

De Economische Impact van een Kernramp In Doel

door Ir. Bart Martens, Smart Matters
studie in opdracht van Greenpeace Belgium

December 2014

Deze studie werd uitgevoerd door Bart Martens (Smart Matters) in opdracht van Greenpeace Belgium, Haachtsesteenweg 159, 1030 Brussel.

Disclaimer: Enkel de auteur draagt de verantwoordelijkheid over de inhoud van dit rapport.

Inhoud

Samenvatting	5	Economische schade bij een ernstig kernongeval in Doel	34
1. Woord vooraf: als het ondenkbare toch gebeurt	7	Site-kosten	35
2. Opzet van deze studie	10	Niet gerealiseerde nucleaire rente	36
3. Scenario's	11	Gezondheidskosten buiten de site	36
Scenario omschrijving met inschatting van vrijgekomen radioactiviteit en impact	12	Kosten niet geconsumeerd voedsel	36
Scenario A: een catastrofaal ongeval op schaal INES 7	12	Imago kosten	36
Scenario B: een ernstig, maar geen grootschalig, nucleair ongeval	14	Kosten stroomuitval	37
4. Methodologie	15	Totale economische kost voor scenario ernstig nucleair ongeval	37
5. Resultaten	17	6. Conclusies en aanbevelingen	39
Economische schade bij een grootschalige kernramp in Doel (scenario A)	17	Annex 1: Probalistische Veiligheids Analyses (PSA): methodologie	41
Site-kosten	17	Annex 2: Kostencategorieën in resp. OESO/NEA (boven) en IRSN (onder) studies	42
Tijdelijke herhuisvestingskosten	17	Annex 3: Resultaten Black-Out simulator voor Black-Out door kernongeval Doel	43
Gezondheidskosten	18	Referenties	44
Kosten gecontamineerd voedsel en gecontamineerde gebieden	18		
Kosten besmetting aquatisch milieu	19		
Kosten verloren baten uit vastgoed ontruimde woongebieden	19		
Welvaartsverlies door stilvallen havenactiviteiten in zwaarst gecontamineerde zone rond de kerncentrale	21		
Welvaartsverlies door aantasting andere sectoren in gecontamineerd evacuatiegebied	21		
Imago kosten	23		
Kosten van het omrijden	25		
Kosten stroomuitval	28		
Macro economische effecten	29		
Totale economische kost voor scenario zware nucleaire ramp	31		

Samenvatting

Met het kernongeval in Fukushima, is nu voor iedereen duidelijk dat kernenergie niet onfeilbaar is. Zelfs in de meest geavanceerde hoogtechnologische economieën kunnen zware kernrampen zich voordoen. Dat betekent dat autoriteiten en samenlevingen best ook rekening houden met het ondenkbare, met het fenomeen van de zwarte zwaan. De meeste landen die inzetten op kernenergie doen dat ook. Aan de hand van computermodellen trachten ze te simuleren wat de ecologische en economische schade is die kan verwacht worden bij het voorvallen van een fatale kernramp. Het valt op dat België - dat nochtans prat gaat op zijn vooraanstaande positie in het wereldwijd nucleair onderzoek - hier niet thuis geeft. Dat is des te meer verwonderlijk daar volgens een onderzoek van Nature de kerncentrale van Doel met negen miljoen inwoners binnen een straal van 75 kilometer de Europese centrale is die in het meest dichtbevolkte gebied ligt.

Als we echt zicht willen krijgen op de risico's van kernenergie dan moeten we niet alleen rekening houden met de kans op voorkomen van een kernramp (een kans die in de praktijk 200 maal hoger ligt dan theoretisch berekend), maar ook met de gevolgen ervan. Het product van beide (kans x gevolgen) drukt immers het risico uit. Risico's op kernongevallen hebben met andere woorden niet alleen te maken met de "kwetsbaarheid" van de installatie (de vaak onderschatte technologische en exploitatierisico's), maar ook met de "kwetsbaarheid" van de omgeving (bevolkingsdichtheid en evacueerbaarheid in de nabijheid van de installatie, aanwezigheid van strategisch belangrijke industrie, belangrijke kwetsbare ecosystemen, etc.). Die laatste factoren zijn sterk site afhankelijk.

Om voor de Belgische kerncentrales een betere inschatting te kunnen maken van de werkelijke risico's, tracht deze studie een grootteorde te geven van de potentiële economische impact van een kernongeval in Doel. Het gaat om een eerste ruwe inschatting van de economische kosten, waarbij moeilijker te monetariseren schadeposten enkel pro memoria zullen worden weergegeven. Voor het berekenen van de economische kosten wordt dankbaar gebruik gemaakt van het studiewerk van het Franse Instituut voor Stralingsbescherming en Nucleaire Veiligheid (IRSN) over de gevolgen van een kernramp in Dampierre in Frankrijk. Vooral voor de radiologische gevolgen wordt op deze studie verdergebouwd (gecorrigeerd met de verschillen in bevolkingsdichtheid). Verder wordt dankbaar gebruik gemaakt van de talrijke informatie die aanwezig is over de directe en indirecte toegevoegde waarde die in de getroffen zone rond de kerncentrale van Doel wordt voortgebracht. Voorliggende studie onderzoekt twee scenario's: deze van de

grootschalige kernramp zoals in Fukushima en deze van een nucleair ongeval met enigszins beperkte verspreiding van radioactiviteit.

