

N08900010

Statens institutt for strålehygiene

SIS
RAPPORT

Sis -- 1989:1

TSJERNOBYLULYKKEN. EN KATASTROFE
ELLER EN VEKKER ?

Johan Baarli

Foredrag holdt i Det Norske Vitenskapsakademi 12. januar 1989

National Institute of Radiation Hygiene
Østerndalen 25
1345 Østerås
Norway

1989

ABSTRACT

The Tsjernobylaccident is reviewed as to the cause, the way it was handled locally and the consequences from the released quantity of radioactivity. It is emphasized that the exposure from the released radioactivity as to the effective doseequivalent and the committed doseequivalent is small and comparable with the doseequivalent from natural ionizing radiation near the accident and only a few per cent of this value at further distances. The conclusion is that the accident probably has been one of the greatest psychological catastrophe in modern time that we so far has experienced and not so as to early deaths or radiation damage directly to individuals.

TSJERNOBYLULYKKEN, EN KATASTROFE ELLER EN VEKKER ?

Av Johan Baarli

Statens institutt for strålehygiene

INNLEDNING

Den 26. april 1986 kl. 0123 skjedde en ulykke med et av de fire aggregatene i kjernekraftverket Tsjernobyl i USSR. Lokaliseringen var ca. 60 km nord for Kiev i Ukraina. Det skulle vise seg at denne ulykken kom til å berøre hvert enkelt menneske på den nordlige halvkule, og få en offentlig oppmerksomhet som ingen tidligere industriell ulykke. Hovedårsaken var at det radioaktive støvet fra ulykkesreaktoren spredde seg med vinden over hele Europa og kunne påvises og måles også i USA, Kina og India.

I det følgende skal jeg gi et kort innblikk i selve ulykken, hva som skjedde, hvordan ulykken ble behandlet lokalt og hvordan myndigheter og befolkning i de berørte landområdene reagerte. Videre skal det omtales hvilke reelle problemer ulykken skapte og stiller oss ovenfor, i lys av tilgjengelig kunnskap om strålevern og strålehygiene. Dette for å kunne bedømme konsekvensene for framtiden som følge av en slik ulykke.

1. KJERNKRAFTVERKET I TSJERNOBYL

Ulykken skjedde i en av verdens mer enn 400 kjernekraftreaktorer som idag leverer over 10 % av verdens elektrisitetforbruk (Fig. 1 og Fig. 2) I land som Frankrike produseres mer enn halvparten av el-forbruket med atomenergi.

Kjernekraftverket i Tsjernobyl hadde 4 reaktorer i operasjon, hvor med en termisk effekt på 3200 megawatt eller 1000 megawatt elektrisk. Reaktorene var lokalisert rett ovenfor hverandre (Fig. 3) parvis og med 8 damp turbiner i en lang hall

(800 m) som hver leverte 500 megawatt til el-nettet. To liknende reaktoraggregater var under konstruksjon like ved.

Reaktorene var noe spesielle i konstruksjonen. De var utstyrt med grafittemoderatorer og lettvanns kjølesystem. Uranet var 2 % anriket med U-235 (Fig. 4). Omtrent 95 % av fisjonsenergien ble overført direkte til kjølesystemet, mens 5 % ble absorbert av grafittemoderatorblokkene. Dette førte til at temperaturen i grafitten nådde opp i ca. 700 °C. En gassblanding av Helium og Kvelstoff ble brukt til å lede varmen fra grafitten over til kjølesystemet. Det primære kjølesystemet gjennomstrømmet reaktorkjernen fra bunnen av (Fig.5). Reaktorkonstruksjonen var slik at ved lav effekt, under 20 % av termisk effekt, ville reaktoren kunne gå kritisk, dersom kjølesystemet ikke virket tilfredsstillende og kontrollstavene ikke var på plass. Dette var spesielt for Tsjernobyltreaktortypen.

2. Ulykken.

Ulykken skjedde da en planlagt utprøving av dampturbinene ble utført. Denne prøven tok sikte på å benytte strømmen fra disse under den tiden turbinen brukte på å stanse. Ved en feiloperasjon av reaktoren var denne slått av og reaktorkjernen full av kjølevann nær kokepunktet, da dette eksperimentet ble utført. Når så halvparten av kjølepumpene ble slått av, tok vannet til å koke og boblene forårsaket en langt mindre nøytronabsorpsjon i reaktorblokken enn normalt. Dette førte til at reaktoren gikk kritisk. Dermed øket energiutviklingen fra fissionsprosessene med en faktor på ca.100. Sikkerhetsprosedyren var blitt omgått og forsøket på å bringe inn kontrollstavene gikk for langsomt, med det til følge at det ble en eksplosjon (Fig. 6). Det ble brudd i i brenselstavene og kjølesystemet. Reaktorlokket på 1000 tonn ble slengt avgjærde sammen med resten av takkonstruksjonen. (Fig. 7) Dermed ble hele reaktorkjernen eksponert til luft med nye eksplosjoner.

Supervarme deler av grafitten som hadde tatt fyr, deler av reaktorkjernen ble slengt utover og hele bygningen ble destruert. Det oppstod en rekke branner, både i olje, isolasjonsmaterialer og ellers overalt nær reaktoren og i grafitten i selve reaktoren. Røyk og damp steg opp til ca. tusen meter og det fosset kjølevann ned alle steder rundt reaktoren. (Fig. 8.)

3. DEN LOKALE BEHANDLINGEN AV ULYKKEN

Straks ulykken skjedde gikk det alarm. Dermed ble det lokale brannvernet alarmert og brannvernet i byene Pripjat og Tsjernobyl (Fig. 9). Alt i alt befant det seg 136 operatører på nattskift i forbindelse med driften av reaktorblokkene 1-4 foruten 268 konstruksjonsarbeidere i konstruksjonsområdet for de 2 reaktorblokkene, blokk 5 og 6 til Tsjernobykraftverket som var under bygning.

Da alarmen gikk bega alle utenom personalet i de sentrale kontrollrommene seg til tilfluktssteder. Samtidig ble ulykken meddelt til de offisielle Ukrainske organene med krav om redningsassistanse fra forskjellige organer. Brannkorpene fra Pripjat og Tsjernobyl kom til stedet mindre enn en halv time etter eksplosjonen. Slokningsarbeidet ble satt i gang og tok først sikte på å slukke brannene i generatorrommet og ellers, dernest å beskytte blokk 3 som var i full drift. Den enorme skaden på blokk 4, den sterke strålingen fra det radioaktive materialet, varmen fra brannene og mørket gjorde redningssituasjonen uhyrlig komplisert og vanskelig.

Ingen detaljer ble gitt til mannskapene om strålevern straks ulykken skjedde. Ulykken ble først behandlet som en ren industriell ulykke. Det ble gjort forsøk på å pøse enorme mengder med kjølevann og vann på den ødelagte reaktoren, men dette medførte at vannet tok veien inn mot reaktor 3 som var i full drift. All brann, unntatt grafittbrannen i blokk 4 var under kontroll klokken 5 lørdag morgen. Da ble reaktor 3 slengt av.

Tidlig på morgenen lørdag 26. april var en omkommet og en sterkt skadd foruten 300 operatører og brannmenn med symptomer på stråleskade. Disse ble sendt til hospital i Kiev og Moskva, 203 av disse ble tatt under behandling for akutte stråleskader som følge av helkroppsbestråling eller forbrenning av huden av β - og lavenergetisk γ -stråling.

4. Redningsaksjonen

Infrastrukturen ved kjernekraftverket, innbefattet også sivil redningstjeneste i byen Pripjat og Tsjernobyl. Etter et øyenvitnes beskrivelse ble disse satt inn på en effektiv måte.

Ved kjernekraftverket hadde man SKALA som var hjernen, øynene og ørene til kjernekraftverket. Det var dataanlegget som anførte alle opplysningene på dataskjermen. Juri Badajew arbeidet her. Han sier at alt gikk ganske enkelt for seg: Det var en eksplosjon i blokk 4, han var da 40 meter fra reaktoren. Han visste at det ble utført eksperimenter med reaktoren som skulle overvåkes. Dataanlegget registrerte alle uvanlige forhold. Det ble også registrert at sjefsingeniøren for reaktorledelsen trykket på knappen som stengte av reaktoren. 15 sekunder etter den første eksplosjonen, som kan beskrives som en forpufning, kom det et kraftig knall og et par tre sekunder senere nok et sterkere knall, så ble alt mørkt og reaktoren sjaltet seg ut. Dermed ble et nødaggregat koblet inn som ga elektrisk kraft til installasjonene. Dette medførte en intens anstrengelse hos personalet om å få reaktoren til å fungere igjen.

Vannet tok til å strømme ned over taket og det var praktisk talt umulig å forstå hva dataanlegget registrerte. Utenfor døren som ble åpnet, kom det veltende tykk røyk og damp uten noen sikt i det hele tatt.

Straks ulykken ble kjent i Moskva, ble en kommisjon etablert i Tsjernobyl som var på plass lørdag ettermiddag. Den bestod av forskere og regjeringsoppnevnte ledere og den påtok seg å behandle ulykken. Kommisjonen la opp en strategi som tok sikte

på å beskytte den lokale befolkningen, slukke reaktorbrannen, stoppe utslipp av radioaktivt materiale til omegnen og å lukke den ødelagte reaktoren. Dernest dekontaminere stasjonen slik at anlegget kunne brukes til kraftproduksjon igjen.

