

**Annalen
van
de Belgische Vereniging
voor
Stralingsbescherming**

Gemeenschappelijk
nummer met

Numéro commun
avec

**De Nederlandse Vereniging
voor
Stralingshygiëne**

Vol.1 N° 2

Driemaandelijkse
uitgave

1976

Publication
trimestrielle

**Annales
de
l'Association Belge
de
Radioprotection**

Hoofdredacteur

Prof. Dr. O. SEGAERT

Rédacteur en Chef

Redactiesecretariaat

Mme Cl. STIEVENART

Secrétaire de Rédaction

Juliette Wytsmanstraat 14

14 rue Juliette Wytsman

1050

BRUSSEL

1050

BRUXELLES

INHOUD

SOMMAIRE

W. VINCK :	
Overwegingen betreffende het risico bij reactor ongevallen	139
J. BAAS :	
Alarmregelingen over nucleaire installaties in Nederland	163
G. FIEUW :	
Interventieplan ingeval van nucleaire ongevallen	177
W. CARPAIJ :	
Medische aspecten bij de verzorging van bestraalde personen bij nucleaire ongevallen	189

OVERWEGINGEN BETREFFENDE HET RISICO BIJ REACTOR-ONGEVALLLEN

W. VINCK

Diensthooft veiligheid nukleaire installaties bij de
Commissie Europese Gemeenschappen (C.E.G.)

5 maart 1976

SAMENVATTING

Dit expose beperkt er zich toe eerst enkele gegevens en overwegingen naar voor te brengen die niet noodzakelijkerwijze allen direkt aansluiten bij het hoofd-thema van de dag, i.e. "Interventie bij en na ongevallen in kern centrales", maar die niettemin een inbreng (input) kunnen worden op middellange termijn. Anderzijds heb ik toch een poging gedaan enkele gegevens naar voor te brengen die wel m.i. een direkte inbreng (input) zijn voor de interventieplanning, maar die dan weer enigszins buiten het formele thema van mijn expose vallen. Ik hoop dat het compromis niet te verwarrende resultaten zal op leveren.

Aangezien mijn hoofdervaring slaat op de technologische aspecten van ongevalsanalyse en geenszins op meteorologische en radiobiologische overwegingen, zal ik mij aanzienlijk beperken wat dit laatste punt betreft.

Het is evenwel zo dat voor de discussies die we vandaag zullen hebben een strenge kompartimentering niet mogelijk is. Ik zal achtereenvolgens de volgende beschouwingen en gegevens naar voor brengen:

1. de betekenis van waarschijnlijkheids analyses die moeten leiden tot risicobepaling;
2. een vergelijking van nukleaire risico bij ongevalssituaties met de risico's van andere activiteiten in een moderne maatschappij;
3. variaties in "ongevals-belasting" voor de omgeving;
4. de huidig toegepaste praktijken bij ongevals evaluatie - technische implicaties bij interventieplanning;
5. enkele vergelijkselementen van de mogelijke gevolgen van het ernstigste ongeval in een D.W.R. bij recente studies.

BELANGRIJKSTE REFERENTIE MATERIAAL

1. WASH-1400 Reactor Safety Study ; An assessment of Accident Risks in US Commercial nuclear power plants (draft 1975).
2. WASH-1400 Revision ; Executive summary - October 1975.
3. WASH-1400 Revision ; Main report - October 1975.
4. Social Values in risk acceptance ; H.J.OTWAY, P. PAHNER, J.LINNEROOTH - November 1975.
5. Rapport Gezondheidsraad; Kerncentrales en Volksgezondheid - September 1975 (Rapport Commissie Kernenergie 3.500 MW).
6. Risico-Analyse van de Splijtstofcyclus in Nederland (RASIN) - Juni 1975.
7. Veiligheidsstudies - Doel 1 en 2 (1972).
8. Swedish Urban siting study.
9. Comparison of the draft of the US Reactor Safety study and the Swedish Urban study; J. BENTO, T. MANKAMU, S. VUORI S-483

1. DE BETEKENIS VAN WAARSCHIJNLIJKHEIDSANALYSES DIE MOETEN LEIDEN TOT RISICOBEPALING

Risicooverwegingen zijn reeds sedert enkele jaren naar voregebracht in verband met de veiligheids en gezondheidsproblemen voor nukleaire energie. Het is bijna overbodig te herhalen in welke mate R. FARMER een pionier is geweest sedert 1968 ongeveer.

Het is echter vooral sedert de afgelopen twee jaar dat aanzienlijke pogingen in het werk gesteld zijn om te komen tot een nog meer kwantitatieve raming van de risico's verbonden aan het vreedzaam gebruik van kernenergie en het vergelijken hiervan met andere risico's, waar- aan de mens in een industrieel ontwikkelde maatschappij onderhevig is.

Zulke studies die grotendeels zijn gebaseerd op waarschijnlijkheids- methodes, hebben soms uitsluitend betrekking op de risico's voort- vloeiende uit het voorkomen van ongevallen in kerncentrales (BWR en PWR) : dat is b.v. het geval met de studie WASH-1400 en de "Swedish urban siting study". Soms hebben zij zowel betrekking op de risico's die voortvloeien uit de normale exploitatie als die welke voortvloeien uit accidentele omstandigheden en omvatten niet alleen de kerncentra- les, maar ook bepaalde onderdelen van de splijtstofcyclus : dit is met name het geval met studies die in 1975 in Nederland zijn verricht zoals de "Risicoanalyse van de splijtstofcyclus in Nederland (RASIN)" en het rapport "Kerncentrales en Volksgezondheid".

Deze kwantitatieve ramingen verschaffen weliswaar interessante en waardevolle indicaties over de onderling vergelijkbare risico's maar noodzaken m.i. evenwel tot een grote voorzichtigheid ten aanzien van de interpretaties en toepassingen van de gebruikte en verkregen kwantitatieve gegevens. Deze analysemethodes bieden veel mogelijk- heden maar ook veel beperkingen.

Ten aanzien van de toepassing van dit soort analyse en de resultaten hiervan zal men waarschijnlijk op korte termijn effecten kunnen vast- stellen op de volgende gebieden :

- optimalisatie van de projecten voor wat betreft de redundantie, de scheiding en de diversiteit van de uitrustingen (vitale uitrustin- gen, nooduitrustingen in het bijzonder),
- optimalisatie van de exploitatievoorwaarden in het bijzonder op het gebied van inspectie en beproeving,
- betere appreciatie van het belang betreffende bepaalde systemen en componenten en de vaststelling van prioriteiten op het gebied van onderzoeken.

Op middellange en lange termijn zullen de resultaten van deze stu- dies waarschijnlijk hun invloed doen gelden op de technische aspek- ten van de vergunningsprocedures b.v. : opneming van nieuwe eisen inzake redundanties van uitrustingen in de voorschriften, opneming van bepaalde gegevens in de gebruiken of criteria inzake vestigings- plaatsen, opneming van nieuwe eisen voor kwaliteitsgaranties voor bepaalde vitale of nooduitrustingen, enz., en - ik werp hier reeds de vraag op - in interventie planning, bij ernstig ongeval.

Bij de toekomstige verfijning van de studies van dit type zal het accent ongetwijfeld liggen op de volgende moeilijke problemen :

- de invloed van de "menselijke fout" bij het concept, de fabricage en de montage, de kwaliteitsgarantie en -controle, de exploitatie, onderhoud en reparatie, inspectie en periodieke beproeving van de uitrusting,
- het gemeenschappelijk falen ("common mode failure") van verschillende componenten of systemen door een enkele oorzaak van interne oorsprong (b.v. brand, corrosie gemeenschappelijke fout van een type apparatuur) of van externe oorsprong (b.v.: neerstorten vliegtuigen, explosies, kwaadwillige handelingen).

Bovendien moet de ontwikkeling van waarschijnlijkheidsstudies, om juist te blijven, worden aangevuld met betere statistische gegevens op het gebied van cijfers betreffende het falen van uitrusting in het bijzonder de mechanische en elektromechanische componenten en constructies waarvan slechts enkele exemplaren bestaan of die in kleine series worden gefabriceerd.

2. NUKLEAIRE RISICO'S BIJ ONGEVALSSITUATIES IN VERGELIJKING MET ANDERE ACTIVITEITEN

2.1. De houding van de maatschappij ten opzichte van risico's in het algemeen

Op grond van de mogelijkheden en beperkingen van de methodes inzake waarschijnlijkheidsanalyses die ik voordien vermeldde, stelt zich de vraag hoe het, grosso modo, is gesteld met het risico van de produktie van kernenergie ten opzichte van andere risico's waaraan een industrieel ontwikkelde maatschappij blootstaat ? Hierbij dient allereerst te worden opgemerkt dat bij deze gelegenheid slechts fragmentarische en partiële gegevens, kunnen geboden worden. Het blijkt ook moeilijk de technologische aspecten en de aspecten betreffende stralingsbescherming streng van elkaar te scheiden, aangezien ze in de waarschijnlijkheidsanalyses in logisch verband en koppeling met elkaar staan.

In de eerste plaats, op welke wijze verwerkt de maatschappij de facto de risico's die voortvloeien uit verschillende activiteiten onder normale levensomstandigheden ? Een kans op dodelijke afloop van 10^{-3} per persoon (individueel risico) per jaar wordt over het algemeen als uitzonderlijk beschouwd en houdt in dat maatregelen moeten worden genomen om dit te verminderen. Bij een risico van 10^{-4} per persoon per jaar, is de maatschappij bereid om verschillende middelen (over het algemeen overheidsmiddelen) aan te wenden ten einde de oorzaken weg te nemen of de gevolgen hiervan te verminderen (b.v. : verkeerslichten ter regeling van het wegverkeer, preventieve waarschuwingen, politie, brandbestrijdingsmaatregelen, enz.). Bij een risico van minder dan 10^{-5} per persoon per jaar constateert men een individualisering en deze risico's worden over het algemeen tegengegaan door individuele waarschuwingen (b.v.: hantering van vuurwapens, elektrocutering, enz.). Risico's van minder dan 10^{-6} worden niet meer als ./...

zorgwekkend beschouwd en over het algemeen als zodanig aanvaard.

Het is van belang deze cijfers te onthouden zowel voor de beoordeling van de risico's onder ongevalsomstandigheden (ten andere ook bij normale exploitatie).

2.2. Risico's onder ongevalsomstandigheden

Welke risico's doen zich voor onder ongevalsomstandigheden in kerncentrales (van het type LWR met inbegrip van ramp-condities), waarbij rekening wordt gehouden met de huidige situatie in de Verenigde Staten (ref. : WASH-1400, ref. 1).

Hoe zijn deze risico's te vergelijken met andere risico's die voortvloeien uit andere menselijke activiteiten of uit natuurverschijnselen waaraan de maatschappij is blootgesteld ?

TABEL 1

Gemiddeld risico op ongevallen met onmiddellijke dodelijke afloop door verschillende oorzaken (Verenigde Staten) ; Ref. 2 (statistieken voor 1969)

Type ongeval	Individueel risico per jaar		
Motorvoertuig	$2,5 \cdot 10^{-4}$	1 in	4.000
Vallen	10^{-4}	1 in	10.000
Branden en brandende stoffen	$4 \cdot 10^{-5}$	1 in	25.000
Verdrinking	$3,3 \cdot 10^{-5}$	1 in	30.000
Vuurwapens	10^{-5}	1 in	100.000
Vergiftiging(1)			
a) door vaste en vloeistoffen	10^{-5}	1 in	100.000
b) door gassen en dampen	$8 \cdot 10^{-6}$	1 in	125.000
Luchtverkeer	10^{-5}	1 in	100.000
Vallende voorwerpen	$6 \cdot 10^{-6}$	1 in	160.000
Elektrocuterings	$6 \cdot 10^{-6}$	1 in	160.000
Blikseminslag	$8 \cdot 10^{-7}$	1 in	1.200.000
Tornado's	$4 \cdot 10^{-7}$	1 in	2.500.000
Stormen	$4 \cdot 10^{-7}$	1 in	2.500.000
Alle ongevallen	$6 \cdot 10^{-4}$	1 in	1.600
Kernreactor (100 centrales)	$2 \cdot 10^{-10}$	1 in	5.000.000.000
			(NB. 1 op 300.000.000 = $3 \cdot 10^{-9}$ in de eerste versie van WASH-1400)

(1) Ref. 4

Deze cijfers vereisen de volgende opmerkingen :

- 1) terwijl de cijfers betreffende de conventionele risico's voortvloeien uit statistische gegevens, zijn de cijfers voor het nucleaire risico afgeleid uit de genoemde waarschijnlijkheidsstudie (bij gebrek aan statistische gegevens van ongevallen) ;
- 2) het cijfer van $2 \cdot 10^{-10}$ voor kernreactoren omvat de bevolking van Verenigde Staten in de omgeving van 100 centrales op 68 vestigingsplaatsen waarvan de exploitatie in 1980 is voorzien (i.e. ongeveer 15 miljoen) ;
- 3) in de eerste versie van het rapport WASH-1400 was het individuele onmiddellijke doodsrisico gevalueerd op $3 \cdot 10^{-9}$ en sloeg op dezelfde bevolking (15 miljoen). Het onderscheid volgt uit het raffinement van de nieuwe analyse (het is per toeval dat het individuele risico uitgedrukt voor de gehele bevolking der USA (200 miljoen), in dit geval, ook het cijfer $2 \cdot 10^{-10}$ oplevert).

TABEL 2

Jaarlijkse risico's (bij benadering) als gevolg van potentiële ongevallen in kerncentrales (100 centrales in de USA) (Ref. 3)

Gevolgen	Gemeenschap	Individueel
Met plotselinge dodelijke afloop (a)	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-10}$
Plotseling optredende ziekte (a)	$2 \cdot 10^{-1}$	10^{-8}
Verlaat optredende kanker (b)	$7 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-10}$
	2 in totaal (+)	
Schade aan de schildklier (b)	$7 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-9}$
	20 in totaal	
Genetische effecten (c)	10^{-2}	$7 \cdot 10^{-11}$

(+) aangenomen optredende over 30 jaar.

NB. Het individuele risico is gelijk aan het risico voor de bedoelde gemeenschap, gedeeld voor :

(a) de 15 miljoen inwoners in de omgeving van de centrales

(b) de 200 miljoen inwoners der USA over een periode van 30 jaar na het potentiële ongeval

(c) de 200 miljoen inwoners der USA over de eerste generatie.

4. De meeste van deze cijfers zijn omgeven met onzekerheden, zowel ten aanzien van de waarschijnlijkheid als ten aanzien van de gevolgen hiervan. Voor de nukleaire cijfers, vertegenwoordigen deze onzekerheden factoren in de orde van grootte van $1/4$ tot 4 betreffende de consequenties en $1/5$ tot 5 met betrekking tot de waarschijnlijkheid. Dit wens ik in het bijzonder te onderstrepen.
5. Verlaat optredende kanker veroorzaakt niet noodzakelijk de dood; de schade aan de schildklier kan medisch worden behandeld en is in 90 % van de gevallen van een goedaardig karakter.
6. De vergelijking geldt uitsluitend voor de effecten met dodelijke gevolgen. Ter indicatie zij vermeld dat het individueel globaal risico van verwondingen of ziekten ten gevolge van conventionele ongevallen ligt in de orde van grootte van $2 \cdot 10^{-2}$ per jaar.
7. Het aantal extra gevallen van verlate effecten van kanker en genetische effecten zou gemaskeerd zijn door het gewoonlijk reeds optredende aantal van deze gevallen.

