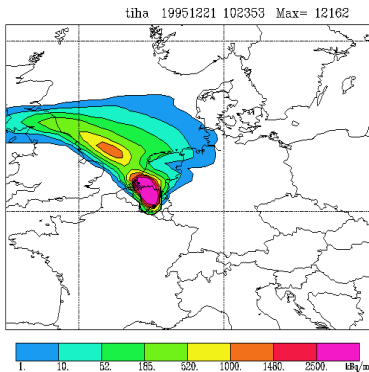


Het onverzekerde risico van kerncentrales: de risico's voor de bevolking, de winsten voor Electrabel



“the limitation of the amount of his liability is clearly designed as an advantage for the operator, in order not to discourage nuclear-related activities”
IAEA, Explanatory text to the Vienna Convention¹

“de druk op de regering (zal) dermate hoog worden dat de schade uitendelijk toch op één of andere manier zal worden vergoed”
Marc Eyskens, Minister van Economische Zaken in 1985

Inleiding

Een zeer ernstig ongeval in een kerncentrale van Doel of Tihange zou veel grotere schade kunnen aanrichten dan de kernramp van Tsjernobyl. Omdat het over een ander type reactor gaat, zou de radioactiviteit zich minder verspreiden en dus geconcentreerder zijn. Een gebied zo groot als België kan voor vele tientallen jaren onbewoonbaar worden. Afhankelijk van de windrichting en de neerslag kunnen ook onze buurlanden zeer zwaar getroffen worden. Voor een gebied zo dicht bevolkt als West-Europa zouden de gevolgen niet te overzien zijn. Om deze schade beter in kaart te brengen is Greenpeace een onderzoeksproject gestart waarvan de eerste fase is afgerond en in deze briefing wordt voorgesteld.

Electrabel is de uitbater van de 7 kernreactoren op Belgisch grondgebied. De Belgische wetgeving voorziet in een gunstregime door de aansprakelijkheid voor de exploitant in geval van een ongeval te beperken tot een kleine 300 miljoen euro, hooguit een duizendste van de mogelijke schade. Dit onverzekerde risico is dus ten laste van de bevolking en van de Belgische staat.

Dit gunstregime voor Electrabel betekent een aanzienlijke subsidie voor kernenergie. De economische kost van het onverzekerde risico kan geraamd worden op minstens 5 eurocent per kilowattuur, of ongeveer evenveel als de huidige groothandelsprijs van elektriciteit op de markt. Als Electrabel deze kost volledig moet dekken, zou kernenergie per definitie onbetaalbaar worden, zelfs als de productie ervan niets zou kosten.

Risicotaks

Greenpeace België heeft een wetsvoorstel laten uitwerken door gespecialiseerde juristen. Hierin wordt de instelling van een “risicotaks” voorgesteld. Dit is een taks op de nucleaire kilowattuur die de economische kost van de onverzekerde risico's moet compenseren. De achterliggende redenering is dat de omvang van een ernstig ongeval zodanig groot is (honderden tot duizenden miljarden euro) dat geen enkele verzekeraar in staat is zo'n risico te dekken. Dit betekent een grote last voor de samenleving, terwijl Electrabel wel grote winsten maakt met zijn nucleaire productie. Daarom stelt Greenpeace voor om via de risicotaks deze lasten te compenseren. Energieregulator CREG moet erover waken dat Electrabel deze taks niet doorrekent aan zijn klanten.

Kyoto-fonds

Het geld dat via de risicotaks gerecupereerd wordt, moet in het bestaande Kyoto-fonds gestort

¹ http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1279_web.pdf

worden en gebruikt voor investeringen in hernieuwbare energie en energie-efficiëntie. Deze gerecupereerde winsten kunnen op die manier een hefboom vormen voor een versnelde uitstap uit kernenergie. Het is onaanvaardbaar om de levensduur van de Belgische kerncentrales nog extra te verlengen. De risico's en de maatschappelijke kosten hiervan zijn te hoog en staan de ontwikkeling van hernieuwbare energie in de weg.

How it all fits together

Het buitensporig voordeel dat Electrabel geniet door het onverzekerde risico van zijn kerncentrales, herinnert ons aan de “windfall profits”. Deze “profits” zijn een gevolg van de versnelde afschrijving van de kerncentrales en worden geschat op minstens één miljard euro per jaar. Dat ligt in dezelfde grootteorde als de winsten die Electrabel maakt dankzij het onverzekerde risico. De Belgische regering heeft vorig jaar al een eerste poging ondernomen om deze windfall profits te recupereren, maar is nog steeds verwickeld in een juridisch kat-en-muisspel met Electrabel en moederbedrijf Suez. Er is duidelijk nood aan een solide juridische basis om deze onrechtmatige winsten effectief en volledig te kunnen terugvorderen. En hiervoor zou de risicotaks ingezet kunnen worden. Omdat de financiële kost van het onverzekerde risico minstens zo hoog ligt als de marktprijs van elektriciteit, biedt de risicotaks meer dan voldoende marge om de windfall profits volledig te recupereren.

In het eerste deel van deze briefing worden de resultaten gegeven van het onderzoek naar de risico's van een kernongeval en in het tweede deel wordt dieper ingegaan op het wetsvoorstel 'nucleaire aansprakelijkheid'.

Belangrijkste conclusies van het onderzoek:

- De radioactieve besmetting door een ernstig kernongeval kan een oppervlakte zo groot als België voor tientallen jaren onbewoonbaar maken. Dit is aanzienlijk groter dan in Tsjernobyl.
- Voor de meest besmette gebieden (paars op de kaart) is meer dan 200 jaar nodig om de radioactiviteit te laten dalen tot een min of meer normaal niveau.
- de radioactieve wolk kan vele honderden tot meer dan duizend kilometer ver rijden. Een hoge besmetting is zelfs nog mogelijk tot in Hongarije
- door de dominante westenwinden vormen de reactoren op Belgisch grondgebied een belangrijk risico voor Nederland en Duitsland
- een belangrijk deel van het Belgische grondgebied kan voor tientallen jaren onbewoonbaar worden. Dit zou het einde betekenen van ons land. De meest besmette zone kan zich om het even waar in België situeren. Van de grote steden lopen de steden Antwerpen en Luik het grootste risico als gevolg van de dominante westenwinden. Maar ook Brussel, Namen en Gent lopen een groot risico.

Wat vraagt Greenpeace?

- een wet die een 'risicotaks' heft op de nucleaire kilowattuur ten laste van de exploitant van de kerncentrales. Deze dient als compensatie voor het onverzekerde risico van een ernstig kernongeval. De opbrengsten van deze taks worden in het Kyoto-fonds gestort en gebruikt voor investeringen in hernieuwbare energie en energie-efficiëntie. Op die manier kan de kernuitstap versneld worden.
- geen verlenging van de levensduur van de kerncentrales. De maatschappelijke kost van de nucleaire risico's is veel te groot.
- de regering moet aan het FANC de opdracht geven om de schade te bepalen die door een ernstig kernongeval kan veroorzaakt worden. De CREG kan op basis hiervan een berekening maken van de kostprijs van het onverzekerde risico per kilowattuur

Deel 1: De risico's van een ernstig kernongeval

a. De lessen uit Three Mile Island

In 1979 vond in de Verenigde Staten het zwaarste kernongeval in de geschiedenis van de Amerikaanse nucleaire industrie plaats. Een opeenvolging van technische en menselijke fouten leidde tot het verlies van het koelwater in de reactor van Three Mile Island en het gedeeltelijk doorsmelten van de kernsplijtstof. Doordat het reactorvat intact bleef, kwam slechts een beperkt gedeelte van de radioactiviteit vrij in het milieu².

Bij toeval werd twaalf dagen voor het ongeval 'The China Syndrome' gelanceerd, een film waarin hoofdrolspeelster Jane Fonda als journaliste getuige is van een vergelijkbaar ongeval. De kritieken vanuit de nucleaire industrie waren bikkelhard: een dergelijk ongeval was onmogelijk. Ook de dagen na het ongeval volhardde de industrie in het ontkennen van de ernst van de situatie die eerst als een 'minor malfunction' werd omschreven.

In de nasleep van het ongeval in Three Mile Island werd door de Amerikaanse autoriteiten wel degelijk rekening gehouden met de mogelijkheid van een zeer ernstig kernongeval, waarbij – in tegenstelling tot Three Mile Island – daadwerkelijk een groot deel van de radioactiviteit van de kern zou kunnen vrijkomen³. Tijdens het ongeval van 1979 had zich immers een waterstofexplosie voorgedaan en vreesden de ingenieurs voor een tweede explosie die het reactorgebouw hadden kunnen doen scheuren.

Ook in Europa werd nu ernstiger onderzoek gedaan naar de mogelijke gevolgen van een zeer ernstig kernongeval, voornamelijk door de Duitse nucleaire autoriteiten⁴.

b. Gevolgen van een ongeval in Doel of Tihange

Om de gevolgen van een ernstig ongeval in Doel of Tihange na te gaan, volstaat het niet om de gevolgen van het ongeval in Tsjernobyl te bestuderen. De reactor van Tsjernobyl was van een ander type (met een kern van brandbaar grafiet), waardoor bij de hevige brand de vrijgekomen radioactiviteit zeer hoog in de atmosfeer gejaagd werd en zich zo over het gehele noordelijke halfrond heeft verspreid. Bovendien ligt Tsjernobyl in een zeer dun bevolkt gebied.

Voor Doel of Tihange zal de radioactiviteit zich minder ver verspreiden en zal de besmetting dus geconcentreerder zijn, in een zeer dicht bewoond gebied met een hoge economische activiteit.

onderzoek in twee fasen:

Om een inschatting te maken van de mogelijke gevolgen moeten vereenvoudigd een tiental stappen doorlopen worden, zoals beschreven in onderstaande tabel.

Greenpeace België heeft in deze fase van het onderzoek de eerste vier stappen onderzocht voor Doel 1, Doel 4 en Tihange 1. De resultaten worden samengevat in twee rapporten. Greenpeace wil eerst samen met het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle deze resultaten en de verder te volgen methodologie bespreken vooraleer de tweede fase van het onderzoek aan te vatten.