10 store arbeider ble straks satt igang. Det ble satt igang konstruksjon av et varmeskjold mellom den ødelagte reaktoren og reaktor 3. (Fig. 10.) Dette varmeskjoldet ble lagd ved hjelp av prefabrikerte betongblokker som ble brakt til stedet. Det andre arbeidet som ble satt igang var å mure igjen og lukke inne den ødelagte reaktoren. Dette ble en viktig oppgave som tok 10 dager. Til det ble det benyttet helikoptere. Store mengder boraks, bly, sand og dolomitt ble fylt på reaktoren. Alt i alt ble 8000 tonn dumpet på reaktoren. Arbeidet ble avsluttet den 6. mai. Det ble også samtidig satt igang et enormt måle- og kontrollprogram for stråling og radioaktivitet.

5. DET RADIOAKTIVE UTSLIPPET

Den totale mengden radioaktivitet i en reaktor er avhengig av hvor lenge reaktoren har vært i drift. Her var det snakk om 2 år. $4 \cdot 10^{13}$ Bq radioaktive stoffer fordelt på elementene iod, tellur, cesium og andre fissionsprodukter i reaktoren var tilstede (Fig. 11). Størstedelen ble frigitt over flere dager (Fig. 12). Økningen skyldes oppvarming ved tildekning av reaktoren.

De radioaktive stoffene blandet seg med luftmassene som varierte i bevegelsesretninger over denne tiden. (Fig. 11). Den atmosfæriske transporten ga en kompleks nedfall på grunn av de varierende meteorologiske forholdene, vindforhold og nedbør. Omtrent halvparten av det radioaktive utslippet la seg ned som et teppe i området innenfor 30 km fra reaktoren (Fig. 9). Resten spredde seg videre utover. Lørdag 26 april var luftaktiviteten i nærheten av den ødelagte reaktoren så høy at befolkningen i Prippjat og Isjornobyf fikk beskjed om å holde seg inne med vinduene lukket. Natriumjodidtabletter ble delt ut for å beskytte mot jodopptak og bestråling av skjoldbruskkjertelen. På denne tiden nådde strålenivået

10 mSv pr time dvs. ca. 100000 ganger det naturlige strålenivået i området. Radiologisk var dette en uhyre alvorlig situasjon med krav om drastiske strålemessige krisetiltak ovenfor befolkningen i området.

6. Evakueringen

Mye tydet på at redningskommisjonen benyttet seg av de internasjonale strålevernansbefalingene i ulykkessituasjonen. (ICRP 40) Spesielt gav dette seg uttrykk i behandling av ulykken, vis a vis publikum (Fig. 14). Strålenivået i byen Pripjat og Tsjernobyl nådde nivåer som viste at befolkningen ville motta doser over 250 mSv i løpet av 12 timer (Fig. 15). Det ble derfor bestemt å evakuere Pripjat, en by på omkring 45 000 innbyggere og alle innenfor området i en radius på 30 km. Dette ble en storstilt operasjon hvor også husdyr ble fraktet bort fra området. Evakueringen av byen Pripjat ble avsluttet søndag 27. april og ble utført i løpet av 12 timer ved bruk av 156 busser fra Kjevområdet. Evakueringen ble foretatt til områder i Ukraina hvor det ble bygd opp 32 landsbyer for den evakuerte befolkningen. Totalt ble det evakuert 116 000 mennesker. Alle evakuerte ble registrert, målt og kontrollert.

Den radiologiske beredskapen synes ikke å ha vært den første i aksjon da ulykken skjedde. Dette forandret seg raskt og det ble da straks tatt hensyn til strålefare og konsekvensene av det radioaktive utslippet. Øyenvitner som deltok i redningsarbeidet de første timene beskrev hvordan den enkelte på grunn av stråleeksponeringen følte en sterk irritasjon i luftveiene og slimhinnene, sterk hodepine og angstelse. Man følte en stor tretthet, vanskelighet med å bevege seg, mo i knærne og deprimert. Man hadde bare et ønske om å komme seg vekk. Det skulle vise seg at mye av bestrålingen av den enkelte skyldtes radioaktivt materiale på klærne til brann og redningsmannskaper. Mangel på skift vanskeliggjorde bytte av klær. 2 døde og 203 viste tydelig strålesyke. Disse ble fraktet til Kiev og fløyet til Moskva.

Et stort måleprogram og kontrollprogram begynte ganske straks hvor man bestemte den eksterne doseraten og det radioaktive innholdet i levnettsmidler, i vann, melk osv. Grenser for eksponering til radioaktivitetsinnhold ble fastlagt og brukt til å bringe folk ut av området. Stråledosene til den enkelte ble også etterhvert systematisk målt. Det ble ført inn bl.a. vann fra omkringliggende steder til de som skulle arbeide i området. Samtidig ble et enormt arbeide med å spyle veier og dekontaminere hus etc. satt i gang, og med beskyttelse av elvene mot avrenning av regnvann. Arbeidet med dekontaminering av området innenfor 30 km sonen pågår enda.

De radioaktive stoffene spredde seg videre til alle europeiske land og et gigantisk måleprogram av stråling og radioaktive stoffer som nedfall på bakken, i næringsmidler, vann osv. ble satt i gang i alle land i Europa og også Amerika. Takket være de enormt følsomme instrumentene for påvisning og måling av gamma- og betastråling kunne konsentrasjonene av radioaktive stoffer fra Tsjernobylulykken bli fastlagt. Nedfallet fordelte seg ujevnt og fulgte ofte nedbøren som vist i figur 16. De enkelte landene gjennomførte omfattende målinger for fastleggelse av stråledosene både til den enkelte i et lokalt område, og til den alminnelige mann, gjennom matvarer, fra radioaktiviteten på bakken osv. Alle disse måleresultatene er senere blitt brukt i forbindelse med å fastlegge stråledosene og å vurdere eventuelle konsekvenser av Tsjernobylulykkens spredning av radioaktive stoffer (Fig. 17).

7. HELSERISIKO FRA DET RADIOAKTIVE NEDFALLET

Stråledosene til brann- og redningsmannskapene skyldes ekstern γ og β bestråling fra den luftbårne radioaktivitet og fra nedfallet foruten fra den ødelagte reaktoren samt det som ble pustet inn. Det skulle videre vise seg at av de 203 stråle-skadede som alle hadde deltatt i redningsaksjonen, var hovedskadene fra strålingen skader av huden fra radioaktiv stoffer på klærne og det var et problem å finne skift til disse. Dessuten skader på huden. De skadede kunne deles opp i grupper etter mottatt stråledose som ble bestemt ofte ut fra

kromosombrudd i lymfocytter fra blodprøver. Dødsfallene inntraff innen 3 måneder (Fig. 18).

Spørsmålet som reiste seg var hvilken reell risiko bestrålingen fra de radioaktive stoffene representerte. Stråledosene som kunne hentes utfra måleresultatene ble brukt til dette formålet. Slike risikoestimer for helseskader i kvantitative former har stor anvendelse. I en rekke land er man i ferd med å utvikle bruken av slike risikoestimer fra forskjellige virksomheter i samfunnet. Disse avhenger ikke av å ha etablert en akseptabel risiko, men tar sikte på en total livstidsrisiko, for kreft f.eks. eller andre skader med en viss øvre grense. Dersom risikoen er større enn en bestemt verdi, må det gjøres et eller annet for å begrense risikoen. Begrensningen av en slik risiko må grunne seg på at helsemessige sosiale, økonomiske eller andre fordeler oppveier den risiko som det da blir gjort noe med.

Strålevernet, strålehygienens er i stor grad utviklet på en slik måte ved at grunnleggende data fra forskning innenfor fysikk, biologi og medisin er brukt til å forutsi risiko for helseskader fra målinger av stråling såkalte dosedata. Det system av kunnskapsanvendelse som er etablert for strålevernet, gjør det mulig å arbeide med risiko for stråling og radioaktivitet på en slik kvantitativ måte. Mulighetene er store til å bruke et liknende system for en rekke andre agenser vi har med å gjøre i dag. Dette gjelder ikke minst våre miljøbekymringer og forurensningsproblemer. En generell anvendelse av risiko vil måtte utvikles og det begynner med å få frem vitenskapelig data som kan brukes til en analyse av helserisiko f.eks både kvalitativt og kvantitativt på kort og lang sikt. Ønsker man å anvende risikovurderingene til å forutsi risiko medfører dette legale, sosiale og økonomiske forhold ved en behandling av risikofaktorene. Mange andre ting, som å godta en risiko og informasjon om risiko, kommer inn som viktige elementer, siden den alminnelige mann også kommer inn i helsevurderingen med sitt syn. Meddelse av risiko kommer også med. Det er en kompleks sak den er interdisiplinær og inneholder en rekke elementer slik som, sammensettning av vitenskapelige data, effekt av nyhetsformidling.

risikoopplevelser, psykologiske faktorer som vedrører risiko og kontroll med risiko. Alle disse forhold må bearbeides. Det har Tsjernobylulykken klart avdekket når det gjelder radioaktivitet og stråling..

