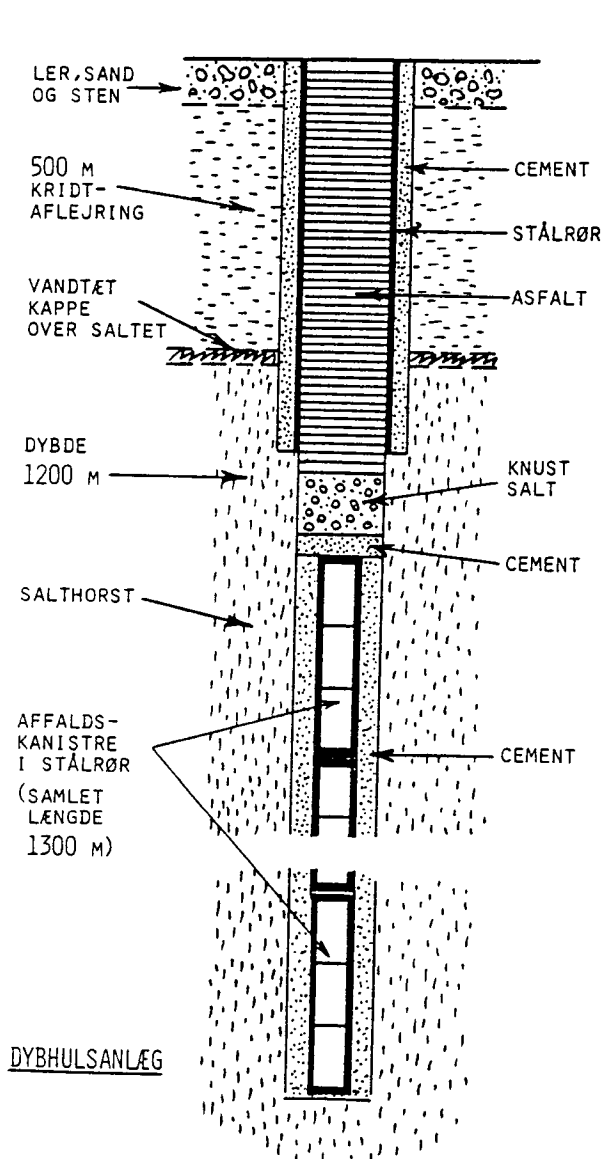
De geologiske undersøgelser af Mors-horsten viser ifølge rapporten, at der ved den ene dybdeboring findes næsten rent stensalt, som anses for meget velegnet til deponering af højradoaktivt affald. De 4 hydrogeologiske borer viser, at de overliggende jordlag er meget tætte med en ringe vandføring, hvilket også er gunstigt i forbindelse med deponering af højradoaktivt affald.

Ved undersøgelserne har man både set på deponering af højradoaktivt affald ved et såkaldt skakt-mineanlæg og ved et dybhulsanlæg. (Se figur nr. 516A). For danske forhold synes et dybhulsanlæg at give den nemmeste løsning, og hovedparten af arbejdet er derfor koncentreret herom.

Figur 516B viser indretningen af et dybhul. For at kunne klare affaldet fra et dansk kernekraftprogram på 6 store værker i drift i ca. 30 år skal et dybhulsanlæg bestå af 8 huller, der kan placeres på en cirkel med en diameter på ca. 500 meter.



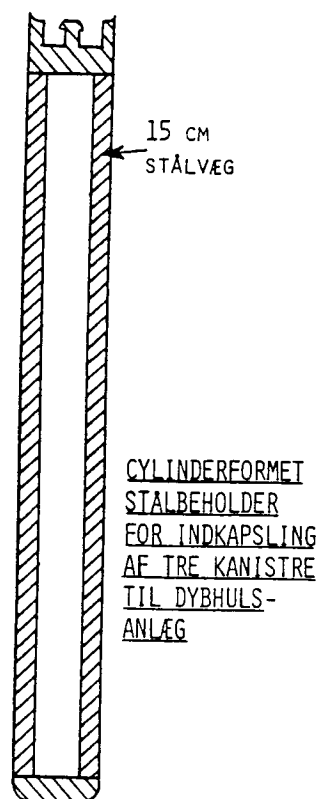
FIGUR 516A



516 B



516 C



Hullerne bores til 2500 meters dybde, og den nederste del af hullerne op til 1200 meters dybde fyldes med det højradioaktive affald. Når denne opfyldning er sket, forsegles de øverste 1200 meter med salt, asfalt og beton.

Før deponeringen skal det højradioaktive affald omdannes til en sværtopløselig glasart, som indstøbes i en tynd cylinder af rustfrit stål. (Denne omdannelse skal ske på et oparbejdningsanlæg i udlandet). En sådan cylinder med radioaktivt affald kaldes en kanister og vejer ca. 500 kg. 3 af disse kanistre anbringes oven på hinanden i en anden beholder med tykke stålvægge (se figur 516 B).

Det er disse stålbeholdere, der deponeres i saltet, og i hvert hul er der plads til 215 stålbeholdere oven på hinanden.

Begrundelsen for at vælge en salthorst til affaldsdeponering er, at saltet har mange af de gode egenskaber, man ønsker i forbindelse med en affaldsdeponering. Saltet er plastisk, så revner og sprækker i saltet lukker sig igen. Desuden kan saltet let bortlede den varme, der dannes i det radioaktive affald. Det har især betydning de første år efter deponeringen. Desuden er der sædvanligvis kun meget små mængder vand i saltet - en egenskab, der også konstateredes i Mors-horsten.

Disse egenskaber gør, at saltforekomster også kan benyttes til deponering af andet end højradioaktivt affald. I Vesttyskland har man således i mange år deponeret middel- og lavaktivt affald i en salthorst (Asse), og i en anden tysk salthorst (Herfa-Neurode) deponerer man farligt industriaffald - bl.a. har man her deponeret det meget omtalte danske affald fra Harbør (25.000 tønner affald).

De mange målinger, beregninger og vurderinger af Mors-horstens egnethed til affaldsdeponering er samlet i 110 rapporter, som er udarbejdet af forskellige grupper af sagkyndige her i landet og i udlandet. På grundlag heraf er der udarbejdet en slutrapport med 4 bilag. Heri findes bl.a. nogle sikkerhedsundersøgelser, som analyser om noget kan "gå galt" engang i en nærmere eller fjernere fremtid.

Først ser man på de naturlige processer, der må forventes at ske i saltet. Det kan være bevægelser i saltet, tiltrækning af de små mængder fugt, der findes i saltet eller halvdårlige forseglinger af borehullerne. Ingen af disse forhold kan skade indkapslingen om affaldet.

Dernæst har man undersøgt virkningen af nogle lidet sandsynlige hændelser, nemlig dannelsen af en brudzone i den vandtætte kappe (cap rock) over horsten og dannelsen af brudzoner i bundlaget under horsten - i ca. 5 km's dybde. Desuden har man set på virkningen af en ny istid. Ingen af disse hændelser kan ødelægge stålbeholderne.

Den eneste risiko for, at der nogen siden kan frigøres radioaktivitet, er muligheden for menneskers indgreb. Man kunne tænke

sig, at man engang i fremtiden havde glemt alt om affaldet og besluttede sig for at udskylle et hulrum i horsten for opbevaring af luft under højt tryk. Her siger fornuften, at man ville placere et sådant "luft-lager" højt oppe i horsten. (Her er det lettere at lave og mere stabilt end dybere nede i horsten).

Men i sikkerhedsundersøgelserne ser man alligevel på den mulighed, at mennesker i fremtiden udskyller et hulrum langt nede i horsten - og at de netop rammer affaldsområdet, så affaldet falder ned i bunden af hulrummet. Dernæst antages det, at man lader hulrummet styrte sammen, så vandet fra udvaskningen presses op gennem borehullet, der altså skal være dårligt forseglet - eller at der af anden årsag dannes en åbning i den vandtætte kappe over horsten.

Det udpressede vand kan indeholde radioaktivitet fra affaldet, idet salt sammen med større mængder vand kan nedbryde stålbeholderne om affaldet - og senere angribe selve affaldsglasset. Vandet vil være meget saltholdigt og uanvendeligt som drikkevand for mennesker og dyr.

Antager man, at der alligevel anbringes en drikkevandsboring tæt ved det sted, hvor det radioaktivt forurenede saltvand presses op, vil de mennesker, der udnytter denne boring, kunne blive udsat for strålingsdoser på 5 - 10 rem om året.

De beregnede 5 - 10 rem om året overskrider de dosisgrænser, der gælder i dag. Men den risiko, der er knyttet til årlige strålingsdoser af denne størrelse, er dog 2 - 3 gange mindre end den øgede risiko, der i dag er knyttet til at bo i København i stedet for på landet.

De beregninger, der fører frem til strålingsdoserne på 5 - 10 rem om året, er baseret på en serie utrolige hændelser, der alle skal være opfyldt, for at man kan beregne de nævnte strålingsdoser. Desuden indeholder beregningerne i sig selv nogle pessimistiske antagelser. Og alligevel finder man, at den beregnede risiko vil være mindre end den risiko, som en meget stor del af den danske befolkning udsættes for i dag (befolkningen i København og Frederiksberg kommune).

Derfor kan elværkerne konkludere, at de med deres undersøgelser har vist, at højradioaktivt affald kan deponeres i Danmark på en fuldt ud betryggende måde.

Se også nr.938 og nr. 932 samt nr. 521.

Litteratur:

"Deponering af højaktivt affald fra danske kernekraftværker".
ELKRAFT og ELSAM. Juni 1981.



Ved en væsentlig udbygning af den danske el-forsyning kan vi vælge mellem at bygge kernekraftværker eller at bygge kulfyrede kraftværker. Ved en begrænset udbygning kan vi også inddrage vindkraften som en mulighed - eller rettere vindmøller + de "støtte-kraftværker", der skal gå i drift, når vinden løjer af.

Det er vigtigt at vurdere vindmøllerne i sammenhæng med disse støtte-kraftværker, for man kan ikke have vindmøller i el-forsyningen, uden at de erstattes af andre kraftværker i vindstille perioder. Og disse kraftværker skal så til gengæld "køre på svagt blus", når vinden blæser.

Endnu er der ikke foretaget nøjere undersøgelser af "arbejdsfordelingen" mellem vindmøllerne og støtte-kraftværkerne. Men på årsbasis må man regne med, at støtte-kraftværkerne i virkeligheden skal levere noget mere elektricitet end vindmøllerne. Måske kun lidt mere - måske godt og vel dobbelt så meget som vindmøllerne. (Se også nr. 209).

Man kan da se på en udbygning af den danske el-forsyning med enten

- 1) et kernekraftværk på 1300 MW* eller
- 2) to kulkraftværker på 650 MW hver eller
- 3) 1650 store vindmøller af "Nibe-mølle*"-størrelse sammen med to kulfyrede støtte-kraftværker på 600 MW hver.

Disse tre muligheder vil da hver på årsbasis kunne levere 7,4 TWh elektricitet (se nr. 701 om TWh). Og strømmen vil kunne leveres på de tidspunkter, hvor der er behov for den.

Ved en økonomisk sammenligning mellem disse tre muligheder må man gøre nogle antagelser om bl.a. kulprisens og uranprisens udvikling, om prisen for at bygge 1650 store vindmøller, samt om fordelingen af elektricitet fra vindmøllerne og fra støttekraftværkerne.

Figuren på næste side viser for hver af de tre muligheder prisen pr. kWh* elektricitet. For kernekraftens og kulkraftens vedkommende er der benyttet de samme antagelser, som er benyttet i de økonomiske vismænds rapport fra juni 1980 om kraftværksøkonomi (se nr. 506). Dog er priserne omregnet til 1980-kroner (mod vismændenes 1979-kroner), og der er som udgangspunkt benyttet kulprisen pr. december 1980. Desuden er der regnet med, at både uranprisen og kulprisen vil stige med 2% om året udover inflationen.

For vindmøllerne er der antaget en byggepris, der er 30% mindre end byggeprisen for hver af de to store møller, som energiministeriet og el-værkerne i fællesskab har bygget ved Nibe Bredning (Nibe-møllerne).

Endelig er der antaget, at vindmøllerne på årsbasis i gennemsnit leverer 34% af de 7,4 TWh, mens støtte-kraftværkerne leverer 66% heraf.

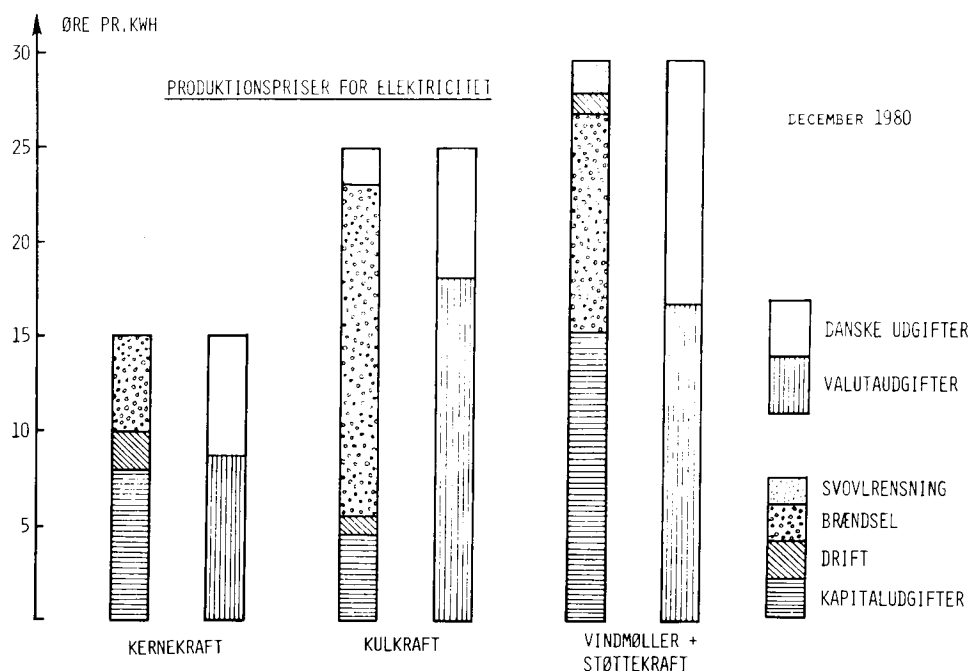
Den samlede produktionspris for elektriciteten fra kernekraftværket (mulighed 1) bliver da 15,0 øre pr. kWh. For kulkraften (mulighed 2) bliver den tilsvarende pris 24,8 øre pr. kWh, hvoraf de 2 øre er prisen for svovlrensning af røgen fra kraftværkerne.