2 According to the official figures, as compiled by the 1979 Kemeny Commission from Metropolitan Edison and NRC data, a maximum of 13 million curies (480 PBq) of radioactive noble gases (primarily xenon) were released by the event. 13 to 17 curies of thyroid cancer-causing iodine-131 were released. Total releases according to these figures were a relatively small proportion of the estimated 10 billion curies in the reactor

3 zie Bijlage A

4 GRS en SSK, zie verder 'de hoeveelheid radioactiviteit die kan vrijkomen' alsook Bijlage B

Tabel 1: overzicht van het onderzoeksproject van Greenpeace België

fase 1	<ol style="list-style-type: none"> 1. de berekening van de hoeveelheid radioactiviteit die zich in de kern bevindt net voor het ongeval (dit is de zogenaamde 'bronterm') 2. het gedeelte radioactiviteit van de kern die vrijkomt 3. op basis van een atmosferisch model (FLEXPART) berekenen hoe de radioactiviteit zich verspreidt in de lucht en neerkomt op het grondoppervlak (enkel voor cesium-137) 4. het tekenen van besmettingskaarten van het grondgebied (enkel voor cesium-137)
overleg	
fase 2	<ol style="list-style-type: none"> 5. stappen 3 en 4 completeren voor andere isotopen (o.a. I-131) en op een kortere afstand (model COSYMA,...) 6. urgentiezones bepalen (tijdelijk evacuatie, definitieve evacuatie, beschermende maatregelen) 7. de besmetting van de bevolking berekenen 8. de gezondheidseffecten inschatten, op korte en lange termijn 9. de economische schade inschatten 10. de totale kostprijs berekenen

de hoeveelheid radioactiviteit in de kern

De hoeveelheid radioactiviteit in de kern is in de eerste plaats afhankelijk van de grootte van de reactor. Doel 1 heeft met een vermogen van 400MWe een kleinere kern dan Doel 4 (1000MWe) of Tihange 1 (900MWe). Voorts is ook de 'opbrandgraad' van de splijtstof in de kern van groot belang. Dit is de hoeveelheid energie die de splijtstof (per ton) produceert. Als splijtstof langer in de kern blijft en meer splijtingen (per ton) ondergaat, dan bevat die splijtstof ook meer radioactiviteit. Het is dus belangrijk op te merken dat voor Doel 4 een vergunning is afgeleverd waardoor de splijtstof zo'n 20 procent radioactiever kan worden dan voor Doel 1⁵.

In Bijlage B vindt u een overzicht voor Doel 1, Doel 4 en Tihange 1.

de hoeveelheid radioactiviteit die kan vrijkomen

Vertrekkende van de radioactieve inhoud van Doel 1, Doel 2 en Tihange 1 hebben we aan de hand van een studie van de Duitse Strahlenschutzcommission (de reactorveiligheidscommissie SSK) van het ministerie van Leefmilieu een berekening gemaakt van de hoeveelheid radioactiviteit die zou kunnen vrijkomen⁶. Hierbij wordt rekening gehouden met het feit dat sommige radioactieve isotopen veel vluchtiger zijn dan andere (bv. de gasvormige). Dit wordt ook weergegeven in de tabellen van Bijlage B.

In deze studie gaan we ervan uit dat 50% van het radioactieve cesium vrijkomt. Dit is enkel mogelijk in een ongevalsscenario waarbij niet alleen de splijtstof smelt, maar ook het reactorvat en het reactorgebouw barsten of doorboord worden, een zgn. 'open containment' ongeval. Het gaat dus om het ergste soort ongeval in een kerncentrale. Dit kan bijvoorbeeld door een explosie van opgestapeld waterstof in het reactorgebouw of door een aanslag van buiten het reactorgebouw met een vliegtuig of met explosieven of munitie. Volgens de Duitse autoriteiten GRS en SSK zou hierbij meer dan 50% van de vluchtige radioactieve isotopen kunnen vrijkomen (voornamelijk jodium en cesium)⁷.

5 Voor Doel 1 en Tihange 1 werd een opbrandgraad van 45GWd/t verondersteld en voor Doel 4 55GWd/t. Dit is de opbrandgraad op het ogenblik dat de splijtstof wordt ontladen, dit is ook het ogenblik waarop in die splijtstofelementen de hoogste concentratie aan radioactiviteit wordt bereikt. Als er zich een ongeval voordoet vlak voor dergelijke vervanging met verse splijtstof zal de uitstoot van radioactiviteit het hoogst zijn.

6 Strahlenschutzkommission (SSK): Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt-, Naturschutz und Reactorsicherheit, Heft 37, 2004

7 Gesellschaft für Reactorsicherheit (GRS): Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Phase B: Eine zusammenfassende Darstellung; Köln, 1989

In de eerste fase van het onderzoek werd enkel het radioactieve isotoop cesium-137 bestudeerd. Dit splijttingsproduct heeft een halveringstijd van 30 jaar en zorgt op langere termijn voor de belangrijkste blootstelling van de bevolking aan radioactiviteit als gevolg van het ongeval.

de verspreiding van de radioactiviteit in de atmosfeer en depositie

Voor de berekening van de verspreiding werd gebruik gemaakt van het FLEXPART-model door het Oostenrijkse Instituut voor Meteorologie⁸ (BOKU-Met) van de universiteit van Wenen. De resultaten worden weergegeven op een kaart van Europa met de depositie van de radioactiviteit.

De belangrijkste kenmerken:

- Er werd gebruik gemaakt van een database van gedetailleerde weerdata van het ECMWF⁹ voor 90 dagen in 1995, gelijk gespreid over het jaar. In totaal zijn er voor de drie bestudeerde reactoren dus 270 kaarten opgesteld. De keuze voor 1995 is gemaakt omdat het weerpatroon van dat jaar statistisch het beste overeenstemt met het gemiddelde over de jaren heen (dominante windrichting, luchtdruk,...).
- de radioactiviteit komt vrij gedurende 1 uur
- de rookpluim ontwikkelt zich op een hoogte tussen 50 en 1000 meter. De hoogte is afhankelijk van de warmteontwikkeling in de reactor en de weersomstandigheden
- de rookpluim wordt gevolgd gedurende 10 uur
- enkel de depositie van cesium-137 wordt bestudeerd, niet de concentraties in de lucht die ook een zeer belangrijke factor zijn voor het bepalen van de blootstelling door inademing

beperkingen van het model:

- FLEXPART is een model om de verspreiding over grote afstanden te bestuderen. Dit in tegenstelling met de modellen die voornamelijk door de nucleaire overheden worden gebruikt (zoals COSYMA) en die vooral bedoeld zijn voor kortere afstanden (enkele tientallen tot hoogstens 100km). FLEXPART heeft een vrij lage resolutie (35x35km), waardoor de afgebakende zones niet erg precies zijn.
- door de lage resolutie is het mogelijk dat kleine zones met een hoge besmetting niet zichtbaar zijn op de kaart

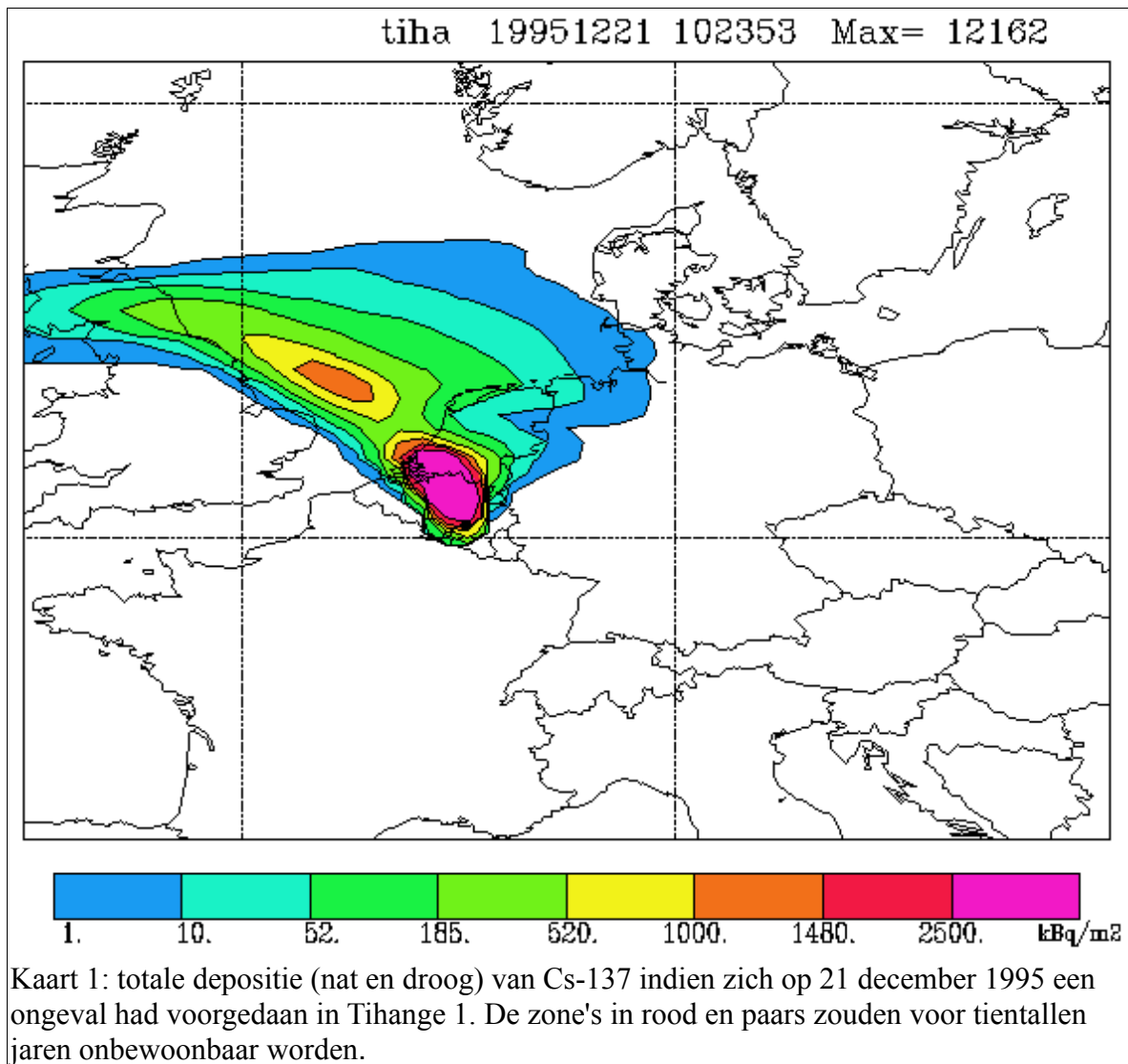
Resultaten: grondbesmetting met cesium-137 in kaart gebracht

Op de onderstaande kaart (kaart 1) wordt de concentratie van de besmetting van de grond met cesium-137 weergegeven indien er zich op op 21 december 1995 een zeer ernstig kernongeval had voorgedaan in Tihange 1.