8. Risikovurderingene

Da Tsjernobylulykken hendte var det bare et fåtall selv blant fagfolk som ga en bedømmelse av situasjonen på en realistisk måte i de berørte land. Hovedgrunnen til dette var at man fra det praktiske strålevernsarbeidet vesentlig var opptatt av å bruke strålevernet i planlegging av anvendelse av stråling. Strålevernet har bestemte regler i denne sammenheng. Man skal unngå unødig bestråling, og foranstaltninger skal tas, slik at bestrålingen blir holdt så lavt som det er praktisk mulig å holde den. Tsjernobylulykken førte til at man hadde radioaktive stoffer tilført ved en ulykke og man fikk en bestråling som det var vanskelig å unngå, men som man måtte fastlegge og bedømme risikoen fra og meddele denne. Det viktigste elementet var derfor å bedømme risikoen ut i fra målinger. Dosedata fra de radioaktive forurensningene ga indikasjon på at det var snakk om meget små doser. Stråledosene var av størrelsesordenen som det naturlige strålemiljøet i de fleste landene (Fig.19). Særlig var dette tilfellet utenfor grensene 30 km fra ulykkesstedet. Selvfølgelig forelå det store usikkerheter i estimatene av risiko for stråleskader i en slik forbindelse, men det forhindrer ikke at man kan sette et system i gang ved å benytte seg av de risikoestimatene som foreligger ved en sammenligning med dosene fra den naturlige bestrålingen. I figur 20 er det gitt en oversikt over hvor mye strålingen gir av doser i middel til det enkelte individ innenfor de forskjellige landene sammenliknet med den naturlige strålingen. Vi ser da at selv også i USSR var stråleeksponeringen bare noen få ganger dosene fra naturlige strålekilder, og at det i de aller fleste landene bare er en liten økning av den naturlige stråleeksponeringen som var forårsaket av Tsjernobylnedfallet.

Strålevernet og strålehygienen setter nytten av stråling og de skader som den kan påføre sammen og veier disse mot hverandre. På denne bakgrunn er det lagd lovverk for strålebruk for eks. i Norge. Røntgenloven i Norge skriver seg helt fra 1938. Slik er det også i andre land. Det er etablert spesielle institusjoner til å ivareta vernet mot stråling og radioaktivitet. Offentlige institusjoner for strålevern har eksistert de siste 50 år i de fleste industrialiserte land. På tross av disse forholdene skulle det vise seg en offentlig reaksjon og reaksjoner hos enkeltindivider som klart viste en fullstendig mangel på proposjoner mellom strålingen og strålevirkningene når Tsjernobylulykken inntraff. Slike forhold som f.eks. at vi lever i et strålemiljø og har alltid gjort det, var lite påaktet. Skulle en bedømme ulykken etter overskrifter i presse og media og henvendelser fra publikum og offentlige organers engasjement forøvrig, i lys av realitetene som forelå, er det grunn til å stille et stort spørsmålstegn (Fig. 21 og 22). Situasjonen ble utnyttet av media som i første omgang syntes å være opptatt av å benytte seg av folks angstfølelse og ukunnighet for å selge sitt produkt.

Det skjer f.eks. en ulykke i en kjemisk fabrikk i India, Bopahl (Fig. 23) med utslipp av metyl isocyanat. Utslipppet er utsatt for de samme meteorologiske forhold som transporterte de radioaktive stoffene fra Tsjernobyl. Det dør mellom 2,5 og 3 tusen mennesker og ca. 40 000 påføres helseskader for livstid. Dette blir bare marginalt omtalt i massemedia på våre kanter og det til tross for at man slett ikke kan utelukke at utslippet her også ble ført med luftmassene og spredd utover store deler av den nordlige hemisfære også i dette tilfellet. På dette området, når det gjelder kjemiske stoffer, og skadevirkninger, mangler vi både de følsomme måle metodene og grunnkunnskapene for å kunne bedømme den risikoen som er forbundet med slike utslipp i samme grad, som det er mulig for radioaktivitet og stråling. Mens det for radioaktivitet er mulig å påvise for Cs¹³⁷ og Jod¹³¹ henholdsvis 0,037 og 5 Bq svarende til 10⁻¹⁴ og 10⁻¹⁵ g, er deteksjonsgrensen for kjemiske forurensninger mange millioner ganger større. Kanskje er strålevernet og strålehygienen blitt så langt utviklet at vurdering og bedømmelse av risiko fra

stråleeksponeringer er mulig uten engasjement av det offentlige og den almindelige mann. Dette kan være situasjonen for strålebruken.

Tsjernobylulykken avdekket klart et kunnskapsbehov om stråling og virkninger fra stråling og radioaktivitet, om risiko osv. og likeledes en brist i troverdigheten til eksperter. Slik som russerne uttrykkte det: vårt største problem i dag etter Tsjernobylulykken er ikke de reelle strålevirkningene, men det vi kaller "radiation fobia". Det er den engstelse og den usikkerhet som har bevirket en masse psykiske problemer hos en stor befolkning.

Atomkraften er bare 50 år gammel. Det er 50 år siden Otto Hahn og Lise Meitner oppdaget fissjonsprosessen. Utviklingen av atomenergien har hele tiden tatt hensyn til strålevernet og vern mot spredning av radioaktivitet. Stråledosene til den enkelte yrkeseksponerte registreres hele tiden ved hjelp av persondosimetre og alt utslipp av radioaktivitet måles, kontrolleres og registreres. I de enkelte land har man egne institusjoner som forvalter eget lovverk for dette i offentlig regi. Det kan klart vises at atomenergien er mer miljøvennlig enn noen annen energibærer i dag, men den er enda ny og lite kjent i sine deltager. Selv Tsjernobylulykken har vist oss at konsekvensene når det gjelder forurensning er små selv med en så stor kjernekreftulykke. Som det sies av de amerikanske forskerne: "Utenfor 100 km sonen fra Tsjernobyl vil effektene avta og inntak av radioaktivitet etter Tsjernobylulykken i befolkningen være så liten at de vil umulig kunne påvises selv med de mest utviklede medisinske metoder over mange 10 år fremover".

Det er store usikkerheter forbundet med virkningene av stråledosen særlig ved små doser, men dette forhindrer ikke at man har et meget godt grunnlag for å kunne bedømme stråleeffektene også tatt disse usikkerhetene i betraktning særlig for de doseverdier som i dette tilfellet ligger innenfor variasjonene av den naturlig strålingen. Ser vi på neste figur, (Fig. 24) viser denne at stråleeffektene på kort og lang sikt som vil kunne bli observert etter Tsjernobylulykken vil

bli umerkelige. Bidraget fra ulykken utgjør totalt sett i den norske befolkningen en så liten del av den stråledosen vi mottar fra de naturlige strålekildene at effektene blir borte.

9. KONKLUSJON

Tsjernobylulykken forårsaket spredning av radioaktive stoffer over praktisk talt hele den nordlige halvkule. Ødeleggelsen lokalt, evakuering av 115.000 mennesker, 31 døde og opprensning og dekontaminering av området innenfor 30 km sonen har hittil i 1980 kostet den sovjetrussiske stat 8 milliarder rubler (80 milliarder kr.). Engstelse for stråling og usikkerhet om strålevirkninger som har gitt seg utslag i den såkalte "strålefobia" er blitt et betydelig problem. Hele ulykken har skapt et stort psykologisk problem. Takket være de enormt følsomme instrumentene, som er utviklet for måling av stråling og radioaktivitet var det mulig å bestemme de radioaktive stoffene og hvor mye stråling som ble mottatt på de forskjellige steder på den nordlige halvkule fra denne ulykken.

Sammenlignes stråletillegget (stråledosen) fra Tsjernobylnedfallet med den naturlige strålingen, som vi er utsatt for, oppdager vi at de aller fleste utenfor 30 km sonen har vært utsatt for en ekstra strålebelastning som utgjør bare en brøkdel av dosen fra den naturlige ioniserende strålingen. Med andre ord, man ville kunne få den samme ekstra bestrålingen ved å forflytte seg til områder med litt større naturlig radioaktivitet.

Studier av de biologiske virkningene av ioniserende stråling har vist oss at ved lave doser er effektene av strålevirkningene også redusert på grunn av de lave doserater og det er heller ikke idag vitenskapelig utelukket at stråledoser nær bakgrunnsstrålingen kan ha en helsefremmende effekt (hormesis). Det synes likevel å være umulig å angi risikoen for skadelige virkninger siden sannsynligheten for en bestemt skade fra en bestemt bestråling innenfor dosevariasjonene av naturlig stråling, idag bare forsvinner i den totale variasjon av risiko fra summen av alle andre årsaker.

Derimot er det interessant i denne sammenheng at en liten nesten umerkelig risiko som fordeler seg på et stort antall individer, kan bli uttrykt ved den kollektive dose (Fig.24). Teoretisk blir derfor et helt samfunn berørt og oppgavene for de ansvarlige organer er selvfølgelig å sørge for at den totale samfunnsmessige effekten blir minst mulig eller i alle fall akseptabel når andre tilsvarende hensyn taes. For Tsjernobylulykken er dette kommet klart frem. Vi har i Norge fått et inntak av radioaktive stoffer som er kommet via Tsjernobylulykken og som på sikt vil forårsake teoretisk sett 20 kanskje 40 krefttiller over en 50 års periode, altså av samme størrelsesorden som den kosmiske strålingen fra verdensrommet forårsaker i Norge i et år. Man reduserer radioaktivitet i kjøttprodukter som f.eks. sau og reinsdyr for hundrevis av millioner kroner, samtidig utsetter vi oss selv for en betydelig eksponering bl.a. fra radon i våre boliger som vist på figur 26, noe som klart viser at det er behov for å prioritere risiko fra strålepåvirkninger på en måte som måleresultater vi har viser. Det kreves derfor betydelig opplysningsvirksomhet og kunnskapstilegnelse og det kreves innsats for å kunne bruke metodene for risikovurderinger fra strålemålinger til å avgjøre hvilke tiltak som bør settes i verk. For å kunne gjøre dette er forståelsen hos den alminnelig mann og spesielt hos politikerne og samfunnsledere vesentlig. Utan å øke kunnskapsgrunnlaget vil moderne metoder til å beskytte oss bli tilfeldig og ikke mest mulig effektiv ut fra de kunnskaper vi har.