For vindmøllerne + støtte-kraftværkerne (mulighed 3) bliver produktionsprisen 29,3 øre pr. kWh i gennemsnit. Når denne pris bliver så høj, skyldes det dels, at det er dyrt af bygge vindmøller, og dels, at brændslet til støtte-kraftværkerne er dyrt.

Figuren viser også en opdeling i "danske udgifter" og valutaudgifter. Her er valutaudgifterne de penge, der bruges til betaling af brændsel og til indkøb af byggematerialer og udstyr i udlandet. "Danske udgifter" er tilsvarende penge, der går til betaling af dansk arbejdskraft og danske byggematerialer og udstyr.

Her viser figuren, at alene valutaudgifterne til bygningen og driften af vindmøllerne + støtte-kraftværkerne overstiger de samlede udgifter ved fremstilling af elektricitet på kernekraftværker.

Den årlige besparelse ved at udnytte kernekraftværket i stedet for vindmøllerne + støtte-kraftværkerne er på over 1000 millioner kroner, og alene valutabesparelsen er på ca. 600 millioner kroner.



Som allerede nævnt er der en del usikkerhed på beregningerne. Kulprisen kan ændre sig anderledes end antaget, og hvis kulprisen følger med olieprisens stigning, vil kernekraftens fordel blive endnu større. Vindmøllerne kan muligvis bygges lidt billigere, hvis der skal bygges 1650 stk. Men til gengæld kan det så vise sig vanskeligt at få alle møllerne placeret, hvor vindforholdene er optimale.

Så selv om der er usikkerhed på tallene, kan man regne med, at kernekraftens fordel vil blive omtrent af den her anførte størrelse.

Dansk litteratur:

"Økonomi og valutaforhold ved A-kraft, kul-kraft og vind-kraft".

Uffe Korsbech. Danm.tekn.Højskole. Oktober 1980.

Februar 1983



GENERAL ELECTRIC RAPPORTERNE

Siden fremkomsten af Rasmussen-rapporten* (nr. 501) i 1975 har der mellem sagkyndige været en diskussion af den måde, hvorpå denne rapport har beregnet de mulige udslip af radioaktivitet til omgivelserne ved meget alvorlige havarier. Man har diskuteret, om ikke Rasmussen-rapporten har overvurderet udslippet af radioaktivitet til omgivelserne. Adskillige undersøgelser, herunder også nogle undersøgelser foretaget af firmaet General Electric, tyder på, at udslippet har været overvurderet. Sagt med andre ord er kernekraften altså sikrere end hidtil antaget.

Ved kogendevandsreaktoren* (BWR) af samme type som f.eks. Barsebäck antages i Rasmussen-rapporten hovedparten af de alvorligste havarier (BWR-2 typen) at starte med, at kølingen af vandet i reaktortanken og kondensationsbassinet (se nr. 943) svigter totalt, så vandet i reaktortanken koger bort og reaktorkernen efterhånden smelter under frigivelse af radioaktivitet.

Denne radioaktivitet føres sammen med damp gennem nogle rør til kondensationsbassinet, hvor der på dette tidspunkt befinder sig kogende vand.

Det usikre punkt i den videre bedømmelse af havariforløbet har siden 1975 været spørgsmålet om, hvor stor en del af radioaktiviteten, der bliver udvasket i det kogende vand, mens radioaktiviteten og dampen bobler op gennem bassinet.

Da Rasmussen-rapporten blev udarbejdet, var dette spørgsmål helt uafklaret, og teoretiske beregninger viste sig at være meget afhængige af de antagelser, man måtte gøre om fysiske størrelser, man endnu ikke havde kunnet måle. Derfor gjorde man den konservative (forsigtige) antagelse, at der slet ikke blev afsat nogen radioaktivitet i det kogende vand.

I årene efter 1975 blev der gjort nogle beskedne forsøg på at finde frem til mere realistiske vurderinger af dette spørgsmål, og siden uheldet på Tremileøen i 1979 er indsatsen blevet forstærket. En del af inspirationen har man fået fra dette uheld, selv om TMI-reaktoren ikke er af kogendevandstypen (BWR) men af trykvandstypen* (PWR). Ved uheldet på Tremileøen viste det sig nemlig, at hovedparten af radioaktiviteten blev opfanget i det vand, som radioaktiviteten sammen med damp skulle passere gennem (se nr. 504).

I USA har myndighederne de senere år især interesseret sig for sikkerhedsspørgsmålene ved trykvandsreaktorer - som der er flest af i USA - og har ikke ofret så store ressourcer på sikkerhedsundersøgelser ved kogendevandsreaktorer. I 1979 besluttede firmaet General Electric, der bygger BWR-kraftværker, at starte en større teoretisk og eksperimentel undersøgelse af spørgsmålet. Den første rapport (fra 1981) var en

sammenfatning af de teoretiske undersøgelser hidtil og pegede på, at mellem 90 og 99% af radioaktiviteten ved sådanne uheldsforløb ville blive opfanget i kondensationsbassinets vand - dvs. at Rasmussen-rapporten her havde overvurderet de mulige udslip med en faktor 10 - 100 gange.

På baggrund heraf igangsatte man et eksperimentelt arbejde, hvor man efterlignede de fysiske og kemiske forhold, der vil være til stede i kondensationsbassinet under et af disse meget alvorlige havarier. Den første rapport med måleresultater fra eksperimenterne fremkom i efteråret 1982. De viste, at udvaskningen af radioaktivitet kunne være endnu kraftigere end de teoretiske beregninger havde antydnet - nemlig helt op til 99,9%.

Her skal det dog understreges, at de radioaktive ædelgasser som krypton og xenon ikke udvaskes, idet de som andre ædelgasser ikke går i kemisk eller fysisk forbindelse med andre stoffer. Men netop fordi de ikke går i forbindelse med andre stoffer, har de heller ikke større sundhedsmæssig betydning; hvis man indånder dem, udånder man dem straks efter.

General Electric fortsætter med yderligere eksperimenter for at få spørgsmålet afklaret under alle forhold. Men allerede nu kan man fastslå, at de uheldsberegninger, der er baseret på Rasmussen-rapportens BWR-2 udslip af radioaktivitet, er i strid med den fysiske virkelighed og derfor uden værdi i forbindelse med en realistisk bedømmelse af konsekvenserne af BWR-2 havarier.

Det gælder således også for de beregninger, som Risø, Reaktortilsynet og Miljøstyrelsen indtil nu har ladet foretage af konsekvenserne af et værst tænkeligt uheld på Barsebäck, som alle har været baseret på Rasmussen-rapportens udslipsprocenter. Disse beregninger har altså overvurderet udslippet.

Den ovenfor nævnte tilbageholdelse af radioaktivitet gælder for alle radioaktive stoffer på nær de radioaktive ædelgasser. EPRI-rapporten, der omtales i nr. 507, har især koncentreret sig om radioaktivt jod og har især baseret sig på erfaringerne fra de uheld, man i tidens løb har haft med forsøgsreaktorer.

Det forventes, at de amerikanske sikkerhedsmyndigheder (NRC) i løbet af 1983 vil fremkomme med nye og lavere tal for de mulige udslip af radioaktivitet ved meget alvorlige havarier på kernekraftværker.

Litteratur: "Retention of Fission Products by BWR-Suppression Pools During Severe Accidents". General Electric Company. 1982.



Februar 1983

Hvad koster varmen ?

Prisen på varme kan ikke angives klart - end ikke, når man taler om varme fra en bestemt energikilde f.eks. et oliefyr, en varmepumpe eller en solfanger. Prisen afhænger foruden af selve energikilden også af forbrugets størrelse, den tidsmæssige fordeling af forbruget og af evt. afgifter eller offentligt tilskud.

For overhovedet at kunne foretage en sammenligning mellem opvarmningsomkostningerne ved forskellige energikilder ser man ofte på varmemeforbruget hos en standard-forbruger. Der kan da være tale om opvarmning af et nyere parcelhus eller en lejlighed. For at kunne foretage en samfundsøkonomisk vurdering ser man bort fra afgifter og tilskud.

I tabellen nedenfor er der foretaget en sådan samfundsøkonomisk analyse, hvor der er set på en varmemeforbruger med et årligt forbrug på 100 GJ (giga-joule). Det svarer til den varmemængde, der fremkommer ved forbrændingen af 3800 liter olie i et nyere oliefyr. Der er kun set på et nyt anlæg.

Varmeomkostningerne består da dels af brændselsomkostninger, dels af driftsomkostninger og dels af forrentning og afskrivning af de penge, der er investeret i varmeanlægget.

Tabel 1. Årlige omkostninger ved nye varmeanlæg

	Brændsel	Drift	Investering	Ialt
Olie	9200 kr	750 kr	3680 kr	13.630 kr
Naturgas	4824 kr	1125 kr	4579 kr	10.528 kr
		(625 + 500)	(1651 + 2928)	
Kraftvarme	1386 kr	1344 kr	6005 kr	8.735 kr
		(1094 + 250)	(3539 + 2466)	

Tallene i parenteserne viser en opdeling af omkostningerne uden for varmemeforbrugerens hus og i selve huset.

Tabellens tal er angivet i 1982-priser. Tallene er baseret på en forrentning af investeringen i anlæggene på 7% p.a., og der er regnet med, at brændselspriserne og driftsomkostningerne i de kommende år vil stige med inflationen. Forrentningen på 7% p.a. svarer til den samfundsrente (real-rente), der er benyttet andre steder i dette energikatalog (se f.eks. nr. 506). Overført til den virkelige verdens penge - dvs. til penge, der mister deres værdi i takt med inflationen, vil en real-rente på 7% p.a. svare til en markedsrente på 18% ved en årlig inflation på ca. 10%.

Tabellens tal viser, at alt efter opvarmningsform udgør udgifter til brændsel, drift samt forrentning og afskrivning meget varierende andele af de samlede varmeomkostninger. Det samme gør sig gældende ved andre mulige varmekilder, og de samlede varmeomkostninger kan også variere meget.

Tabellen nedenfor viser i afrundede tal resultaterne af sådanne beregninger.

TABEL 2, HVAD KOSTER VARMEN?

(NYE ANLÆG 1982, 100 GJ/ÅR)

	KR/ÅR
KRAFT-VARME, URAN	7700
KRAFT-VARME, KUL	8700
ELVARME, URAN	9000
DECENTRAL KRAFT-VARME, KUL	10300
NATURGAS	10500
VARMEPUMPE, KUL-EL	11700
ELVARME, KUL	11700
FJERNVARME, OLIE	12800
FJERNVARME, KUL	13200
OLIEFYR	13600
FJERNVARME, GAS	14600
DECENTRAL KRAFT-VARME, GAS	16700
VIND: ELVARME	26000
SOL*	47000

*Ved solvarmen er der set på 4 solvarmeanlæg, der hver kan dække 25% af varmebehovet på 100 GJ/år.

Priser og beregninger er baseret på notatet "Hvad vil varmen koste? En samfundsøkonomisk vurdering af forskellige opvarmningsformer" af Bent Elbek, Niels Bohr Institutet, december 1980. Priserne er dog omregnet til 1982-prisniveau.

Marts 1983



ENERGIPLAN 81

I efteråret 1981 udsendte energiministeriet "Energiplan 81" (EP-81), som indeholdt nogle prognoser for, hvorledes udviklingen på energiområdet kunne tænkes at forløbe de kommende år. Desuden indeholdt EP-81 en gennemgang af den hidtidige udvikling.

Danmarks energi- og elforbrug samt forsyningsudviklingen er omtalt i nr. 702, 911 og 903, hvortil der henvises.

Som det fremgår af det følgende, taler energiplanens økonomiske beregninger stærkt for kernekraft, mens de vedvarende energikilder ikke kan leve op til almindelige krav om rentabilitet.