De weergegeven intervals komen grotendeels overeen met de de kaarten die opgesteld werden na het ongeval van Tsjernobyl (zie kaart 2). Ze zijn gebaseerd op normen die gehanteerd werden door de Sovjetautoriteiten. Besmetting boven de 185 kBq/m² werden als 'gecontroleerde zone' aangeduid, met o.a. beperkingen voor de landbouw. Boven de 1480 kBq/m² werden de inwoners verplicht om definitief hun woning te verlaten. In Bijlage D vindt u een gedetailleerd overzicht van de maatregelen die in de verschillende zone's worden genomen. In de onderstaande tabel wordt deze samengevat. In Bijlage C is ook een gedetailleerde kaart van de omgeving van Tsjernobyl toegevoegd. Bemerkt dat de zone boven de 1480kBq/m² kleiner is voor Tsjernobyl dan voor het ongeval in Tihange.

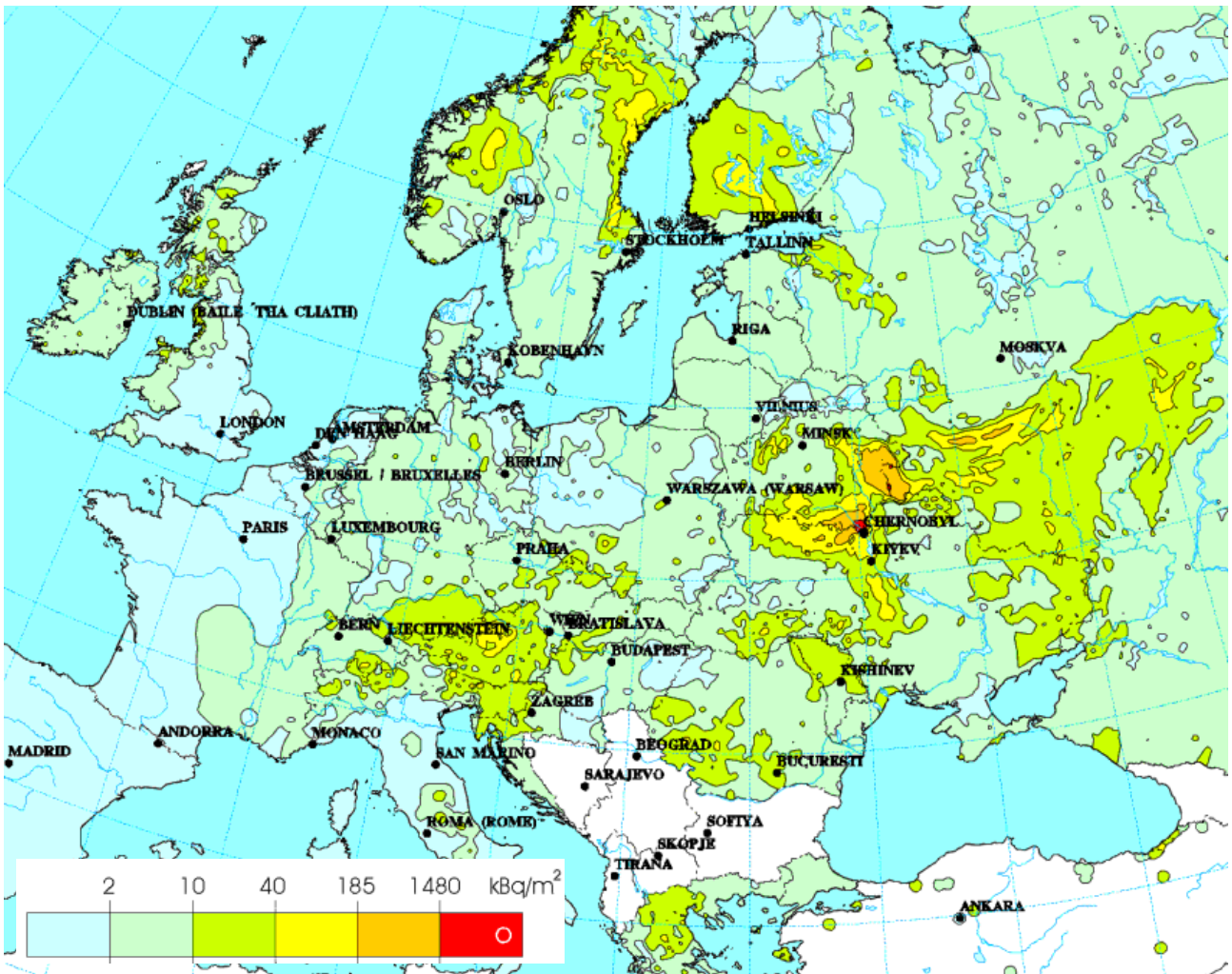
⁸ Institute of Meteorology (BOKU-Met), University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna.

⁹ European Centre for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF)

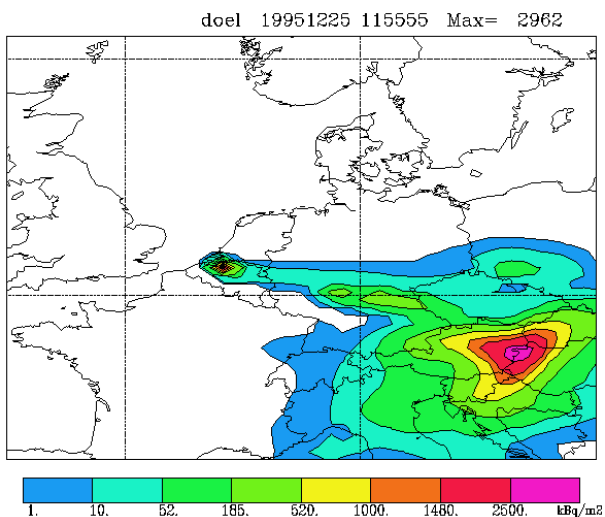


Summary of measures in Belarus, Ukraine, Russia [UNDP, 2002]	
Contamination density by ¹³⁷ Cs (kBq/m ²)	designation of zones
37-185	Zone of enhanced radiological control
185-555	Right to resettle (if dose > 1 mSv/year)
555-1480	Zone of secondary resettlement mandatory if dose >5mSv/year
>1480	Zone of priority resettlement mandatory if dose >5mSv/year

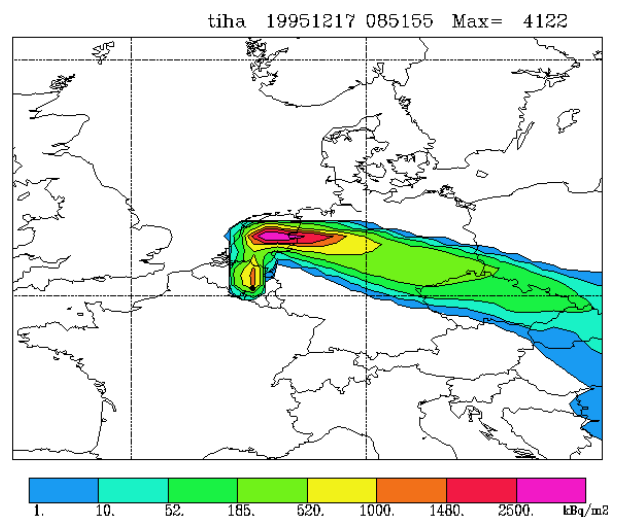
Op Kaart 1 is een groot deel van België en het zuiden van Nederland besmet boven de 1480 kBq/m² (rood) en zelfs boven de 2500 kBq/m² (paars). Als we de gehanteerde normen van de Rusland, Wit-Rusland en Oekraïne volgen, zouden de gebieden die rood en paars kleuren voor vele tientallen jaren verplicht ontruimd moeten worden. Zelfs boven de 555kBq/m² zouden bepaalde gedeelten verplicht ontruimd moeten worden indien de dosis hoger zou zijn dan 5mSv/jaar. Dit is 5 keer hoger dan de maximaal toegestane dosis van 1mSv/jaar. Boven de 1mSv/jaar heeft de bevolking het recht om zich elders te vestigen, wat mogelijk is in bepaalde gedeelten van de zone boven 185kBq/m². De maximale concentratie (ergens binnen de paarse zone) bedraagt zelfs 12.162 kBq/m².



Kaart 2: reëel gemeten concentraties van Cs-137 als gevolg van het ongeval in Tsjernobyl. Bron: Europese Commissie, Atlas of Caesium deposition, 2001. Voor een detailweergave van de omgeving van Tsjernobyl, zie Bijlage C



Kaart 3: Doel 4



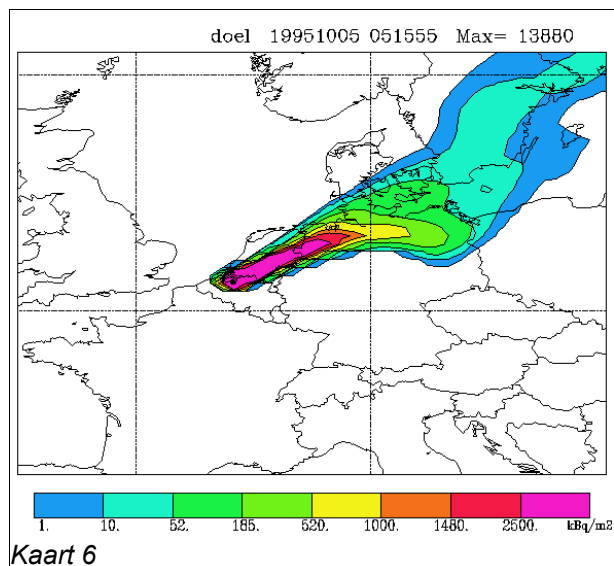
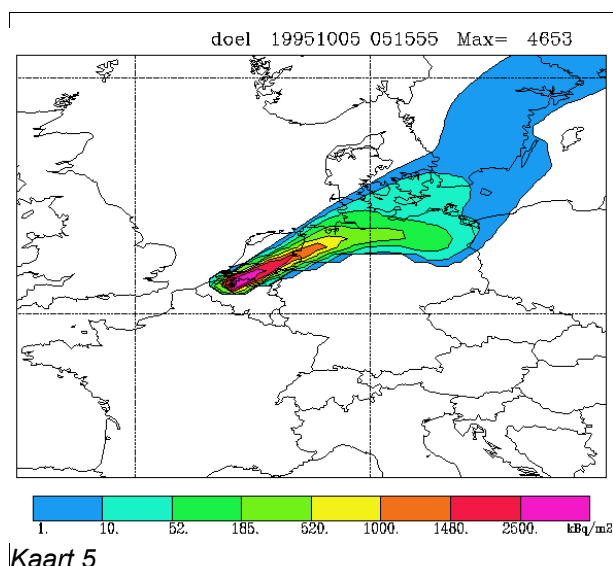
Kaart 4: Tihange 1

Net zoals te zien op de kaart van Tsjernobyl, kan de verspreiding van de radioactiviteit uit bv. Tihange een erg grillig patroon vertonen, wat grotendeels te verklaren is door (lokale) neerslag of hoogteverschillen. Zeer plaatselijke besmetting is op de kaarten voor Doel en Tihange echter niet zichtbaar, omdat de resolutie beperkt is tot 35x35km. Een verschil is dat in Tsjernobyl de radioactiviteit vrijkwam uit het reactorgebouw gedurende een periode van ongeveer acht dagen,

terwijl we voor Doel en Tihange uitgaan van een uitstoot gedurende één uur, omdat het over een ander reactortype gaat. Dit zorgt voor een homogener patroon op de kaart.