Tsjernobylulykken forårsaket bekymring og engstelse muligens uten sidestykke i en fredstid i moderne tid. I denne forbindelse kan kanskje Tsjernobylulykken bli betraktet som den største psykologiske katastrofe i historien, men ikke som noen katastrofe på annen måte, hverken når det gjelder toksisk utslipp, tidlige dødsfall eller skader som følge av dette. Den viste imidlertid klart at kunnskap om stråling og radioaktivitet og spesielt om det naturlige strålemiljøet vi lever i er noe vi ikke kommer utenom og som bør være et av hovedelementene i beredskapen mot atomulykker i fremtiden

REFERANSER

Environment International Vol 14 No 2. 1988 Special issue:
Chernobyl Accident: Regional and Global Impacts.

UNSCEAR 1988 Report.

Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation.

The Chernobyl Accident and its Consequences.

United Kingdom Atomic Energy Authority. March 1987.

Impact of the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident on the
Federal Republic of Germany Recommendations of the Commission
on Radiological Protection

- Assessment, Limitation and Valuation

Gustav Fischer Verlag 1988

NOU 1986:19 Informasjonskriser.

NEA Activities in 1986 Fifteen Activity
Report of the OECD Nuclear Energy Agency

A.K.Guskova, N.M.Nadezhdina, A.V.Barabanova,

A.E.Baranov, I.A. Gusev, T.G.Prolasova,

V.B.Boduslavshy, V.N.Pokrovsky

Acute Radiation Effects after Chernobyl
NPP Accident: Immediate outcome of sickness

and the result of treatment. Presented at
Scientific conference Medicine Aspects of the
Chernobyl Accident. Kiev 11-13 May 1988.

Jarij Stscherbak: Protokolle einer Katastrophe
Athenaum 1988.

Carcinogen Risk Assessment

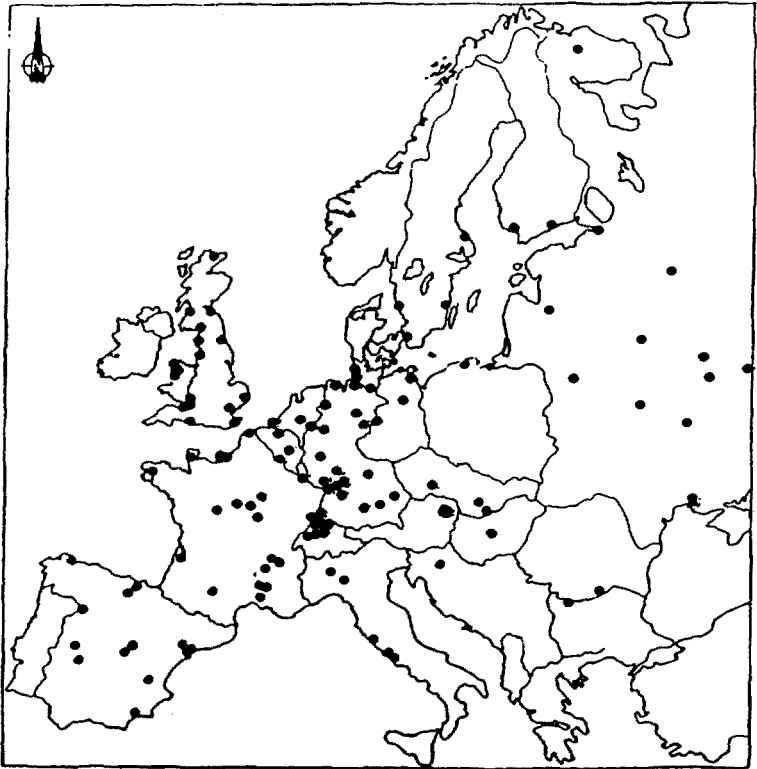
Ed Curtis C.Travis. Plenum Press 1988

Rolf Lingjerde: Kjernekraft - Statens Utvikling 1987/88.
IFF/KR/E/88/004

Terje Strand: Radon i vårt innemiljø og risiko
for lungekreft. Medisin og Helse (i trykk).

Lars Weiseth: Reactions in Norway to nuclear
fall-out from the Chernobyl disaster (pre print).

FIG. 1



**Kjernekraftverk Europa (hver prikk
representerer fra 1 til 4 reaktorer).**

(NOU 1987 : 13)

FIG. 2

KJERNEKRAFTVERK OG ELELEKTRISITETSPRØDUKSJØN

I NOEN LAND OG I VERDEN

1988

LAND	ANTALL REAKTORER	% AV EL PRØDUKSJØN	UNDER BYGGING
FRANKRIKE	53	69.8 %	10
SVERIGE	12	45.4 %	-
SVEITZ	5	38.3 %	-
ENGLAND	38	36.5 %	4
TYSKLAND	21	31.3 %	4
USSR	56	17.0 %	28
TOTALT I VERDEN	417	10 %	120

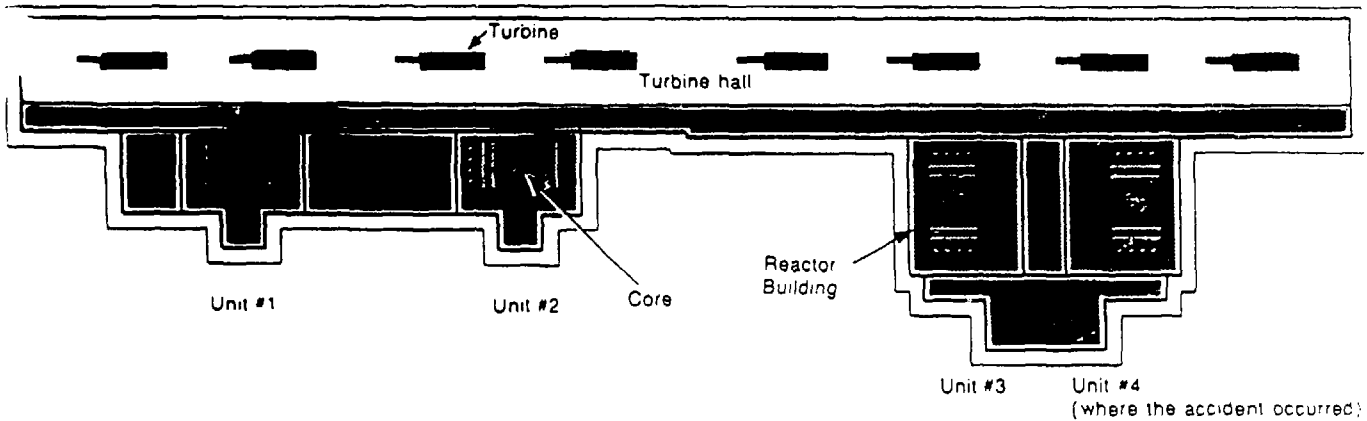
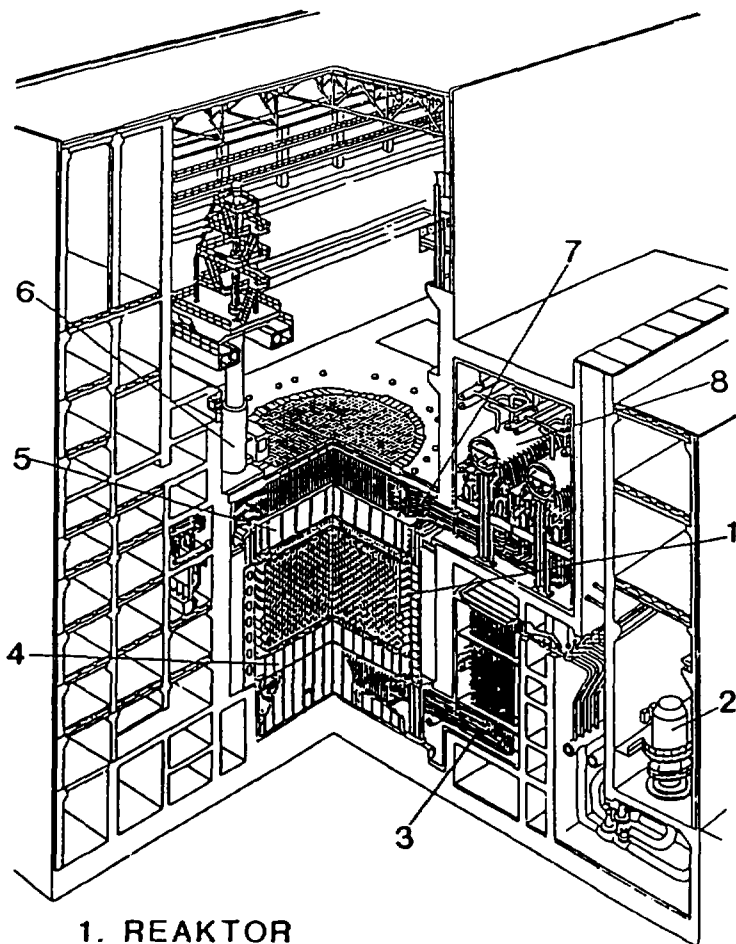