Ik kan de meest recente resultaten van de studie WASH-1400 bij zeer grove benadering extrapoleren op de voorzienbare situatie in België tot 1985. Dit geeft het volgende resultaat :

Verenigde Staten (ref. : WASH-1400 - herzien
aantal centrales : 100
bevolking : 15 miljoen in omgeving centrales
200 miljoen totaal

Globaal risico (jaarlijks) (d.w.z. onmiddellijk en
dodelijke afloop vertraagd gezamenlijk,
veronderstellende dat alle
verlate effecten de dood
tot gevolg hebben)

$$= 3 \cdot 10^{-3} + 7 \cdot 10^{-2} = 7 \cdot 10^{-2}$$

schade aan de schildklier (zonder medicatie)

$$= 7 \cdot 10^{-1}$$

Genetische effecten = 10^{-2}

België

aantal centrales : 10
bevolking : ongeveer 10 miljoen (in de
omgeving centrales en totaal)

Globaal risico (jaarlijks)
dodelijke afloop

$$= \text{ongeveer } 7 \cdot 10^{-3} \quad (\text{individueel} = 7 \cdot 10^{-10})$$

schade aan de schildklier

$$= 7 \cdot 10^{-2} \quad (\text{individueel} = 7 \cdot 10^{-9})$$

Genetische effecten = 10^{-3} (individueel = $3 \cdot 10^{-10}$)

Men kan hieruit besluiten :

- 1° het globaal risico met dodelijke afloop (d.w.z. onmiddellijk en verlaat gezamenlijk) ligt een factor van ongeveer 10.000 tot 100.000 beneden het risico met onmiddellijke dodelijke afloop afkomstig van een aantal conventionele activiteiten (b.v.: luchtverkeer, motorvoertuigverkeer).
- 2° De orde van grootte van deze individuele risico's ligt ruimschoots beneden de waarde van 10^{-6} (individueel risico per jaar) van waaraf er over het algemeen geen reden is om speciaal bezorgd te zijn.

Ter illustratie kunnen deze beschouwingen worden gezien onder een enigszins verschillend gezichtspunt en summier worden vergeleken met de resultaten die zijn verkregen bij de soortgelijke studies die zijn verricht in Nederland (voor een geïnstalleerd vermogen van 3.500 Mwe of 5 centrales) (Ref. 5 en 6).

TABEL 3

Waarschijnlijkheid van een ongeval : reactor waarvan de kern smelt (meest ernstige hypothese) (waarschijnlijkheid per reactor-jaar)	WASH-1400	Studies Nederland
1) Met als gevolg minder dan 1 onmiddellijk sterfgeval in de omgeving	$5 \cdot 10^{-5}$	$1.5 \cdot 10^{-5}$
2) Met als gevolg >10 onmiddellijke sterfgevallen in de omgeving	$3 \cdot 10^{-7}$	$10^{-6} - 10^{-5}$
3) Met als gevolg >100 onmiddellijke sterfgevallen in de omgeving	10^{-7}	$10^{-7} - 10^{-6}$
4) Met als gevolg >1000 onmiddellijke sterfgevallen in de omgeving	10^{-8}	$10^{-7} - 10^{-6}$

Er moet op worden gewezen dat in de Nederlandse studies een beperkte evacuatie is voorzien binnen een straal van 1,5 km rondom de centrale (althans in de studie gezondheidsraad), terwijl in de Amerikaanse studie een evacuatie op grotere schaal is voorzien.

Omgezet in ongeveer 10 centrales, ziet de situatie grofweg er als volgt uit :

TABEL 4

Waarschijnlijkheid van een ongeval reactor waarvan de kern smelt (waarschijnlijkheid per reactor-jaar	
- Met als gevolg >10 onmiddellijke sterfgevallen in de omgeving	$10^{-5} - 10^{-4}$
- Met als gevolg >100 onmiddellijke sterfgevallen in de omgeving	$10^{-6} - 10^{-5}$
- Met als gevolg >1000 onmiddellijke sterfgevallen in de omgeving	ongeveer 10^{-7}

Men kan deze cijfers vergelijken (ref. : Nederlandse studies) met bepaalde conventionele gevaarlijke voorvallen :

TABEL 5

Waarschijnlijk van een breuk van een chloorreservoir met als gevolg >100 onmiddellijke sterfgevallen	$1,5 \cdot 10^{-2}$ /jaar
Waarschijnlijkheid van het neerstorten van een vliegtuig op een menigte met als gevolg >100 onmiddellijke sterfgevallen	$1,2 \cdot 10^{-2}$ /jaar
Waarschijnlijkheid van een overstromingsramp <u>na</u> de Delta-werken (enkele honderdtallen doden)	1 - $2,5 \cdot 10^{-4}$ /j.

./...

3. VARIATIES IN ONGEVALS "BELASTINGS POTENTIEEL" VOOR DE OMGEVING

De meesten onder U is het advies van de Commissie Reactor veiligheid in Nederland wel bekend.

Het volstaat hier slechts één der belangrijkste conclusieve gegevens naar voor te brengen uit WASH-1400 afgeleid.

TABEL 6

Bij ongeval vrijkomende radioactiviteit afhankelijk van de kans van optreden					
In de atmosfeer vrijkomende activiteit in 1000 curie	Kans in 10^{-6} per jaar				
	<u>smelten van kern</u>			<u>geen smelten</u>	
	1 X	15 X	60 X	100 X	400 X
Edelgassen	250.000	120.000	900	110	30
Jodium	250.000	15.000	5	0,15	0,012
Cesium, rubidium	5.500	400	0,1	-	-
Tellurium	60.000	5.600	2	-	-
Strontium, barium	19.000	1.300	0,3	-	-
Ruthenium	10.000	1.300	0,3	-	-
Overigen	5.000	700	0,3	-	-

Verder citeer ik de samengevatte conclusies :

De Commissie komt tot de conclusie dat de resultaten van de RASMUSSENstudie, betrekking hebbende op het smelten van de reactor-kern en als extreme ongevallen aangeduid, zijn samen te vatten in een drietal representatieve lozingscategoriën, met ieder een andere waarschijnlijkheid van optreden.

Over de betrouwbaarheid van de gepresenteerde gegevens wordt gesteld dat, wat de kansen van optreden betreft, die een factor drie kunnen afwijken. Ten aanzien van de geloosde hoeveelheden is de betrouwbaarheid het grootst voor de gegeven hoeveelheden voor de edelgassen en jodium voor andere nucliden kunnen zij zeker een factor twee variëren.

De resultaten van deze ongevalsstudie (samengevat in tabel 6) werden door de gezondheidsraad Commissie gebruikt voor een analyse van de gevolgen voor de bevolking.

4. HUIDIGE TOEGEPASTE PRAKTIJKEN BIJ DE ONGEVALS EVALUATIE..... TECHNISCHE IMPLICATIES BIJ INTERVENTIEPLANNING

Totnogtoe wordt voor analyse van ongevalsituaties een eerder deterministische aanpak aangewend.

Een serie van redelijk denkbare ongevallen wordt geanalyseerd. De theoretisch berekende gevolgen van de ernstigste, dienen dan als inbreng (input) in de planning van noodmaatregelen. ./...

In het algemeen worden in de westerse landen - mits enkele mogelijke variaties - bij ongevals-interventie de praktijken doorgevoerd die ook samengevat zijn in bijlage E. van 10 CFR 50 der USNRC. Er zij op gewezen dat deze eind 1975 werd geïmplementeerd met een projekt "Regulatory Guide (Div. 1 n° 101) for emergency planning."

Het is in België wegens de oorsprong van het concept van de Reactoren,- de praktijk grotendeels aan te sluiten aan de bestaande "Regulatory Guides" der USNRC voor de analyse van bepaalde typen van ongevallen.

Wanneer men voor een drukwaterreactor op deze manier de verschillende redelijk denbare ongevallen analyseert dan zijn er 2 die bepalend blijken te zijn voor de externe gevolgen : breuk van de primaire kringloop en een ongeval bij brandstof manipulatie.

De analyses van deze ongevals situatie kunnen enigszins afwijken van een reaktor installatie tot een andere (naargelang bvb. enkele bijzonderheden van het secundair veiligheids omhulsel maar grofweg liggen zij allen bij dezelfde grootte orde.

Ik geef U hieronder de gegevens aangenomen voor Doel 1 en 2 (ref. 7) :

1° voor breuk van de primaire kringloop en verlies koelwater
twee hypothesen wordengewoonlijk aangenomen

a) z.g.n. realistische hypothese

Door de werkzaamheid van het noodkoelingssysteem, wordt het vrijmaken van splijtprodukten in het veiligheidsomhulsel beperkt tot de z.g.n. "gap release" van (tussen brandstof en omhulsel) van 100 % van de brandstofelementen.

b) z.g.n. pessimistische hypothese

Men beschouwt het smelten van de volledige brandstof, maar het veiligheidsomhulsel behoudt zijn integriteit (met op-nieuw z.g.n. realistische en pessimistische parameters in efficaciteit, bij vrijlating in de omgeving).

In tabel 7 hieronder zijn de realistische en pessimistische parameters aangeduid.

./...

TABEL 7

	Cas pessimiste	Cas réaliste
Fraction de l'activité du coeur relâché dans l'enceinte		
- gaz rares	totale	espace-pastilles gainé
- iodes	25 %	1/2 espace past.-gainé
Abondance des formes de l'iode pour le calcul des doses par inhalation :		
- inorganique	90 %	90 %
- organique	10 %	10 %
Pour le calcul des doses par ingestion du lait :		
- inorganique	100 %	100 %
Taux de fuite :		
- enceinte primaire	0,25 % j ⁻¹	0,10 % j ⁻¹
- enceinte secondaire	10 % j ⁻¹	10 % j ⁻¹
Efficacité des filtres à iode dans l'espace intermédiaire (EI)		
- inorganique	90 %	90 %
- organique	70 %	70 %

Door het ophoudingseffekt van het tweede omhulselvat en door de ventilatiefilters, zijn de kortlevende, vaste stoffen en de halogenen met uitzondering van jodium te verwaarlozen.

Blijven dus alleen in beschouwing de isotopen van jodium, xenon en krypton.

De volgende activiteits vrijgave in de atmosfeer werd berekend :

	<u>Pessimistische hypothese</u>	<u>Realistische hypothese</u>
- Edelgassen (Xe-133 equivalent)	606.000 Ci	17.500 Ci
- Iodium (I 131 equivalent) :		
a) inademing	216 Ci	8,6 Ci
b) opname	156 Ci	6,7 Ci

./...

Op basis van deze activiteiten, en rekening houdend van pessimistische en realistische meteorologische coëfficiënten, werden de volgende doses berekend in de onmiddellijke omgeving.

	Pessimistische hypothese	Realistische hypothese
- Lichaam	0,10 rem	$2,8 \cdot 10^{-3}$ rem
- Schildklier (kind)		
a) inademing	0,5 rem	0,02 rem
b) opname melk	83 rem	3,6 rem

De cijfers voor de schildklier nemen aan dat er geen inbeslagname van melk zou toegepast worden bij overdreven contaminatie, wat natuurlijk ordenkbaar is.

2° Voor een ongeval bij brandstofelement manipulatie

De ongevalshypothese is het vallen van een geïrradieerd brandstofelement in de desactivatie-pool die zich buiten het veiligheidsomhulsel bevindt ; men neemt aan dat alle staven van het element stuk gaan. Opnieuw worden z.g.n. "pessimistische" en "realistische" hypothesen aangenomen die vervat zijn in volgende tabel.

TABEL 8

	Cas pessimiste	Cas réaliste
Fraction des barreaux détruits	100 %	100 %
Délai après arrêt du réacteur	100 h	100 h
Fraction de l'activité de l'assemblage dans l'espace pastilles-gaine		
- gaz rares	10 %	5 %
- iode	10 %	6 %
Fraction de l'activité de l'assemblage relâchée dans l'eau		
- gaz rares	10 %	5 %
- iode dont	10 %	1,2 %
. inorganique	99,75 %	99,75 %
. organique	0,25 %	0,25 %
Facteur de rétention de l'eau		
- gaz rares	1	1
- iode inorganique	133	760
- iode organique	1	2
Fraction retenue dans les filtres à iode		
- inorganique	90 %	90 %
- organique	70 %	70 %

Men bekomt de volgende aktiviteitsvrijgave van de atmosfeer :

	<u>Pessimistische hypothese</u>	<u>Realistische hypothese</u>
Xe 133 equivalent	48.000 Ci	24.000 Ci
I 131 equivalent		
a) inademing	37,5 Ci	1,5 Ci
b) opname	18,7 Ci	0,4 Ci

Dit levert de volgende doses op :

	<u>Pessimistische hypothese</u>	<u>Realistische hypothese</u>
- Lichaam	0,07 rem	0,03 rem
- schildklier (kind)		
a) inademing	0,8 rem	0,03 rem
b) melkopname	870 rem	1,5 rem

Opnieuw, dit neemt aan dat er geen controle op melkverbruik zou zijn.

Bovengaande berekeningen werden uitgevoerd naar Amerikaanse model met uitzondering van de meteorologische gegevens.

De opname door melkbesmetting wordt ook gewoonlijk niet in rekening gebracht bij de Amerikaanse berekeningswijze.

Het is duidelijk, dat wanneer men voor het ongeval "breuk in de primaire kringloop" op summiere wijze vergelijkt met de tabel door de Commissie Reactorveiligheid in Nederland samengesteld (Tabel 6), de hier naar voor gebrachte "pessimistische" ongevalsparameters min of meer overeenstemmen met de ongevalssituatie die een waarschijnlijkheid van optreden heeft van ongeveer $6 \cdot 10^{-4}$ per reactorjaar met kernsmelten. De zogenaamde "realistische" ongevalsparameters hierboven gebruikt stemmen ongeveer overeen met deze die zouden optreden bij een ongevals-situatie met een waarschijnlijkheid van ongeveer $4 \cdot 10^{-4}$ per reactor-jaar (zonder kernsmelten) t.t.z. voor beide gevallen de meest waarschijnlijke.

Men dient echter meer in detail de scenario's van het ongevalsverloop en de efficiëntie der verschillende veiligheidssystemen te bekijken om tot meer preciese vergelijkingen tekunnen overgaan; hiervoor ontbrak mij de tijd.

In ieder geval is het zo dat ongevallen van dit soort en met waarschijnlijkheden van optreden van deze grootte orde geen evacuatie noodzakelijk maken, en dat slechts controle op het melkverbruik aangewezen is.

5. VERGELIJKING MOGELIJKE GEVOLGEN VAN "HET ERNSTIGE" ONGEVAL IN EEN DWR BIJ RECENTE STUDIES

In de hiervolgende tabel (Tabel 9) werden enkele vergelijkende

./...

gegevens samen gebracht. Naast de reeds eerder vermelde studies (ref. 1, 2, 3, 4, 5 en 6) werd hier ook nog rekening gehouden met de Swedish Urban Siting Study (S.U.S.S. - ref. 8) en meer in het bijzonder met een vergelijkende studie desbetreffend (ref. 9).

TABEL 9

Mogelijke gevolgen van het ernstigste ongeval in een DWR beschouwd in enige recente studies			
	Gezondheidsdienst (ref.5)	RASIN 4) (ref. 6)	WASH-1400 (ref. 3)
Evacuatie kans per reactor jaar	1,5 km 1×10^{-6}	5 km 5×10^{-6}	8×10^{-6}
Acute sterfte waarschijnlijkheid		28-129	350-6.200
2)	70 % 0-50	(gemiddeld	1)
	10 % 50-500	over alle weer-	
	10 % 500-2.000	somstandigheden)	
	10 % 2.000-10.000		
maximum	40.000		
Man-rem	$2,5-30 \times 10^{-6}$	$0,96-2,7 \times 10^6$	-
Late sterfte door kanker 3)	500-6.000	96-270	waarschijnlijkheid 10^{-6} 200 10^{-7} 15.000 10^{-9} 42.000
Bron van informatie	Gezondheidsraad Tabel 6.2. (lozingscategorieg DWR 2)	RASIN Deel IV-B Tabel 7.5-4 (lozingscategorieg DWR 2)	WASH-1400 Table VI 13-6 Figure VI 13-33 (lozingscategorieg met ongeveer zelfde consequencies als DWR 2- of accident with maximum health consequences)

- 1) Cijfer hangt af van resultaat evacuatie en geldt voor ongunstige weersomstandigheden.
- 2) Waarschijnlijkheid bepaald door weersomstandigheden.
- 3) Berekening door Gezondheidsraad: 200 doden per 10^6 manrem, RASIN 100 doden per 10^6 manrem; WASH-1400 gaat meer gedifferentieerd te werk door verdeling van manrem over getroffen bevolking in aanmerking te nemen en komt daardoor tot Fig. VI 13-33. Hierboven is in aanmerking genomen dat X latente gevallen van sterfte door kanker per jaar gedurende 30 jaar in het totaal 30 X gevallen van ./...

late kanker oplevert (zie laatste alinea blz. 13-39 en Fig. VI - 13-26).

- 4) De vestigingsplaats Diemen, die niet in aanmerking komt, wordt eenvoudigheidshalve buiten beschouwing gelaten.