EP-81 beskæftiger sig især med udviklingen frem til år 2000. I denne periode forventes der at ske følgende væsentlige ting på det danske energiområde.

a. Naturgas i Danmark. Efter planen skal naturgas tages i brug fra efteråret 1982 i Sønderjylland, hvortil der skal leveres naturgas fra Vesttyskland. (Denne del af naturgas-planen er blevet gennemført pr. 1. oktober 1982). Fra 1984 skal gasleverancerne komme fra gasfelterne i den danske del af Nordsøen, og en større del af landet skal forsynes med naturgas til opvarmningsformål. Det drejer sig om resten af Jylland, dele af Fyn og Sjælland, herunder forstadskommunerne omkring København.

b. Fjernvarme. Udnyttelsen af kraftvarme til fjernvarme skal udvides, idet der især skal tilstræbes en større tilslutning til de eksisterende kraftvarmeværker. Desuden skal der bygges nogle få nye kraftvarmeværker.

c. Nordsø-olie. Olieudvindingen i den danske del af Nordsøen forventes udbygget, og der regnes med, at olieproduktionen fra 1986 vil være ca. 4,3 mill.tons om året. Yderligere olieeftersøgning antages at resultere i flere fund, så produktionen senere kan blive højere.

d. El-forbruget. El-forbruget ventes at stige fra ca. 22 TWh (se 701A. 1 TWh=1.000.000.000 kWh) i 1980 til mellem 31 TWh og 33 TWh år 2000. (El-produktionen på kraftværkerne vil være lidt højere, idet der må regnes med et tab på ca. 8% ved fordelingen af elektriciteten til forbrugerne). El-forbruget på 33 TWh år 2000 er beregnet ud fra en antagelse om en fremtidig moderat økonomisk vækst og anvendelsen af de samme energipolitiske styringsmidler, som har været anvendt hidtil. Den lave vækst - til 31 TWh år 2000 - er baseret på en lav økonomisk vækst.

e. Kernekraft. EP-81 behandler de økonomiske og forsyningsmæssige forhold i forbindelse med en indførelse af kernekraft i Danmark. En forudsætning for indførelsen er, at spørgsmålet om deponering af højaktivt affald og om reaktorsikkerheden er afklaret tilfredsstillende. (Det angives dog ikke i EP-81, hvad der menes hermed).

EP-81 indeholder en detaljeret gennemgang af økonomien ved kernekraftværker vurderet i forhold til økonomien ved kulfyrede kraftværker. Uanset hvilken beregningsmetode, der anvendes, finder man en stor økonomisk fordel ved at indføre kernekraft i Danmark.

I nedenstående tabel er vist de af energiministeriet beregnede produktionsomkostninger for elektricitet fra kernekraftværker og fra kulfyrede værker. Omkostningerne er angivet i 1981-priser.

	Kernekraft øre pr. kWh	Kulkraft øre pr. kWh
Forrentning og nedskrivning af kraftværk	12,7	6,2
Driftsomkostninger	2,6	1,2
Brændselsomkostninger	7,2	26,1
Afsvovling af røg		5,0
I alt	22,5	38,5

Den økonomiske fordel ved kernekraft er således beregnet til 16 øre pr. kWh, og for et stort kernekraftværk på 1000 MW^e bliver den samlede økonomiske fordel da ca. 900 mill.kr. om året - og der er stort set tale om en valuta-besparelse af samme størrelse.

Hvis man ikke regner med afsvovling af røgen fra kulfyrede værker, bliver den økonomiske fordel ved et kernekraftværk "kun" ca. 600 mill.kr. om året.

Ved beregningerne er energiministeriet gået ud fra nogle antagelser, der virker "dæmpende" på kernekraftens økonomiske fordel. Af stor betydning er den rente, der benyttes ved forrentningen af den investerede kapital. Ved tidligere samfundsøkonomiske analyser af store investeringer - i bl.a. kraftværker, broer, veje, lufthavne, vedvarende energi-anlæg m.m. - har man benyttet en beregningsrente (realrente) på 4-5% p.a. (Og de nye index-obligationer fra de danske kreditforeninger benytter en realrente på kun 2,5% om året).

I EP-81 benytter man derimod en realrente på 9% p.a. ved vurderingen af kernekraft i forhold til kulkraft.

Da kernekraftværker er dyrere at bygge end kulkraftværker, betyder beregningsrentens størrelse mest for kernekraften. Den økonomiske fordel ved et kernekraftværk vil være yderligere 200 mill.kr. om året, hvis man i EP-81 som tidligere

re havde benyttet en beregningsrente på 5% p.a. i stedet for 9% p.a. Dermed ville den samlede økonomiske fordel for blot et enkelt kernekraftværk blive på over 1 milliard kr. om året.

I beregningerne har energiministeriet endvidere antaget, at belastningsfaktoren for et dansk kernekraftværk vil være 65% - dvs. at et kernekraftværk forventes at levere elektricitet svarende til, at det havde været i fuld drift 65% af årets timer. Hvis Danmark skulle vælge at købe delene til et kernekraftværk på må og få - og hvis de danske kraftværksteknikere ikke ville tage ved lære af de erfaringer, man har gjort i udlandet - ville det være rimeligt at vælge en belastningsfaktor ikke over 65%. (Se nr. 401).

Men da Danmark netop har mulighed for at vælge en af de typer kernekraftværker, der har vist de bedste driftsresultater, burde man regne med en højere belastningsfaktor. Med en belastningsfaktor på 70% i stedet for 65% vil den økonomiske fordel ved et kernekraftværk stige med godt 80 mill.kr. om året.

Det bør i øvrigt bemærkes, at den samlede pris for fremstilling af elektricitet på et kernekraftværk - 22,5 øre pr.kWh - er mindre end prisen for brændsel - 26,1 øre pr. kWh - til et kulfyret kraftværk. Det betyder, at det samfundsøkonomisk kan betale sig så hurtigt som muligt at bygge kernekraftværker og lade dem erstatte de eksisterende kulfyrede værker - selv de nyeste og mest brændselsøkonomiske!

(Tallene for omkostningerne ved fremstilling af elektricitet ved kernekraft og ved kulkraft kan sammenlignes med tallene i nr. 517 og 921, hvor også vindmøller er inddraget i sammenligningen. Energiministeriets tal er noget højere af flere årsager. Først og fremmest er der benyttet en højere beregningsrente og en højere brændselspris samt højere omkostninger ved afsvovling af røgen. Desuden er energiministeriets tal angivet i 1981-priser, hvorfor inflationen har hævet dem.

Men ser man på forholdet mellem fremstillingsomkostningerne, er kulkraften i begge tilfælde ca. 65% dyrere end kernekraften).

f. Vedvarende energikilder. EP-81 ser også på mulighederne for en udnyttelse af vedvarende energikilder i Danmark, og for en "neutral" udvikling regnes der med, at vedvarende energikilder kan spare følgende dele af landets brændselsforbrug.

	Besparelser i % af brændselsforbruget			
	1985	1990	1995	2000
Sol, vind, jord, halm m.m.	0,8	1,3	1,8	1,8
Affald	1,2	1,3	1,5	1,5
Total	2,0	2,6	3,3	3,3

Den vedvarende energikilde "affald" omfatter især fjernvarme leveret fra affaldsforbrændingsanlæg.

I energiplanen er der endvidere foretaget en analyse af de vedvarende energikilders økonomi. Man har både set på privatøkonomien, samfundsøkonomien og på de valutamæssige forhold. Beregningerne omfatter såvel dagens energianlæg som anlæg, der tænkes idrifttaget i 1990. Man regner med, at de vedvarende energikilder med tiden kan opvise en større ydeevne, og desuden regner man med, at olie og kul vil stige i pris. Man har her antaget de samme prisstigninger for brændsel, som er benyttet ved den økonomiske sammenligning mellem kernekraft og kulkraft. (Se foregående afsnit c).

I den privatøkonomiske beregning er medtaget tilskuddene til vedvarende energikilder, og der er taget hensyn til skattelettelsen ved renteudgifter. For vindmøller er der regnet med fordelagtige afregningsregler for elektricitet, der udveksles med det lokale el-net. De privatøkonomiske beregninger siger derfor ikke meget om den reelle økonomi ved anlæggene - men mere om politikernes vilje til at yde tilskud og fastlægge bestemte regler.

De samfundsøkonomiske beregninger fortæller derimod, hvad det koster af ressourcer (arbejdskraft og kapital) at bygge og drive vedvarende energianlæg, og hvad man får ud af dem (brændselsbesparelser).

Nedenstående tabel omfatter en del af de beregnede forrentninger (interne renter), der er angivet i EP-81.

	Privatøkonomisk forrentning (%)		Samfundsmæssig forrentning (%)		Valutamæssig forrentning (%)	
	1981	1990	1981	1990	1981	1990
Solvarme. Anlæg for opvarmning af brugsvand	-	15	-	2	18	46
Jord-vand-varmepumpe til erstatning af oliefyr i eksisterende byggeri	1	16	1,5	6	21	35
Vindmølle 15 kW	8	45	0,5	11	28	61
Vindmølle 55 kW	7,5	42	3,1	16	36	80

Man bemærker, at solvarmeanlægget, der regnes for den mest økonomiske form for udnyttelse af solenergi, har en negativ forrentning nu, men når op på en samfundsmæssig forrentning på 2% i 1990. Denne forrentning kan direkte sammenlignes med den forrentning på 9% p.a., som energiministeriet har benyttet ved sammenligningen mellem kulkraft og kernekraft.

Varmpumpen forventes fra 1990 at nå op på en samfundsmæssig forrentning på 6% p.a. Hvis varmepumpen tænkes installeret i stedet for et oliefyr i et nybyggeri, bliver forrentningen 11% i stedet for 6%.

For vindmøllerne er der beregnet en samfundsmæssig forrentning på 11-16% p.a. for de møller, der går i drift i 1990. Man antager, at vindmøllerne i hele deres levetid vil kunne erstatte elektricitet produceret på kulfyrede kraftværker.

Endelig har EP-81 for de tre energimuligheder en valutamæssig vurdering, der er beregnet som forrentningen af importudgifterne for anlægsinvesteringen målt i forhold til importbesparelserne (brændsel) i driftsperioden. Ved denne beregning er der således ikke taget hensyn til de "danske udgifter" ved anlæggenes opbygning og drift. Indsatsen af dansk arbejdskraft og kapital regnes altså for "gratis".

Kommentarer til EP-81's beregninger af de vedvarende energikilders økonomi.

Solvarmeanlæg vil have en meget lav samfundsmæssig forrentning (2% p.a.) i år 1990, selv om der er regnet med en bedre ydeevne end den, der kendes fra solfangere i dag - og selv om der er regnet med stigende oliepriser (se nr. 703). Når man alligevel kan beregne en valutamæssig forrentning på 18-46% p.a. skyldes det, at langt de fleste udgifter ved etableringen af solvarmeanlæg er "danske udgifter", der ikke medtages i beregningerne.

Varmepumper har en lidt bedre samfundsmæssig forrentning - især varmpumper til nye huse; og den valutamæssige forrentning er også høj, nemlig 21-35% p.a. for eksisterende huse og 40-48% ved nybyggeri.

Vindmøllernes økonomi er beregnet ud fra den antagelse, at vindmøller sparer elektricitet produceret på kulfyrede værker. Hvis man inddrager kernekraft i beregningerne, får man en negativ forrentning af investeringen i vindmøller - både ved den samfundsøkonomiske og den valutamæssige beregning.

Som det er anført i nr. 517, må man nødvendigvis se på vindmøllerne sammen med de støtte-kraftværker (kulfyrede), der skal træde til, når vinden er for svag.

Beregningen i nr. 517, der er en samfundsøkonomisk beregning, viser, at vindmøller + støttekraftværker har produktionsomkostninger, der er dobbelt så høje som kernekraftværker. Også ved den valutamæssige beregning i nr. 517 finder man vindmøller + støttekraftværker dobbelt så dyre som kernekraftværker.

Det er ret usædvanligt, at man i officielle udredninger finder beregninger som de ovenfor omtalte valutamæssige beregninger. De indeholder da også store usikkerheder, og resultaterne er meget afhængige af de beregningsmæssige udgangspunkter. Ved de valutamæssige beregninger over solvarmeanlæggenes forrentning er det således antaget, at solvarmeanlæggene sparer olie, der er købt i udlandet - altså er en ren valutaudgift. Antager man i stedet, at solvarmeanlæggene erstatter olie, der stammer fra den danske del af Nordsøen, falder regnestykket helt sammen.

Hvis man imidlertid ønsker at foretage beregninger af den pågældende art - altså søge at finde en valutamæssig forrentning - kunne man også foretage en beregning af den valutamæssige forrentning af investeringen i et kernekraftværk i stedet for i et kulfyret kraftværk. Benytter man tallene fra EP-81 finder man, at den valutamæssige mer-investering i et kernekraftværk i forhold til et kulkraftværk vil være ca. 2 milliarder kr. De årlige valutabesparelser (især på brændselsudgifterne) ved et kernekraftværk vil være ca. 1,1 milliarder kr., hvorved den valutamæssige forrentning bliver ca. 55% p.a. (Denne udregning findes ikke i EP-81).

Energiplan '81 med bilag forhandles gennem boghandlerne.

været alt for urealistiske i deres antagelser om, hvor galt det evt. kunne gå med affaldet. Efter hans opfattelse burde man ikke foretage beregninger over sådanne hændelser, der ikke kan ske. (Se også nr. 938).

Dansk litteratur om emnet:

- "Status for elværkernes salthorstundersøgelser." Rapport udarbejdet af ELKRAFT og ELSAM, september 1980.
- "Deponering af højaktivt affald fra danske kernekraftværker." Rapport udarbejdet af ELKRAFT og ELSAM, juni 1981.
- "Radioaktivt affald" af Skytte Jensen, Risø. Affaldspjece, udgivet af ELKRAFT og ELSAM, juni 1981 og maj 1982.
- "Hvad er der 1,2 km under jorden....." REOs affaldspjece.

Februar 1983

FILTRA-PROJEKTET PÅ BARSEBÄCK

På Barsebäck-værket er man i øjeblikket ved at etablere et filter, der i tilfælde af et alvorligt havari skal sikre, at der kun slipper meget små mængder radioaktivitet ud til omgivelserne.

Efter uheldet på Tremileøen i USA i marts 1979 blev der i mange lande igangsat undersøgelser af, om lignende havarier kunne ske på andre kernekraftværker - og hvad man i givet fald kunne gøre for at reducere sandsynlighederne for sådanne uheld og evt. formindske de tænkelige konsekvenser.