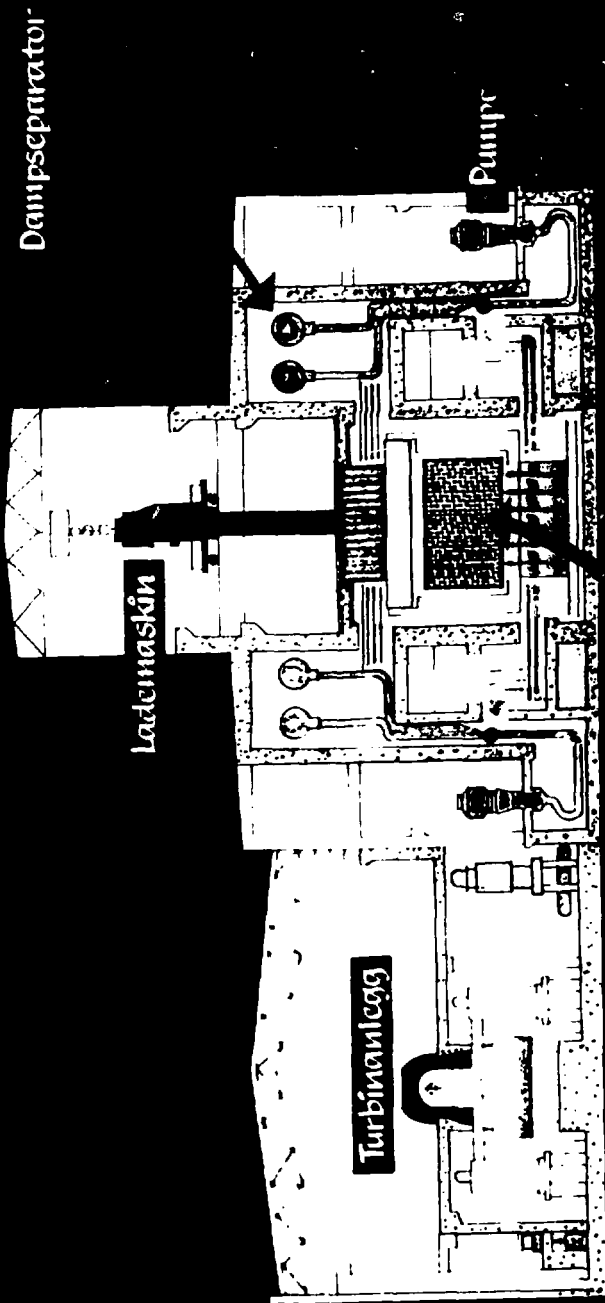
FIGURE 3. LAYOUT OF FOUR REACTOR UNITS

FIG. 4
CHERNOBYL TYPE REAKTOR
LETTVANNSKJØLT - GRAFITTMODERERT
1000 MWe



1. REAKTOR
2. HOVED SIRKULASJONSPUMPER
3. KJØLEVANN INN
4. FORSTØTNING AV KJERNEN
5. BESKYTTELSE MOT STRÅLING
6. BRENSELS LADEMASKIN
7. KJØLEVANN UT
8. DAMPGENERATORER

FIG. 5



Reaktor-kjerne

FIG. 6

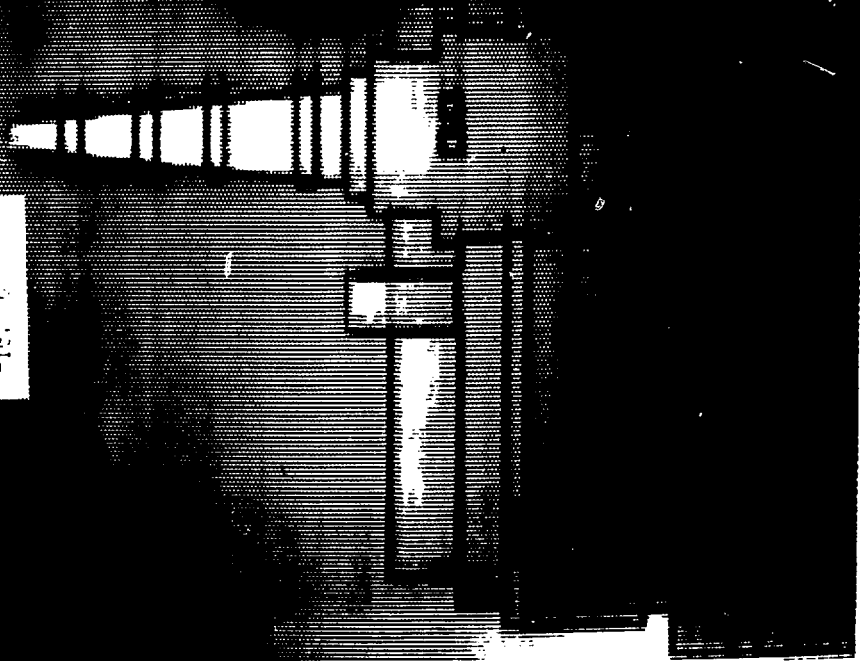
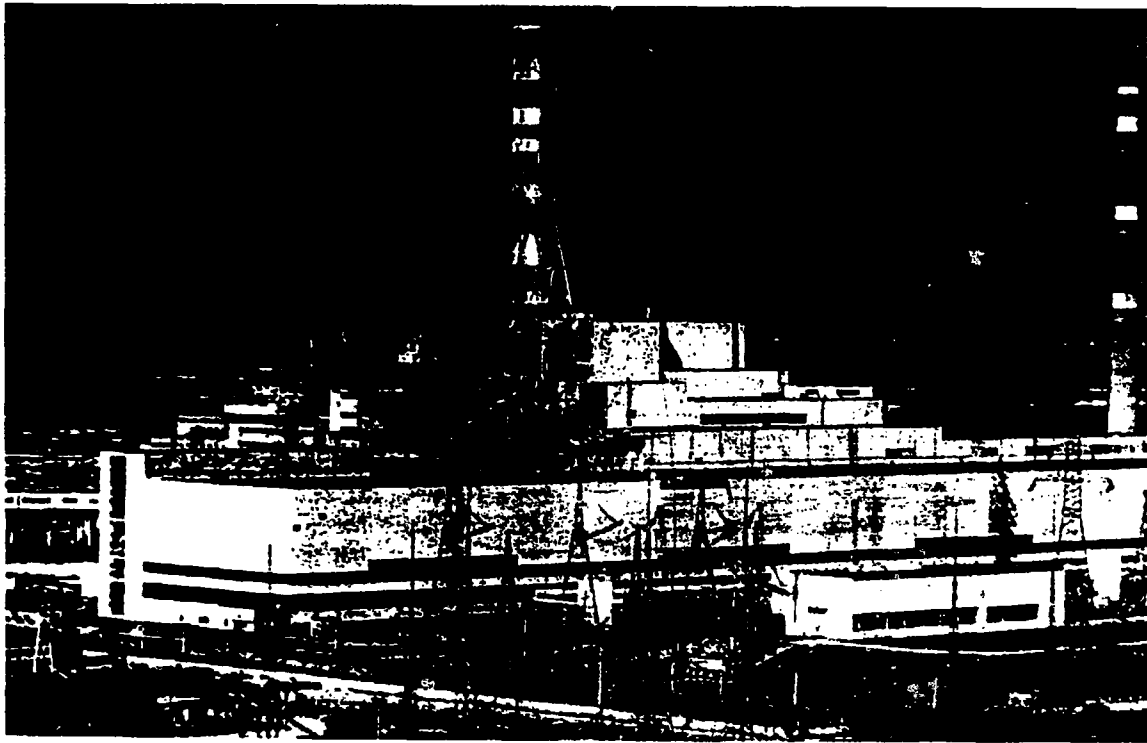


FIG. 7



FIG. 8



The Chernobyl plant suffered extensive damage during the most serious accident ever to occur at a nuclear plant.