Opmerkingen betreffende Tabel 9

- 1) In bovenstaande Tabel werden de consequenties van de ernstigste ongevallen zoals berekend in SUSS niet opgenomen. Deze zijn me slechts globaal bekend uit de samenvatting :
- er is een kans van 10^{-10} per jaar dat er
0-10 doden vallen, in het geval van een beperkte bevolkingszone
van 2 km
0-300 doden, in het geval van een dergelijke zone van 0,5 km.
- Late effecten (kanker, genetische) kunnen hier optreden in een mate, dat ze kunnen worden onderscheiden van het normale optreden van deze verschijnselen.
- 2) Uit verschillende tabellen en grafieken in de genoemde rapporten zijn ook andere consequenties dan in de bovenstaande tabel vermeld zichtbaar (genetische effecten, schildklierknobbels, stralingsziekten). Deze effecten zijn belangrijk, maar steeds sterk gerelateerd aan de opgenomen cijfers. Eenvoudigheidshalve heb ik daaraan geen aandacht besteed.
- 3) In de RASIN-studie werden de faalkansen en lozingscategoriën van WASH-1400 gebruikt (zie deel IV-B, blz 498).

EVACUATIE

De Gezondheidsraad beschouwt evacuatie tot 1,5 km.

RASIN (ref. 6) beschouwt evacuatie tot 5 km met een halveringstijd van 9 uur. RASIN vermeldt speciaal dat evacuatie in het geval Borssele DWR 2 niet veel effect heeft (136-129 acute slachtoffers) omdat binnen een straal van 5 km niet veel mensen wonen. Het zou interessant geweest zijn het effect van een centrale in een dichter bevolkt gebied te kennen. (zie blz. 549 en 550, alsmede tabel 7, 5 en 6 van deel IV-B).

WASH-1400 neemt een gewogen gemiddelde van de volgende mogelijkheden :

- geen evacuatie (meeste mensen binnenshuis)
- niet effectieve evacuatie (meeste mensen buiten) snelheid 0 mile/h
- effectieve evacuatie, snelheid 1,2 m/h
- effectieve evacuatie, snelheid 7 m/h.

De tweede mogelijkheid kan het aantal acute slachtoffers met een factor 3 of 4 verhogen.

WASH-1400 beveelt meer studie aan met betrekking tot evacuatie modellen (referentie App. VI blz 13-34 - table VI 13-6).

SUSS (ref 8-9) neemt geen evacuatie in aanmerking, omdat deze niet effectief zouden zijn. Schatting: 2-2,5 uurtijd nodig voor het evacuatie-bevel, 5 tot 6 uur om 75 % van de bevolking te evacueren, een week om hele bevolking te evacueren (S-483, blz 27). ./...

Het blijkt nu duidelijk dat wanneer men dit soort ongevalskondities en de evacuatiemogelijkheid wenst in te sluiten in interventieplanning, men voor elke inplanting verschillende omstandigheden dient in acht te nemen. Wellicht is het in zulke hypothetisch zeer uitzonderlijke situaties veiliger binnenshuis te blijven en door een natte doek te ademen (zie ook RASIN). Ook kunnen de verschillende scenario's van smelten van het reactor-hart in de tijdspanne waarover dit gebeurt de radioactieve wolkontwikkeling zodanig beïnvloeden dat evacuatie, op basis van theoretische modellen, aan gang kan zijn wanneer de blootstelling het grootst is.

7. Tot besluit meen ik samenvattend te kunnen zeggen :

- de potentiële ongevals-situatie van kernreactoren heeft theoretisch een zeer brede waaier van mogelijke frequenties van optreden en van gevolgen
- waarschijnlijkheidsstudies op dit gebied houden veel beloften in maar dienen met omzichtigheid zoniet met voorbehoud geïnterpreteerd, vnl. bij inplanting en interventie-planning
- de huidige praktijk in interventieplanning sluit meestal bepaalde categorieën van zeer ernstige maar uiterst weinig waarschijnlijke ongevalssituaties uit
- de toekomstige moeilijkheid ligt mijn inziens erin te moeten rekening houden met een tendens dat, als gevolg van de recente probabilistische studies, ook de meest ernstige ongevallen zullen in beschouwing genomen worden en evacuatie-planning kunnen meebrengen.

Men kan zich de vraag stellen of men hier aan het doel dat zulke waarschijnlijkheidsstudies zich hadden gesteld, zowel als aan het resultaat dat ze opleverden, niet voorbij schiet.

Wat het resultaat van deze studies betreft zij er onder meer op gewezen dat wanneer men voor nucleaire installaties de potentieel meest ernstige situaties gaat in praktische overwegingen omzetten (bvb. in interventie-planning) dat men logischerwijze a fortiori hetzelfde zou moeten doen waar de risico's een factor 10.000 hoger kunnen liggen, t.t.z. bepaalde konventionele activiteiten.

Persoonlijk ben ik dan ook van mening aan te moeten manen tot de grootste omzichtigheid bij de interpretatie en het gebruik van probabilistische studies aantal doeleinden zoals deze die vandaag worden besproken.

Mogelijke gevolgen van de kernsmeltingsongevallen KO, KM en KE in een lichtwaterreactor van 1000 MWe voor de omgeving van de referentie-vestigingsplaats (zonder evacuatie)

Type ongeval (zie 6.3.2.5.)	KO	KM	KE
Kans per reactorjaar (zie 6.3.2.2. en 6.3.2.5.)	60×10^{-6}	15×10^{-6}	1×10^{-6}
Acute sterfte (aantal) Waarschijnlijkheid ⁺ 70 %	0	0	0-50
Waarschijnlijkheid 10 %	0	0-10	50-500
Waarschijnlijkheid 10 %	0	10-50	500-2000
Waarschijnlijkheid 10 %	0	50-1000	2000-10000
Maximale afstand, waarop nog acute sterfte kan optreden (km)	0	7	20
Collectieve lichaamsdosis (in miljoenen manrem) ⁺⁺	$2 \cdot 10^{-4}$ - $4 \cdot 10^{-3}$	0,5-5	2,5-30
Late sterfte door kanker (aantal)	0	100-1000	500-6000
Genetische defecten (aantal)	0	50-500	250-3000
Collectieve schildklierdosis (in miljoenen manrem) ⁺⁺	0,02-0,8	25-250	50-1300
Aantal gevallen van schildklierknobbels	6-240	7500-75000	15000-400000
Late sterfte door schildklierkanker	0-2	75-750	150-4000
Grootte van het gebied (in km ²), dat in eerste instantie onbewoonbaar is door hoge stralingsintensiteit ⁺⁺⁺			
Waarschijnlijkheid 70 %	0	3-30	50-1000
Waarschijnlijkheid 10 %	0	30-200	1000-2000
Waarschijnlijkheid 10 %	0	200-500	2000-3000
Waarschijnlijkheid 10 %	0	500-700	3000-4000

ANNEXE 1

155

+) Deze waarschijnlijkheid wordt bepaald door de weersomstandigheden. Deze zijn hier verdeeld in relatief onstabiele en neutrale atmosferische condities, die zich in 70% van de tijd voordoen, relatief stabiele condities en zeer stabiele condities die in 10% van de tijd heersen en een intermediaire situatie, eveneens met een kans van 10%.

++) Berekend tot een afstand van 800 km, en gebaseerd op gegevens van de ICRP "standard man".

+++) Als tamelijk willekeurige maatstaf is de stralingsdosis ten gevolge van de radioactiviteit op de bodem genomen, in de periode tussen 14 dagen en 1 jaar na het ongeval. Indien deze dosis meer bedraagt dan 5 rem, zijnde het noodreferentieniveau voor kinderen (zie 4.5.5.), daarbij aangenomen dat de radioactiviteit alleen vermindert door het fysische desintegratieproces, wordt hier gesproken van "in eerste instantie onbewoonbaar".

Gevolgen van de ernstigste ongevalssituatie gemiddeld over alle weersomstandigheden

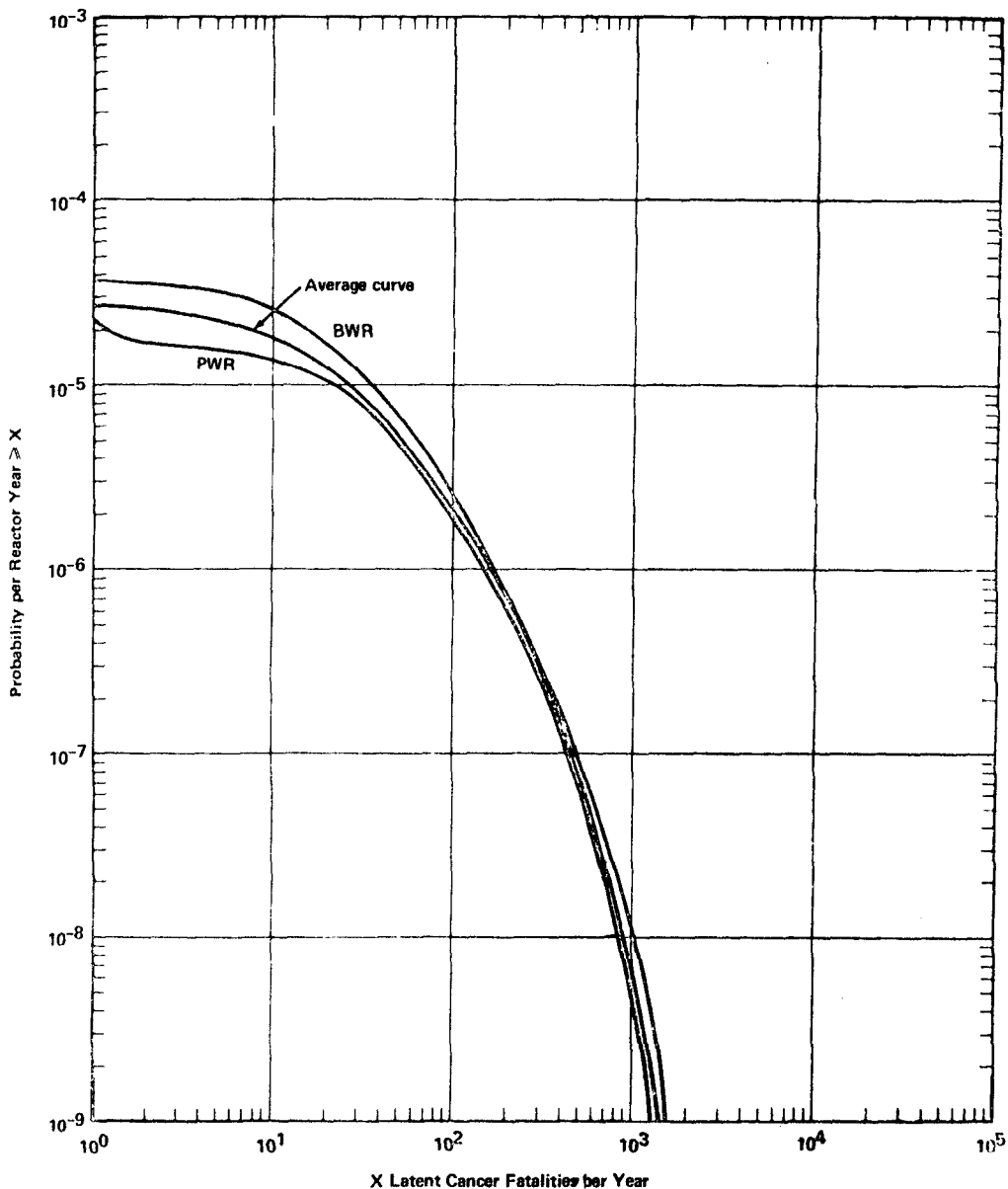
Centrale Dodewaard lozingscategorie 2 ; waarschijnlijkheid : 2×10^{-5}
 Centrale Borssele lozingscategorie 1 ; waarschijnlijkheid : 8×10^{-6}
 1 000 MWe KWR lozingscategorie 2 ; waarschijnlijkheid : 2×10^{-6}
 1 000 MWe DWR lozingscategorie 2 ; waarschijnlijkheid : 5×10^{-6}

Vestigings- plaats en type reactor	Bevol- kings- dosis (10^6 manrem)	Latente carci- nomen	Acute slacht- offers	Totaal aantal doden	Schild- klier- gezwollen	Acute ziekte gevallen	Totaal aantal ziekte- gevallen	Gene- tische effecten	Besmet land- oppervlak (km^2)
Dodewaard	0,3	25	5	50	4.000	11	4.000	25	61
Borssele I	0,7	71	3	126	10.500	17	10.500	71	218
Borssele II KWR	1,8	180	78	410	30.280	169	30.300	180	598
DWR	2,7	270	129	568	33.640	227	33.700	270	787
Diemen KWR	3,5	353	980	1.540	41.570	1.440	42.800	353	665
DWR	4,6	463	1.410	2.100	44.440	1.880	46.100	463	881
Eemshaven KWR	0,64	64	25	133	8.870	96	8.920	64	531
DWR	0,96	96	69	214	9.746	163	9.860	96	666
Flevo KWR	1,4	138	16	271	23.480	37	23.400	138	693
DWR	2,2	216	28	377	26.550	83	26.500	216	917
Maasvlakte KWR	1,6	161	12	332	31.890	67	31.800	161	400
DWR	2,3	234	31	439	34.800	197	34.900	234	586

ANNEXE 2

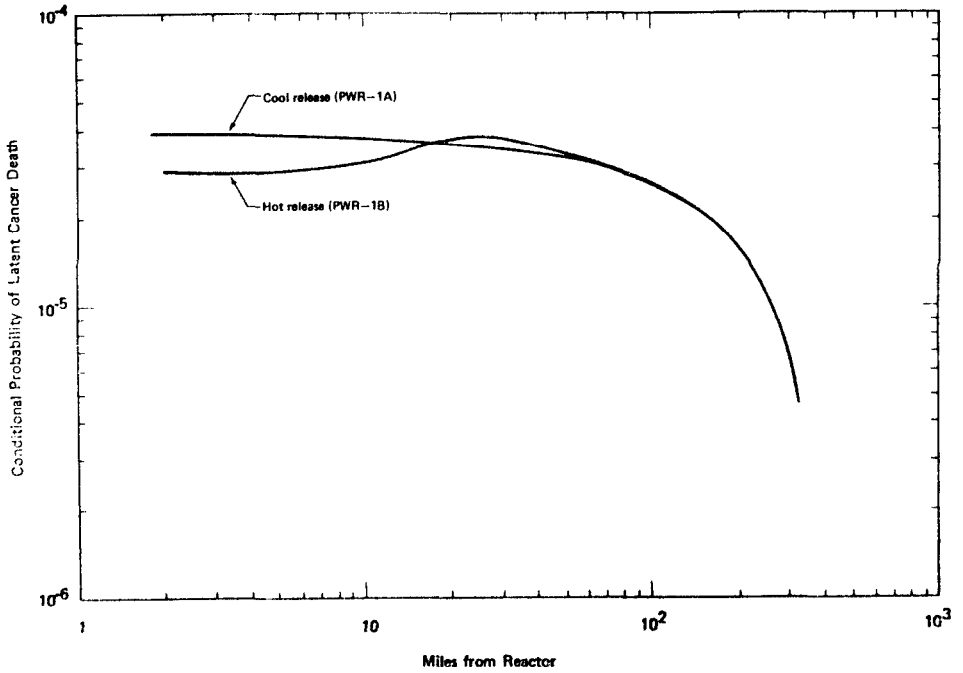
ANNEXE 3SENSITIVITY OF MAXIMUM HEALTH CONSEQUENCES TO EFFECTIVE EVACUATION
SPEED

Effective evacuation Speed(mph)	Early Fatalities	Early Illness	Latent cancer Fatalities per year
0	6.200	80.000	1.400
1.2	2.300	30.000	1.400
7	350	4.500	1.400
Average	3.300	45.000	1.400

ANNEXE 4

Note: Approximate uncertainties are estimated to be represented by factors of 1/6 and 3 on consequence magnitudes and by factors of 1/5 and 5 on probabilities.

Complementary cumulative distribution function for latent cancer fatalities per year.

ANNEXE 5

Conditional probability of latent cancer death given a PWR-1A or PWR-1B release. (Approximately, absolute mortality probabilities are 10^{-6} per reactor year times stated ones).

RESUME

Le présent exposé se borne, en première instance, à mettre en évidence diverses données et considérations qui ne se rattachent pas directement et nécessairement au thème principal, à savoir : "Interventions pendant et après les accidents survenus dans des centrales nucléaires" mais qui peuvent néanmoins constituer un apport (input) à moyen terme . D'autre part, j'ai tenté de fournir certaines données qui, à mon avis, contribuent à la planification des interventions, bien qu'elles ne soient pas entièrement comprises dans le cadre de mon exposé .