Op Kaart 3 worden als gevolg van neerslag vooral Oostenrijk en Hongarije zwaar besmet door een ongeval in Doel 4. De maximale concentratie ligt met 2962 kBq/m² wel lager dan bij andere kaarten, omdat de radioactiviteit zich sterker verspreid heeft over een groter oppervlak.

Op Kaart4 drijft de radioactieve wolk de eerste uren naar het noorden door een zuiderwind en wordt dan afgebogen naar het zuidwesten, waarna de radioactieve besmetting in Nederland toeneemt tot meer dan 2500 kBq/m² als gevolg van neerslag.



Kaarten 5 en 6 maken een vergelijking mogelijk tussen de 3 keer zo grote uitstoot van Doel 4 in vergelijking met Doel 1 (omdat Doel 4 een grotere reactor is met een hogere 'opbrandgraad' of concentratie radioactiviteit per ton splijtstof). Bemerkt dat de maximale besmetting bij Doel 4 (13.880 kBq/m²) drie keer zo hoog is als voor Doel 1 (4.653 kBq/m²).

interpretatie van de resultaten

- Als de Sovjetnormen voor het ongeval van Tsjernobyl worden toegepast, zouden de zones met een besmetting boven de 1480 kBq/m² voor lange tijd onbewoonbaar worden (minstens tientallen jaren). Op basis van de normen in Wit-Rusland zou dit al vanaf 555 kBq/m² nodig zijn.
- Deze zone boven de 1480 kBq/m² kan door een kernongeval in Doel of Tihange aanzienlijk groter zijn dan in Tsjernobyl, vooral bij regenweer, waarbij de radioactiviteit geconcentreerder neerslaat. Voor sommige kaarten is de oppervlakte van deze zone vergelijkbaar met de oppervlakte van België.
- Voor de meest besmette gebieden (paars op de kaart) is meer dan 200 jaar nodig om de radioactiviteit te laten dalen tot een min of meer normaal niveau¹⁰.
- de radioactieve wolk kan vele honderden tot meer dan duizend kilometer ver reiken. Een hoge besmetting boven de 1480 kBq/m² is zelfs nog mogelijk op deze afstanden
- door de dominante westenwinden vormen de reactoren op Belgisch grondgebied een belangrijk risico voor Nederland en Duitsland
- bij een zeer ernstig ongeval kan een belangrijk deel van het Belgische grondgebied voor tientallen jaren onbewoonbaar worden. Dit zou het einde betekenen van ons land. De meest

¹⁰ na 7 halveringstijden of 210 jaar, is de radioactiviteit afgenomen van 2500 tot 20 kBq/m². Bemerkt dat er gebieden zijn waar de besmetting oploopt tot boven de 10.000kBq/m², maar dit is niet in een aparte kleur weergegeven op de kaarten.

besmette zone kan zich om het even waar in België situeren. Van de grote steden lopen de steden Antwerpen en Luik het grootste risico als gevolg van de dominante westenwinden.

d. conclusies uit andere rapporten

Gezondheidseffecten door inademing (Greenpeace Duitsland)

In een studie in opdracht van Greenpeace Duitsland¹¹ wordt een meer gedetailleerde studie gemaakt van de mogelijke blootstelling van de bevolking op een afstand van 25 km van de reactor. Hiervoor wordt het atmosferisch model HOTSPOT gebruikt, ontwikkeld door het Lawrence Livermore National Laboratory¹². Hierbij wordt ook de blootstelling door inademing bestudeerd en dit voor verschillende isotopen, waaronder jodium-131 dat een zeer grote stralingsdosis kan veroorzaken in de eerste uren tot dagen na een ongeval.

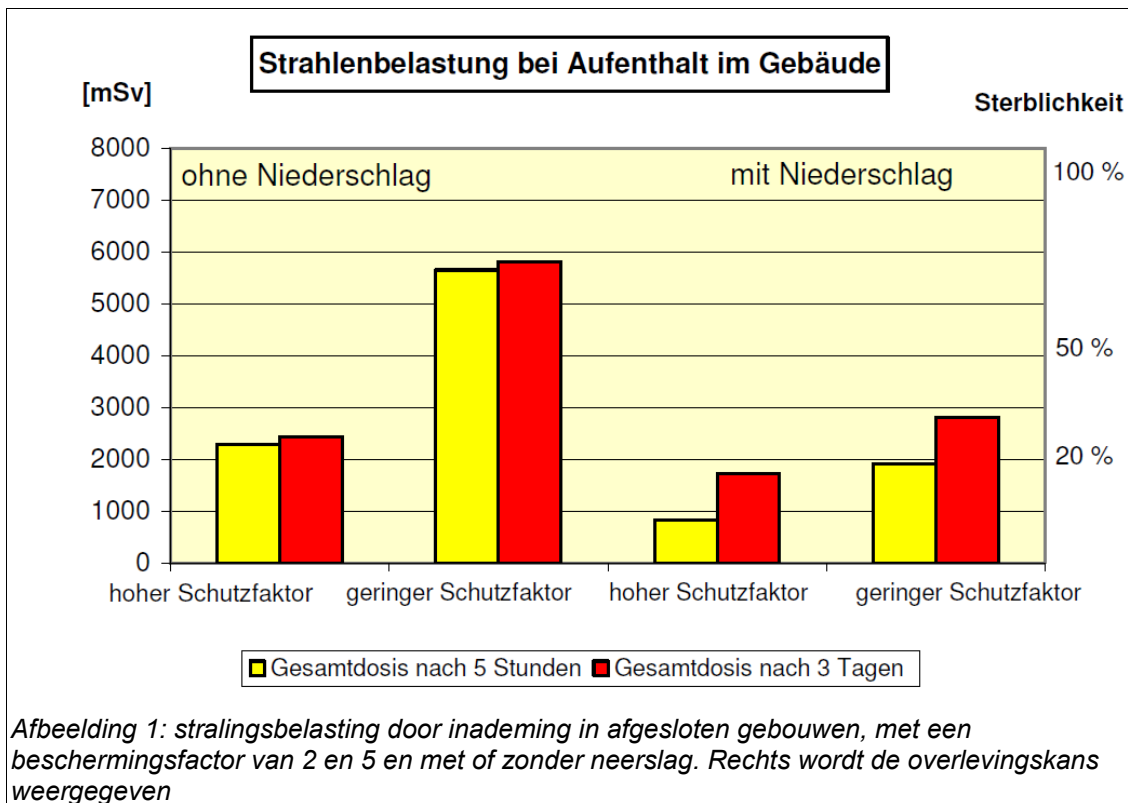
Een zeer opmerkelijke conclusie is dat de effectieve dosis door inademing kan oplopen tot verschillende sieverts (zie Afbeelding 1). Bij zo'n extreme dosis treedt acute stralingsziekte op die op korte termijn (dagen, weken) de dood tot gevolg heeft. Het gaat hierbij niet om kanker, maar wel om de beschadiging van de cellen, vergelijkbaar met een brandwonde, zodanig dat een aantal vitale lichaamsfuncties het laten afweten.

Zelfs binnen in een gebouw met gesloten vensters kan de dosis van de eerste 5 uur 5651 mSv bedragen, een extreem hoge dosis die acute stralingsziekte veroorzaakt en een overlevingskans geeft van zo'n 20 %. De dosis van de eerste drie dagen is nog hoger en verlaagt de overlevingskans tot slechts 15 %. Voor mensen die zich buiten bevinden ligt de dosis nog eens dubbel zo hoog en is de dood onvermijdelijk. Als er neerslag is zal de dosis aanzienlijk lager liggen omdat een deel van de radioactiviteit op de grond terecht komt en niet onmiddellijk wordt ingeademd. De overlevingskans neemt dan toe tot zo'n 80 %. De overlevenden van stralingsziekte hebben natuurlijk een grote kans om later, na verloop van jaren, nog kanker te ontwikkelen. De kans om te overlijden aan kanker als gevolg van de straling kan oplopen tot 29 %¹³.

11 BECKER Oda, Auswirkungen eines schweren Unfalls im Atomkraftwerk Biblis. Erstellt im Auftrag von Greenpeace Deutschland e.V., 16 Juni 2009.

12 http://homer.ornl.gov/nuclearsafety/qa/sqa/central_registry/HOTSPOT/hotspot.htm

13 als we de risico-factor toepassen uit ICRP-60, voor de bevolkingsgroep met een beschermingsfactor 2 zonder neerslag.



Probabiliteit van een ernstig ongeval

Het studie bureau CE Delft heeft een overzicht gemaakt van studies door nucleaire veiligheidsautoriteiten in onder andere de VS, Frankrijk en Duitsland¹⁴. Hieruit blijkt dat de probabiliteit op een ongeval met een (gedeeltelijk) smelten van de kern geschat wordt tussen 1 kans op 10.000 per reactor en per jaar en 1 kans op 1 miljoen. In Bijlage A wordt een overzicht gegeven van deze studies.

CE Delft wijst erop dat deze studies verschillende methodologieën gebruiken, en dat er rekening moet gehouden met een foutenmarge van een factor 10. Een preciese vergelijking tussen de studies is dus niet mogelijk.

De meeste studies komen tot een probabiliteit van 1 kans op 20.000 per reactorjaar en dit cijfer wordt ook voor de Europese studie Extern-E gebruikt. Voor de Franse reactoren van 900 MW, vergelijkbaar met de Belgische reactoren, wordt uitgegaan van 1 kans op 20.202 per reactorjaar. Voor alle 140 Europese reactoren betekent dit voor 25 jaar een kans ongeveer 1 op 5, wat toch bezwaarlijk een 'zeer klein risico' kan genoemd worden¹⁵.