Også i Sverige blev der nedsat en sådan undersøgelseskommission til at se på forholdene ved de svenske kernekraftværker. Kommissionen fremkom efter nogle måneders forløb med en omfattende rapport. Heri konstaterede man - hvad alle reaktorteknikere vidste på forhånd - at der kun på tre af de fire reaktorer ved Ringhals kunne ske et "TMI-uheld". De øvrige svenske reaktorer er af en anden type (BWR), hvor et TMI-uheld er udelukket på grund af konstruktionen. Kommissionen fastslog endvidere, at for de tre Ringhals-reaktorer af PWR-typen måtte man regne med en meget lav sandsynlighed for et TMI-lignende uheld.

Reaktorsikkerhedskommissionen fastslog også, at man ikke kan udelukke andre typer havarier på svenske kernekraftværker - herunder også havarier, der er alvorligere end uheldet på Tremileøen. Kommissionen fremsatte derfor en række forslag til, hvorledes man evt. kunne forbedre sikkerheden på svenske kernekraftværker. De fleste af disse er siden blevet godkendt af de svenske politikere.

Reaktorsikkerhedskommissionens mest vidtgående forslag gik ud på, at de svenske reaktorer kunne forsynes med et "filter-kammer", der skal opsuge hovedparten af den radioaktivitet, der ellers ville slippe ud i omgivelserne i tilfælde af et meget alvorligt havari med beskadigelse af den lufttætte bygning om reaktoren (reaktorindeslutningen = containment).

Filteret skal kun træde i funktion, når et meget alvorligt havari er indtruffet. Virkemåden af filtret fremgår af figuren på næste side.

Man antager her, at alle systemer for køling af reaktoren og indeslutningen, har svigtet på én gang, så temperaturen og hermed også trykket i den lufttætte reaktorindeslutning langsomt stiger. Efter 12-36 timers forløb vil trykket være så højt, at indeslutningens vægge, der er lavet af jern-beton, begynder at slå revner.

Den radioaktivitet, der allerede er frigjort fra reaktor-brændslet, eller som senere frigives, kan da sammen med luft og damp

sive ud gennem revnerne i betonen. Det såkaldt "værst tænkelige uheld" på Barsebäck tænkes netop at forløbe på denne måde, og desuden antager man, at vejrforholdene er meget uheldige. Dermed fordeles den radioaktivitet, der frigives til omgivelserne, på den uheldigste måde.

Reaktorindeslutningen kan tåle et tryk på 6,5 atm., uden at der opstår sprækker, og allerede ved ca. 5 atm. tryk træder filteret i funktion. En sprængplade af stål, som befinder sig i rørledningen mellem reaktorindeslutningen og filterkammeret går da i stykker, og herefter bliver der forbindelse mellem reaktorindeslutningen og filterkammeret.

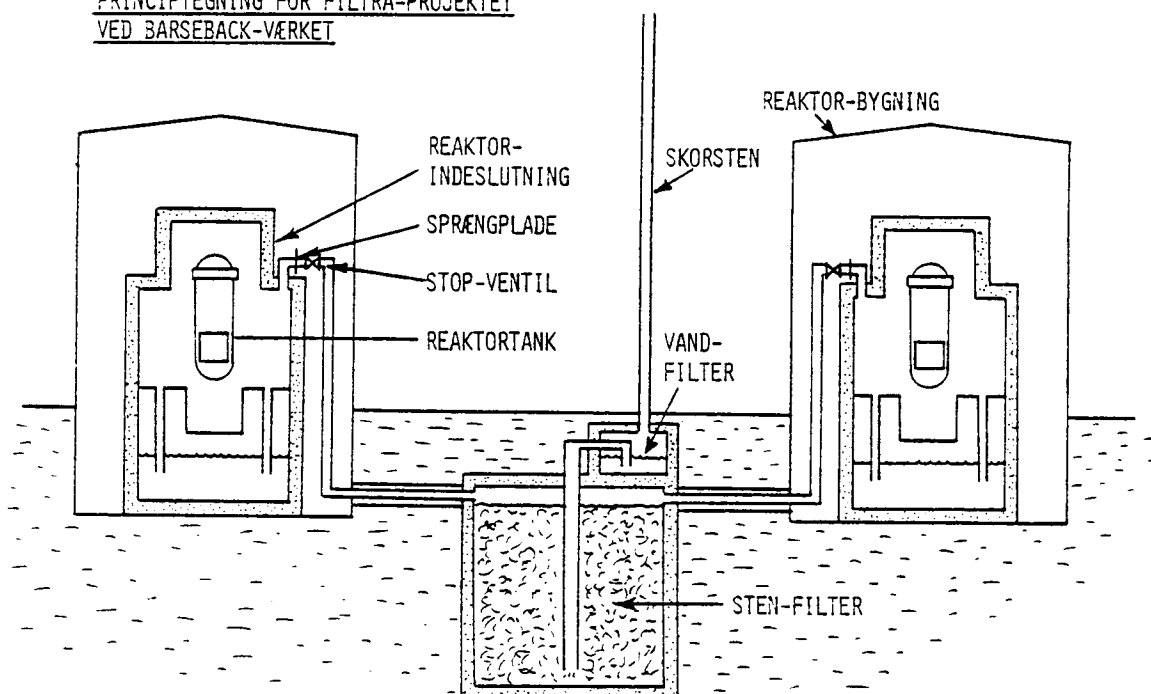
Ved et meget alvorligt havari med en sammensmeltning (nedsmeltning) af reaktorkernen vil en del af den frigjorte radioaktivitet sammen med damp og luft strømme over i sten-filteret. Her fortættes dampen, og hovedparten af radioaktiviteten afsættes på stenene. Fra sten-filteret bevæger luften sig efter et stykke tid til vandfilteret. I vandfilteret bliver de sidste rester af f.eks. radioaktivt jod opsuget.

De radioaktive ædelgasser (krypton og xenon) vil ikke blive bundet i sten-filteret eller vand-filteret. Men hovedparten vil på grund af forsinkelsen forsvinde ved radioaktive omdannelser, inden de ledes ud i atmosfæren gennem en høj skorsten.

Man kunne have indført endnu en forsinkelsesbeholder for de radioaktive ædelgasser, men da deres sundhedsmæssige virkning under alle forhold vil være meget lille, har man ikke medtaget denne mulighed i projektet.

FILTRA-projektet ved Barsebäck skal være færdigt i løbet af 1985 og tilkobles reaktor-indeslutningerne i sommeren 1986.

PRINCIPTEGNING FOR FILTRA-PROJEKTET
VED BARSEBACK-VÆRKET



Marts 1983



SECURE - en bedre varmeløsning.

Olien er ved at være for dyr at anvende som brændsel til opvarmning. I stedet udnyttes fjernvarme fra kulfyrede kraftvarmeværker i stigende grad som erstatning for olien i mange lande. I Frankrig og i Sovjetunionen er man endvidere ved at gøre klar til at udnytte fjernvarme fra nogle kernekraftværker.

En helt anden mulighed består i at bygge kernereaktorer, der kun skal levere varme. Tre af de mest lovende muligheder skal omtales her.

SLOW-POKE er en lille kanadisk reaktor, der kan afgive en varmemængde på 2-20 MW - svarende til varmebehovet i 300 - 3000 almindelige huse. Reaktoren er en videreudvikling af de forskningsreaktorer, der er opstillet på flere kanadiske universiteter. Der er endnu ikke taget beslutning om at bygge SLOW-POKE reaktorer til varmeformål.

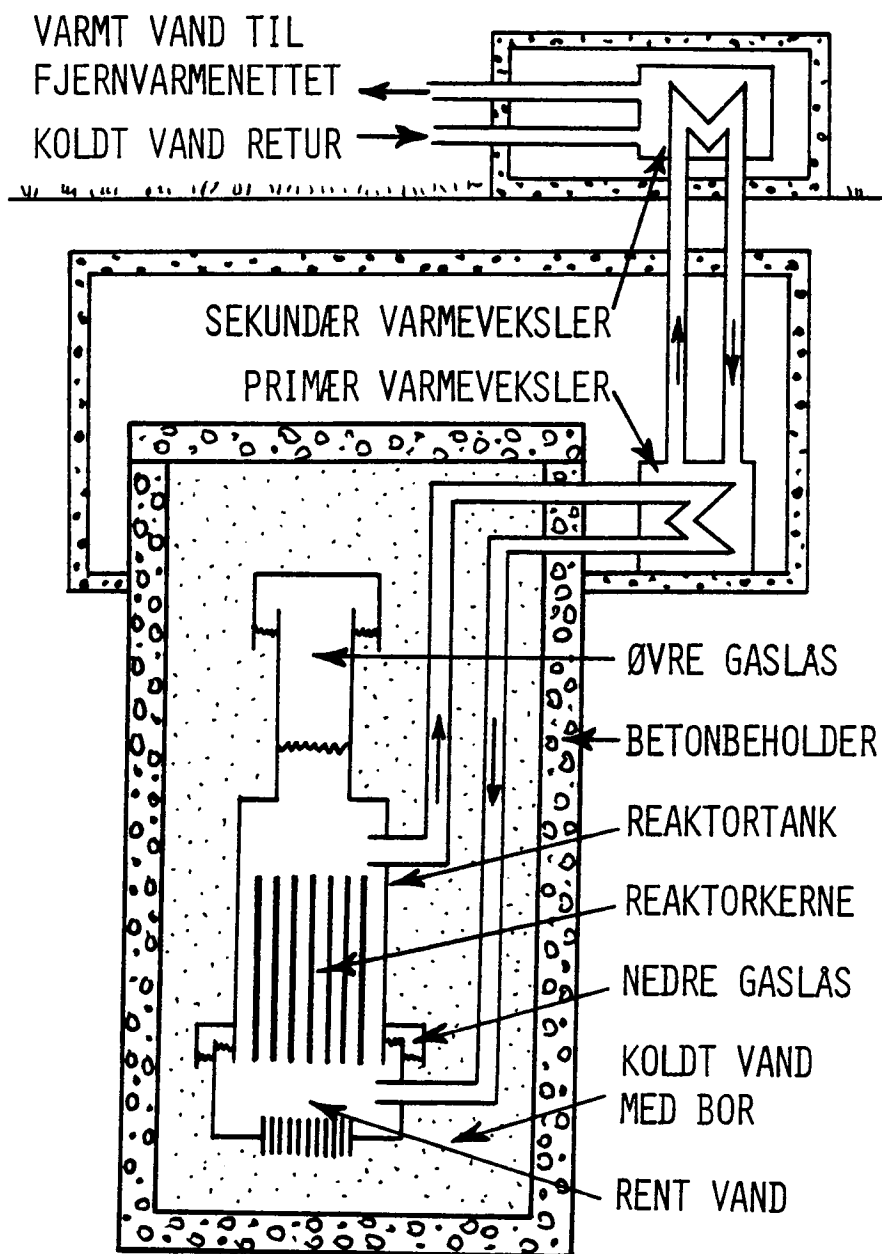
THERMOS er en fransk modifikation af de trykvandsreaktorer, der benyttes på bl.a. franske kernekraftværker. Den vil få en varmeproduktion på ca. 100 MW og tænkes opført ved et kerne-forskningscenter nær Paris. Her skal den opvarme de omkringliggende bydele.

SECURE er en utraditionel reaktortype, der er udviklet hos ASEA-ATOM i Sverige. Den er konstrueret, så den er 100% sikret mod alvorlige uheld.

SECURE-reaktoren (se figuren) kan kun holdes i drift, hvis en række fysiske betingelser er opfyldt. Sker der den mindste afvigelse fra denne driftstilstand, stoppes reaktoren helt af sig selv.

Reaktorkernen befinder sig på bunden af et 20 m dybt bassin, der indeholder 1000 m³ koldt vand, hvori der er opløst en del bor. (Bor er grundstof, der let opsuger neutroner og derfor standser enhver kæde-proces). Inde i selve reaktorkernen er der 115°C varmt vand, der næsten er helt rent. Når vandet passerer reaktorkernen, opvarmes det lidt, og varmen afgives igen i den primære varmeveksler. Herfra føres varmen videre og sendes til sidst ud gennem fjernvarmenettet til forbrugerne.

Det "snedige" ved SECURE-reaktorens konstruktion er de to "gas-låse" - en øvre gas-lås og en nedre gas-lås. Gas-låsene indeholder luft, som holder det rene vand i reaktor-kernen adskilt fra det bor-holdige vand i den ydre beholder. Luften i gas-låsene bliver kun på plads, hvis reaktoren kører 100% korrekt. Opstår der drifts-forstyrrelser, bobler luften ud af gas-låsene, og det kolde bor-holdige vand strømmer ind til reaktor-kernen, hvor kædeprocessen straks går i stå.



SKITSE OVER SECURE-KERNEVARME-REAKTOR

Når reaktoren er blevet standset som følge af en sådan driftsforstyrrelse, vil det tage flere timer at få den i drift igen. For også at kunne standse og starte reaktoren som et led i den normale drift, kan man tilsætte det rene vand en smule bor, så kædereaktionen netop standser - men uden at luften strømmer ud af gas-låsene. Herefter kan man hurtigt rense vandet igen og dermed starte kædereaktionen og varme-produktionen igen.

Overlades reaktoren til sig selv, vil der hurtigt opstå en drifts-forstyrrelse, der får det kolde bor-holdige vand til at løbe ind til reaktor-kernen. Rest-varmen i kernen vil i løbet af nogle dage opvarme vandet i den ydre beholder til 95°C. Naturlig cirkulation af vandet gennem varmevekslerne vil herefter sikre, at temperaturen ikke kommer længere op.

Varmereaktorerne har de samme miljømæssige fortrin som atom-kraftværkerne har over for kulfyrede kraftværker. Der sendes ingen forurenende stoffer ud til omgivelserne fra varmereaktorerne, og dette er særligt vigtigt, fordi værket skal opføres i nærheden af boligområder.