FIG. 9

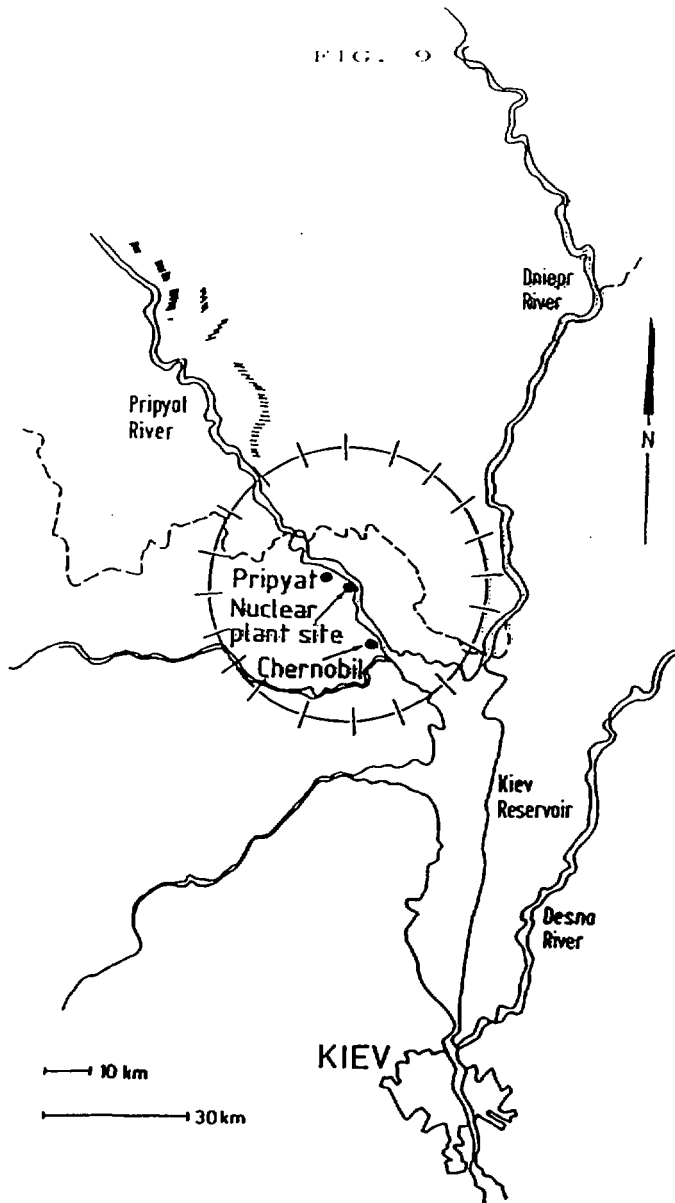
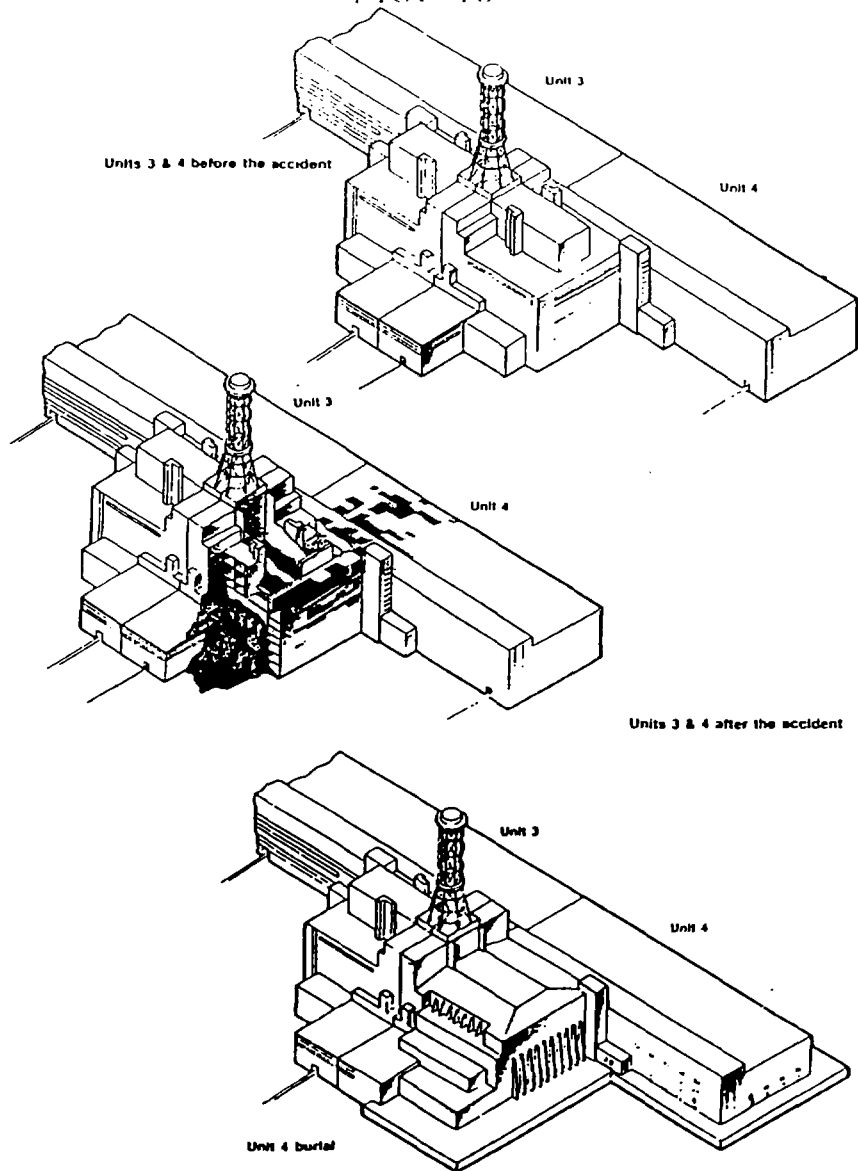


Fig. 9 Lokal-området rundt Tsjernobyl-anlegget.

FIG. 10



DAMAGE FROM THE ACCIDENT

FIG. 11

RADIOAKTIVITET I REAKTOREN

TOTALT ~ $4 \cdot 10^{19}$ BQ

UTSLIPP

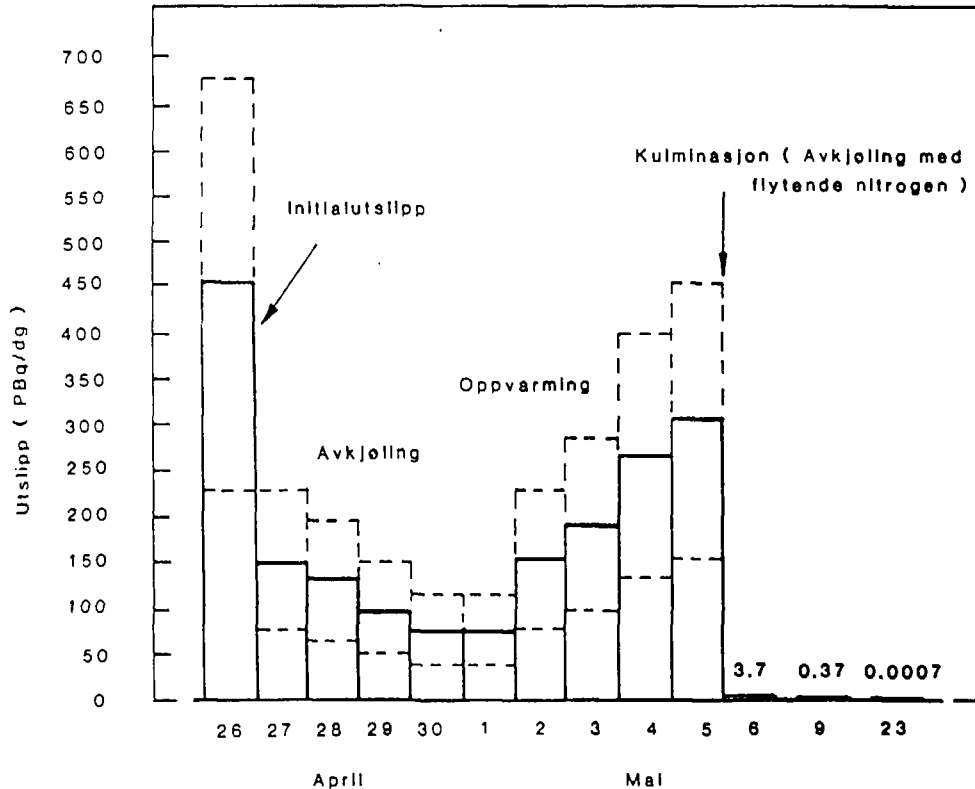
ELEMENT	HALVERINGSTID	I REAKTOR	PROSENT FRIGITT
I^{131}	8.04 D	1.310^{18} BQ	20 %
TE^{132}	3.26 D	0.3210^{18} BQ	15 %
CS^{134}	2.06 ÅR	0.1910^{19} BQ	10 %
CS^{137}	30.0 ÅR	0.2910^{19} BQ	13 %

ANDRE FISJONSFRAGMENTER

30 %

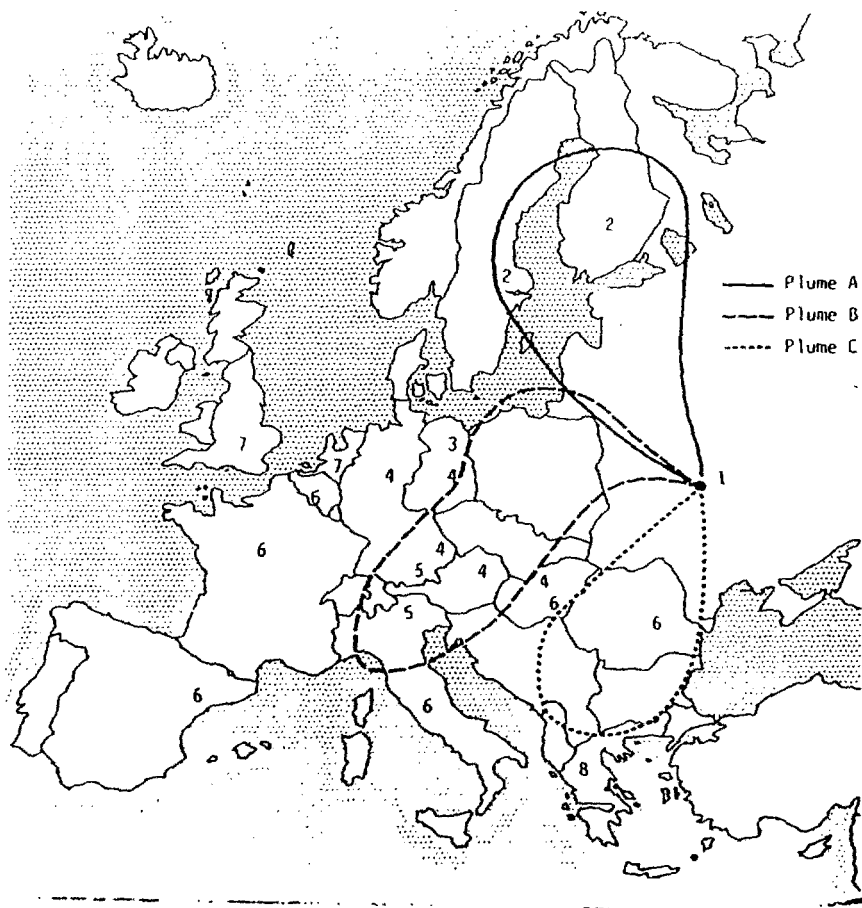
TOTAL VEKT AV CS FRIGITT 32 KG

FIG. 12



DAGLIGE UTSLIPP AV RADIOAKTIVITET TIL ATMOSFÆREN
 FRA DEN HAVARERTE TSJERNOBYL REAKTOREN
 (ikke medregnet edelgasser)