Het smelten van de kern leidt niet noodzakelijk tot een grootschalige uitstoot van radioactiviteit, zoals duidelijk werd bij het ongeval van Three Mile Island. De fractie van cesium en jodium die vrijkomt kan variëren tussen 0.01% en meer dan 50%¹⁶.

- in 3% van deze ongevallen kan tot meer dan 50% van het jodium en cesium vrijkomen
- in 7% van de ongevallen kan tot 15% vrijkomen
- in 6% van de ongevallen kan tot 5% vrijkomen

Deze probabiliteiten gaan natuurlijk uit van de hypothese dat het om een ongeval gaat en niet om een daad van sabotage of een terroristische aanslag, waarbij precies alle stappen kunnen worden

¹⁴ CE Delft, Environmentally Harmful Support Measures in EU Member States. Delft, January 2003.

¹⁵ CE Delft, uitgaande van een gemiddelde probabiliteit van $5 \cdot 10^{-5}$ per reactorjaar

¹⁶ CE Delft, p. 137

ondernomen om ervoor te zorgen dat het beschermende omhulsel van de reactor doorbroken wordt. Hierbij wordt meestal gedacht aan een mogelijke aanslag met een lijnvliegtuig, maar er zijn ook andere scenario's denkbaar waarbij terroristen explosieven of zware munitie aanwenden.

Het is van belang om op te merken dat de reactoren van Doel 1 en 2 slechts voorzien zijn op de impact van een klein sportvliegtuig (de koepel heeft een dikte van 60cm beton).

De kostprijs van een ernstig ongeval

In onderstaande tabel geven we een kort overzicht van enkele internationale studies die de totale kostprijs berekenen van een ernstig ongeval. Deze studies hanteren verschillende uitgangspunten, onder andere wat betreft de ernst van het ongeval en kunnen daarom niet met elkaar vergeleken worden. Ze dienen hier als illustratie van de zeer hoge kostprijs van een ernstig kernongeval. Voor een precieze berekening van de kostprijs van een ongeval in Doel of Tihange moet rekening gehouden worden met de plaatselijke omstandigheden (bevolkingsdichtheid, infrastructuur, economische activiteiten,...).

<i>cost nuclear accident</i>	<i>source</i>
US\$ 67 million to US\$ 15.5 billion	General Accounting Office (USA) ¹⁷
US\$ 21.3 billion to US\$ 695 billion	Sandia National Laboratories (USA) ¹⁸
DM 4.5 - 83,250 billion	Fraunhofer Institut ¹⁹
US\$ 6.8 trillion (worst- case)	Prognos AG (Germany) ²⁰
USD 613 - 652 billion	Pace University Centre ²¹
5,000 billion €	Ewers H.J. and Rennings K. ²²

de kostprijs per kilowattuur van het onverzekerde risico

Op basis van de probabiliteit van een ongeval en van de omvang van de schade kan berekend worden wat de kostprijs is per kWh van het niet verzekerde risico (de externe kost). Het Nuclear Energy Agency (NEA) heeft een overzicht gemaakt van deze studies. Deze schattingen lopen zeer sterk uiteen, met een verschil van verschillende ordes van grootte. De NEA wijdt dit niet aan de foutieve methodologie van de studies maar wel aan de verschillen in welk type ongeval en welke gevolgen men al dan niet bestudeerd heeft.

17 United States General Accounting Office, 1987

18 Sandia National Laboratory, produced for States Nuclear Regulatory Commission. Following the Three Mile Island (TMI) accident in 1979, Sandia estimated for each nuclear plant then in operation, how many people would die and be injured within the first year due to their radiation exposure and how many people would later die from radiation-induced illnesses like cancer. Early fatality estimates ranges from 700 for a small reactor to 100,000 for one of the larger ones. Cancer death estimates ranged from 3,000 to 40,000. Injury estimates ranged from 4,000 to 610,000. see: IEER, *The Price-Anderson Act: The Billion Dollar Bailout* at www.ieer.org/sdfiles/vol_9/9-1/nrcrisk.html

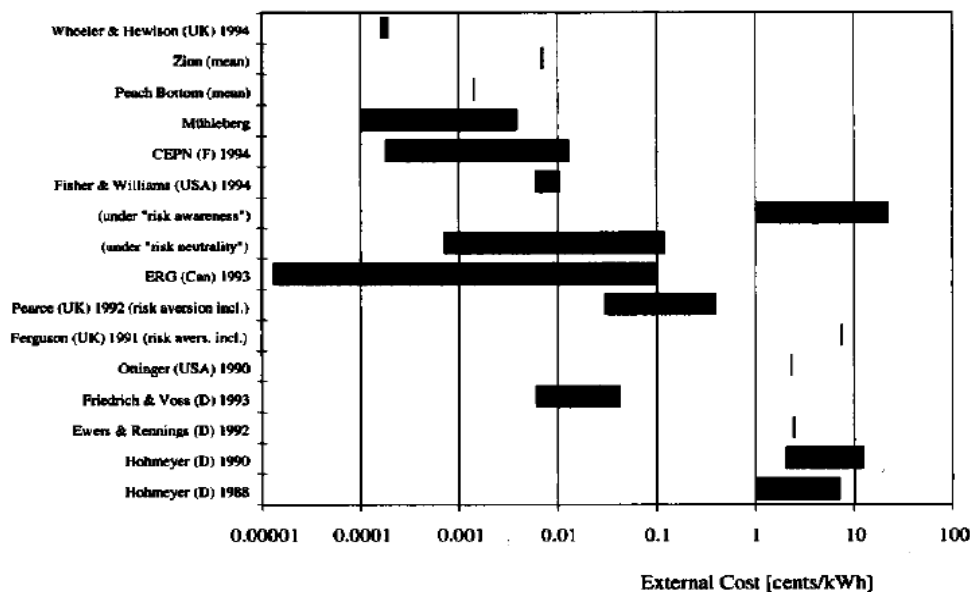
19 Fraunhofer Institut fuer Systemtechnik und Innovationsforschung, produced for Commission of the European Communities, Directorate-General for Science, Research and Development (1982).

20 Prognos AG, prepared for Federal Ministry of Economics, 1992.

21 Pace University Center for Environmental Legal Studies prepared for United States Department of Energy and New York State Energy Research and Development Authority, 1990.

22 Ewers H.J. and K. Rennings, "Economics of Nuclear Risk – a German Study," in O. Homeyer and R. Ottinger (eds.), *Social Cost of Energy, Present status and Future Trends*, Springer-Verlag, Berlin, 1992, 150-166, cited in A. Froggatt, "The EU's Energy Support Programmes," April 2004, page 24.

Figure 2.1 Span of estimated external costs of severe reactor accidents



Afbeelding 2: bron: Nuclear Energy Agency, NEA: Methodologies for Assessing the Economic Consequences of Nuclear Reactor Accidents. Paris 2000

De studies vallen uiteen in twee afgescheiden groepen. De studies die tot de hoge externe kost komen variëren tussen 1 en 20 cent/kWh (10-200 €/MWh). Ter vergelijking: de productiekost van de afgeschreven kerncentrales wordt geschat tussen de 15-25€/MWh, terwijl de groothandelsprijs op de markt over de laatste 12 maanden variëerde tussen de 40 en 100 €/MWh. CE Delft gaat uit van een externe kost van 50€/MWh voor de hoge variëte.

De externe kosten kunnen dus hoger liggen dan de marktprijs van elektriciteit. Dit verklaart meteen waarom het niet economisch verantwoord is om de levensduur van de kerncentrales te verlengen.

Voor België zijn dergelijke studies niet gepubliceerd. Vanwege de zeer hoge bevolkingsdichtheid, de nabijheid van grote steden (Antwerpen, Luik, Brussel) en van een zeer grote concentratie aan industriële activiteit (de haven van Antwerpen) zal de externe kost in België relatief hoger liggen dan in andere landen.

Greenpeace vraagt de Federale regering om een specifieke studie te laten uitvoeren die de kostprijs van het onverzekerde risico voor Doel en Tihange berekent. Dergelijke opdracht kan toegewezen worden aan het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle en de CREG. Zo publiceerde de CREG eerder al een studie over de financiering van het kernafval. De tweede fase van ons eigen onderzoek kan hiertoe eveneens toe bijdragen.

Deel 2: Nucleaire aansprakelijkheid: een wetsvoorstel

a. De internationale verdragen

Er bestaan twee verschillende aansprakelijkheidsregimes in Europa. Voor de meeste West-Europese landen zijn de Conventies van Parijs (1960) en Brussel (1963) van toepassing, terwijl de Centraal-Europese landen lid zijn van de Conventie van Wenen.

Sommige landen zoals Oostenrijk, Luxemburg of Ierland zijn geen lid van een van beide. Deze landen hebben geen kernenergie en zien deze conventies als nadelig in het geval van een kernongeval met grensoverschrijdende gevolgen, omdat deze conventies in de eerste plaats de uitbaters van de kerncentrales beschermen, en niet de getroffen bevolking of de staten.

De Conventie van Parijs van 1960 regelt de aansprakelijkheid van de nucleaire exploitant. In de beginperiode van de nucleaire industrie werd ervan uitgegaan dat het noodzakelijk was om deze aansprakelijkheid te beperken omdat het anders moeilijk zou zijn om een nucleaire industrie uit te bouwen. Het oorspronkelijke bedrag bedroeg slechts 5 tot 15 miljoen SDR (zo'n 8 tot 18 miljoen euro).

De Conventie van Brussel van 1963 regelt de supplementaire garanties van de staat waar de installatie gelegen (175 miljoen SDR of ca. 210 miljoen €) is en daarbovenop een soort solidariteitsgarantie van de staten die lid zijn van deze conventie van 300 miljoen SDR (360 miljoen euro).

Na het ongeval van Tsjernobyl in 1986 werd het duidelijk dat deze conventies niet toereikend waren. Uiteindelijk werden in 2004 protocollen goedgekeurd die de Conventies van Brussel en Parijs versterkten. De aansprakelijkheid van de exploitant werd opgetrokken tot 700 miljoen euro, deze van de staat tot 500 miljoen en deze van de gezamenlijke staten tot 300 miljoen. In totaal is dit dus 1,5 miljard euro.