J'espère que ce compromis ne prêterait pas à confusion .

Etant donné que l'expérience que j'ai acquise porte essentiellement sur les aspects technologiques des analyses d'accidents et qu'elle ne concerne d'aucune manière les considérations d'ordre météorologique et radiobiologique, je passerai rapidement sur ces deux points .

Toutefois, les discussions qui auront lieu au cours de la présente réunion ne permettent pas d'observer un compartimentage trop précis . J'examinerai successivement les considérations et données ci-après :

- 1) l'importance des analyses de probabilité qui doivent aboutir à la détermination des risques ;
- 2) la comparaison des risques nucléaires, en cas d'accident, avec les risques engendrés par d'autres activités dans une société moderne;
- 3) les différents "degrés de gravité de l'accident" pour l'environnement;
- 4) les méthodes utilisées actuellement pour évaluer les accidents - les implications techniques lors de la planification des interventions;
- 5) quelques éléments de comparaison concernant les suites possibles de l'accident maximal dans un réacteur à eau pressurisée (PWR) ; ces éléments ayant été fournis par des études récentes .

ABSTRACT

The scope of this report is, in the first place, confined to some data and considerations which are not necessarily all directly connected with the main subject of today, i.e., "Intervention during and after accidents in nuclear power stations", but which nevertheless could be significant inputs in the medium term . On the other hand, I have tried to highlight some data which, in my opinion, are of direct importance for intervention planning although they do fall slightly outside the scope of the formal subject of my report .

I hope that this compromise will not complicate matters unnecessarily .

Since my main experience is based on the technological aspects of accident analysis and by in no way on meteorological and radiobiological considerations, I shall only touch very lightly on this last point .

It is not possible, however, to draw rigid distinctions between the subjects to be discussed here today . I shall present the considerations and data given below in the following numerical order :

1. the significance of probability analyses on the basis of which risks are to be determined ;
2. the comparaison of nuclear risks in the case of accident situations with the risks involved in other activities in modern society ;
3. variations in burden on the environment in an accident situation;
4. current practices applied to accident evaluation - technical implications in the case of intervention planning ;
5. some comparative elements of the possible consequences of the most serious accident in a PWR as presented in recent studies .

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Referat werden zunächst lediglich einige Fakten und Überlegungen erörtert, die nicht notwendigerweise direkt das Hauptthema des Tages "Intervention während und nach Unfällen in Kernkraftwerken" betreffen, aber trotzdem mittelfristig einen Beitrag darstellen können . Andererseits habe ich jedoch den Versuch unternommen, einige Fakten zur Sprache zu bringen, die meines Erachtens zwar einen direkten Beitrag zur Interventionsplanung darstellen, aber nicht ganz zum offiziellen Thema meiner Ausführungen gehören .

Ich hoffe, dass die Ergebnisse dieses Kompromisses nicht zu verwirrend sein werden .

Da meine wichtigsten Erfahrungen die technologischen Aspekte der Unfallanalyse und keinesfalls die meteorologischen und radiobiologischen Aspekte betreffen, werde ich mich in bezug auf letzteren Punkt sehr beschränken . Bei der heutigen Diskussion wird jedoch eine strenge Gliederung nicht möglich sein . Ich möchte nacheinander die folgenden Überlegungen und Fakten zur Sprache bringen :

1. Bedeutung von Wahrscheinlichkeitsanalysen, die zur Risikobestimmung führen sollen ;
2. Vergleich der nuklearen Risiken in Unfallsituationen mit den Risiken anderer Tätigkeiten in einer modernen Gesellschaft ;
3. unterschiedliche "Unfallbelastung" für die Umgebung ;
4. heutige praktische Verfahren bei der Beurteilung von Unfällen - technische Aspekte der Interventionsplanung ;
5. einige bei neuen Untersuchungen zugrundegelegte Vergleichselemente zur Beurteilung der etwaigen Folgen des grösstmöglichen Unfalls in einem Druckwasserreaktor .

=====

STRALINGSBEVEILIGING

Dr. J.L. Baas

Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne
Dokter Reijersstraat 10,
Leidschendam,
Nederland.

5 maart 1976

ALARMREGELINGEN OVER NUCLEAIRE INSTALLATIES IN NEDERLAND.

Voor een aantal Nederlandse nucleaire inrichtingen zijn waarschuwings- en alarmregelingen opgesteld. Over de achtergronden en opzet wordt een uiteenzetting gegeven.

INLEIDING.

Zoals in de meeste, zo niet alle landen met kernreactoren zijn ook in Nederland strenge regels op het terrein van veiligheidsvoorzieningen en sinds kort eveneens ten aanzien van de beveiliging tegen sabotage van nucleaire installaties van toepassing. Tengevolge van deze maatregelen kan de kans op het optreden van een ongeval met deze installaties, althans van een zodanige omvang dat de bevolking en het milieu in de omgeving ernstig risico zou lopen, nagenoeg uitgesloten worden geacht.

Bij bedrijfsstoringen, waarbij radioactieve stoffen in het reactorcompartiment zouden vrijkomen, zullen een groot aantal geautomatiseerde veiligheidssystemen tegengaan, dat actieve materie buiten het reactorgebouw kan geraken.

Hoewel mede door de gedurende de totale bedrijfstijd van de reactor uit te voeren periodieke controles en inspecties de kans op een ongeval nog verder wordt gereduceerd kan op grond van statistische overwegingen geen garantie worden gegeven dat een ongeval nimmer zal plaatsvinden en kan evenmin worden gegarandeerd dat het onder die omstandigheden geheel is uit te

sluiten dat meer dan de volgens de vergunning toegestane hoeveelheden radioactieve stoffen in de omgeving zullen worden geloosd.

Het is alleen op grond van deze overwegingen, dat de overheid heeft gemeend regelingen te moeten treffen ter beperking van de gevolgen van een mogelijk ongeval bij kernenergiecentrales.

De centrale overheid, met name de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne heeft op grond van de Kernenergiewet de bevoegdheid nucleaire installaties aan te wijzen, waarvoor een zogenaamde alarmregeling dient te worden getroffen.

De installaties in Nederland waarvoor een dergelijke regeling geldt, zijn de kernenergiecentrales te Borssele en te Dodewaard alsmede het Nucleair Onderzoekcentrum te Petten. Een beperkte regeling is ontworpen voor de Kema Suspensie Reactor te Arnhem, terwijl een soortgelijke beperkte regeling wordt overwogen voor de Onderzoekreactor te Delft.

Het ligt voor de hand dat de exploitant van de inrichting, waarvoor een waarschuwings- of alarmregeling zal worden ingevoerd, nauw betrokken dient te zijn bij de opstelling daarvan. De inrichting dient te kunnen beschikken over enkele van elkaar onafhankelijke communicatiemiddelen opdat de grootst mogelijke garantie wordt verkregen dat bij de regeling betrokken overheidsinstanties zo spoedig mogelijk kunnen worden geïnformeerd, ook onder omstandigheden dat één der verbindingskanalen niet of onvoldoende zou functioneren.

Vooraf gelet op de te verwachten zeer geringe frekwentie van het optreden van ongevallen met risico's voor de omgeving, is besloten om voor zover het de radiologische aspecten van dergelijke ongevallen betreft, niet een full-time professionele organisatie op te richten en te belasten met de bestrijding van de mogelijke gevolgen van een ongeval, doch gebruik te maken van het reeds op dit gebied binnen Nederland aanwezige potentieel, zowel in personele als in materiële zin.

Dit heeft als konsekwentie dat het verlenen van assistentie moet worden geregeld in een strak organisatiepatroon opdat onder ongevalssituaties misverstanden en tijdverlies zoveel mogelijk wordt voorkomen.

Waarschuwing- of alarmregelingen ten behoeve van ongevallen zijn geen nieuw fenomeen.

Met het oog op mogelijke stormschade bestaat in Nederland sinds lang de stormvloed-waarschuwingdienst van Rijkswaterstaat. Soortgelijke regelingen bestaan eveneens op internationaal niveau, o.a. in verband met mogelijke aardbevingen (seismologische instituten) en tornado's (weerdiensten).

Naast waarschuwingssystemen met het oog op mogelijke natuurrampen zijn eveneens dergelijke systemen ingevoerd om de gevolgen van industriële calamiteiten zoveel mogelijk te beperken.

Algemene grondslagen voor waarschuwing- en alarmregelingen.

De regelingen voor de diverse installaties zijn gebaseerd op c.q. getoetst aan door de Rijksoverheid vastgestelde "Algemene grondslagen voor waarschuwing- en alarmregelingen", Verslagen, Adviezen, Rapporten, Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne 1976.

Deze grondslagen zijn samengesteld door de Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie, een ambtelijk college, samengesteld uit vertegenwoordigers van nagenoeg alle Ministeries, bijgestaan door specialisten van op het gebied van nucleaire energie werkzame instellingen en instituten.

De algemene grondslagen geven een globale omschrijving van de onderwerpen en factoren, waaraan bij het ontwerpen van een alarmregeling aandacht dient te worden geschonken, waaronder:

- juridische en bestuurlijke desiderata;
- de technische grondslagen, waaronder een definitie van verschillende ongevalssituaties;

- een opsomming van in de lande beschikbare meetwagens;
- de organisatorische kaders, waarbinnen een evaluatie van de situatie en risico's zal dienen plaats te vinden (Technische Commissie), alsmede die belast met de uitvoering van maatregelen (Maatregelen Commissie).

Ongevalscategorieën.

De maatregelen die genomen moeten worden om de mogelijke gevolgen van een ongeval zoveel mogelijk te beperken hangen uiteraard geheel af van de aard en de omvang van dit ongeval en het is derhalve bij het voorbereiden van maatregelen noodzakelijk een inzicht te hebben in de soorten ongevallen, waarmede men zou kunnen worden geconfronteerd.

Wellicht ten overvloede zij hierbij aangetekend dat de directe gevolgen van een nucleair ongeval, althans voor de omgeving van de installatie, uitsluitend van radiologische aard zullen zijn en nimmer een mechanisch - of brandschade karakter zullen dragen.

Wat dit betreft is er een analogie met calamiteiten in chemische industrieën, voorzover toxisch chemische substanties door de wind in de omgeving worden verspreid.

Ongevalsprognoses en evaluaties van installaties, welke zijn omgeven door een groot aantal gevarieerde veiligheidssystemen zijn uitermate moeilijk, niet in het minst omdat dergelijke evaluaties door gebrek aan praktijk-gegevens nagenoeg uitsluitend op een theoretische basis moeten berusten.

Desalniettemin is het, met behulp van enige aannamen, wel mogelijk om tot een zekere ongevalscategorie-indeling te komen. Het aantal variabelen in elke categorie is echter nog zodanig groot, dat het terwille van een systematische aanpak noodzakelijk is het aantal te beschouwen ongevalssituaties zoveel mogelijk te beperken.

De Interdepartementale Commissie voor de Kernenergie geeft in zijn algemene grondslagen een drietal ongevalssituaties:

1. Er is of dreigt een lozing in lucht van radioactieve stoffen, die groter is dan éénmaal doch kleiner dan tienmaal in de vergunning toegestane hoeveelheid per etmaal.
2. Er is of dreigt een lozing in lucht van radioactieve stoffen, die groter is dan tienmaal de toegestane hoeveelheid per etmaal, waarvan de omvang bij benadering kan worden geschat.
3. Er is of dreigt een lozing, waarvan de grootte niet bekend is doch die de omvang van een ramp aanneemt of dreigt aan te nemen.

De reactorexploitant is krachtens zijn vergunningsvoorschriften overigens verplicht elke storing, ook die welke geen enkel risico voor personeel of omgeving van de installatie oplevert, te melden aan daarvoor aangewezen Rijksinstanties.

De definitie c.q. indeling van de voornoemde ongevalssituaties zijn weliswaar arbitrair doch niet geheel willekeurig en gebaseerd op mogelijke omgevingseffecten terwijl de laatste categorie duidelijk betrekking heeft op een verlies van koelmiddel ongeval, waarbij niet kan worden uitgesloten, dat dit kan leiden tot een kernsmelt en vervolgens tot het in ongerede raken van het containment van de reactor.

Het constateren c.q. evalueren van een ongevalssituatie berust bij het bedieningspersoneel van de reactorinstallatie.

De exploitant zal met dit aspect rekening moeten houden en daartoe een aantal interne regelingen en maatregelen moeten treffen. Voorts heeft hij de plicht, nadat een ongeval heeft plaatsgevonden, al dan niet in overleg met de overheid, alles in het werk te stellen om de gevolgen van het ongeval zoveel mogelijk te beperken. Bedrijfseconomische overwegingen mogen hierbij nimmer een overheersende rol spelen.

De verschillende ongevalssituaties kunnen leiden tot een zekere stralingsbelasting van de bevolking in de nabije of zelfs verdere omgeving van de nucleaire installatie.

Bij de ongevalssituatie nr. 1 zal dit niet, bij de situaties 2 en 3 in het algemeen wel moeten leiden tot de uitvoering van stralingsbeschermende maatregelen voor de bevolking.

De door de bevolking te ontvangen stralingsdosis is afhankelijk van de hoeveelheid geloosde activiteit (en voorts mede van de aard der geloosde nucliden) alsmede van de ter plaatse heersende meteorologische condities.

De aard en omvang van de te nemen maatregelen zijn daarom niet direct gekoppeld aan de ongevalssituaties 2 en 3 doch aan zogenaamde stralingssituaties, met name;

Stralingssituatie 1.

Er bestaat kans op een stralingsbelasting voor de bevolking in de omgeving van de centrale ten bedrage van:

- een lichaamsdosis kleiner dan 5 rem of
- een schildklierdosis kleiner dan 10 rem.

Stralingssituatie 2.

Er bestaat kans op een stralingsbelasting voor de bevolking in de omgeving van de centrale ten bedrage van:

- een lichaamsdosis tussen 5 en 15 rem of
- een schildklierdosis tussen 10 en 30 rem.

Stralingssituatie 3.

Er bestaat kans op een stralingsbelasting voor de bevolking in de omgeving van de centrale ten bedrage van:

- een lichaamsdosis groter dan 15 rem of
- een schildklierdosis groter dan 30 rem.

De voorbereide maatregelen zijn ondergebracht in voorbereide actieplannen, welke, al naar gelang de ontwikkeling van de stralingssituatie, in fasen ten uitvoer kunnen worden gebracht.

De actiefasen, welke kunnen variëren van het ten uitvoer brengen van een eenvoudig meetprogramma tot en met de evacuatie van de bevolking in radioactief besmet gebied, zijn ingedeeld in een vijftal klassen.

De correlatie tussen ongevalssituaties, stralingssituaties en actiefasen is ter verduidelijking samengevat in volgende tabel:

Ongevalssituatie 1	geen enkele actie	
Ongevalssituatie 2	Stralingssituatie nog niet bekend	Actiefase 1
	Stralingssituatie 1	Actiefase 1
	Stralingssituatie 2	Actiefase 2 of 3
Ongevalssituatie 3	Stralingssituatie nog niet bekend	Actiefase 5
	Stralingssituatie 1	Actiefase 1
	Stralingssituatie 2	Actiefase 2 of 3
	Stralingssituatie 3	Actiefase 4 of 5

De acties bestaan uit:

Actiefase 1.

- melk, bladgroente en zacht fruit uit de omgeving van de centrale (straal van 5 km.) onder controle van de Algemene Inspectie Dienst van het Ministerie van Landbouw en Visserij brengen;
- afzetten door politiepersoneel van het besmet verklaarde gebied i.v.m. controle op verkeer van landbouwprodukten;
- voorbereiding actiefase 2.

Actiefase 2.

- beschikbaarstelling personeel Dienst Bescherming Bevolking;
- voorbereiding actiefase 3.

Actiefase 3.

- afsluiting potentieel bedreigd gebied;
- waarschuwing bevolking in dit gebied;
- eventuele uitreiking jodiumtabletten;
- voorbereiding ontruiming bedreigd gebied;
- voorbereiding registratie en afvoer evacu 's;
- voorbereiding actiefase 4.

Actiefase 4.

- bekendmaking evacuatie routes;
- verzorging vervoer;
- kennisgeving aan ontvangende gemeenten omtrent aantal evacu 's en vermoedelijke tijd van aankomst;
- inrichten van geneeskundige en/of ontsmettingsposten.