De små varmereaktorer lever endnu ikke op til de almindelige krav om rentabilitet.

Der er ikke truffet beslutning om at bygge SECURE-reaktorer til opvarmningsformål endnu. Politiske forhold gør, at en sådan beslutning næppe kan tages i Sverige før om nogle år. Derimod antages det, at den simple og 100% sikre reaktor kan sælges til andre lande.

Læs mere om SECURE-reaktoren i bladet "Reel Energi Oplysning" nr. 51 marts 1982.

Risø Rapport M 2111. Secure-varmereaktorens indpasning i Danmark. Helge V. Larsen.

Marts 1983



SIGYN - Det svenske skib for transport af udbrændt reaktorbrændsel.

I 1978 begyndte det Svenska Kärnbränsle-försörjning AB (SKBF) på planlægningen af et sø-transport system for udbrændt brændsel fra svenske kraftværker. Systemet er taget i brug i slutningen af 1982 med indsætningen af transportskibet "Sigyn".

Den svenske regering gav den 5. januar 1983 tilladelse til udførsel fra Sverige af foreløbigt 57 tons udbrændt brændsel fra Barsebäck og Ringhals til det franske oparbejdningsanlæg ved La Hague som drives af stats-selskabet COGEMA (Compagnie Générale des Matières Nucléaires). Dette brændsel, hvis oparbejdning er aftalt med COGEMA, transporteres nu til Frankrig med specialskibet Sigyn, der er bygget til sådanne transporter.

Begyndende i 1985 skal udbrændt brændsel også transporteres fra de tre svenske a-kraftanlæg, Ringhals, Barsebäck og Forsmark, til det midlertidige, centrale opbevaringsanlæg CLAB (Centrala Lager för Använt Bränsle). Dette er under færdiggørelse ved a-værksanlægget i Oskarshamn. Senere skal brændslet videre fra dette midlertidige opbevaringsanlæg til yderligere behandling andre steder.

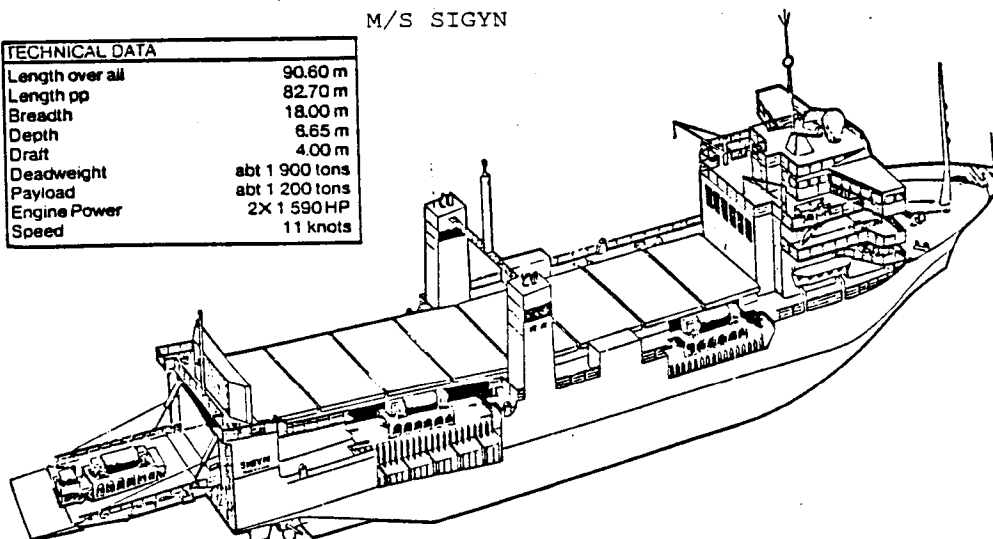
Sidst i 80'erne skal Sigyn også anvendes til transport af mellem- og lavaktivt affald fra svenske a-værker til et deponeringsanlæg, der er planlagt ved Forsmark. Udbrændt brændsel transporteres i specielle transportbeholdere. Der stilles meget store krav til, at transportbeholderne bevarer deres tæthed og afskærmningsevne under ekstremt ugunstige omgivelser og under selv meget alvorlige uheldsbetingelser. Der regnes ikke med, at der kan frigøres radioaktivitet fra beholderen til omgivelserne selv under ekstreme uheldsforhold.

Sigyn, der foreløbigt sejler under fransk flag med fransk besætning, ejes af et fransk-svensk selskab SOFRASAM (32% COGEMA, 68% SKBF). Efter 1985, når indensvenske transporter starter til CLAB, vil SKBF sejle skibet under svensk flag og med svensk besætning.

TRANSPORT VESSEL

M/S SIGYN

TECHNICAL DATA	
Length overall	90.60 m
Length pp	82.70 m
Breadth	18.00 m
Depth	8.65 m
Draft	4.00 m
Deadweight	abt 1 900 tons
Payload	abt 1 200 tons
Engine Power	2X 1 590 HP
Speed	11 knots



For perioden 1983-1991 er planlagt 6-8 årlige transporter fra Ringhals, Barsebäck og Forsmark til La Hague. Fra 1985 vil der blive yderligere ca. 15 indenlandske transporter til CLAB.

Introduktionen i Sverige/Danmark af de svenske transportplaner og "Sigyn" gav i efteråret 1982 og i begyndelsen af 1983 en overordentlig stor presseomtale i Danmark hovedsagelig på grund af OOA's og den engelsk-hollandske organisation "Greenpeace"'s interesse for sagen.

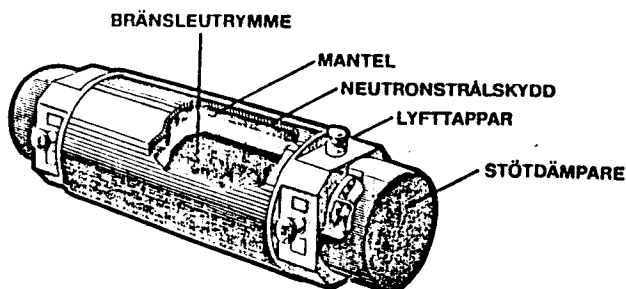
Greenpeace postulerede, at en brand i Sigyn kunne "lægge København øde i årtier". Basis for påstanden var en engelsk rapport om risikomomenterne ved søtransport af atombrændsel i engelske farvande, (research report RR-3, fra Political Ecology Research Group, Ltd, Oxford, jan. 1980). Sigyn forudsættes at støde ind i et tankskib på en sådan måde, at der i Sigyn etableres en voldsom brand i ni timer. Herved skulle beholderne kunne blive utætte, og derefter skulle al indholdet af radioaktivt cæsium i brændslet lække ud. Halvdelen skulle drive som en sky mod København og halvdelen opløses i vandet.

Det postulerede uheld må betegnes som tankespind og helt uden nogen form for realisme. Dette er bekræftet ved gennemgang af uheldsforløbet af Tilsynet med Nukleare Anlæg samt miljøstyrelsen i samarbejde med Statens Institut for Strålehygiejne samt ved beregninger på Risø.

Litteratur:

- 1) Transportation System for Spent Nuclear Fuel. Final Safety Report, SKBF, marts 1982.
- 2) An investigation into the hazards associated with the maritime transport of spent reactor fuel to the British Isles.
RR-3, Political Ecology Research Group, Ltd., Oxford, jan. 1980.

TRANSPORTBEHÅLLARE TN17 MK2



HUVUDDATA	BWR	PWR
Bränsleelement vikt (max)	4.900 kg	3.900 kg
Insats + bränsle stödvikt (max)	4.700 kg	5.000 kg
Total vikt (med bränsle) (max)	79.000 kg	78.000 kg
Max. resteffekt	43,5 kW	43,5 kW
Antal bränsleelement	17	6

Oktober 1984



MILJØSTYRELSENS VURDERING AF ELVÆRKERNES
SALTHORSTUNDERSØGELSER.

Den 15. marts offentliggjorde Miljøstyrelsen 3 rapporter om kernekraft. Den ene af disse - "Vurdering af elværkernes salthorstundersøgelser" sammenfattes her. Tallet i parentes efter et citat angiver den side, hvorfra citatet er hentet.

Vurderingsrapportens 1. kapitel indeholder baggrundsoplysninger om affaldsundersøgelsernes historiske forløb og om vurderingsgruppens (VG) sammensætning. VG bestod af personer fra Miljøstyrelsen, Sundhedsstyrelsen, Tilsynet med Nukleare Anlæg og Danmarks Geologiske Undersøgelse. Gruppen havde to faste konsulenter, én fra Korrosionscentralen og én fra Forsøgsanlæg Risø.

I 2. kapitel omtales højaktivt affald i al almindelighed, og der opstilles nogle overordnede sikkerhedskrav til deponeringen heraf. Disse er - kort fortalt - at mennesker ingensinde må kunne få større stråledoser fra det højaktive affald, end der kan accepteres efter de nugældende regler i forbindelse med forurening med radioaktive stoffer.

Kapitel 3 indledes med omtale af de bjergværkstekniske forhold. VG skønner, "at det er teknisk gennemførligt med nutidig teknologi at etablere både et dybhulsanlæg og et skakt-mineanlæg i en egnet salthorst." (26). Endvidere findes, "at der for både mine- og dybhulsanlægget kan udføres en tæt forsegling fra depotområde til jordoverfladen." (26).

I næste afsnit sikrer VG sig, at affaldet har de egenskaber, som ligger til grund for elværkernes undersøgelser, hvorefter den går over til den egentlige sikkerhedsvurdering. Denne falder i to dele: sikkerheden under normale forhold og sikkerheden over for ydre påvirkninger.

For at vurdere sikkerheden under normale forhold betragter VG 9 forskellige fænomener, som kunne tænkes at påvirke deponerings-sikkerheden og føre affaldet op til grundvandet 1200 meter over det øverste affald. Behandlingen af hvert enkelt problem følger et bestemt mønster: elværkernes behandling, konsulentvurdering, gruppens vurdering og gruppens konklusion.

De 9 fænomener er:

- *salthorstens bevægelse (diapirisme)
- *opløsning af salthorsten
- *temperaturfeltet omkring affaldet
- *radiolyse af brine (spaltning af væske i ilt og brint som følge af bestråling)
- *strålings-energi-akkumulering i salt
- *bevægelse af affaldsbeholdere
- *væsketilstrømning til affaldet
- *korrosion og udludning
- *spredning af radioaktive stoffer med vand

For de første 5 fænomener finder VG en entydig konklusion: det udgør ikke noget sikkerhedsmæssigt problem. Disse konklusioner nås dog ikke uden møje. I et tilfælde (opløsning af salthorsten) indeholder "gruppens vurdering" udelukkende afsnit, hvori DGU kritiserer elværkernes undersøgelser. Vurderingen afsluttes med følgende: "DGU skønner dog, at der ikke er risiko for, at en saltbarriere på ca 500 m mellem affaldet og dæklagene vil kunne fjernes ved opløsning..." (38). Heraf drages så den konklusion, at "denne mekanisme kan derfor ikke betragtes om et sikkerhedsmæssigt problem." (39).

I de øvrige 4 tilfælde er konklusionerne i større eller mindre grad utydelige. Mest utydelig er afsnittet om væsketilstrømning, hvor godt en side med overskriften "Gruppens konklusion" ikke indeholder nogen konklusion. Derimod findes en henvisning til næste afsnit, hvorefter fremgår: 1) der ikke er noget sikkerhedsproblem (ved væsketilstrømning) ved deponering i rent, tørt stensalt, og 2) ved deponering må det "enten dokumenteres, at der ikke findes vådt salt i nærheden af deponeringshullet, eller også må det ved sikkerhedsanalysen godtgøres, at tilstedeværelse af områder med vådt salt ikke giver anledning til sikkerhedsmæssige problemer." (65).

Hovedindtrykket af afsnittet om sikkerheden ved normale forhold vil læseren kunne genfinde på side 100: "Den gennemførte sikkerhedsanalyse peger på, at deponering vil kunne foretages på en sådan måde, at naturlige processer ikke vil bringe sundhedsmæssige mængder af affaldet i berøring med mennesker..."

Sikkerheden ved ydre påvirkninger: Her betragtes to grupper: voldsomme naturbegivenheder og menneskers indgreb i salthorsten. Vedrørende det første finder VG, at kun springvise deformationer i lagene under horsten vil kunne påvirke depotet, og at "sandsynligheden for deformationer, der har sikkerhedsmæssig betydning, må anses for ringe." (76).

Der betragtes to former for menneskelige indgreb i salthorsten: en efterforskningsboring og en kaverneudskylning. Begge indgreb forudsætter, at viden om depotet er gået tabt. De antages at finde sted om ca 500 år. Vedrørende efterforskningsboringen når VG til den konklusion, at en enkel, bedre emballering af affaldet vil kunne hindre gennemtæring, "hvorved frigørelse af radioaktive stoffer ved et boreindgreb kan udelukkes." (87).

I tilfældet kaverneudskylning betragter elværkerne to forskellige forløb: dels hurtig, dels langsom udtømning af væsken i kavernen, når denne presses sammen. I forbindelse med det første forløb vurderer gruppen, at med galvanisk beskyttede affaldsbeholdere vil udpresningen af væsken ske inden beholderne gennemtæres. Hermed afvises elværkernes

beregning, som forudsætter, at beholderne gennemtæres. I dette tilfælde foreligger der ingen sikkerhedsrisiko.

I det andet forløb stiller VG spørgsmålstegn ved, om radioaktive stoffer spredes gennem dæklagene som forudsat af elværkerne. "Gruppen finder derfor en yderligere behandling af konsekvenser af menneskers indgreb nødvendig." (88). I det pågældende tilfælde er den af elværkerne beregnede koncentration af radioaktivitet i det forurenede grundvand en milliard gange mindre end den naturlige koncentration i vand.