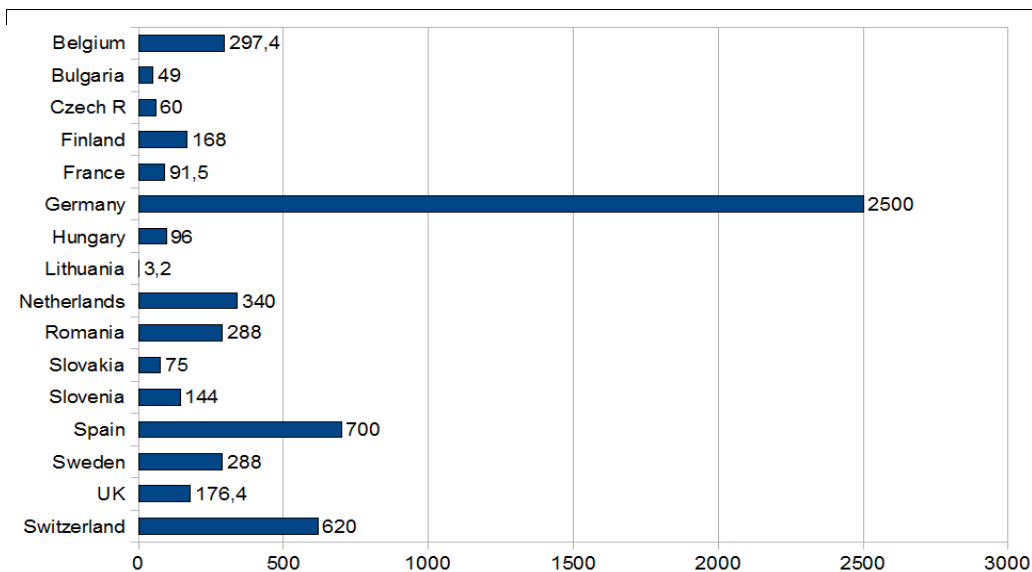
Tabel 2 geeft een overzicht van de minimumbedragen volgens de verschillende conventies en protocollen.

Convention	Operator	State	Combined States Parties	Total
Paris 1960	SDR ²³ 5-15 million			SDR 5-15 million
Paris + Brussels (Not in force)	EU700 million	EU500 million	EU300 million	EU1.5 billion
Brussels Supp. 1963		SDR 175 million	SDR 300 million	SDR 475 million
Vienna 1963	US\$5 million			US\$5 million
Vienna 1997	SDR 150 million	SDR 300 million		SDR 450 million
CSC (Not in force)			SDR 300 million	SDR 300 million

Bij de omzetting naar nationale wetgeving zijn er grote verschillen tussen de staten. Dit komt omdat niet alle staten even ver gevorderd zijn in het ratificeren en toepassen van aanvullende protocollen, zoals deze van Brussel en Parijs van 2004. Bovendien zijn de staten vrij om hogere bedragen toe te passen. Dit is bijvoorbeeld het geval in Duitsland, dat bovenop de aansprakelijkheid van de individuele uitbaters (RWE, E.ON, ENBW, Vattenfal) een 'pool' heeft opgericht waar de exploitanten collectief aansprakelijk zijn voor een bedrag tot 2,5 miljard euro. Ook in de V.S. is een

²³ The exchange rate on June 19th 2009 was 0.9037 €

pool opgericht met een totaal bedrag van 10 miljard dollar. In Afbeelding 2 wordt een overzicht gegeven van deze bedragen.



Afbeelding 3: overzicht aansprakelijkheidsverzekering van nucleaire exploitanten (miljoen €)

Bovenop deze verplichte aansprakelijkheidsverzekering van nucleaire exploitanten hebben Duitsland en Finland ook een *onbeperkte* aansprakelijkheid ingevoerd. Ook in Zweden kondigde de regering recent aan dat ze onbeperkte aansprakelijkheid overweegt²⁴. Wanneer de schade groter is dan de bedragen gedekt door de aansprakelijkheidsverzekering van de uitbater en de garanties van de staten, kunnen de bezittingen van de exploitanten verkocht worden. De vraag is natuurlijk wat dit in de praktijk betekent voor een bedrijf dat door een ongeval een belangrijk deel van zijn vermogen verloren ziet gaan. Omdat onbeperkte aansprakelijkheid weinig financiële garanties biedt, moet het gepaard gaan met een verhoging van de wettelijke verplichte aansprakelijkheidsverzekering.

b. de huidige Belgische wetgeving

In België wordt de aansprakelijkheid oorspronkelijk geregeld door de wet van 22 juli 1985. Deze beperkte de aansprakelijkheid voor de exploitant tot 4 miljard Belgische frank per reactor. De wet werd aangepast door de wet van 11 juli 2000. Een opmerkelijke nieuwigheid is dat de verzekering nu niet meer per reactor maar wel per vestigingsplaats geldt. Dus voor de gehele centrale van Doel en voor deze van Tihange, telkens voor 12 miljard BEF of 297 miljoen euro. De betwistbare uitleg hiervoor was dat er geen twee ongevallen tegelijk binnen dezelfde centrale kunnen plaatsvinden.

c. een subsidie voor Electrabel

De beperking van de nucleaire aansprakelijkheid betekent voor Electrabel een zeer aanzienlijke subsidie, omdat er wel degelijk een maatschappelijke kost is. Bij de bespreking van het wetsontwerp over de nucleaire aansprakelijkheid in 1985 verklaarde de toenmalige minister van Economische Zaken dat bij een kernramp waarvan de omvang van de schade die de wettelijke aansprakelijkheid te boven gaat “de druk op de regering dermate hoog (zal) worden dat de schade uitendelijk toch op één of andere manier zal worden vergoed”. Hieruit volgt expliciet dat indien de schade van een kernramp de wettelijke aansprakelijkheidsplafonds overtreft, de bijkomende schadevergoeding ten laste van de staat zal zijn.

Uit de bovengenoemde studies blijkt dat de externe kost van het onverzekerde risico op een kernramp rond de 50 €/MWh kan geschat worden, wat vandaag ongeveer overeenkomt met de

²⁴ Swedisch government communication, February 5th 2009

groothandelsprijs van elektriciteit op de markt.

Deze zeer omvangrijke subsidie betekent ook dat er van een correcte marktwerking geen sprake is. Exploitanten van windmolenparken moeten zich wel verzekeren voor de schade die ze mogelijk kunnen aanrichten. De aansprakelijkheidswetgeving is nog geschreven in de geest van een gereguleerde elektriciteitsmarkt, en in de historische context van de jaren 1960 en 1970, waarbij men koste wat het kost kernenergie wou ontwikkelen in ons land. Deze voordelen passen niet in een geliberaliseerde markt.

d. een wetsvoorstel voor de nucleaire aansprakelijkheid

Om deze marktversturende voordelen voor kernenergie te corrigeren, kan een belasting op de nucleaire kWh ingevoerd worden.

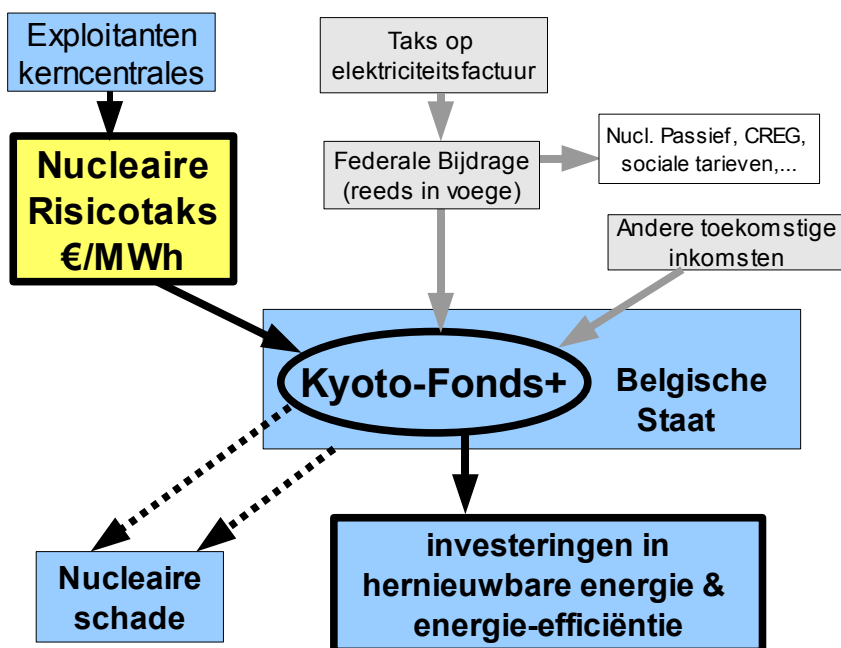
Greenpeace liet door juristen een wetsvoorstel uitwerken om de wet van 11 juli 1985 te herzien.

De kern van het voorstel bestaat uit het invoeren van een 'risicotaks' (in het wetsvoorstel 'aansprakelijkheidsvoorziening' genoemd) ten laste van de exploitant van de kerncentrales, die in het reeds bestaande Kyoto-fonds moet gestort worden. Met dit fonds worden vervolgens investeringen gefinancierd in hernieuwbare energie en energie-efficiëntie. Op die manier kan de sluiting van de kerncentrales versneld worden en fungeert de heffing als een middel om preventief de nucleaire risico's te beperken. Gezien de niet te overziene omvang van een kernramp is geen enkel verzekeringssysteem denkbaar dat de reële risico's kan dekken. Het enige effectieve middel bestaat erin de zo de reactoren zo snel mogelijk te sluiten.

In het geval zich een kernramp zou voordoen waarvan de kosten hoger zijn dan de wettelijk voorziene limieten, kan eveneens geld uit het Kyoto-fonds gebruikt worden om de slachtoffers te vergoeden. Dit valt te motiveren omdat in dit geval de staat sowieso al zijn middelen zal moeten aanspreken om in de mate van het mogelijk de ergste noden te lenigen.

Het Kyoto-fonds is echter geen compensatiefonds in die zin dat de inkomsten uit de risicotaks opgespaard zouden worden voor het geval zich een kernongeval voordoet. Neen, de middelen van het Kyotofonds worden uitgegeven, dus de reële beschikbare middelen in het Kyotofonds voor de vergoeding van de slachtoffers van een kernramp kan in de praktijk beperkt zijn. In het geval van een kernramp zullen uiteindelijk alle beschikbare middelen van de staat ingezet moeten worden om aan de noodtoestand het hoofd te bieden.