Actiefase 5.

- als actiefase 4, maar voor een aanzienlijk groter gebied.

Voorbereide actieplannen.

Bij het voorbereiden van actieplannen zijn zowel lokale-, provinciale-, alsmede rijksautoriteiten betrokken.

Op lokaal en provinciaal niveau zijn dit de Burgemeesters van de gemeenten, waarbinnen een nucleaire installatie is gevestigd, voorts de politie, brandweer, geneeskundige diensten, de Organisatie Bescherming Bevolking, de provinciale vertegenwoordigers van een aantal Ministeries, o.a. van Volksgezondheid en Milieuhygi ne, van Sociale Zaken, van Landbouw en Visserij en van Verkeer en Waterstaat.

De voorbereide actieplannen voorzien in de vorming van een Technische Commissie, welke zal worden belast met het verzamelen, interpreteren en evalueren van meetgegevens.

Deze meetgegevens zullen worden verzameld door middel van een aantal meetploegen m.b.v. meetwagens, waarvan er momenteel 7 beschikbaar zijn, welk aantal zo nodig belangrijk kan worden uitgebreid.

Ten behoeve van de meetploegen zijn meetroutes opgesteld; de te rijden route is uiteraard afhankelijk van de meteorologische omstandigheden.

De Technische Commissie draagt zorg voor de omrekening van de meetgegevens in doses, terwijl daarnaast vooral aandacht zal moeten worden gegeven aan het opstellen van prognoses over de te verwachten stralenbelasting van de bevolking.

Gelet op het grote aantal onzekere factoren en elementen zal hierbij nimmer een grote nauwkeurigheid kunnen worden bereikt. De berekende en voorspelde dosesbelasting zullen worden verwerkt in een actueel resp. voorspeld plot.

Het actuele en het voorspelde plot worden voorgelegd aan een Maatregelen Commissie, die aan de hand van de stralingssituatie tot uitvoering van voorbereide maatregelen opdracht zal geven.

De Maatregelen Commissie wordt voorgezeten door de Commissaris der Koningin der betreffende provincie.

Voorts behoren daartoe:

- Het Hoofd van de Sector Straling van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne;
- de Kernfysisch adviseur van het Ministerie van Sociale Zaken;
- Provinciaal Voedselcommissaris;
- Hoofdingenieur-Directeur Rijkswaterstaat in de betreffende directie;
- Burgemeester(s) bedreigde gemeente(n);
- Regionaal Inspecteur van de Volksgezondheid belast met het toezicht op de hygiëne van het milieu;
- De Hoofdinspecteur-Directeur van het betreffende District van de Arbeidsinspectie;
- Deskundige aangewezen door de Minister van Landbouw en Visserij;
- Deskundige aangewezen door de Minister van Verkeer en Waterstaat.

Bij het opstellen van actieplannen dient rekening gehouden te worden met een aantal criteria, welke door de Rijksoverheid worden vastgesteld en uiteraard daarnaast vooral met specifieke locale omstandigheden.

Deze criteria betreffen voornamelijk bevolkingsaantallen, aanwezigheid van speciale inrichtingen, zoals scholen, ziekenhuizen, huizen van ouden van dagen, vitale industrieën e.d. en voorts met evacuatie routes, met de veestapel etc., gespecificeerd naar een aantal sectoren van $22\frac{1}{2}^{\circ}$ en sectorsegmenten bepaald door deze sectoren en concentrische cirkels om de installatie met stralen van 1, $1\frac{1}{2}$, 3, 5, 7, 10, 15, 20 en 30 km.

Een ander belangrijk gegeven zijn de afschermingsfactoren van gebouwen en huizen.

Deze afschermingsfactoren zijn bekend en opgenomen in een computerbestand.

Bij de voorbereiding van actieplannen dient voorts rekening te worden gehouden met de volgende factoren:

- a. de wijze waarop de bevolking kan worden gewaarschuwd (communicatiemediën, luidsprekerauto's e.d.);
- b. het afsluiten van bedreigde of besmette gebieden;
- c. de gevolgen van een beperkte mobiliteit van de bevolking indien niet wordt overgegaan tot evacuatie doch wel wordt geadviseerd niet buitenshuis te komen (o.a. met het oog op ziekenverzorging, voedselvoorziening e.d.);
- d. eventuele decontaminatie van belangrijke projecten (brandweer, Dienst Bescherming Bevolking);
- e. de zorg voor en de controle op de ontsmetting van groepen van de bevolking, zowel ingeval van evacuatie als van situaties, dat de bevolking niet wordt verplaatst (hiertoe kunnen de mobiele ontsmettingsinrichtingen van de Dienst Bescherming Bevolking worden ingezet);
- f. in geval van evacuatie zorg dragen voor onderkomens en (medische) verzorging van de verplaatste bevolkingsgroepen;
- h. de wijze waarop jodiumtabletten snel kunnen worden uitgedeeld.

Een ander belangrijk facet, waarmede bij het opstellen van voorbereide actieplannen rekening moet worden gehouden is de coördinatie met aanliggende provincies en uiteraard met nabuurstaten, aangezien een radioactieve besmetting zich niet behoeft te beperken tot een bepaalde regio.

Acties na een ongeval.

De exploitant van de door een ongeval getroffen installatie is verplicht om alle relevante gegevens betreffende het ongeval zo spoedig mogelijk aan de daartoe aangewezen autoriteiten door te geven.

Een voortdurend contact over de ontwikkelingen, met name over het effect van maatregelen om de lozing van radioactieve nucleïden zo veel mogelijk te verminderen of te voorkomen, is noodzakelijk.

Bij het optreden van een ongeval is het noodzakelijk om in eerste instantie te proberen de ongevalssituatie vast te stellen en vervolgens in ongevalssituaties 2 en 3 de stralingssituatie te schatten m.b.v. meteorologische gegevens.

Deze laatste gegevens bepalen een zogenaamd radiaalpatroon, gevormd door de benen van een hoek, waarbinnen tenminste 90% van de geloosde activiteit zich zal verspreiden.

Met behulp van het radiaalpatroon worden op de kaart de bedreigde sectoren vastgelegd, waarbinnen mogelijkerwijze tot de uitvoering van voorbereide maatregelen moet worden overgegaan. Inmiddels zal getracht moeten worden om met behulp van metingen de juiste omvang van eventueel besmet gebied te bepalen.

Onder ongevalssituatie 2 zal dit hooguit kunnen leiden tot een beperkte evacuatie van de bevolking, na het overtrekken van de via de schoorsteen der installatie ontsnapte radioactieve wolk. Onder ongevalssituatie 3 valt te voorzien, dat maatregelen zullen moeten worden genomen op basis van een verwachtingspatroon, omdat het onder deze omstandigheden veelal niet verantwoord zal zijn te wachten met de uitvoering van maatregelen, tot het moment dat over het verloop van het ongeval meer gedetailleerde informatie is verkregen.

Alle voorbereide maatregelen hebben tot doel, de stralenbelasting van de bevolking zo veel mogelijk te beperken. Naast restricties ten aanzien van de consumptie van besmette landbouw- en tuinbouwprodukten kan men hierbij denken aan het geven van het advies om zoveel mogelijk binnenshuis te blijven, daarbij gebruik makend van de afschermdende werking van huizen en gebouwen.

Onder bepaalde omstandigheden zal ernstig overwogen moeten worden de bevolking partieel of geheel te evacueren.

Een dergelijke zeer ingrijpende maatregel zal uiteraard uitsluitend mogen worden uitgevoerd als (de ontwikkeling van) de stralingssituatie daartoe dwingt.

Met het voorgaande is een schets gegeven van de wijze van benadering van de problemen samenhangende met mogelijke nucleaire ongevallen in Nederland, alsmede van de maatregelen, welke hierop zijn gebaseerd.

Deze materie is overigens nog volop in discussie. Eén van de voornaamste zorgen is te trachten een goed evenwicht te vinden tussen enerzijds de kans van het optreden van een bepaald ongeval en anderzijds de daarmee verband houdende beschermingsmaatregelen.

De met ongevallen in verband staande problematiek heeft eveneens internationale aandacht.

In december 1975 heeft een werkgroep onder auspiciën der IAEA te Wenen zich intensief met deze materie bezig gehouden.

De Agency zal trachten te komen tot het opstellen van richtlijnen voor de lid-staten.

Begin april is door de NEA/OESO te Parijs eveneens aandacht aan dit onderwerp geschonken.

Algemene richtlijnen of aanbevelingen kunnen dienen als uitgangspunt voor bi- of trilaterale regelingen. Voor Nederland is het van belang om met Duitsland en België tot overeenkomsten te geraken, waarbij alarmregelingen van betrokken staten rekening houden met de mogelijkheid van radioactieve besmetting van het gebied der buurlanden.

Voorts is het gewenst te komen tot een regeling van wederzijdse bijstand, zowel wat betreft meetprogramma's als de uitvoering van maatregelen ter bescherming van de bevolking in bedreigde of besmette gebieden.

Ik hoop met deze voordracht een steentje te hebben kunnen bijdragen aan het tot stand komen van een dergelijke regeling tussen België en Nederland.

SAMENVATTING

De schrijver zet de maatregelen uiteen die in Nederland genomen zijn om de gevolgen te beperken van een nucleair ongeval, dat, ondanks alle genomen voorzorgen, niet volkomen uitgesloten kan worden.

De organisatie is gebaseerd op hetgeen bestaat voor grote natuurrampen (overstromingen, stormen, aardbevingen) of voor industriële katastrofen, met name wat betreft de verbindingsmogelijkheden, de verantwoordelijkheden, enz....

Men beschouwt drie ongevallensituaties en na evaluatie, drie soorten van stralingsrisiko's. Afhankelijk hiervan zijn er vijf aktieniveau's waarvan de meest ingrijpende de evacuatie van de bevolking uit een omvangrijk gebied is.

De schrijver noemt eveneens de reeds bestaande akties op internationaal plan.

RESUME

L'auteur expose les mesures prises aus Pays-Bas pour réduire les conséquences d'un accident nucléaire, éventualité qui ne peut être totalement exclue malgré toutes les précautions prises. L'organisation s'inspire de ce qui existe pour les cataclysmes naturels (inondations, tempêtes, séismes) ou les catastrophes industrielles, notamment en ce qui concerne les moyens de communications, les niveaux de responsabilité, etc....

On a défini trois situations d'accident et, après évaluation, trois niveaux de risque d'irradiation. Selon leur combinaison, on y fait correspondre cinq phases d'action, dont la plus élevée comporte l'évacuation de la population d'une zone importante.

L'auteur mentionne également les actions en cours sur le plan international.

ZUSAMMENFASSUNG

Der Autor zeigt die Vorkehrungen auf, die in Holland getroffen werden, um die Folgen eines nuklearen Unfalles, der trotz aller ergriffenen Vorsichtsmassnahmen nicht völlig ausgeschlossen werden kann, zu vermindern.

Die Organisation ist von dem ausgegangen, was schon für Naturkatastrophen (Überschwemmungen, Stürme, Erdbeben) oder industrielle Katastrophen vorgesehen ist, insbesondere für Kommunikationsmöglichkeiten, Verantwortlichkeiten, usw. Es werden drei Unfallsituationen und - nach ihrer Abschätzung - drei Arten von Strahlenrisiken definiert. Je nach ihrem Zusammen treffen hat man fünf dementsprechende Handlungsphasen festgelegt, wovon die tiefgreifendste die Evakuierung der Bevölkerung aus einem umfangreichen Gebiet einschliesst. Der Autor erwähnt ebenfalls die auf internationaler Ebene stattfindenden Aktionen.

SUMMARY

The author sets out the measures taken in the Netherlands in order to reduce the consequences of a nuclear accident, which may not be totally excluded in spite of the precautions taken. The organisation is drawn from what exists already for the natural disasters (floods, tempests, earthquakes) or the industrial disasters, among others for what concerns the communication ways, responsibility, etc.... Three situations are defined, and after evaluation, three levels of the irradiation risk. According to their combination, there corresponds any of five action phases, the highest being the evacuation of the population in a large area.

The author mentions also the actions going presently on the international level.

INTERVENTIEPLAN INGEVAL VAN NUKLEAIRE ONGEVALLLEN.

G. FIEUW

Departementshoofd Studiecentrum voor Kernenergie.

Boeretang, 200

2400 MOL

5 maart 1976.

ABSTRACT

Interventieplannen zijn nodig om de risico's en schade, die met eventuele nukleaire ongevallen gepaard gaan, te beperken. Het bepalen van niveau's, waarbij bepaalde akties genomen dienen te worden, behoort tot de bevoegdheid van de nationale autoriteiten. Het is van groot belang dat de verantwoordelijkheden in het kader van een interventieplan a priori worden vastgelegd en de koördinatie tussen de groepen geregeld. Inlichtingen in verband met de belangrijkheid van de lozing, de verspreiding in het milieu en aangetroffen activiteiten, vormen essentiële elementen voor de beoordeling en alarmering.

1. INLEIDING

Een nukleair ongeval doet zich voor wanneer op onvoorziene wijze de werknemers binnen de grenzen van de nukleaire instelling of de bevolking in de omgeving aan een niet aanvaard risico, te wijten aan ioniserende stralingen, worden blootgesteld.

Kernbedrijven worden uitgebaat volgens strenge veiligheidsnormen. Ongevallen kunnen echter nooit volledig worden uitgesloten. Interventieplannen moeten daarom opgesteld worden om op voorhand de risico's en de eventuele schade zoveel mogelijk te beperken.

2. AKTIENIVEAU'S

Het gangbare concept van de maximaal toelaatbare blootstelling aan straling is in de omstandigheden van een nukleair ongeval niet van toepassing aangezien men hier te maken heeft met een bron waarvan men de intensiteit niet meer onder controle heeft.

De Internationale Commissie voor Radioprotectie (ICRP) (1) vermeldt dat de blootstelling van de omliggende bevolking bij een ernstig nukleair ongeval enkel kan bestreden worden door maatregelen die in bepaalde omstandigheden meer nadelig zouden kunnen uitvallen dan het risico voortvloeiend uit een onverwachte blootstelling. De beslissing en de keuze van dergelijke tegenmaatregelen zijn sterk afhankelijk van de overwe-

TABEL 1 [2]

	^{131}I		^{137}Cs	
	Kind	Volwassene	Kind	Volwassene
Referentieniveau in de lucht ($\text{Ci}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$)	0.04	0.15	3.5	1.5
Referentieniveau in melk ₁ ($\mu\text{Ci}\cdot\text{l}^{-1}$)	0.25	3.5	5.5	10
Referentieniveau op de weide ($\mu\text{Ci}\cdot\text{m}^{-2}$)	2	25	20	35

gende lokale omstandigheden.

Een dergelijke beslissing zou enkel mogen genomen worden indien de sociale kosten en risico's, die eruit voortvloeien, geringer zijn dan deze waartoe de onverwachte blootstelling voert. Het bepalen van niveaus is een verantwoordelijkheid van de nationale autoriteiten.

Voor het bepalen van deze aktieniveaus dienen gepaste criteria in acht te worden genomen. De dosislimieten vastgelegd door de ICRP en van toepassing op bronnen onder controle worden gekozen omdat er slechts een zeer laag risico mee gepaard gaat. Enkel bij een belangrijke overschrijding dezer dosislimieten is het bijgevolg verantwoord tegenmaatregelen te nemen die zelf niet verwaarloosbare risico's inhouden of hoge kosten met zich meebrengen.

Referentiedosisniveaus zijn geen niveaus waarbij systematische akties voorzien worden, maar waarbij de bevoegde autoriteiten de opportuniteit van korrektieve maatregelen ten gunste van de bevolking, mits inachtnaam van de lokale omstandigheden en het aantal blootgestelde personen, afwegen.

Op zichzelf volstaat de bepaling van een ongevalsreferentiedosisniveau uitgedrukt in rem niet, omdat het hier een te verwachten dosis betreft waarvan een rechtstreekse meting niet mogelijk is. Men bepaalt dan ook secundaire ongevalsreferentieniveaus in kritische elementen die betrekking hebben tot de omgeving zoals lucht (inhalatie) of melk (ingestie) met betrekking tot de meest stralingsgevoelige groepen van de bevolking.