FIG. 13



SPREDNING AV DE RADIOAKTIVE STOFFENE
OVER DE 10 DAGENE UTSLIPPET PÅGIKK

ICRP - 40
PRINSIPPENE FOR STRÅLEVERN I
BEREDSKAPSPLANER

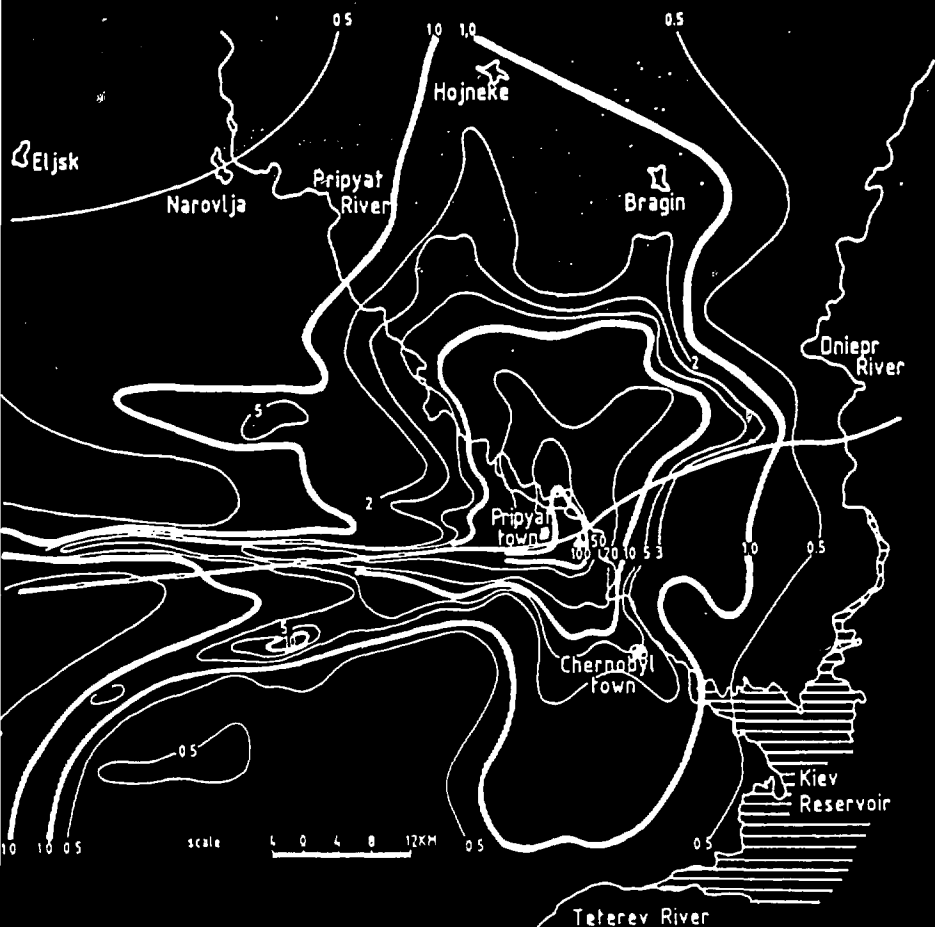
TILTAK

- A. **MOTTILTAK SKAL SETTES I VERK SLIK AT IKKE-STOKASTISKE STRÅLEEFFEKTER UNNGÅS**

- B. **BEGRENSNING AV RISIKO FOR IKKE-STOKASTISKE EFFEKTER HOS DEN ENKELTE ARBEIDSTAGER**

- C. **DE GENERELLE TILFELLER AV STOKASTISKE EFFEKTER SKAL BEGRENSES SÅ LANGT SOM MULIG VED Å REDUSERE DEN KOLLEKTIVE DOSEEKVIVALENT**

TSJERNOBYL :	DOSĚGRENSE FOR EVAKUERING	250 MSV
	: DOSEGRENSE FOR 1. ÅRET	250 MSV
	: DOSEGRENSE FOR 2. ÅRET	50 MSV



Samma - felt fordeling, mR/t, rundt Tsjernobyl, 29. mai 1986.

Markeringene 1,10 og 100 mR/t tilvarer
0,15, 1,5 og 15 mSv/dag.

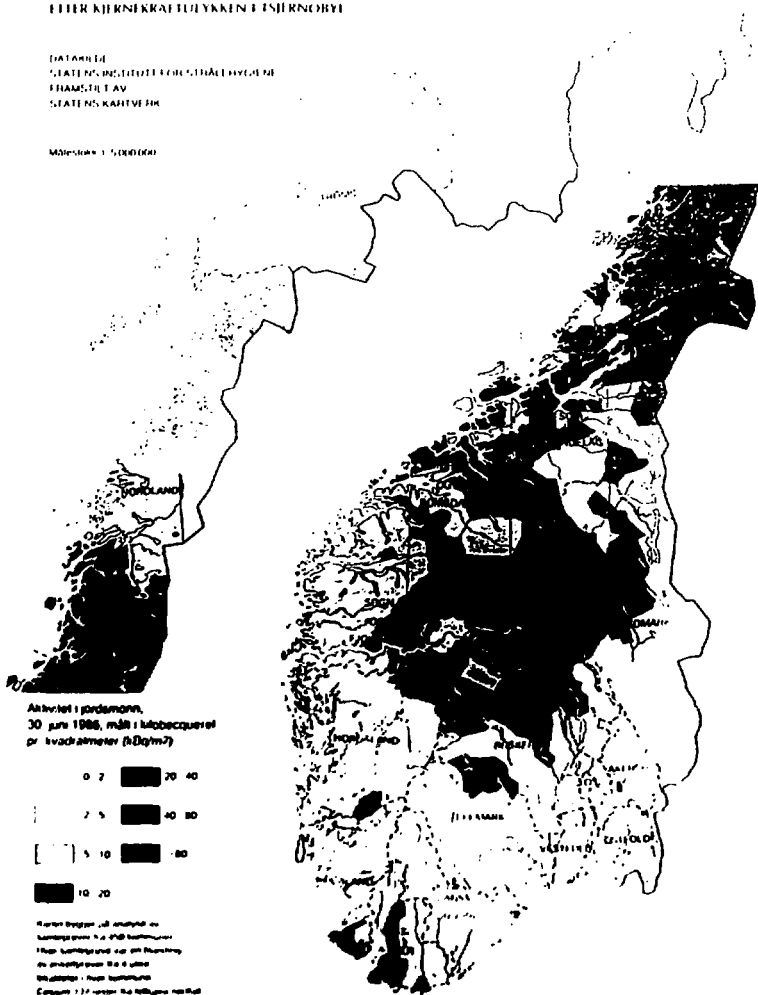
Ref. Sovjetisk materiale til IAEA.

RADIOAKTIVT NEDFALL

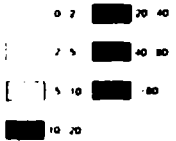
NEDFALLSMØNSTER FOR CESIUM-134 OG CESIUM-137
ETTER KJERNKRAFTULYKKEN I Tsjernobyl

DATABLAD
STATENS INSTITUTE FOR STRÅLEFYSIK
FRAMSTILT AV
STATENS KARTVERK

MAKSIMAL 1:500 000



Aktivitet i jordmasser,
30 juni 1986, målt i kilobecquerel
pr kvadrattmeter (Bq/m²)



Kartet bygger på målinger av
kjerneaktivitet i 2 700 jordmasser.
I disse jordmassene er det funnet
et gjennomsnittlig nivå på 10 Bq/m².
Størrelsen i prosent indikerer
omfanget i 1:500 000 av de radioaktive nedfallet
i Norge.