November 1984



RAPPORTER OM DRIVHUSEFFEKTEN

I efteråret 1983 fremkom der to omfattende amerikanske rapporter om drivhuseffekten. Den amerikanske miljøstyrelse (EPA) udsendte rapporten "Can we delay a Greenhouse Warming" og National Research Council (NRC) udsendte rapporten "Changing Climate".

Rapporten fra EPA beskæftiger sig - som titlen fortæller - med forskellige muligheder for at bremse virkningerne af drivhuseffekten. Derimod stiller den ikke spørgsmål om, hvorvidt der vil vise sig en drivhuseffekt. Det vil der. Spørgsmålet er nu alene, hvornår drivhuseffekten vil nå en vis styrke. Hvis beregningsmodellerne er nogenlunde korrekte, vil de første sikre virkninger af drivhuseffekten vise sig om 5-15 år, og herefter vil virkningerne vokse i styrke.

Desuden viser beregningsmodellerne, at der ikke er nogen realistisk mulighed for at standse udviklingen - man kan kun forsinke den. I mange år har det ellers være opfattelsen hos forskere på området, at blot man i tide - d.v.s. ret snart - kunne få politikere til at gribe ind, ville det være muligt at vende udviklingen. Det kan man ikke, siger rapporten fra den amerikanske Miljøstyrelse.

Rapporten har set på forskellige muligheder for at erstatte kul, olie og naturgas med andre energikilder. Men selv en meget kraftig satsning på kernekraft til el-fremstilling og fjernvarme kan ikke standse udviklingen. Kraftige energibesparelser kombineret med høje afgifter på kul, olie og naturgas (en slags CO₂-skat) er heller ikke nok, og en voldsom indsats for vedvarende energikilder vil kun have en beskeden virkning.

Den kraftigste bremse på CO₂-udviklingen opnås naturligvis ved en indsats af alle muligheder, d.v.s. kernekraft, besparelser, vedvarende energi og en høj CO₂-skat. Men selv med en sådan indsats er det usikkert, om udviklingen kan bremses i tide!

Den anden rapport er udarbejdet af det amerikanske forskningsråd og blev udsendt i november 1983. Dens titel er "Changing Climate" (Ændring af klimaet). Også denne rapport anser det for en kendsgerning, at menneskene i løbet af få årtier vil blive udsat for nye delvis uforudsigelige klimaændringer som en følge af drivhuseffekten.

Rapporten behandler ud fra dagens viden de "gammelkendte" virkninger af kuldioxiden så som temperaturstigningen, den ujævne opvarmning af jordkloden, bortsmeltningen af isen i de polare områder, den stigende vandstand i havene og de ændrede havstrømme. Men rapporten behandler også en række andre spørgsmål,

der hidtil ikke har været diskuteret meget. Et lille udpluk af disse spørgsmål skal nævnes her.

Ændringer i naturen. Det stigende CO₂-indhold i atmosfæren vil gøre det muligt for nogle planter at vokse hurtigere. Planterne skal jo optage CO₂ fra atmosfæren for at kunne opbygge plantestof. I naturen vil nogle planter kunne udnytte denne mulighed bedre end andre. Den hidtidige balance i naturen vil derfor blive forstyrret. Det samme vil naturligvis blive følgen af de ændrede temperaturer og de ændrede nedbørsforhold. Man må kort sagt være forberedt på drastiske ændringer i naturen - måske med den følge, at plante- og dyrearter bliver udryddet.

Landbruget i de industrialiserede lande antages i nogen grad at kunne tilpasse sig de ændrede forhold ved i tide at udvikle plantesorter, der kan klare sig under de nye betingelser. For udviklingslandene vil billedet være mere broget, for landbruget i disse lande er kun i ringe grad indstillet på at udvikle og indføre nye plantetyper.

Rapporten peger på, at den stigende temperatur og den hurtigere udtørring af marker, skove m.m. vil få de subtropiske ørkener og tørre steppeområder til at flytte i retning bort fra ækvator, så landbrugsområder må opgives. På den nordlige halvkugle vil der til gengæld blive mulighed for at opdyrke ny jord i det nordlige Canada og i Sibirien. Jorden her er desværre af lav lødighed, så der er tale om et dårligt "bytte".

Der nævnes også i rapporten nogle følger af den stigende vandstand i verdenshavene. En enkelt meters stigning af vandstanden i løbet af de kommende 100 år virker ikke som meget, når man en sommerdag står ved stranden. Men den ene meter skal lægges oven i de svingninger i vandstanden, der i forvejen indtræffer i takt med årstiden og vejrforholdene; og så kan en meter godt betyde noget. Det skal nævnes, at andre forskere mener, at der muligvis kan ske en havstigning på 6-7 meter i løbet af en periode på 100 år. Ved bedømmelsen af den fremtidige udvikling med hensyn til CO₂-indholdet i atmosfæren er der nogle usikre punkter. Rapporten fra det amerikanske forskningsråd peger således på, at der er andre luftarter, der også giver drivhuseffekt, der skal lægges til virkningen af CO₂. Mange af disse gasarter er menneskeskabte, og atmosfærens indhold af disse luftarter vil stige fremover. Som noget nyt peges der på methan (= naturgas). Når havenes temperatur stiger, vil der fra havbunden kunne frigøres methan. Denne methan vil trænge op i atmosfæren og forstærke virkningen af CO₂.

Det varmere havvand kan indeholde mindre CO₂ end det koldere havvand gør nu. Der vil derfor også her være en tilbagevirkning. Når temperaturen i sub-arktiske områder stiger, kan der tænkes en nedbrydning af de planterester, der er opsamlet i jorden dér - d.v.s. yderligere et bidrag til CO₂-indholdet i atmosfæren.

Se også 312.

December 1984



MILJØSTYRELSENS REDEGØRELSE
"SIKKERHEDEN VED KERNEKRAFTVÆRKER"

D. 15. marts 1984 fremlagde Miljøstyrelsen en længe ventet redegørelse om "Sikkerheden ved kernekraftværker". Redegørelsens hovedkonklusioner er følgende:

Erfaringerne fra en samlet driftstid på ca. 3000 reaktorår viser, at sikkerheden på kernekraftværker er høj, og sundhedsmæssige skader i befolkningen som følge af radioaktive udslip har ikke kunnet konstateres.

Sandsynligheden for et reaktorhavari, der indebærer et alvorligt radioaktivt udslip, kan for nye kraftreaktoranlæg beregnes til mindre end 1 på 10 millioner pr. år.

Sikker anvendelse af kernekraft forudsætter generelt et højt teknisk, industrielt og uddannelsesmæssigt niveau. Danmark må i den henseende anses for at være på højde med de mest udviklede vesteuropæiske lande.

I sikkerhedsmæssig henseende bedømmes mulighederne for placering af kernekraftværker i Danmark til at være lige så gode som i de fleste af de områder, hvor der i dag er kernekraftværker.

Det er Miljøstyrelsens opfattelse, at kernekraft kan anvendes i Danmark på samme høje sikkerhedsmæssige niveau, som kendes fra lande med erfaring i anvendelse af kernekraft.

Det var uheldet på Tremileøen i 1979, der fik politikerne her i landet til at fremsætte ønske om, at der skulle foretages en ny vurdering af sikkerheden ved kernekraftværker. De tidligere danske undersøgelser var fra 1976 - og de var i vid udstrækning baseret på den amerikanske Rasmussen-rapport fra 1975.

Den nye undersøgelse fra Miljøstyrelsen er især baseret på en engelsk undersøgelse af et kernekraftværk ved Sizewell, som det engelske statslige el-selskab ønsker at bygge ved Englands østkyst.

Den engelske rapport beregner, at sandsynligheden for en kerne-smeltning på et moderne kraftværk (PWR) er ca. én gang pr. million driftsår. Denne sandsynlighed er 50 gange lavere end den sandsynlighed, der blev beregnet i Rasmussen-rapporten i 1975. Der er flere grunde til, at man i dag må regne med en lavere sandsynlighed end for 8-9 år siden. På baggrund af bl.a. Rasmussen-rapporten har man kunnet konstatere,

hvor der var mulighed for at anvende bedre udstyr - og det gør man i nye kernekraftværker. For det andet har man i dag langt bedre erfaringsmateriale og kan foretage nøjagtigere beregninger.

I dag ved man også, at kernenedsmeltning ikke er ensbetydende med, at der vil slippe radioaktivitet ud i omgivelserne. Kun én ud af ti kernenedsmeltninger antages nu at resultere i væsentlige udslip af radioaktivitet, og sandsynligheden bliver da mindre end én gang pr. ti millioner driftsår. Denne sandsynlighed er ca. 200 gange lavere, end man regnede med i Rasmussen-rapporten - og hermed også 200 gange mindre end de danske sikkerhedsmyndigheder regnede med før 1979.

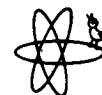
Den engelske undersøgelse har også søgt at tage hensyn til den nye viden om, at der ved reaktorhavarier ikke kan slippe så store mængder radioaktivitet ud i omgivelserne som tidligere antaget - altså hvis der en dag skulle ske et ekstremt usandsynligt uheld på et kernekraftværk. Man kan derfor konkludere, at kernekraftværkerne nu anses for over 1000 gange sikrere end man antog, da Miljøstyrelsens undersøgelse startede.

I løbet af efteråret 1984 er der fremkommet to amerikanske rapporter, der støtter den engelske undersøgelse - og hermed også Miljøstyrelsens redegørelse. American Nuclear Society offentliggjorde i november 1984 resultaterne af en tre-årig undersøgelse af mulige havariforløb på kernekraftværker, og i december fremlagde den amerikanske kernekraft-industri en redegørelse for de erfaringer, der verden over var indsamlet om dette spørgsmål de senere år. I begge tilfælde peger resultaterne på, at "vørst tænkellige uheld" af den slags, der ofte har været fremme i den danske debat, nu må anses for "helt umulige uheld", der er i strid med naturlovene.

Det bør understreges, at Rasmussen-rapporten fra 1975 var - og er - et pionerarbejde inden for reaktorsikkerhedsvurderingerne. Når denne rapport nåede frem til betydeligt større konsekvenser ved kernekraftuheld, end man nu må regne med, skyldes det især, at man den gang havde en mere begrænset viden om mange vigtige parametre, og når man stødte på en usikkerhed, tilstræbte man altid at vurdere "i overkanten" for hellere at overvurdere en risiko end at undervurdere den.

Litteratur: "Sikkerheden ved kernekraft". Miljøstyrelsen.
Februar 1984.

April 1986



BLACK-RAPPORTEN

Rapportens officielle navn er: Investigation of the Possible Increased Incidence of Cancer in West Cumbria. Report of the Independent Advisory Group; chairman: Sir Douglas Black. Rapporten blev offentliggjort den 23. juli 1984.

Baggrunden for rapporten var påstande fremført i Yorkshire Television om, at der var 10 gange så stor hyppighed af leukæmi blandt børn i omegnen af Sellafield (tidligere Windscale). Denne oplysning var baseret på 5 tilfælde. Den britiske sundhedsminister bad den tidligere formand for det videnskabelige engelske lægeselskab, Sir Douglas Black, om at lede en undersøgelse af disse påstande.

Allerede på side 12 har Black-rapporten fat i noget meget væsentligt, idet den fremfører følgende:

"Udvælgelse af specifikke geografiske områder som genstand for undersøgelse af kræfttilfælde, der opdages i dem, kan føre til kunstige resultater. Det kan ses ved at betragte, hvad der ville ske, hvis der var 4 tilfælde af leukæmi i en bestemt by. De 4 (eller færre) gader, hvor de 4 tilfælde optrådte, ville have en "høj" hyppighed af leukæmi mens de andre gader ville have nul hyppighed. Dette ville være en sand beskrivelse af forekomsten af leukæmi i byen. Men den ville ikke afspejle visse gaders særlige indflydelse men blot det forhold, at 4 tilfælde ikke kan forekomme i mere end højst 4 gader. På tilsvarende måde, hvis man udvælger sogne, hvor der vides at forekomme kræft, så er det ikke overraskende at hyppigheden i disse sogne findes at være overraskende høj."

Dette forhold kommer rapporten tilbage til på side 34, hvor det hedder: "Dette betyder ikke, at radioaktive udslip fra Sellafield til atmosfæren eller vandet i området er årsag til forøgelsen (af leukæmihyppigheden). Virkningen af tilfældighed eller af en uidentificeret årsag kan ikke udelukkes - og i denne forbindelse er det relevant, at andre små områder med forøget kræfthyppighed er geografisk spredt uden for Sellafield-området".

Selv om arbejdsgruppen således overvejende hælder til den anskuelse, at der er tale om et statistisk fænomen hørende til små områder, foretager den en meget grundig undersøgelse af, hvilken strålingsdosis mennesker i landsbyen Seascale nær Sellafield kan have fået i tidens løb. Den når frem til, at dette udgør 13% af baggrundsstrålingen. Under ekstreme antagelser vedrørende virkningen af små stråledoser er dette 40 gange for lidt til at kunne gøre rede for den observerede overhyppighed af leukæmi. Under mere realistiske antagelser bliver faktoren endog 400.

Hermed er rapportens konklusion forståelig: "Vi har ikke fundet noget tegn på nogen almen helbredsrisiko for børn eller voksne, der bor nær Sellafield"

Det har været påstået, at Black-rapporten er forældet efter nye oplysninger om udslip af uran til atmosfæren i første del af 50'erne. Det er ikke tilfældet. Uran i luften kan ikke have haft nogen indflydelse på de leukæmiramte børn, da ingen af dem var født, da udslippene fandt sted. Det er desuden vigtigt at gøre sig klart, at vurderingen af bestrålingen fra Sellafield overvejende er baseret på målinger, som har været foretaget løbende siden anlæggets start. Derfor vil eventuelle "hemmeligholdte" udslip være medtaget i den målte radioaktivitet.