Dergelijke niveaus worden voorgesteld door de Medical Research Council [2] voor radioisotopen die in grote concentraties aanwezig zijn in de brandstofelementen van kernreactoren en die zich sterk concentreren in bepaalde organen van het lichaam. Volgens de MRC worden o.a. als ongevalsreferentiedosisniveau weerhouden :

- 30 rem voor de schildklier
- 10 rem voor het gehele lichaam
- 30 rem voor de longen

Secundaire ongevalsreferentieniveaus in lucht en melk worden vermeld in tabel 1, hierbij werd voor elke isotoop de meest kritische weg bepaald, rekeninghoudend met de leefgewoonten van de mens ; in vele gevallen is de ingestie van melk door kinderen de meest kritische weg.

3. VERANTWOORDELIJKHEDEN EN BEVOEGDHEDEN

De verantwoordelijkheden inzake de interventie vallen uiteraard ten laste van de bevoegde autoriteiten enerzijds en van de uitbater anderzijds.

De bevoegde autoriteiten :

- voeren een zeer nauwgezette controle uit op het gebruik van bronnen van ioniserende straling ; de uitbater dient voorafgaandelijk een vergunning te bekomen. Deze vergunning kan enkel bekomen worden na het voorleggen van een uitgebreid veiligheidsverslag waarbij de gevolgen van alle potentiële ongevallen grondig geanalyseerd worden en waarbij een hiermee gepaard interventieplan wordt voorgesteld.
- nemen contact met de autoriteiten van naburige landen om bij een nucleair ongeval een efficiënte coördinatie over de grenzen te verwezenlijken, leggen de interventieprocedures vast en controleren de efficiëntie ervan.
- stellen ter beschikking en coördineren interventiemiddelen die ingezet worden.
- leggen een bepaalde hiërarchie onder de verscheidene publieke organen vast om bij een nucleair ongeval de meest efficiënte tussenkomst te bewerkstelligen.
- beslissen over de aktieniveaus inzake besmetting en straling.

De uitbater

- neemt alle maatregelen om de ongevallen die de bestraling van de werknemers of van de omliggende bevolking tot gevolg hebben, uit te sluiten.
- werkt samen met de bevoegde autoriteiten volgens een geïntegreerd interventieplan.
- brengt de bevoegde autoriteiten onmiddellijk op de hoogte van ongevallen en hun gevolgen voor de omgeving.
- neemt alle maatregelen om de gevolgen van een ongeval te beperken en te controleren.

4. ALARMERING EN KOÖRDINATIE VAN DE INTERVENTIEMIDDELEN

De verantwoordelijke aangesteld voor de koördinatie van de operaties ondernomen door de bevoegde autoriteiten is de gouverneur van de provincie [3], hij wordt daartoe bijgestaan door de adviseur-provinciale chef van de Civiele Bescherming. Wanneer de operaties ook buiten het grondgebied van één bepaalde provincie moeten geschieden, belast de Minister van Binnenlandse Zaken zich met de koördinatie.

Het bedrijf is belast de bevoegde autoriteiten zonder verwijl op de hoogte te brengen van een nucleair ongeval.

Dit geschiedt :

- door bepaalde organen te verwittigen die voorzien zijn in het rampenplan van de gouverneur van de provincie en die tot taak hebben het koördinatiekomitee van de provincie op te roepen.
- door officiële organen te verwittigen die ambtswege op de hoogte moeten worden gebracht, zoals de burgemeester, het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, de Technische en Medische Arbeidsinspektie en de Gezondheidsinspektie van de Provincie [4].

De provinciegouverneur roept in geval van nood een koördinatiekomitee samen waarin ambtshalve volgende personen zetelen : de provinciegouverneur, de adviseur-provinciale chef van de Civiele Bescherming, de burgemeester van de getroffen gemeenten, de rijkswachtkommandant van het district, de lokale brandweerkommandant, de provinciale gezondheidsinspekteur, de vertegenwoordiger van het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, de leiders van ingezette hulporganismen zoals Rode Kruis e.a. en gemandateerde vertegenwoordigers van het getroffen bedrijf.

De te nemen akties kunnen als volgt worden samengevat :

- de koördinatie geschiedt door het Koördinatiekomitee dat in principe éénmaal per dag samenkomt.
- politie- en verkeersakties geschieden onder leiding van de rijkswacht in samenwerking met de plaatselijke polities ; daarin worden o.a. opgenomen de wegomleggingen, de verkeersregeling, de doortocht van hulpdiensten.
- geneeskundige verzorging en levensonderhoud zijn voorzien onder de leiding van de provinciale Gezondheidsinspekteur ; daarin zijn begrepen de verzorging en de evacuatie van de slachtoffers, bevoorrading in levensmiddelen van de getroffen bevolking, hulp aan de geëvacueerde bevolking indien dit als uiterste maatregel wordt beslist.
- materiële hulp en werken door plaatselijke brandweer en Civiele Bescherming.
- radiologische detektie in de omgeving van het nukleair bedrijf onder leiding van de Civiele Bescherming in samenwerking met detektiegroepen afkomstig van deelnemende hulporganisaties.

- het Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie treedt op als technisch raadgever om de radiologische metingen te interpreteren en de mogelijke gevolgen te evalueren.
- telekommunikatiemiddelen worden ter beschikking gesteld onder de verantwoordelijkheid van de Civiele Bescherming, deze worden geput uit alle beschikbare middelen inzonderheid deze van de Rijkswacht.

De onmiddellijk te nemen akties betreffen :

- maatregelen voor het onder controle brengen van de lozings- of stralingsbron.
- uitvoering van metingen en inwinnen van informatie om een schatting te maken van het risico en de getroffen zones.
- het waarschuwen en geven van richtlijnen en informatie aan bevolking, betrokken diensten en organismen (ontzeggen van toegang, te nemen beschermingsakties, profylactische maatregelen, evacuatie,...).

In een later stadium dienen maatregelen eventueel overwogen te worden in verband met :

- de controle van de voedselketen en de bevoorrading van de bevolking.
- de dekontaminatie
- het geleidelijk normaliseren van de toestand.

5. INLICHTINGEN

Onmiddellijke inlichtingen betreffende drie essentiële punten vormen de basis voor de appreciatie van de maatregelen die genomen worden.

- De lozingen

In normaal bedrijf zijn de lozingen gecontroleerd en nauwkeurig gekend door continue metingen. In abnormale omstandigheden zijn de lozingspunten of hoeveelheden niet rechtstreeks gekend ofwel slechts bij benadering te bepalen. Meestal zal men zich binnen een kort tijdsbestek tot een ruwe benadering dienen te beperken. Metingen in de omgeving, hetzij door vaste of beweeglijke meetpunten, kunnen hierbij van nut zijn. Tevens kan beroep gedaan worden op gegevens in verband met type ongevallen zoals beschreven in de veiligheidsdossiers.

- De verspreiding

Informaties en meteorologische parameters (windrichting, windsnelheid, stabiliteitsklasse,...) die de verspreiding van de radioactieve stoffen beïnvloeden dienen beschikbaar te zijn. De mogelijke evolutie of verandering dezer parameters dient te kunnen worden voorzien. Automatische data processing van de gegevens is wenselijk.

- Aktiviteitsmetingen

Metingen door gespecialiseerde ploegen dienen uitgevoerd om een beeld te krijgen van de werkelijke omvang van de veroorzaakte kontaminatie. De omgeving wordt onderworpen aan een zorgvuldige survey om de besmetting van het milieu te kennen, hetzij door het nemen van monsters die achteraf in daartoe gespecialiseerde laboratoria worden gemeten. Een zeer snel overzicht over grote oppervlakken kan desnoods uitgevoerd worden per helikopter.

6. TESTEN VAN METHODEN EN MIDDELEN

Door het nucleair bedrijf en de verantwoordelijke autoriteiten worden periodieke oefeningen georganiseerd voor het personeel betrokken bij de tussenkomst in nucleaire ongevallen.

Deze oefeningen hebben als doel de koördinatie tussen de verschillende groepen te optimaliseren en de bestaande procedures regelmatig aan te passen.

Deze oefeningen laten tevens toe het alarmeringssysteem en de voorziene telekommunikatiemiddelen te testen.

7. BESLUIT

Niettegenstaande de nukleaire bedrijven tot nog toe bewezen hebben veilig uitgebaat te kunnen worden is een interventieplan een noodzakelijk middel dat moet gebruikt kunnen worden in niet te voorziene omstandigheden. Speciale schikkingen met het oog op een efficiënte werking van het interventieplan zowel binnen als buiten het bedrijf zijn hiertoe te voorzien. Deze schikkingen dienen voldoende soepel te zijn om in alle omstandigheden te kunnen gebruikt worden. Daarom is het van groot belang dat de verantwoordelijkheden in het kader van een interventieplan goed worden bepaald en de koördinatie tussen de verschillende groepen a priori geregeld. Het behoort aan de verschillende groepen die bij het interventieplan betrokken zijn, de nodige schikkingen te nemen om op efficiënte wijze hun bijdrage te leveren in het gekoördineerd actieplan.

De werking ervan dient door middel van periodieke oefeningen worden getest.

REFERENTIES

- [1] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 9.
- [2] Medical Research Council
Criteria for controlling co-ordination doses to the public after accidental escape of radioactive material.
H.M.S.O. - 1975
- [3] Koninklijk Besluit van 23 juni 1971
- [4] Koninklijk Besluit van 28 februari 1963

SAMENVATTING

Interventieplannen zijn nodig om de risico's en schade, die met eventuele nukleaire ongevallen gepaard gaan, te beperken. Het bepalen van niveaus, waarbij bepaalde acties genomen dienen te worden, behoort tot de bevoegdheid van de nationale autoriteiten. Het is van groot belang dat de verantwoordelijkheden in het kader van een interventieplan a priori worden vastgelegd en de coördinatie tussen de groepen geregeld. Inlichtingen in verband met de belangrijkheid van de lozing, de verspreiding in het milieu en aangetroffen activiteiten, vormen essentiële elementen voor de beoordeling en alarmering.

RESUME

Des plans d'intervention sont nécessaires afin de réduire les risques et les dégâts qui accompagnent les accidents nucléaires éventuels. La détermination de niveaux à partir desquels des actions sont à prendre est de la compétence des autorités nationales. Il est de grande importance que les responsabilités dans le cadre d'un plan d'intervention soient définies a priori et que la coordination des groupes soit réglée. Des renseignements en rapport avec l'importance des rejets, la diffusion dans le milieu et l'activité détectée forment les éléments essentiels pour l'appréciation et l'avertissement.

SUMMARY

Emergency plans are necessary in order to reduce risks and damage resulting from possible nuclear accidents. The determination of action levels are belonging to the competence of national authorities. It is important to define beforehand the responsibilities in the frame of the emergency plans and to prearrange the coordination of the different intervening groups. Informations related with the amount of releases, the diffusion in the environment and the detectable activity are essential elements for the analysis of the situation and for the warning scheme.

ZUSAMMENFASSUNG

Interventionspläne sind notwendig, um Risiken und Schäden zu begrenzen, die mit eventuellen nuklearen Unfällen verbunden sind. Die Festlegung von Schwellwerten, bei deren Erreichen gewisse Maßnahmen getroffen werden müssen, gehört zu den Befugnissen der nationalen Behörden. Es ist äußerst wichtig, daß die Verantwortlichkeiten innerhalb des Interventionsplans vorab festgelegt werden und daß die Koordination zwischen den Gruppen vorab geregelt wird. Informationen, die z.B. die Größenordnung einer Emission, die Verbreitung in der Umgebung und die gemessenen Aktivitäten betreffen, stellen wesentliche Elemente für die Beurteilung und die Alarmierung dar.

MEDISCHE ASPECTEN BIJ DE VERZORGING VAN BESTRAALDE PERSONEN BIJ NUCLEAIRE ONGEVALLLEN.

W.J.M. CARPAIJ, bedrijfsarts.

Reactor Centrum Nederland, Petten, Nederland.

5 maart 1976.

SAMENVATTING

De mogelijkheden van een medische begeleiding van patiënten na een nucleair ongeval worden besproken.

Ingegaan wordt op de specifieke eisen die een dergelijke hulpverlening stelt.

Aan de hand van de literatuurgegevens worden zowel de preventie, als ook diagnostiek en behandeling onder de loep genomen.

Het blijkt dat een dergelijk medisch hulpverleningsprogramma niet te voren gedetailleerd kan worden opgesteld, maar aan de hand van de feitelijke ongevalssituatie dient te worden vastgelegd.

INHOUD

1. Inleiding.
2. Indeling van ongevallen.
3. Verschil in ongevalssituaties binnen en buiten de poort.
4. Het medisch handelen.
5. Eindbeschouwing en conclusie.

1. Inleiding.

Een van de meest belangrijke punten bij het nemen van beslissingen over de bouw van nucleaire installaties in Nederland, zoals kernenergiecentrales, is dat men bij een positieve beslissing de mogelijkheid van ernstige ongelukken introduceert.

Men kan zich hierbij een grote variëteit van kerncentraleongelukken voorstellen met sterk uiteenlopende oorzaken en gevolgen.

In het rapport van de Gezondheidsraad |8| worden op pagina 6.23 een 3-tal soorten kernsmeltingsgevallen als voorbeelden gebruikt waarop ik later in dit verhaal nog zal terugkomen.

Laat ik nu reeds er op wijzen dat mijn medisch verhaal zich niet helemaal baseert op de keten van gebeurtenissen die zich zou kunnen voordoen als een van deze drie voorbeelden eens werkelijkheid werd.

Natuurlijk zou ik, ter illustratie, uit kunnen gaan van het meest denkbare ongeval, maar de vraag blijft of dit reëel te noemen valt.

Ook kunt u van mij in deze geen medische benadering verwachten die voor een aantal denkbare ongevalssituaties pasklaar zou kunnen worden toegepast.

Derhalve ligt het in mijn bedoeling om aan de hand van een aantal punten die mij belangrijk genoeg toeschijnen om er aandacht aan te schenken, een basis te ontwikkelen waarop het medisch handelen zich kan stoelen.

Ik hoop dat deze basisgedachte van toepassing zou kunnen zijn voor alle denkbare en ondenkbare situaties.

Als allereerste punt in deze reeks confronteer ik u met het feit dat hier een bedrijfsarts, een medicus dus die normaliter belast is met werkzaamheden binnen de poort, verzocht is zijn visie te geven op de medische verzorging van bestraalde personen buiten de poort.

Uiteraard dient een dergelijke arts, verbonden aan een reactorcentrum, voldoende kennis en mogelijk ook ervaring te hebben in de medische begeleiding, om eens een ander woord te gebruiken, van nucleaire slachtoffers binnen de poort van zijn bedrijf.

Het is waarschijnlijk daarom dat het bestuur van de N.v.v.S. gedacht heeft dat deze arts vanzelfsprekend in staat moet zijn dit speciale soort slachtoffers buiten de poort te behandelen op precies dezelfde manier als hij dit erbinnen doet.

Bij het zien van de mogelijk grote aantallen patiënten, dringt zich hier een modern, dus veel gebruikt woord op, nl.: schaalvergroting.

Als wij dit woord hier zouden toepassen dan zijn de gevolgen van een nucleair ongeval buiten de poort te vergelijken met die van een ongeval erbinnen, maar dan met een vermeningvuldigingsteken ertussen.

Ik ben tot de conclusie gekomen dat dit niet helemaal het geval is.

2. Indeling van ongevallen aan de mens.

Allereerst iets over de soort van de ongevallen die verwacht kunnen worden.

Die verschillen uiteraard niet van ongevallen binnen de poort, althans als men zich in eerste instantie beperkt tot de aard en zich niet direct bezig houdt met de gevolgen van dien.

Men kan zich dan de volgende twee situaties voorstellen:

1. de uitwendige bestraling,

waarbij men slechts rekening hoeft te houden met de gammastraling aangezien alleen deze de kritieke inwendige organen van het lichaam kan bereiken.

Deze gammastraling wordt in eerste instantie afkomstig geacht uit de radioactieve stoffen van de passerende pluim en in tweede instantie van neergeslagen radioactieve stoffen;

2. de inwendige bestraling

ten gevolge van de opname van radioactieve deeltjes via het ademhalingsstelsel en de spijsverteringsorganen.

Voor ieder van deze radioactieve stoffen kan met behulp van door de I.C.R.P. opgestelde standaard modellen worden berekend hoelang en waar de stoffen in het lichaam verblijven en kunnen schattingen van de aldus verkregen stralingsdoses worden gemaakt.