FIGURE 17

Figure 4. AVERAGE VALUES OF THE TOTAL DEPOSITION OF IODINE-131 FOLLOWING THE ACCIDENT (kBq/m²)

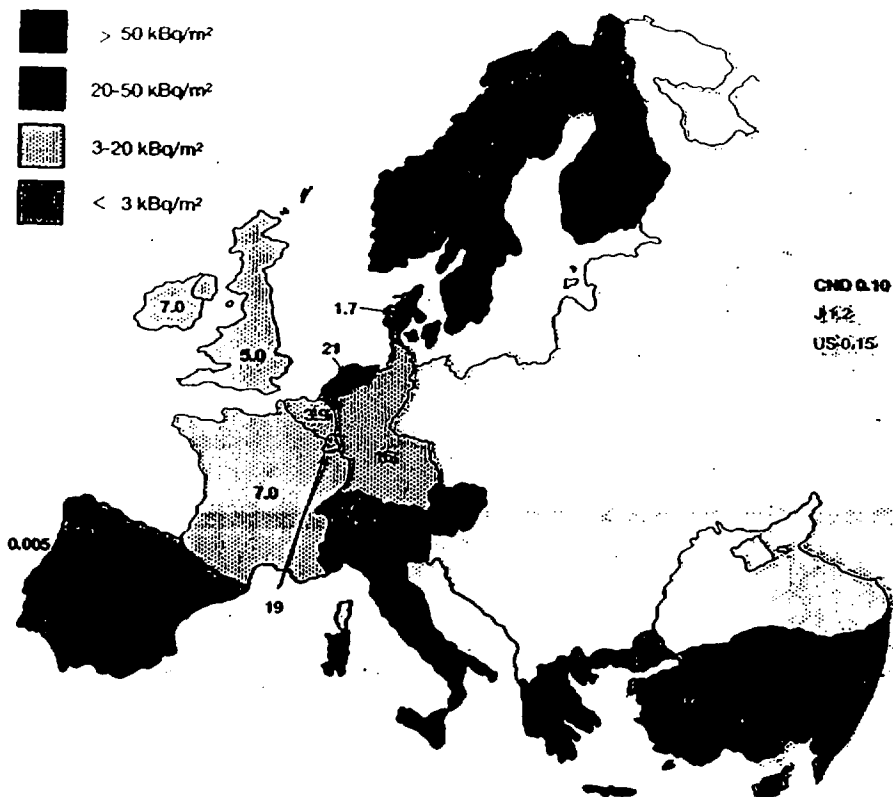


FIG. 18

DE STRÅLESKADE KUNNE KLASSIFISERES I GRUPPER
ETTER STRÅLEDOSEN TIL BENMARGEN

GRUPPE	STRÅLEDOSE	ANTALL	DØDE
1	800 - 2000 MGY	173	0
2	2000 - 4000 MGY	43	1
3	4000 - 6300 MGY	21	7
4	8000 - 16000 MGY	20	19

FIG. 19

MIDLERE INDIVIDUELLE DOSER DET FØRSTE ÅRET
OG OVER 50 ÅR FRA TSJERNOBYLNEDEFALLET

POPULASJON	FØRSTE ÅRS DOSE		50 ÅRS DOSE	
	MSV	% AV DOSEN FRA NATURLIG STRÅLING	MSV	% AV DOSEN FRA NATURLIG STRÅLING
EVAKUERT	120	8000	126	126
EUROPEISK USSR	3.3	170	6.1	6.1
EUROPA UTENOM USSR	0.64	3.2	1.2	1.2
ASIA UTENOM USSR	0.0076	0.38	0.014	0.014
NORD AMERIKA	0.0064	0.12	0.005	0.005
MIDLERE NATURLIG STRÅLEDOSE	2		100	

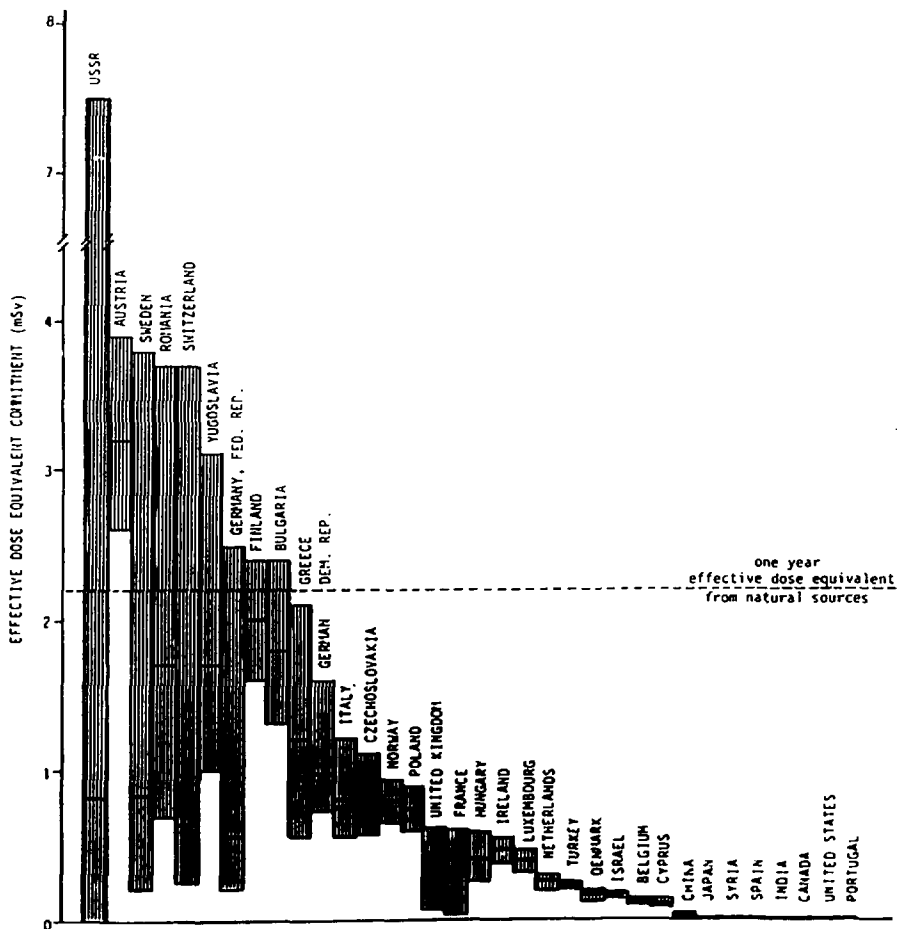


Figure XIII.

Range and country average of effective dose equivalent commitments from the Chernobyl accident.

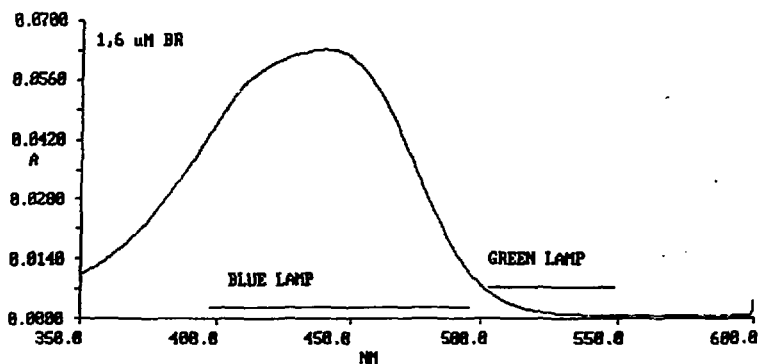
FIG. 21

UBEHAGELIGE TANKER / FØLELSER

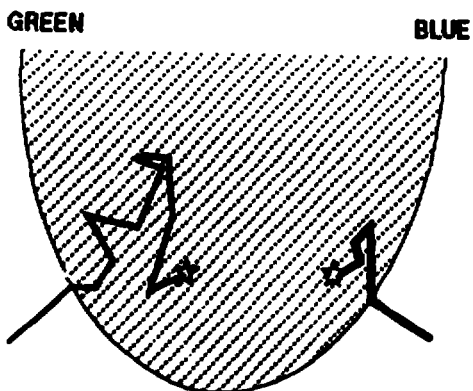
N = 998

21. MAI - 3. JUNI 1986

	NORGE	SVERIGE	DANMARK
MEGET UBEHAGELIGE	20 %	38 %	36 %
NDE UBEHAGELIGE	55 %	49 %	42 %
IKKE I DET HELE TATT	21 %	18 %	15 %
UBESTENT	4 %	1 %	6 %



Figur 11. Absorbsjonspekteret til bilirubin med antydning av hovedtoppen til de to lampene.



Figur 12. Illustrasjon av transmisjonen av grønt og blått lys i en celleduspensjon med høy bilirubinkonsentrasjon.

FIG. 23

SAMMENLIKNING MELLOM KJERNEFYSISKE BOMBEPRØVER I 1962
TSJERNOBYL- OG BOPAHLULYKKEN

KJERNE FYSISKE PRØVER I 1962	UTSLIPP		RAPPORTERTE
	MENGDE	LD ₅₀ -DOSER	DØDSFALL D SKADEDE S EVAKUERTE E
CS-137	4.510 ¹⁷ BQ	1.310 ⁹	0 D
I -131	3.210 ²⁰ "	2.410 ¹⁰ "	0 S
TSJERNOBYL 1986			31 D
CS-137	8.910 ¹⁶ BQ	2.510 ⁸	203 S
I -131	1.710 ¹⁸ "	1.310 ⁸	116000 E
BOPAHL 1984			2346 D
METHYLISOCYANAT	~3010 ⁶ G	2.310 ⁵	40000 S
			230000 E

LD₅₀ DOSE SVARER TIL 50 % DØDELIGHET

DEN KOLLEKTIVE DOSEN I NORGE

4.2 MILL

KILDE	1 ÅRET	I 50 ÅR
TSJERNOBYL	1260 MANSV	3300 MANSV
KOSMISK	1400 "	730000 "
INTERN	2100 "	105000 "
EKSTERN	2500 "	125000 "
MEDISINSK	2500 "	125000 "
RADON	16000 "	840000 "
TOTAL	25500 MANSV	1270000 MANSV

TSJERNOBYLULYKKENS BIDRAG TIL KOLLEKTIVDOSEN I NORGE

ETTER 1. ÅRET

CA. 5 %

ETTER 50 ÅR

CA. 0.4 %

FIG. 26