Black-rapportens konklusion er blevet understøttet af en gruppe af eksperter, som for EF-kommissionen foretog en kulegravning af "ulykken" i november 1983, som medførte let forurening med radioaktivitet på stranden nær anlægget. Anlæggets ejere BNFL blev slæbt for retten og idømt en bøde. EF's ekspertgruppe konkluderer: "Begivenhederne i november 1983 udsprang fra betjeningsfejl. De ansvarlige herfor er blevet passende straffet ved en britisk ret - men det radioaktive udslip var ikke af en sådan størrelse, at det vil give anledning til nogen helbredsskader. Gruppen udtaler endvidere, at anlæggets sikkerhedsforanstaltninger er "gyldige" ("valid") og at den en enig i Black-rapportens konklusion.

Januar 1987



Den russiske rapport om Tjernobyl-ulykken

Kort efter at havariet af Tjernobyl-reaktor nr. 4 var blevet kendt over hele verden lovede de russiske myndigheder, at der i løbet af få måneder ville blive fremlagt en rapport med oplysninger om havariets årsag, dets forløb og konsekvenser i USSR. Denne rapport blev fremlagt og diskuteret ved et internationalt møde ved FN's atomenergiagentur (IAEA) i Wien i dagene fra d.25. til d.29. august 1986. Rapporten er efter de fleste vestlige eksperters mening meget åben og ærlig, og selv om den ikke gav svar på alle de spørgsmål, der kunne stilles, har den dog givet de vestlige sagkyndige et meget godt billede af havariet - et billede, der i store træk svarede til, hvad man i Vesten havde regnet sig frem til inden mødet.

Den russiske rapport fortæller, at havariet startede d.26. april 1986 kl. 01.23. Optakten til havariet skete dog allerede dagen forinden. Det havde længe været planlagt, at reaktoren skulle tages ud af drift for et eftersyn d. 25. april, men på grund af strømmangel, blev det pålagt reaktoren at køre på halv effekt til sent om aftenen d.25. april.

På Tjernobyl havde man planlagt et eksperiment, der skulle foretages umiddelbart inden reaktoren stoppedes helt. Det skulle ske, når reaktoren nåede ned på 20-30% af fuld effekt. Så skulle man stoppe dampstrømmen til turbinerne og afprøve, hvor længe deres rotationsenergi kunne trække el-generatoren og herved levere strøm til at holde kølepumperne i drift.

De personer, der stod for eksperimentet, vidste, at hvis forsøget mislykkedes, kunne der gå et år, inden de kunne foretage det igen, og derfor bortkoblede de efterhånden alle de sikkerhedssystemer, der automatisk ville stoppe reaktoren helt, når forsøget gik i gang. På den måde - mente man - var der mulighed for at udføre to forsøg efter hinanden. Allerede om eftermiddagen d. 25. april var nødkølesystemet slået fra. Kort før midnat var effekten nået ned under 50% af fuld effekt, og den automatiske effektregulering blev frakoblet, hvorefter effekten hurtigt faldt til næsten nul.

Ved manuel styring af reaktoren søgte man at få reaktoren op på 20-30% effekt igen, men man kunne kun nå 6-7%. Grunden var især den såkaldte xenon-forgiftning. Ved spaltningen af urankerner fremkommer bl.a. grundstoffet xenon, som absorberer mange neutroner. I en reaktor, der har været kørt længe ved fuld effekt, dannes der meget xenon, og når reaktor-effekten herefter hurtigt mindskes, opstår der i en periode ikke neutroner nok til at opretholde kædeprocessen - alt for mange neutroner bliver "spist" af xenon. For at modvirke dette, trak man i Tjernobyl næsten alle kontrolstave ud af reaktoren. Det var i strid med de grundlæggende sikkerhedsregler, og reaktorens datamat afgav alarmmeldinger og krævede reaktorstop, men personalet ville ikke stoppe; man ville have eksperimentet gennemført.

Det lykkedes efterhånden at opnå et stabilt niveau på 6-7% af fuld effekt, og i overensstemmelse med forsøgsprogrammet blev alle hovedkølepumper startet. Det gav en kraftig vandstrøm gennem reaktoren, og ved den lave effekt dannedes der næsten ingen damp i reaktoren, som nu var bragt ind i en meget ustabil driftstilstand med hensyn til kædeprocessens styrke (se også side 329).

Kl.01.23 startedes forsøget. Man standsede dampstrømmen til turbinerne helt og skulle nu se, hvor længe rotationsenergien i disse kunne holde hovedkølepumperne i gang. Når der lukkes helt for dampen til turbinen, skal automatikken straks stoppe reaktoren ved at skubbe kontrolstavene ind. Men denne automatik havde operatørerne slået fra - for evt. at kunne foretage et forsøg mere.

Nogle sekunder efter at dampstrømmen var stoppet, bemærkede operatørerne, at effekten begyndte at stige. Efterhånden som hovedkølepumperne begyndte at løbe langsommere, steg mængden af dampbobler i reaktoren, og i reaktorer af Tjernobyl-typen resulterer en øget dampdannelse i en forstærket kædeproces. Den stigende effekt fik operatørerne til at trykke på reaktorens "stop-knap", hvorefter kontrolstavene begyndte at køre ind. I Tjernobyl-reaktorer sker dette kun langsomt, og i løbet af få sekunder steg reaktoreffekten til ca. 100 gange den normale driftseffekt, hvorefter effekten faldt til nul.

Den voldsomme effekt fik uranet i nogle af brændselsstavene til at smelte (og måske pulveriseredes de til dels), så kapslingen om uranet blev sprængt, og en voldsom reaktion mellem glødende metal og vand fandt sted, så mange af reaktorens rør sprængtes, og vand, damp og pulveriseret brændsel trængte ud i grafitten i reaktoren. Der dannedes endvidere brint ved kemiske processer mellem vand og glødende metal. Trykstigningen løftede låget af reaktoren, så damp, brint og radioaktivitet trængte op i bygningen ovenover. Det er ikke klart, om denne bygning straks blev ødelagt, eller om det skete nogle sekunder senere som følge af en brint-eksplosion. Glødende brændselsstykker blev kastet ud fra den ødelagte bygning og satte ild på nabobygningernes tage, der var dækket med asfalt og tjære.

Brandmandskab, der var knyttet til kraftværket, ankom hurtigt, og en halv time senere var man i fuld gang med at bekæmpe ilden. De strålingsmålere, man benyttede, gik ud over skalaen, så man var klar over, at strålingsniveauet var meget højt. Alligevel fortsatte de samme personer brandbekæmpelsen og andet redningsarbejde, og ved 05-tiden var ilden slukket. I løbet af den efterfølgende dag blev i alt 203 personer indlagt på hospitaler, idet de måtte forventes at få strålings-syge. Det gjorde de fleste også, og siden døde 29 af dem. De havde fået så store dele af huden ødelagt af brand og bestråling, at de alene af den grund ikke kunne overleve. (To personer blev dræbt direkte ved eksplosionen).

De 45.000 beboere i byen Pripjat, der ligger 3 km fra værket, blev evakueret om eftermiddagen d.27. april, da vinden begyndte at føre radioaktivitet til byen. Der måltes da strålingsniveauer på 200-600 millirem pr. time. De følgende dage blev yderligere 90.000 evakuret.

Litteratur: "The Accident at the Chernobyl' Nuclear Power Plant and Its Consequences". Russisk rapport fremlagt ved IAEA mødet 25.-29. august 1986

November 1985



FORSURINGSRAPPORTEN

Miljøstyrelsens forsuringsudvalg udsendte i januar 1984 en rapport "Miljø og energi", hvori man behandler de formodede virkninger af den danske SO_2 - og NO_x -forurening af luften - og mulighederne for at nedsætte denne forurening i fremtiden. (SO_2 = Svovldioxid; NO_x = Kvælstofilter).

I rapporten betragter man udviklingen frem til år 2000. Hvis der ikke foretages indgreb mod SO_2 -udsendelsen, vil den danske SO_2 -udsendelse til den tid være ca. 442.000 ton om året, dvs. af samme størrelse som i 1980. Sammensætningen af det danske energiforbrug vil dog være ændret - mindre olie, mere kul og indførelse af naturgas. Denne udvikling kaldes reference-scenariet.

Udvalget opstiller tre scenarier for en ændret udvikling. I scenario 1 regner man med, at svovlindholdet i fuelolie skal reduceres til 1,5% og i gasolie (villafyr) til 0,3%. Dette vil bevirke, at SO_2 -udsendelsen formindskes med ca. 65.000 ton om året til ca. 378.000 ton. De samlede omkostninger vil frem til år 2000 være i alt ca. 2900 mill. kr (1983-kroner).

I scenario 2 regner man med de samme begrænsninger for svovlindholdet i olie, og desuden regnes der med, at nye el-værker og kraft-varme-værker skal forsynes med røgrensningsanlæg, der kan fjerne 70% af røgens SO_2 -indhold. Herved vil man i år 2000 have reduceret SO_2 -udsendelsen med yderligere 97.000 ton, så den samlede udsendelse bliver ca. 280.000 ton. I forhold til 1983-udsendelsen opnås der en samlet formindskelse på 37%, hvoraf de 15% skyldes det lavere svovlindhold i olie og 22% skyldes rensningen af røgen på nye kraftværker. Bygningen og driften af røgrensningsanlæggene vil indtil år 2000 koste i alt 5100 mill. kr.

I det tredje scenario indføres yderligere restriktioner, idet alle de nuværende kraftværker, der forventes at være i drift efter år 2000, snarest forsynes med røgrensningsanlæg. Kul til fjernvarme og industri må højst indeholde 0,7% svovl, og grænsen for fuelolie sættes til 1%. Herved beregnes en samlet reduktion på ca. 262.000 ton SO_2 - svarende til et fald på 59% af 1980 niveauet. Prisen for denne reduktion bliver meget høj - omkring 25.000 mill. kr i alt frem til år 2000 - og af flere grunde anser udvalget det for tvivlsomt, om det i praksis vil være muligt at gennemføre de nævnte foranstaltninger.

Udvalget har også set på betydningen af, at der indføres kernekraft i Danmark. Hvis man år 2000 regner med at have 3 stk. 900 MW_e kernekraftværker i drift (opstart i 1995, 1998 og 2000) vil dette reducere SO_2 -udsendelsen med ca. 90.000 ton årligt.

På figuren ses de reduktioner i svovludsendelsen, der svarer til scenario 2 - fordelt på fuelolie, gasolie og røgrensning. Figuren viser endvidere den ekstra reduktion, der kan opnås, hvis man bygger kernekraftværker i stedet for kulfyrede værker med start af det første kernekraftværk i 1995.

SO₂-begrænsninger ved hjælp af kernekraft koster ikke noget; ja, i stedet for at elektriciteten bliver dyrere, vil kernekraften oven i købet give billigere elektricitet. (Røgrensningen antages at koste 3 - 4 øre pr. kWh).

Udvalgets arbejde førte til, at der 1. juli 1984 blev indført en "lov om begrænsning af svovldioxidforurening fra kraftværker". Af betænkningen til loven fremgår en række initiativer, som sammenlagt vil betyde en reduktion af den danske svovludsendelse med 30% inden 1995:

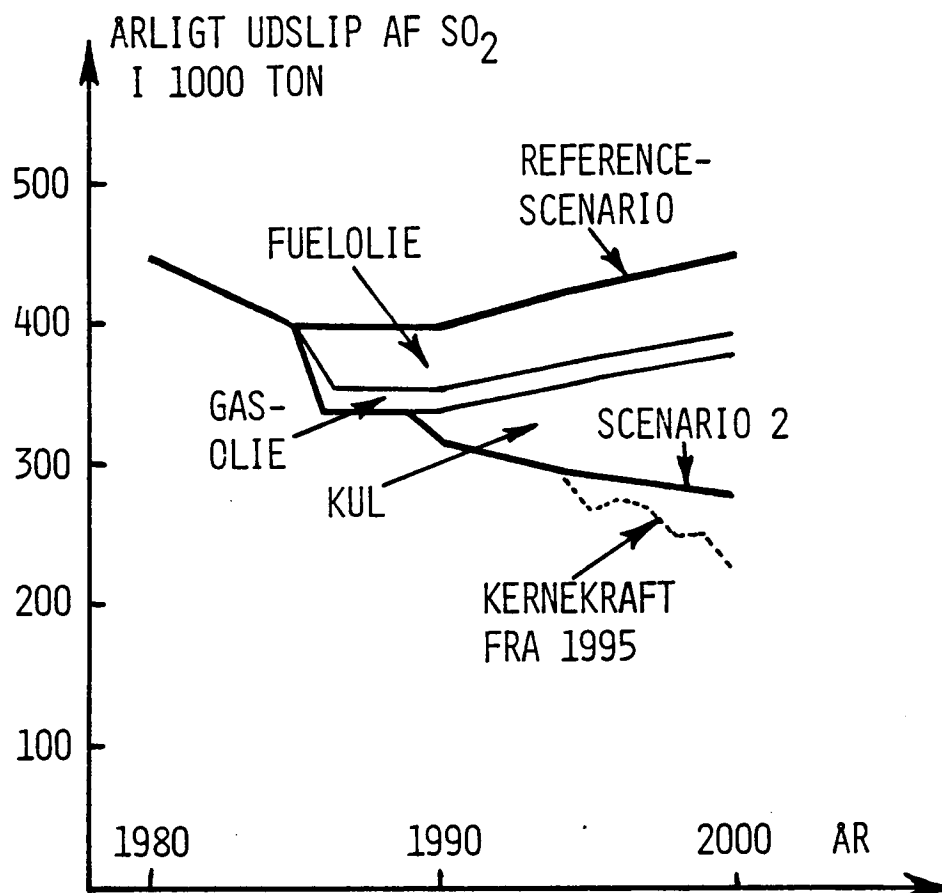
I henhold til betænkningen gælder fra 1. januar 1986 følgende bestemmelser:

Svovlindholdet i gasolie reduceres fra 0,5% til 0,3%.