Een duidelijk verschil met de uitwendige bestraling is dat de dosis t.g.v. een inwendige bestraling over een veel langere tijd kan worden afgegeven waardoor de effecten, bij gelijk blijvende totale dosis, kunnen verschillen.

Sprekende over stralingseffecten is de volgende indeling gebruikelijk:

2.1. lichamelijke effecten, die weer te onderscheiden zijn in:

- acute : stralingsziekte
- acuut/late : staar (van de ooglens)
- late : leucaemie
 andere kwaadaardige nieuwvorming.

2.2. genetische effecten, komen uitsluitend en alleen tot uiting in het nageslacht.

N.B.

Stralingseffecten aan het embryo vallen onder de eerste categorie.

In de loop van deze voordracht kom ik nog op deze effecten terug, maar er zij reeds hierop gewezen dat ik mij hier bij deze medische benadering van nucleaire ongevalsslachtoffers in eerste instantie heb menen te moeten beperken tot die gevallen die in de situatie van dat moment directe hulp van node hebben.

3. Verschillen in ongevalssituaties binnen en buiten de poort.

3.1. Het aantal potentiële slachtoffers.

Vergelijken we hiertoe eens de beide volgende tabellen.

In de eerste tabel is een totale opsomming gegeven van alle fatale en vrij ernstige nucleaire ongevalspatiënten tot 1975.

Het aantal is bijzonder gering, ook per gebeurtenis.

Het is duidelijk dat de hele opvangs- en behandelingsfaciliteiten binnen de poort is gebaseerd op veronderstellingen en verwachtingen van mogelijke aantallen patiënten.

Ik voor mijzelf, houd zo altijd rekening met 1 á 2 werkelijke slachtoffers die tot de B.G.D. doordringen en daar hulp van node hebben.

En kijken we nu eens naar de aantallen in tabel 2, zoals die vermeld staan in het rapport van de Gezondheidsraad |8| dan zien we een hele scala van aantallen acute sterften, afhankelijk van soort ongeval.

Hetzelfde geldt uiteraard voor de niet direct acute gevolgen, maar waarbij de aantallen toch ook zo groot kunnen zijn dat zij reeds vroeg een medische beslissing nodig maken.

3.2. De enorme spreiding in leeftijd van de bestraalden.

Bij een ongeval binnen de poort ligt de leeftijd van potentieel bestraalden tussen 18-65 jaar. Het medische verwachtingspatroon is daar althans op gebaseerd en de behandelingsfaciliteiten ook. Wij zullen later zien dat grote verschillen in leeftijd en grootte van belang zijn bij de beoordeling van de ernst van de stralingsziekte.

3.3. De grote verschillen in lichamelijke conditie.

Binnen de poort gaat men uit van een redelijk gezonde bedrijfspopulatie, men is over het algemeen zeer goed geïnformeerd over de lichamelijke en geestelijke toestand van de tewerkgestelden.

Bij een populatie buiten de poort ligt deze zaak wezenlijk anders. Men kan letterlijk van alles tegenkomen. Een hele scala van ziekten in ieder stadium en bij iedereen van elke leeftijd en bij beide sexen.

Dat dit verwarring bij het stellen van diagnoses mogelijk kan maken zal niemand verwonderen.

Ernstige letsels bij nucleaire ongevallen met (sub)totale lichaamsbestraling

nr	jaar	plaats	bron	dodelijk	ernstig
1	1945	Los Alamos	kritische opstelling	1	-
2	1946	Los Alamos	kritische opstelling	1	1
3	1953	USSR	reactor	-	2
4	1958	Oak Ridge(Y-12)	reprocessing	-	5
5	1958	Vinca(Yugosl)	kritische opstelling	1	5
6	1958	Los Alamos	plutoniumoplossing	1	-
7	1960	Lockport	radar	-	4
8	1961	Idaho Falls(SL-1)	reactor	3	-
9	1961	Wisconsin	^{60}Co	-	1
10	1962	Mexico City	^{60}Co	4	1
11	1964	Rhode Island	reprocessing	1	-
12	1965	Mol(België)	reactor	-	1
13	1967	Pittsburgh	Van-de-Graaf	-	3
14	1971	Oak Ridge	^{60}Co	-	1
15	1971	Chiba(Japan)	^{192}Ir	-	1
116	1975	Brescia(Italië)	^{60}Co	1	-
				13	25

Tabel 1 : Overzicht van de tot op heden in de nucleaire industrie voorgekomen ongevallen, hetzij met dodelijke afloop, hetzij met blijvend ernstig letsel.

Type ongeval (zie 6.3.2.5.)	KO	KM	KE
Kans per reactorjaar (zie 6.3.2.2. en 6.3.2.5.)	60×10^{-6}	15×10^{-6}	1×10^{-6}
Acute sterfte (aantal) Waarschijnlijkheid $\frac{1}{2}$ 70%	0	0	0-50
Waarschijnlijkheid 10%	0	0-10	50-500
Waarschijnlijkheid 10%	0	10-50	500-2000
Waarschijnlijkheid 10%	0	50-1000	2000-10000
Maximale afstand, waarop nog acute sterfte kan optreden (km)	0	7	20
Collectieve lichaamsdosis (in miljoenen manrem) $\frac{1}{2}$	$2 \cdot 10^{-4}$ - $4 \cdot 10^{-3}$	0,5-5	2,5-30
Late sterfte door kanker (aantal)	0	100-1000	500-5000
Genetische defecten (aantal)	0	50-500	250-2500
Collectieve schildklierdosis (in miljoenen manrem) $\frac{1}{2}$	0,02-0,8	25-250	50-1300
Aantal gevallen van schildklierknobbels	6-240	7500-75000	15000-400000
Late sterfte door schildklierkanker	0-2	75-750	150-4000
Grootte van het gebied (in km ²), dat in eerste instantie onbewoonbaar is door hoge stralingsintensiteit $\frac{1}{2}$			
Waarschijnlijkheid 70%	0	3-30	50-1000
Waarschijnlijkheid 10%	0	30-200	1000-2000
Waarschijnlijkheid 10%	0	200-500	2000-3000
Waarschijnlijkheid 10%	0	500-700	3000-4000

Tabel 2 : Overzicht van de mogelijke gevolgen van kernsmeltingsongevallen in een lichtwaterreactor van 1000 MeW voor de omgeving van de referentie-vestigingsplaats, zonder evacuatie, zoals bedoeld in |8|.

KO: kernsmeltingsongeval zonder lozing van radioactief materiaal.

KE: idem, met lozing van extreem grote hoeveelheid radioactief materiaal.

KM: idem, met lozing van een matig grote hoeveelheid radioactief materiaal.

3.4. Het gemis van specifieke documentatie.

Een van de weinige voordelen van het P.G.O. is dat men beschikt over uitvoerige gegevens van de werknemers, die in gevallen van een noodsituatie van informatieve betekenis kunnen zijn.

3.5. Het verschil in kennis over de aard van het gebeuren.

Van mensen binnen de poort werkzaam mag men in alle redelijkheid verlangen, en daar kan men ook van uit gaan, dat zij weten waarover het gaat, en dat zij op een adequate manier informatie zullen geven en verwerken. Ik verwacht dit niet van de bevolking, in tegendeel. Zij wordt verkeerd voorgelicht, zo niet foutief geïndoctrineerd.

3.6. Beheersbaarheid van de populatie.

Een bedrijfspopulatie is te besturen, te beheersen ook in geval van nood. Er kunnen gekke dingen gebeuren maar die worden snel opgespoord en gecorrigeerd.

Dat zie ik buiten de poort niet zo zitten.

3.7. Meetgegevens aan de mens.

In tegenstelling met de radiologische werker beschikt de man buiten de poort niet over een dosismetinstrument, zoals filmbadge, T.L.D. e.d. De dosisschattingen zullen dus zêër algemeen en onnauwkeurig kunnen zijn. Hetgeen weer het zwaartepunt voor de diagnostiek verlegt naar de klinische verschijnselen en die zijn al zo moeilijk te interpreteren vanwege het grote aantal vogels van verschillend pluimage.

3.8. Het ontbreken van mogelijkheden om te oefenen.

Oefeningen zijn superieur om alle mogelijke feilen en verkeerd geplande acties op te sporen en genadeloos bloot te leggen. Dat is iets wat wij bij het R.C.N. bij iedere oefening duidelijk ervaren.

Voor nucleaire ongevallen buiten de poort is dat soort oefeningen moeilijk te realiseren, trouwens de autoriteiten houden er niet van: "men maakt de mensen maar nodeloos ongerust".

3.9. Het ontbreken van voorbeelden elders.

Ondanks de geringe frequentie van bedrijfsongevallen in de nucleaire industrie met specifieke gevolgen kunnen we toch veel van elk geval leren en worden de ervaringen uitgewisseld.

Ik zou niet weten welk voorbeeld meer dan het ongeval in Windscale, daterend van 13 oktober 1957, ik hier als voorbeeld zou kunnen aanvoeren. (Dat is van de andere kant maar gelukkig te noemen).

4. Het medisch handelen.

Het medisch handelen stoelt op de volgende punten:

4.1. het stellen van de diagnostiek:

- direct of via een differentiaal diagnostische omweg. Dit houdt in: het vaststellen of een afwijking aanwezig is en zo ja welke.

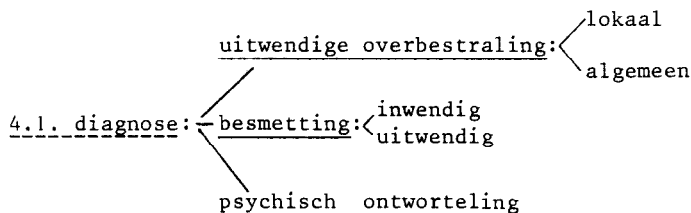
4.2. het instellen van een therapie:

- het doen of niet doen van iets, met afwegen van de vóór- en nadelen.

4.3. het stellen van een prognose omtrent duur en afloop.

4.4. het nemen van preventieve maatregelen.

Wat kan de medicus dan in de hier zo specifieke situatie aan diagnostiek bedrijven, waarbij ik alle andere ziekten die ook kunnen voorkomen, buiten beschouwing laat?



Het stellen van een diagnose is daarom hier zo belangrijk omdat men zo spoedig mogelijk wil weten wie en hoeveel patiënten al dan niet voor behandeling in aanmerking zullen komen.

Om dit op een vrij snelle en toch praktisch redelijk uitvoerbare wijze te doen is het nodig gebruik te maken van bepaalde grenzen, limieten of niveaus.

Voor het gemak kan men dan stellen dat diegenen die onder die grenzen vallen (voorlopig) geen behandeling van node hebben en die er boven vallen in principe wel daarvoor in aanmerking kunnen komen.

Het is dus nodig om tot limietcijfers te komen.

Aangezien de I.C.R.P. hiervoor geen getallen noemt, wordt het aan een ieder overgelaten om zulks te doen.

In een WHO - FAO - IAEA-publikatie over: Protection of the Public in the Event of Radiation Accidents uit 1963|1| kan ik hier enkele namen en getallen citeren.

STEWART:

- acute stralingsziekten moeten worden voorkomen, dus een limiet tot 75 rad;

Wat echter te doen tussen 0 en 75 rad?

SCOTT RUSSELL:

1. er moeten algemeen toepasbare limieten zijn;
2. deze moeten eenvoudig op maat gesneden kunnen worden voor de heersende omstandigheden;
3. het publiek moet met risico's leren leven en accepteren dat bepaalde dingen gebeuren;
4. men moet rekening houden met economische factoren, wat kost een maatregel en wat krijg je ervoor terug?

nuclide	orgaan	rad
^{131}I	schildklier	25
^{85}Sr	bot (nieuw gevormd)	1,5
^{90}Sr	bot (nieuw gevormd)	1,5/jaar
^{137}Cs	gehele lichaam	10

Tabel 3 : Opgave van limieten van dosis als gevolg van interne besmetting |1|.

PELLERIN:

1. stralingslimieten zijn gewenst (zonder enige opgave overigens);
2. kijk ook naar de psyche;
 - beleidscentra en teams moeten worden gevormd waarin zitting moeten hebben: gedragswetenschappers, fysici, chemici, biologen en artsen.

In het reeds eerder genoemde rapport van de Gezondheidsraad wordt eveneens een niveau vastgesteld, het Noodreferentieniveau (NRN) |8|.

kritieke orgaan	kinderen beneden 16 jr en zwangere vrouwen	overige personen
- gehele lichaam, bloedvormende organen en geslachtsklieren	5 rem	15 rem
- huid	30 rem	90 rem
- andere organen	10 rem	30 rem

Tabel 4 : Noodreferentieniveaus voor verschillende leden van de bevolking onderverdeeld naar kritieke organen.

Ook de Medical Research Council heeft in 1975 dergelijke cijfers. |16| gepubliceerd:

Whole body	10 rem
Thyroid	30 rem
Lung	30 rem
Bone	
Endosteal tissue	30 rem
Marrow	10 rem
Gonads	10 rem
Superficial tissues irradiated by β -rays	60 rem
Any other organ or tissue	30 rem

All doses are dose commitments and apply to members of the general population, and embryos *in utero*.

To allow essential duties to be performed, a special category is envisaged, consisting of a few adult males, or females above reproductive age, who might receive up to twice the limits specified above (Medical Research Council, 1960).

Tabel 5 : Maximaal toelaatbaar geachte bevolkingsdosis volgens de M.R.C.

Wat de laatste hier in deze tabel genoemde categorie aangaat nl. de groep redders vinden we hierover ook een opgave in een publikatie van de NCRP.

nooddosislimieten in rem	totaal lichaam	handen-onderarmen
- levensreddende operaties	100	200 (extra)
- minder urgente ingrepen	25	100 (totaal)

Ik trap hier vast en zeker een open deur in als ik zeg dat het vaststellen of iemand al dan niet boven een niveau ligt niet alleen de taak van de medicus zal zijn, maar het stellen van de diagnose aan de betrokkene blijft altijd een aantrekkelijke propositie.

Men dient wel rekening te houden met de volgende complicerende omstandigheden: de grote aantallen potentiële patiënten en de verschillen in leeftijd en gezondheid.

Hierbij kan het te verwachten klinische beeld aanknopingspunten bieden voor de diagnose, maar men moet echter op het volgende attent zijn:

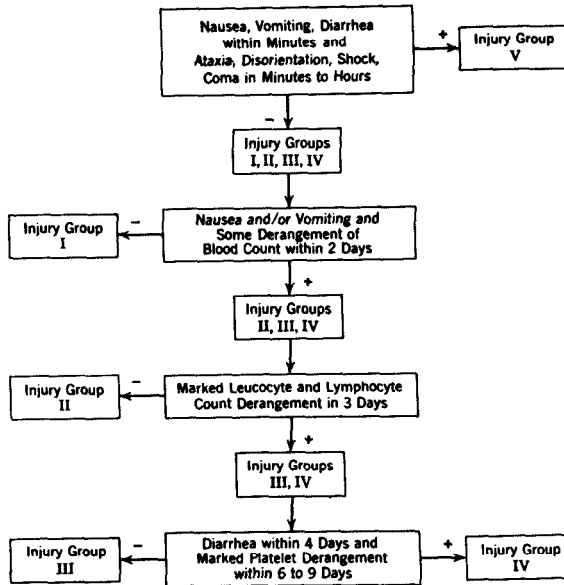
- bij overige gelijke stralingsdoses wordt het begin der klinische verschijnselen, zoals misselijkheid en braken mede bepaald door de grootte van de patiënt.

Hoe groter de betrokkene des te langer het interval, maar als er in de eerste 5 á 6 uur na de bestraling geen verschijnselen meer ontstaan zijn deze niet meer te verwachten.

4.1.1.

De indeling volgens Thoma-Wald [15] is in eerste instantie een bruikbare hulp om de slachtoffers qua ernst der gevolgen van elkaar te scheiden in 2 groepen:

- zij die geen hulp (meer) behoeven (groepen 1, 2 en 5);
- zij die wel hiervoor in aanmerking kunnen komen (groepen 3 en 4).



Schema 1 : Indeling van de acute stralingsziekte volgens Thoma-Wald.

4.1.2. Indeling acute stralingsziekten volgens Fliedner.

Hierbij worden de volgende 4 groepen gehanteerd:

1. overleven is onmogelijk of onwaarschijnlijk
(hangt mede af van de in te stellen behandeling);
2. overleven is mogelijk;
3. overleven is zeer waarschijnlijk;
4. overleven is zeker.