Het Kyotofonds dat nu reeds inkomsten heeft uit de Federale Bijdrage (een heffing op de elektriciteitsfactuur), zou door de risicotaks aanzienlijk versterkt worden. De risicotaks kan immers oplopen tot meer dan een miljard euro per jaar. Tegelijk is het noodzakelijk dat het bestaande Kyotofonds verbeterd wordt en dat de controle versterkt wordt. Het kan bijvoorbeeld niet de bedoeling zijn om massaal emissierechten te gaan aankopen in het buitenland, iets wat het huidige Kyotofonds mogelijk maakt. Vandaar dat we van een Kyotofonds+ spreken. Indien het verbeteren van het bestaande Kyotofonds niet mogelijk zou blijken, moet een nieuw fonds opgericht worden, specifiek bedoeld om de risicotaks uit kernenergie te innen en vervolgens te investeren in hernieuwbare energie en energie-efficiëntie. Het lijkt ons echter beter om de voorkeur te geven aan het verbeteren van een bestaande instrument om zo de wildgroei van het aantal fondsen te beperken.



f. de onterechte winsten van Electrabel

Dit buitensporig voordeel van Electrabel herinnert ons aan een ander even groot voordeel, dat van de windfall profits. Die zijn een gevolg van de versnelde afschrijving van de kerncentrales. De Belgische consument heeft gedurende 30 jaar hoge elektriciteitstarieven betaald om de dure kerncentrales te financieren, maar bij de liberalisering van de elektriciteitsmarkt werd dit niet gecorrigeerd. Daardoor betaalt de consument eigenlijk twee keer voor de kerncentrales. Deze onterechte winsten worden geschat op minstens één miljard euro per jaar, wat in dezelfde orde van grootte ligt als de subsidie door het onverzekerde risico.

De Belgische regering heeft vorig jaar een eerste stap ondernomen om de windfall profits te recupereren. In 2008 werd 250 miljoen gerecupereerd en in de begroting van dit jaar werd 500 miljoen euro ingeschreven. Er is echter nood aan een solide juridische basis om deze winsten effectief en volledig terug te winnen en om niet te vervallen in een soort van marchanderen tussen de Belgische staat en GDF-Suez, aandeelhouder van Electrabel, waarbij bijvoorbeeld een verlenging van de levensduur van de kerncentrales zou kunnen geboden worden als toegift.

Dit wetsvoorstel kan als juridische instrument gebruikt worden om deze onterechte winsten effectief en volledig te recupereren.

Deel 3: Kiezen voor hernieuwbare energie

a. Alternatieve technologieën

Kernenergie is niet duurzaam, té duur, té gevaarlijk en té marginaal. Bovendien zijn de uraniumvoorraden erg beperkt, zodat er helemaal geen toekomst zit in die technologie. Het is hoog tijd om duidelijke keuzen te maken in het energiebeleid.

Naast de problemen van kernenergie moet de verbranding van fossiele brandstoffen met 80% dalen tegen 2050 (vijf keer minder!). Er is dus geen keuze: we moeten resoluut kiezen voor hernieuwbare energie en energie-efficiëntie. Elk jaar dat we die keuze uitstellen, door bijvoorbeeld oude steenkool- en kerncentrales wat langer open te houden, is verloren om aan de oplossing te werken.

De belangrijkste technologieën zijn:

- **warmte-kracht koppeling:** dit is het gelijktijdig produceren van warmte en elektriciteit, met een veel hoger rendement dan de klassieke elektriciteitscentrales. Zo'n centrale kan zowel op gas als op biomassa of waterstof werken.
- **Windenergie:** heeft een quasi onbeperkt potentieel in de Noordzee. Windenergie op zee heeft het voordeel dat er veel meer wind is en kan een gelijkmatige productie verzekeren. Op land heeft windenergie het voordeel dat het dicht bij de consument geproduceerd wordt. Vandaag is windenergie al goedkoper dan kernenergie. Tegen 2012 verwacht men dat het goedkoper zal zijn dan steenkool- of gascentrales.
- **Biomassa:** een algemene term voor alle mogelijk vormen van organisch materiaal (planten, plantenolie, hout, houtafval, afval uit de voedingsindustrie,...). Als biomassa op een duurzame manier wordt geproduceerd, is het een erg interessante vorm van elektriciteitsproductie, omdat het flexibel kan ingezet worden als er een hogere vraag is naar elektriciteit, of wanneer windturbines minder elektriciteit leveren.
- **Waterkracht:** Waterkrachtcentrales leveren vandaag al meer elektriciteit op dan kerncentrales. Greenpeace is voorstander van de verdere ontwikkeling van kleinschalige waterkrachtcentrales die het milieu niet bedreigen. Waterkracht heeft het grote voordeel dat het snel beschikbaar is wanneer er een (piek)vraag is naar elektriciteit. Het kan ook gebruikt worden om elektriciteit te stockeren, door een overschot aan elektriciteit (uit b.v. windenergie) te gebruiken voor het oppomen van water. Op een later ogenblik kan dat water dan terug gebruikt worden om er elektriciteit mee te produceren.
- **Zonne-energie:** in België komen 2 technieken in aanmerking: PV voor elektriciteitsproductie en 'zonneboilers' voor de productie van warm water of voor ruimteverwarming. In het zuiden is het ook mogelijk om elektriciteit te produceren met zonne-thermische installaties. De PV-technologie kent een erg snelle ontwikkeling, waardoor het binnen afzienbare tijd competitief kan worden. Het heeft het grote voordeel dat het geen onderhoud nodig heeft, geen hinder veroorzaakt en dat het geproduceerd wordt bij de mensen thuis, zodat er minder transport van elektriciteit nodig is.
- **Energie-efficiëntie:** dit is de belangrijkste maatregel met het hoogste potentieel voor de laagste kostprijs. Het gaat hier om honderden maatregelen in alle sectoren (transport, industrie, dienstensector, huishoudens) die er samen voor zorgen dat we ons met veel minder energie kunnen verplaatsen, verwarmen, koelen, wassen, of dingen kunnen produceren. De Europese Commissie heeft als doel gesteld om tegen 2020 maar liefst 20% energie te

besparen.

b. Wat doet Greenpeace?

Greenpeace voert campagne om kerncentrales snel te sluiten en de investeringen in hernieuwbare energie en energie-efficiëntie te stimuleren.

Greenpeace voert actie tegen de meest vervuilende steenkool- en kerncentrales in België. Naar aanleiding van deze acties diende Electrabel klacht in tegen Greenpeace. Volg de ontwikkelingen in het dossier via www.greenpeace.org/electrabel-nl

Greenpeace publiceerde gedetailleerde energiescenario's voor België, Europa en voor de wereld, waarin aangetoond wordt dat het technisch en economisch mogelijk is om het klimaat te redden en alle kerncentrales te sluiten na een levensduur van 30 jaar. Deze studies werden uitgevoerd door het Duitse Lucht- en Ruimtevaartinstituut DLR, een van de grootste en meest gezaghebbende studiebureau's van Europa. Als we dit doen, redden we niet alleen het klimaat, maar besparen we nog geld ook. Een overzicht van energiescenario's, waaronder een recent scenario voor Europa kan u vinden op: <http://www.energyblueprint.info/>

Greenpeace publiceerde een rangschikking van elektriciteitsleveranciers, waardoor de consument kan kiezen voor groene elektriciteit (www.greenpeace.org/groenestroom)

Greenpeace publiceerde een handleiding voor energiebesparing in het huishouden (www.greenpeace.org/energiegids)

En in samenwerking met WWF een productengids van de meest efficiënte huishoudtoestellen: <http://topten.be/>

Bijlagen

Bijlage A

Probabiliteit van beschadiging van de reactorkern uit verschillende PSA studies

Study	Country	Reactor/reactor type	Accident management measures	Core damage frequency, per reactor-year
NUREG-1150	USA	Surry/PWR	-	$4 \cdot 10^{-5}$
NUREG-1150	USA	Peach Bottom 2 / PWR	-	$4.5 \cdot 10^{-6}$
WASH1400	USA	PWR	-	$2.6 \cdot 10^{-5}$
WASH1400	USA	BWR	-	$4.6 \cdot 10^{-5}$
Sequoyah	USA	Sequoyah/PWR	-	$5 \cdot 10^{-5}$
EPS900	F	CP2/PWR	Yes	$4.95 \cdot 10^{-5}$
EPS1300	F	1300MW/PWR	Yes	$1 \cdot 10^{-5}$
Hinkley Point	GB	610MW/AGR	-	$1 \cdot 10^{-6}$
Japan	JA	1100MW/PWR	-	$1 \cdot 10^{-7}$
DRS-B	D	Biblis-B/PWR	yes	$3 \cdot 10^{-5}$
SWR Phase II	D	-	yes	$2.7 \cdot 10^{-6}$
Ringhals 3/4	S	915MW/PWR	-	$3 \cdot 10^{-6}$

Sources: Compiled from data in CEPN 1994¹⁰⁴, Werner 1995¹⁰⁵ supplemented by other sources

Een beschadiging van de reactorkern leidt niet noodzakelijk tot het vrijkomen van een groot deel van de radioactiviteit uit de kern., zoals aangetoond bij het ongeval in Three Mile Island in 1979. CE studie

Bijlage B

Voor de hoeveelheid cesium-137 aanwezig in de kern op het ogenblik van het kernongeval (inventaris) en de fractie hiervan die bij het ongeval vrijkomt (bronterm) voor Doel1, Doel4 en Tihange 1, zie volgende pagina.