For fuelolie nedsættes svovlindholdet fra 2,5% til 1,5%, og der forhandles med de berørte parter om en yderligere nedsættelse fra 1. januar 1988 til 1% (for Københavnsområdet gælder 1,0% både nu og i fremtiden).

For kul til andre end kraftværker bliver grænsen for svovlindholdet 1,2%.

Med loven om begrænsning af svovludslip fra kraftværker indførtes også en såkaldt kvoteordning for svovludslippet fra de danske kraftværker. Ordningen indebærer, at kraftværkerne får en vis frihed til at bestemme, hvordan og hvor de vil reducere svovludslippene, men totalt skal det årlige udslip fra alle landets kraftværker ligge under en vis værdi, der aftrappes successivt fra i dag ca. 200.000 t/år til 125.000 t i 1995. Nedtrapningen indebærer, at svovludslippet fra kraftværkerne i 1995 kun vil ligge på halvdelen af, hvad det ville have været uden indsats af svovlrensningsforanstaltninger.



FIGUREN VISER DEN FREMTIDIGE ÅRLIGE DANSKE UDSENDELSE AF SO₂ SOM FØLGE AF AFBRENDINGEN AF KUL OG OLIE.

I REFERENCESCENARIET ANTAGES DET, AT DER IKKE TRÆFFES FORANSTALTNINGER TIL BEGRÆNSNING AF UDSLIPPET. I SCENARIO 2 FORMINDSKES SVOVLINDHOLDET I OLIE OG NYE KRAFTVÆRKER FORSYNES MED ANLÆG FOR RENSNING AF RØGEN.

ENDVIDERE ER VIST BETYDNINGEN AF INDFØRELSEN AF KERNEKRAFT MED DET FØRSTE VÆRK I DRIFT I 1995 - DVS FRA DET TIDSPUNKT BYGGES DER IKKE FLERE NYE KULFYREDE VÆRKER.

PÅ GRUNDLAG AF MILJØSTYRELSENS RAPPORT VEDTOG FOLKETINGET I JULI 1984 EN RÆKKE BEGRÆNSNINGER I SVOVLUDSLIPPET, DER FOR 1995 SKAL RESULTERE I EN UDSENDELSE, DER ER LIDT MINDRE END SVARENDE TIL SCENARIO 2.

Januar 1987



INGEN KRÆFT EFTER BEHANDLING MED RADIOAKTIVT JOD

Der er et sikkert statistisk materiale, der kan fortælle, at bestråling med store doser indebærer en risiko for fremkomst af kræft. Disse erfaringer stammer især fra de overlevende efter atombombeangrebene på Hiroshima og Nagasaki, men også undersøgelser i England, Frankrig og Israel viser, at der er en risiko ved store strålingsdoser - dvs. doser over 0,5 Sv (=50 rem).

Ved lave strålingsdoser er der ikke noget statistisk sikkert svar på, om der er nogen risiko ved bestråling. Nogle undersøgelser antyder en lille risiko, i andre undersøgelser kan man ikke finde nogen risiko - ja enkelte undersøgelser peger endda på, at små strålingsdoser reducerer sandsynligheden for kræft. Af forsigtighedsmæssige grunde regner man derfor normalt med, at der er en risiko - selv ved meget små strålingsdoser - og man regner sandsynligheden for kræft proportional med størrelsen af strålingsdosen - den såkaldte linearitetsteori*.

I Sverige er der imidlertid foretaget en undersøgelse, der med statistisk sikkerhed viser, at bestråling med radioaktivt jod i skjoldbruskkirtlen ikke forøger sandsynligheden for kræft ved doser, der ligger i overkanten af, hvad man sædvanligvis regner for små doser.

Det drejer som en undersøgelse, som er foretaget af to svenske læger fra "Radiumhemmet" i Stockholm. De undersøgte 10000 personer, der havde fået undersøgt skjoldbruskkirtlen ved hjælp af indsprøjtet radioaktivt jod (jod-131). Indsprøjtningerne skete i 1950'erne og 1960'erne, og i middel drejede det om ca. 2 MBq (megabequerel) til skjoldbruskkirtlen. (Det er en ret stor mængde, og i dag foretages de samme undersøgelser med mindre mængder radioaktivitet).

Formålet med undersøgelsen var at få afklaret, om der blandt de 10000 mennesker var en forøget hyppighed af kræft i skjoldbruskkirtlen. Ud fra en statistisk vurdering skulle man forvente 8,3 tilfælde, og man fandt 9 tilfælde i journalerne. Et af disse viste sig dog at være en fejl, så der reelt kun var 8 tilfælde. Der var altså ingen forøget hyppighed.

Benytter man linearitetsteorien, beregner man, at der skulle have været omkring 100 ekstra tilfælde af kræft i skjoldbruskkirtlen blandt de 10000 personer. Rapporten konkluderer, at selv om man ikke direkte kan bevise, at bestrålingen ikke har bevirket fremkomst af kræft, så har man vished for, at linearitetsteorien stærkt overvurderer sandsynligheden for fremkomst af kræft i skjoldbruskkirtlen.

Undersøgelsens resultat er af stor interesse for bedømmelsen af kernekraftuhavari, idet netop radioaktivt jod kan frigøres i væsentlige mængder ved meget alvorlige havari med ødelagt indslutning.

Den undersøgelse, der er omtalt ovenfor, blev afsluttet i 1980. Siden er der foretaget supplerende undersøgelser, så der nu er undersøgt over 16000 tidligere patienter. Blandt disse fandt man i alt 12 tilfælde af kræft af skjoldbruskkirtlen. Statistisk set skulle man forvente 12,6 tilfælde, så den nye udvidede undersøgelse fortæller også, at der ikke er fremkaldt kræft som følge af bestrålingen fra jod-131.

Litteratur: Incidence of malignant Thyroid Tumors in Man after Diagnostic and Therapeutic Doses of Iodine-131. Lars-Erik Holm. Karolinska Hospital. Stockholm 1980.

Januar 1987



Tjernobyl - udslip og strålingsdoser.

Ved havariet af reaktor 4 i Tjernobyl skete der et betydeligt udslip af radioaktivitet. Næsten alle de radioaktive ædelgasser - xenon og krypton - blev frigjort fra brændslet og sendt ud i omgivelserne. Disse ædelgasser* har dog ringe sundhedsmæssig betydning, idet de ikke optages i fødekæderne. Langt større betydning for omgivelserne havde det frigjorte radioaktive jod og cæsium.

Kombinerer man oplysningerne fra den russiske rapport om havariet med de vestlige målinger, finder man, at omkring 50% af reaktorens indhold af radioaktivt jod blev sendt ud i omgivelserne i løbet af 11-12 dage. 20% havnede i Sovjetunionen og et lignende mængde havnede i Øst- og Vesteuropa. Resten blev spredt over hele den nordlige halvkugle. Af det radioaktive cæsium blev mellem 25% og 40% sendt ud i omgivelserne; godt en trediedel heraf havnede i Sovjetunionen. I forbindelse med eksplosionerne og branden d. 26. april skete der endvidere et udslip af mange andre radioaktive stoffer. Det var stoffer, der udgjorde en del af det pulveriserede brændsel fra eksplosionen. Det meste af denne radioaktivitet havnede i kraftværkets omegn, hvor der skete en kraftig radioaktiv forurening af jord, afgrøder og bygninger. Denne forurening resulterede i, at et område ud til 30 km fra værket blev evakueret i løbet af få dage. I dag - 9 måneder senere - er der kun sket en tilbageflytning til en lille del af de evakuerede områder.

203 personer blandt kraftværkets personale og redningsmandskabet blev indlagt på hospitaler på grund af strålingssyge. Af disse døde 29 personer i løbet af de efterfølgende 16 uger (se også side 529). Ingen personer i den almindelige befolkning blev udsat for så store strålingsdoser, at de fik strålingssyge. De russiske rapporter fortæller, at nogle få beboere fik doser på op til 0,4 Sv (40 rad), og først ved 1,0 Sv eller derover er der mulighed for strålingssyge.

De 135.000 personer, der blev evakueret fra området omkring kraftværket, blev i gennemsnit udsat for en bestråling på knap 0,12 Sv - svarende til en samlet (kollektiv) dosis på 16.000 person-Sv. Ud fra ICRP's* rapporter og den såkaldte linearitetsteori* kan man beregne, at denne bestråling kan fremkalde ca. 200 ekstra kræftdødsfald over de kommende 50 år - ud over de ca. 20.000, der vil forekomme af andre årsager. De 135.000 personer vil gennemgå årlige helbredsundersøgelser i op til 50 år, og man vil herunder søge at registrere eventuelle virkninger af bestrålingen. Det bliver en vanskelig opgave, for de 200 mulige strålingsinducerede kræftdødsfald skal registreres på baggrund af en ca. 100 gange så stor "naturlig" hyppighed, som er udsat for statistiske fluktuationer.

For de i alt 75 mill. mennesker i Sovjetunionen, der blev udsat for en kraftigere eller svagere bestråling, oplyser den russiske rapport om en kollektiv dosis på 370.000 person-Sv. Ud fra linearitetsteorien svarer det til i alt ca. 3600 ekstra kræftdødsfald. I de nævnte 370.000 person-Sv er ikke medregnet bestråling som følge af de forurenede fødemidler, som befolkningen indtager efter beregningerne i den russiske rapport - dvs. efter august 1986. Medregnes bestrålingen fra

indtag af de (svagt) forurenede fødemidler, finder man samlede strålingsdoser, der måske er dobbelt så store som nævnt ovenfor. Sundhedskonsekvenserne vil da tilsvarende blive dobbelt så store.

På basis af udslippene af de forskellige radioaktive stoffer kan man skønne, at der for resten af verden vil være tale om sundhedskonsekvenser af i alt samme størrelse som i Sovjetunionen. Alt i alt vil der da for hele verden være tale om af størrelsesorden 10.000 ekstra kræftdødsfald. For Danmark har sundhedsmyndighederne (ud fra linearitetsteorien) beregnet, at radioaktiviteten fra Tjernobyl kan give 5 ekstra kræftdødsfald. I Sverige - der blev betydeligt mere forurenet end Danmark - har myndighederne beregnet omkring 100 ekstra kræftdødsfald. I en redegørelse til Europaparlamentet har EF-kommissionen oplyst, at man for de 12 EF-lande kan beregne i alt ca. 1000 ekstra kræftdødsfald (linearitetsteorien).

Det bør erindres, at der ikke foreligger erfaringer om skadelige virkninger af strålingsdoser af de størrelser, der ligger bag ovennævnte beregninger. Det er derfor muligt, at der ikke vil opstå så meget som et enkelt ekstra kræftdødsfald som følge af den radioaktive forurening fra Tjernobyl.

Februar 1985



Energiministeriets kul-kernekræfterapport.

Energiministeriets kul-kernekræfterapport fra november 1984 viser, at det ville medføre betydelige økonomiske fordele for Danmark, hvis vi valgte at indføre atomkraft i slutningen af 1990'erne.

Rapporten viser, at den økonomiske fordel ved et enkelt atomkraftværk kan opgøres til en engangsbesparelse på ca. 7 milliarder kr. ved værkets idriftssættelse i 1995.

Rapporten indeholder bl.a. en enkeltværksanalyse, hvor et 900 MWe kernekraftværk og et 600 MWe kulfyret kraftværk sammenlignes økonomisk.

Begge anlæg tænkes idriftssat i 1995, og deres økonomiske levetid er forudsat at være 25 år. Anlæggene antages at køre som grundlastværker med en gennemsnitlig belastningsfaktor på 70%.

Anlægsprisen (uden byggerenter) for et kulfyret kraftværk med svovlrensning er fastsat til 4325 kr/kW på basis af de danske elværkers erfaringer. Tilsvarende er anlægsprisen for et kernekraftværk fastsat til 9000 kr/kW på basis af internationale undersøgelser og leverandørplysninger til elværkerne.

Drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne er baseret på oplysninger fra de danske elværker.

Kulprisen forudsættes at stige fra 75\$/ton i 1995 til 108\$/ton i 2020. Prisen idag er 42\$/ton. Prisen på uran antages at stige fra 40\$/pund i 1995 til ca. 80\$/pund i 2020. De til urankredsløbet nødvendige industrielle processer forventes ikke at stige reelt i pris i perioden frem til år 2020.

Alle økonomiske kalkulationer er gennemført med en realrente på 7% p.a..

Beregningsresultaterne fra enkeltværksanalysen er vist i skemaet i øre/kWh:

	Anlægsomkostninger	Brændsel	Drift	Ialt
Kul	6,9	27,6	3,1	37,6
Kernekraft	15,4	10,0	3,2	28,6

Beregningen viser med andre ord, at det ville være 25% billigere at producere elektricitet på basis af uran end på basis af kul.

Det stemmer godt overens med en OECD/NEA rapport fra 1983, hvori det forventes, at elektricitet fra kernekraftværker idriftssat i 1990 vil være 30% til 70% billigere end elektricitet produceret på kulfyrede kraftværker.

En beregning, hvor alle udgifter henføres til idriftssættelsestidspunktet viser, at de samlede udgifter ved et kernekraftværk i hele dets økonomiske levetid er på godt 18 milliarder kr., mens det kulfyrede alternativ koster godt 25 milliarder kr. Den økonomiske fordel ved kernekraftværket udgør således 7 milliarder kr.