Deze indeling in 4 groepen is te maken aan de hand van een simpele bloedprik waarbij het aantal witte bloedcellen wordt geteld met speciale aandacht voor het aantal lymfocyten.

Een duidelijke stijging van het aantal witte bloedcellen vergezeld gaande van het verdwijnen van lymfocyten betekent vrijwel zeker een indeling in de categorie 5 van Thoma-Wald en 4 van Fliedner.

Laborbefund	Stunde 1-6				Stunde 6-24				Tag 1-4				Tag 5-8				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	
Blutbild																	
Granulozyten	++	+	∅	bis ∅	++++	+	∅	bis ∅	++	+	∅	∅	--	--	bis ∅	∅	∅
Lymphozyten	-	-	∅	bis ∅	--	--	∅	bis ∅	--	--	∅	bis ∅	--	--	bis ∅	bis ∅	+ ++ +++
Retikulozyten	∅	∅	∅	∅	-	∅	∅	∅	-	-	∅	∅	-	-	∅	∅	- -
Thrombozyten	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	bis ∅	∅	∅	∅	bis ∅	∅	∅	∅	- -
Knochenmark																	
Zellgehalt	∅	∅	∅	∅	∅	bis ∅	∅	∅	-	∅	∅	∅	-	∅	∅	∅	∅
Karyorrhexis + Karyolyse	∅	∅	bis ∅	bis ∅	+	∅	bis ∅	∅	++	∅	bis ∅	∅	+++	∅	∅	∅	
Mitosebedingte Anomalien der																	
Erythropoese	∅	∅	bis ∅	∅	∅	+	∅	∅	++	∅	∅	∅	+	∅	∅	∅	
Myelopoese	∅	∅	bis ∅	∅	∅	∅	∅	∅	∅	+	∅	∅	++	∅	∅	∅	
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	+	+++	+	+	+	

Schema 2 : Bevindingen bij het bloedonderzoek in de eerste uren tot dagen na de bestraling.

4.1.3. Indeling acute stralingsziekten volgens Saenger | 12 |.

Deze indeling is goed bruikbaar als men tot een selectieve diagnostiek wil komen op basis van bekende dosisgegevens in een bepaald gebied.

De aldus verkregen 5 groepen zijn dan op vrij eenvoudige wijze te vergelijken met de indeling volgens de beide andere auteurs.

Clinical Radiation Injury Groups			
Group No.	Clinical Manifestations	Dose Estimate (rad)	
I	Mostly asymptomatic. Occasional minimal prodromal symptoms.	< 150	
II	Mild form of Acute Radiation Syndrome. Transient prodromal nausea and vomiting. Mild laboratory and clinical evidence of hematopoietic derangement.	< 400	Hematopoietic
III	A serious course. Hematopoietic complications severe, and some evidence of gastroenteric damage present in upper portion of group.	400-600	Hematopoietic
IV	An accelerated version of Acute Radiation Syndrome. Gastroenteric complications dominate clinical picture. Severity of hematopoietic complications is related to survival time after exposure.	600-1500	Gastrointestinal
V	A fulminating course with marked cardiovascular and/or central nervous system impairment.	> 5000	Cardiovascular-Cerebral

Schema 3 : Overzicht van de klinische verschijnselen bij de acute stralingsziekte gerelateerd aan de ontvangen dosis in rad.

4.1.4. De diagnostiek van inwendige besmettingen.

Aan de hand van de genoemde limieten kunnen hier twee wegen worden bewandeld:

- een schatting, door berekening aan de hand van verblijftijden in gebieden met bekende besmetting;
- de meting aan de betrokkene zelf (direct), bijv. in geval van ^{131}I en ^{137}Cs .

Vaak zal het voldoende zijn om slechts enkele leden van de bevolking te meten die representatief zijn voor een bepaalde groep of gebied.

4.2. en 4.3. De behandeling van patiënten en het stellen van prognose.

4.2.1. De behandeling van de uitwendige bestraling.

deze wordt bepaald door:

1. de aanwezigheid van acuut levensgevaar;
2. de aantallen patiënten;
3. de beschikbare medische krachten, zoals artsen, verpleegsters, etc.

In een aantal gevallen is het niet denkbeeldig dat men niets doet, zoals in groep 4 en 5; deze gaan immers toch dood, de behandeling moet zo intensief zijn dat hiervoor bij grote aantallen geen mogelijkheid toe bestaat.

Voor de categorieën 1 en 2 is de beslissing t.a.v. de behandeling ook niet moeilijk. Ook hier behoeft men niets te doen. Wellicht verdient het aanbeveling de mensen ervan in kennis te stellen bij welke verschijnselen, in een later stadium, medische hulp moet worden ingeroepen.

Voor de tussenliggende groep kan een zeer intensieve therapie, zoals verpleging in omgekeerde isolatie, met een anti-infectieuze behandeling, zó nodig bloed- en beenmergtransfusies levensreddend werken.

Maar wie zal diegene zijn, die bij grote aantallen patiënten in deze categorie, de selectie om al dan niet voor behandeling in aanmerking te komen, zal uitvoeren?

4.2.2. De behandeling van de inwendige besmetting.

Hier gaat het vooral om een zéér beperkt aantal radioactieve stoffen, waaronder: ^{131}I , ^{89}Sr , ^{90}Sr en ^{137}Cs .

In geval van een besmetting met I-isotopen is een tijdige, d.w.z. binnen 4 uur na de besmetting, toediening van 100 mg inactief JK voldoende om gedurende vrij lange tijd de schildklier effectief te blokkeren.

In feite is dit een zo onschuldige behandeling dat deze altijd vrijwel zonder risico kan worden toegepast, ook preventief.

De aanwezigheid van joodkali-tabletten in de huisapotheek van omwonenden van een nucleaire installatie zou daarom zeker aanbeveling verdienen.

De behandeling in geval van een besmetting met Sr-isotopen is er op gericht een opname in het lichaam te voorkomen.

Het toedienen van een bariumsulfaatpap (250 gram) of het gebruik van alginaat gedurende enkele dagen (10 á 20 gram) kan ook na inhalatiebesmetting een goed effect ressorteren.

Voor ^{137}Cs ten slotte, is het pruisisch blauw een uitstekend middel gebleken om de hepato-enterale kringloop te doorbreken en een uitscheiding via de ontlasting te bewerkstelligen.

Isotope	Situation	Antidote	Therapeutische Wirksamkeit
Transurane, Lanthanide und Yttrium	Wunddepot Lunge nach Inhalation Hemmung enteraler Resorption Mobilisation aus Organen und Geweben	DTPA DTPA Austauscherharze DTPA	>90 % * ca. 20 % >90 % ca. 50-90 %
Polonium	Mobilisation aus Organen und Geweben	D-Penicillamin	ca. 20 %
Strontium Radium	Hemmung enteraler Resorption Mobilisation aus Organen und Geweben	BaSO ₄ , Alginat Ca-Gluconat und Ammoniumchlorid	>90 % ca. 20 %
Caesium	Hemmung enteraler Resorption Mobilisation aus Organen und Geweben	Ferrihexacyano- ferrat (II)	>90 %
Cobalt	Mobilisation aus Organen und Geweben	D-Penicillamin	>90 %
Jod	Mobilisation aus Organen und Geweben	Kaliumjodid	ca. 50-90 %
Tritium	Mobilisation aus Organen und Geweben	Flüssigkeit	ca. 50-90 %

Schema 4 : Overzicht van enkele therapeutica bij besmetting met radioactieve stoffen |5|.

4.4. Preventieve (medische) behandeling om een (grotere) dosis te voorkomen.

Bij een uitwendige bestraling zal de grootste dosis afkomstig zijn van de gammastraling van radioactieve stoffen uit de passerende pluim, de andere component is de straling afkomstig van neergeslagen radioactief materiaal.

Hoe zal er nu (medisch) gehandeld dienen te worden als het er om gaat om bepaalde groepen van de bevolking zodanig te begeleiden dat een bepaalde dosislimiet niet wordt overschreden. Een aantal punten die hier overweging verdienen en een rol spelen bij het nemen van beslissingen bijv. voor een evacuatie wil ik hier opnoemen:

1. er is geen direct levensgevaar aanwezig;
2. de effecten zijn dus laat;
3. een aantal mensen wil weg, maar kan niet;
4. een ander aantal moet weg, maar wil niet;
5. wat zijn de directe en indirecte gevolgen van deze ingreep, bijv. aan doden en gewonden?;
6. wie selecteert er: vrouwen en kinderen eerst, of ouden van dagen, zieken en gewonden?;
7. wat zijn de (in)directe gevolgen voor de geëvacueerde groep, o.a. psychisch, economisch e.d. en voor de opvangende populatie?

Weliswaar kan men hier de vraag stellen of dit wel allemaal thuis hoort in een medische benadering?

Het lijkt mij echter juist u erop te wijzen dat ook hier (medische) preventie van het aantal slachtoffers een goed beginsel is.

Ter illustratie een toelichting op de moeilijkheid van het afwegen van de voor- en nadelen van de punten 2 en 5 van 4.4. |1|

2. Voor een aantal van late effecten zijn schattingen te maken over het aantal te verwachten afwijkingen:

zo geeft:

- | | | | |
|--|---|---|--------------------|
| - 1 rem/10 ⁶ mensen | : | ongeveer 1 á 2 leukemie-gevallen extra gedurende 10 á 20 jaren; | totaal
10 á 40. |
| - 1 rem/10 ⁶ mensen
(uitwendige schildklier) | : | ongeveer 0,5-1 schildklier kanker extra gedurende 10 jaar; | totaal
5 á 10. |
| - 1 rem/10 ⁶ mensen
(inwendige schildklier) | : | ongeveer 0,1-1 schildklier kanker extra gedurende 10 jaar. | totaal
1 á 10. |

Inclusief alle genetische effecten bij 1 rem/10⁶ mensen is er een extra risico van > 10 < 100 doden, waarbij het individuele doodsriscico dus ligt tussen de 0,01 en 0,001 %.

Dit percentage komt overeen met:

- vliegen 4-40 uren;
- auto 24-240 uren;
- 50 jaar oud zijn 3½ uur - 1½ dag.

5. Nu zijn afhankelijk van aantal, soort transport en afstand analoge risicoschattingen op te stellen in geval van evacuatie van bepaalde bevolkingsgroepen, zie boven.

De uitkomsten zouden dan naast elkaar gezet kunnen worden en op grond daarvan een beslissing mogelijk maken of een bepaalde maatregel gewettigd is of niet.

Een overzicht van bepaalde (preventieve) maatregelen staan in het onderstaande schema vermeld |13|. Hierbij heeft het bovenste gedeelte betrekking op de schildklierbestraling (¹³¹I bijv) en het onderste op de totale lichaamsbestraling.

Gefährdungsbereich	Dosis im Freien ¹	Empfohlene Notfallmaßnahmen		
		Verbleiben im Haus	Jodidtabletten	Räumung
I	bis 25 rem	zweckmäßig	entbehrlich	nein
II	25 - 500 rem	erforderlich	zweckmäßig bis 100 rem; bei über 100 rem erforderlich	entbehrlich
III	über 500 rem	erforderlich bis zur Räumung	erforderlich auch bei Räumung	zweckmäßig bis 1000 rem; bei über 1000 rem erforderlich

B. Ganzkörperbestrahlung von außen und durch Inhalation

Gefährdungsbereich	Dosis im Freien ¹	Empfohlene Notfallmaßnahmen	
		Verbleiben im Haus	Räumung
I	bis 25 rem	zweckmäßig	nein
II	25 - 100 rem	erforderlich	zweckmäßig
III	über 100 rem	erforderl. bis z. Räumg.	erforderlich

Schema 5 : Maatregelen in relatie tot de (te verwachten) dosis en de indeling van de gevarezone.

5. Eindbeschouwing en conclusie.

Een mogelijke catastrofe in een nucleaire installatie brengt voor de medische begeleiding van de slachtoffers een groot aantal problemen met zich mee.

Een aantal hiervan is duidelijk te voorzien, waardoor het mogelijk is er rekening mee te houden. Voor een aantal bestaat deze mogelijkheid niet. Hierdoor is het bijzonder lastig een receptklare oplossing te geven voor iedere denkbare ongevalssituatie.

Toch moet het mogelijk zijn op basis van een aantal overwegingen een zo adequaat mogelijke medische behandeling van de patiënten te bereiken.

Literatuur.

- | 1| Protection of the public in the event of radiation accidents.
Proceedings of a seminar (FAO-WHO-IAEA), WHO 1965, Geneva.
- | 2| Risk evaluation for Protection of the Public in Radiation Accidents.
Safety Series nr 21, IAEA, Vienna 1967.
- | 3| Planning for the handling of radiation accidents.
Safety Series nr 32, IAEA, Vienna 1969.
- | 4| Neel, J.V., H.Kato, W.J.Schull.
Mortality in the children of atomic bombsurvivors and controls Gene-
tics 76 (1974) 311-326.
- | 5| Erste Hilfe bei Strahlenunfällen. Ed.G.Möhrle.
Schriftenreihe Arbeitsmedizin Band 47. A.W.Gentner Verslag Stuttgart
1972.
- | 6| The hazards to man of nuclear and allied radiations.
A second report to the Medical Research Council. H.M.O.London 1960.
- | 7| Review of the Current State of radiation protection philosophy,
N.C.R.P.-report nr 43. Washington DC 1975.
- | 8| Kerncentrales en Volksgezondheid. Verslagen, adviezen en rapporten
nr 40. Min.van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, 1975.
- | 9| The care of radiation casualties. Physician's manual. Health Protec-
tion Dep., Occupational Medicine Group 4th edition 1973, R.C.N.
- | 10| The care of radiation casualties. J.Blakely.
W.Heinemann. Medical Books Ltd. London 1968.
- | 11| Aertzliche Massnahmen bei aussergewöhnlicher Strahlenbelastung.
Ed.T.M.Fliedner und W.Hauger. Georg Thieme Verlag. Stuttgart 1967.
- | 12| Der Strahlenunfall und seine Behandlung. Strahlenschutz in Forschung
und Praxis Band 11. Georg Thieme Verlag. Stuttgart 1971.
- | 13| Umweltschutz bei nuklearer und konventioneller Energiegewinnung.
Strahlenschutz in Forschung und Praxis Band 12.
Georg Thieme Verlag. Stuttgart 1973.
- | 14| Medical Aspects of Radiation Accidents. Ed.E.L.Saenger.
U.S.Government Printing Office. Washington DC 1963.

- |15| Thoma,G.E. and G.Wald.
Diagnosis and treatment of accidental radiation injury.
J.Occup.Med. 1 (1959), 412-417.
- |16| Criteria for controlling radiation doses to the public after acci-
dental escape of radioactive material.
Medical Research Council. H.M.S.O. 1975.

SAMENVATTING

De mogelijkheden van een medische begeleiding van patienten na een nucleair ongeval worden besproken.

Ingegaan wordt op de specifieke eisen die een dergelijke hulpverlening stelt.

Aan de hand van de literatuurgegevens worden zowel de preventie, alsook diagnostiek en behandeling onder de loep genomen. Het blijkt dat een dergelijk medisch hulpverleningsprogramma niet te voren gedetailleerd kan worden opgesteld, maar aan de hand van de feitelijke ongevalssituatie dient te worden vastgelegd.

RESUME

Les possibilités d'assistance médicale à des victimes d'un accident nucléaire sont discutées.

Les exigences spécifiques à une telle assistance ont été examinées.

Sur la base des données de la littérature, la prévention, le diagnostic et le traitement sont examinés.

Il paraît qu'un tel programme d'assistance ne peut être rédigé d'avance, mais doit être adapté selon les données reçus lors de l'accident.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Möglichkeiten einer medizinischen Begleitung der Patienten nach einem nuclearen Unfall und die spezifische Forderungen die eine dergleichen Hilfeleistung stellt, werden besprochen. Mit der Hilfe literarischen Angaben werden sowohl die Prävention, wie auch der Diagnostik und die Behandlung untersucht. Es zeigt dass eines medizinischen Hilfeleistungsprogramm nicht aufgestellt werden kann im voraus, aber soll festgestellt werden mit der Hilfe einer Unfallsituation.

SUMMARY

The possibilities of a medical assistance of patients after a nuclear accident and also the specific demands that supposes such an assistance, are discussed.

On the basis of literary subjects, prevention as well as diagnostic and treatment are examined.

It appears that such a medical assistance programm cannot be drafted in detail beforehand, but must be fixed on the basis of the accidental situation.