Ter vergelijking: de inventaris en de bronterm voor Biblis B in Duitsland op basis van [SSK, 2004]

Radionuclid		Inventar [Bq]	Freisetzung- anteil	Quellterm [Bq]
Jod 131	I 131	3,60E+18	0,5	1,80E+18
Jod 132	I 132	5,10E+18	0,5	2,55E+18
Jod 133	I 133	6,40E+18	0,5	3,20E+18
Jod 135	I 135	3,80E+18	0,5	1,90E+18
Tellur 132	Te 132	5,00E+18	0,5	2,50E+18
Cäsium 134	Cs 134	3,50E+17	0,5	1,75E+17
Cäsium 136	Cs 136	1,30E+17	0,5	6,50E+16
Cäsium 137	Cs 137	3,00E+17	0,5	1,50E+17
Barium 140	Ba 140	6,60E+18	0,3	1,98E+18
Plutonium 238	Pu 238	4,50E+15	0,04	1,80E+14
Curium 242	Cm 242	7,80E+16	0,04	3,12E+15
Curium 244	Cm 244	3,10E+15	0,04	1,24E+14

Ter vergelijking wordt ook de bronterm van Chernobyl gegeven [NEA, 2002]²⁵

Core inventory on 26 April 1986			Total release during the accident	
Nuclide	Half-life	Activity (PBq)	Percent of inventory	Activity (PBq)
³³ Xe	5.3 d	6 500	100	6500
¹³¹ I	8.0 d	3 200	50-60	~1760
¹³⁴ Cs	2.0 y	180	20-40	~54
¹³⁷ Cs	30.0 y	280	20-40	~85
¹³² Te	78.0 h	2 700	25-60	~1150
⁸⁹ Sr	52.0 d	2 300	4-6	~115
⁹⁰ Sr	28.0 y	200	4-6	~10
¹⁴⁰ Ba	12.8 d	4 800	4-6	~240
⁹⁵ Zr	65.0 d	5 600	3.5	196
⁹⁹ Mo	67.0 h	4 800	>3.5	>168
¹⁰³ Ru	39.6 d	4 800	>3.5	>168
¹⁰⁶ Ru	1.0 y	2 100	>3.5	>73
¹⁴¹ Ce	33.0 d	5 600	3.5	196
¹⁴⁴ Ce	285.0 d	3 300	3.5	~116
²³⁹ Np	2.4 d	27 000	3.5	~95
²³⁸ Pu	86.0 y	1	3.5	0.035
²³⁹ Pu	24 400.0 y	0.85	3.5	0.03
²⁴⁰ Pu	6 580.0 y	1.2	3.5	0.042
²⁴¹ Pu	13.2 y	170	3.5	~6
²⁴² Cm	163.0 d	26	3.5	~0.9

25 <http://oberon.sourceoecd.org/vl=1728665/cl=14/nw=1/rpsv/cgi-bin/fulltextew.pl?prpsv=/ij/oecdjournals/16091914/v3n1/s1/p11.idx>

Calculation of the Source Terms

In case of a reactor accident many of different nuclides are released. The amount of the release depends on the details of the accident scenario. In this study a core melt with open containment is assumed, furthermore only the release of Caesium 137 is taken into account. The amount of release (source term) can be estimated with previous studies.

For this purpose, two German studies will be used: In the *German Risk Study For Nuclear Power Plants*, commissioned by the German government, accidents at the PWR Biblis B (1976) were investigated [GRS 1989]. In a further study the potential release of the PWR Neckarwestheim 2 (1989) were estimated [SSK 2004].

According to these studies in case of a core melt accident with open containment at least 50 % to a maximum of 90 % of the caesium inventory will be released [SSK 2004]. Doel 1, Doel 4 and Tihange 1 are also pressurized water reactors (PWR); therefore the release fraction is comparable. In this study a release of 50 % of the caesium-137 inventory is assumed. This value represents a very serious accident, but not the worst-case scenario.

The source term can be calculated from the release fraction and the core inventory. The inventory is roughly proportional to the thermal reactor power. In addition, the burnup of the fuel elements affects the amount of inventory significantly. For this study the inventories of Doel 1, Doel 4 and Tihange 1 are estimated according to a recent report of the German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety [SSK 2004].

The following table summarizes the calculated caesium-137 source terms.

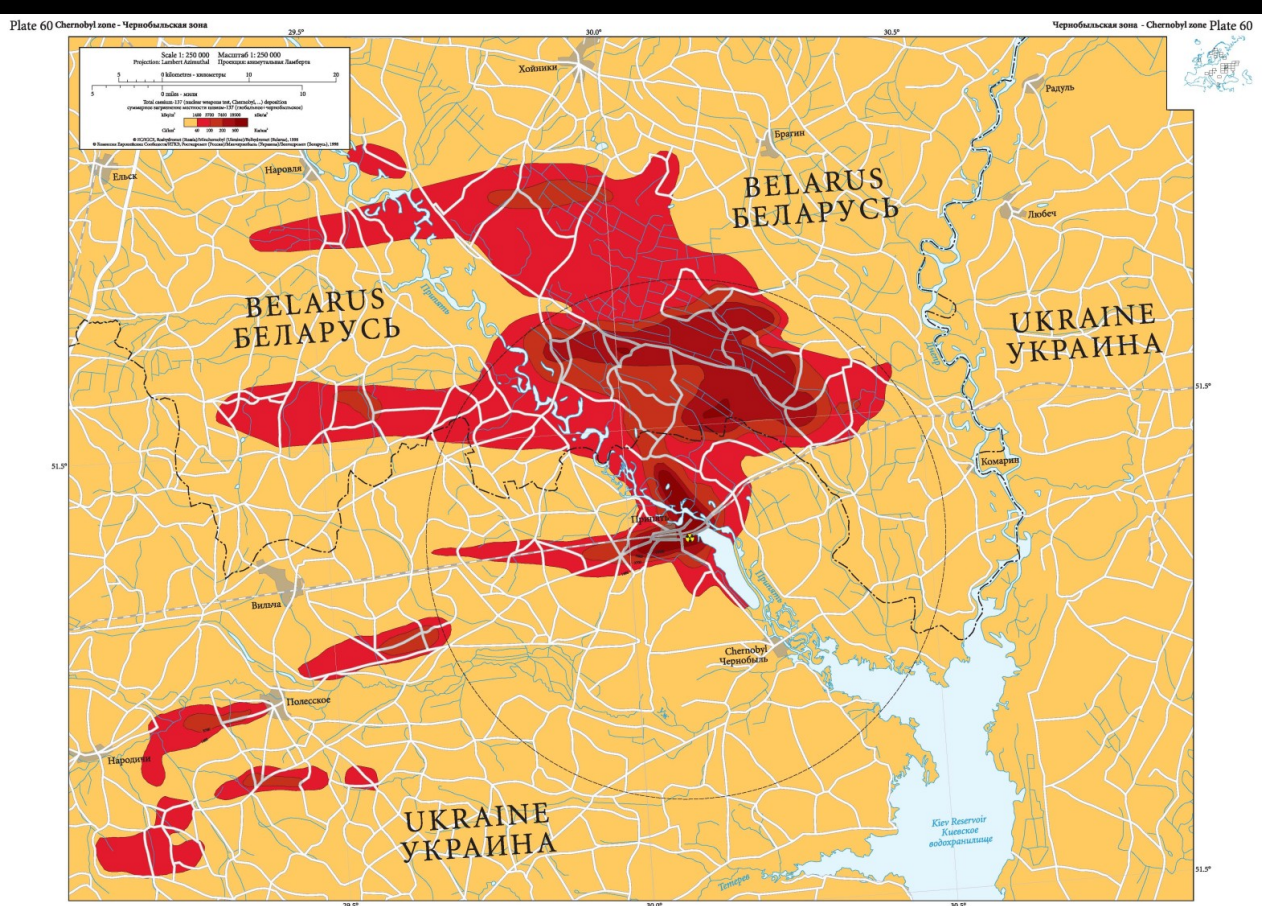
Reactor	Caesium-137 source term [Bq]
Doel 1	5,91E+16
Doel 4	1,76E+17
Tihange	1,42E+17

References

- GRS 1989 Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS): Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke, Phase B: Eine zusammenfassende Darstellung; Köln; 1989
- SSK 2004 Strahlenschutzkommission (SSK): Leitfaden für den Fachberater Strahlenschutz der Katastrophenschutzleitung bei kerntechnischen Notfällen. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt-, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 37; 2004

Bijlage C: besmettingskaart Cs-137 voor de omgeving van Tsjernobyl

bemerkt dat de rode zone overeenstemt met een besmetting boven de 1480 kBq/m^2 . Door het ongeval van Tsjernobyl werd naast de omgeving van de reactor ook de Gomel-regio in Wit-Rusland besmet tot boven de 1480 kBq/m^2 (dit is niet weergegeven op onderstaande kaart).



Afbeelding 4: bron: Europese Commissie, Atlas of Caesium deposition, 2001

Bijlage D: Chernobyl zone's

Table 1 Bron: UNDP, 2002

Contamination density by ¹³⁷ Cs		Official designation of zones		
Ci/km ²	kBq/m ²	Belarus*	Russia**	Ukraine***
1-5	37-185	Periodic radiation monitoring	Privileged socio-economic status	Zone of enhanced radiological control
5-15	185-555	Zone with the right to resettle	Right to resettle (if dose > 1 mSv/year)	Zone of guaranteed resettlement
15-40	555-1480	Zone of secondary resettlement	Mandatory resettlement (if ¹³⁷ Cs >40 Ci/km ² or dose >5mSv/year). Voluntary if below	Zone of obligatory resettlement
>40	>1480	Zone of priority resettlement		
Territories adjacent to the Chernobyl NPP (including the 30-km zone). Population evacuated 1986 - 1987		Zone of evacuation (exclusion zone)	Resettlement zone (exclusion zone)	Exclusion zone

Tabel 2 Bron: UNDP, 2002

Land contamination by ¹³⁷ Cs, Ci/km ²	Average individual doses* received in 1986-95 by residents of affected territories, mSv		
	Belarus	Russia	Ukraine
1-5	3.9	4.2	11.7
5-15	18.7	13.0	24.4
> 15	47.0	35.7	82.6

Table 3

Contamin. by ¹³⁷ Cs, Ci/km ²	The nature of environmental issues	Major state policies
1-5	Radiation does not pose serious health risks to any particular group. Economic activities may be hindered by indirect association with Chernobyl.	Additional radiation monitoring. Extended social protection of the population.
5-15	Radiation may pose risks to small high risk groups. Economic activities hindered by Chernobyl name and contamination of some products. Local capacity undermined by outmigration of skilled people	Radiation monitoring. Social protection. Countermeasures in agriculture
15-40	Radiation may pose risks to small high risk groups while average individual doses more often exceed legal limits. Economic activities hindered by frequent contamination of products, association with Chernobyl, restrictions on forestry, agriculture and other activities. Local capacity suffers severely from socio-economic decline	Resettlement. Radiation monitoring. Social protection. Countermeasures in agriculture and forestry. Forest and water resource management
Exclusion zone	Risk of forest and peat bog fires threatening radioactive contamination of larger areas. Security of waste disposal sites and abandoned villages	Forest and water resources management. Restrict access. Research on migration and effects of radiation.

Table 4: Past and projected doses of the rural population of Ukraine Bron: UNDP, 2002

¹³⁷ Cs Ci/km ²	Population, in thousands	Average individual dose, mSv			Collective dose, person/Sv		
		1986	1986- 2000	1986- 2055	1986	1986- 2000	1986- 2055
1	21742,2	0,36	1,2	1,5	7785	25357	32694
1-2	892,2	2,1	12	14	1902	10302	12485
2-5	423,4	4,5	20	25	1907	8516	10542
5-10	39,6	11	34	44	426	1337	1737
10-15	8,4	21	54	73	176	457	614
15-	3,2	26	74	96	83	241	313
Total	23109,0	0,7	2,0	2,5	16251	46210	58385