Uit de resultaten blijkt dat een grootschalige kernramp in Doel zeer verwoestende socio-economische gevolgen zal hebben (zie tabel volgende blz).

In het basisscenario zal een ramp in Doel 740 à 1400 miljard € kosten, drie tot zevenmaal meer dan de kernramp in Fukushima, zes keer meer dan wat orkaan Katrina veroorzaakte en het dubbele van een gesimuleerde kernramp in Frankrijk. Deze verschillen worden vooral verklaard door de zeer hoge bevolkingsdichtheid in de directe omgeving van de centrale (bijna 1 miljoen inwoners binnen een straal van 20 km, 1,5 miljoen binnen 30 km), maar ook door de ligging in het economisch hart van Vlaanderen/België, de thuisbasis van de grootste concentratie aan petrochemische bedrijven in Europa en de tweede containerpoort van het continent. Daar komt nog bij dat het economisch draagvlak om dergelijke ramp op te vangen relatief beperkt is. Waar de kost van de ramp in Fukushima "slechts" 2 tot 10% van het Japans Bruto Binnenlands Product (BBP) uitmaakte en een gesimuleerde ramp in Dampierre 20 tot 34% van het Franse BBP, loopt de economische kost van een ramp in Doel op tot boven de 200% van het Belgisch BBP. De Belgische economie kan zoiets nooit dragen. Een analyse van de "kwetsbaarheid" van de 190 nucleaire sites wereldwijd, maakt duidelijk dat de site van Doel kan gerekend worden tot een van de zes economisch meest kwetsbare sites in de wereld en veruit de meest kwetsbare site binnen Europa. De externe, op de maatschappij afgewentelde milieu- en risicokost van de Doelse kerncentrales liggen hoger dan wat deze centrales vandaag op de markt krijgen voor de verkoop van hun stroom.

Zelfs bij een kleiner nucleair ongeval met een beperkte ontsnapping van radioactiviteit, zijn de economische gevolgen aanzienlijk. Vooral dan omdat een groot aandeel (24%) van de productiecapaciteit van het nationaal productiepark onvoorzien wegvalt, wat ernstige problemen op vlak van de bevoorradingszekerheid met zich meebrengt. Deze situatie is typisch Belgisch. In heel de wereld zijn er slechts vier nucleaire sites in vier landen (Bulgarije, Slovenië, Hongarije en Armenië) die een groter aandeel innemen van de nationale stroomproductiecapaciteit dan Doel en Tihange. Met andere woorden: het groot aandeel kernenergie en de sterke concentratie ervan op twee sites zorgt eerder voor problemen en risico's op vlak van bevoorradingszekerheid dan dat ze daar positief aan bijdragen. De Belgische nucleaire sites zijn "too big to fail" voor onze energievoorziening.

Tabel: Overzicht economisch waardeverlies bij grootschalige kernramp Doel

Economische impact	Netto Actuele Waarde (miljard €)	
	Basisscenario	Variant
Site kosten (ontmanteling, inkapseling, decontaminatie)	7	7
Radiologische kosten		
Kosten evacuatie en tijdelijke huisvesting	28,7	342
Kosten korte termijn gezondheidseffecten	73	73
Kosten lange termijn gezondheidseffecten	75,7	144
Niet consumeerbare landbouwproducten	11	37
Kosten besmette zones		
Kosten gecontamineerd areaal	130	393
Verloren vastgoedwaarde	33	33
Direct toegevoegde waarde Antwerpse haven	149	149
Indirecte toegevoegde waarden Antwerpse haven	144	144
Toegevoegde waarde diamantsector	6	6
Toegevoegde waarde stedelijke activiteiten	7	7
Toegevoegde waarde toerisme "kunststad" Antwerpen	7	7
Imagokosten		
Direct waardeverlies export agrovoedingsindustrie	5	5
Waardeverlies toerisme (minus toerisme Antwerpen)	6	6
Direct waardeverlies export overige sectoren	12	12
Indirect waardeverlies export agrovoedingsindustrie	6	6
Indirect waardeverlies export overige sectoren	9	9
Overige kosten		
Omrijktijd tgv verhuis haventrafiek naar minder centraal gelegen havens	17	17
Omrijktijd doorgaand vrachtverkeer getroffen regio	11	11
Kosten stroomuitval	6	6
Totaal economisch waardeverlies	742	1412

Tabel: Overzicht economisch waardeverlies bij grootschalige kernramp Doel

1.

Woord vooraf: als het ondenkbare toch gebeurt

Fukushima en het definitieve einde van de onfeilbaarheid

Op 11 maart 2011 werd Japan getroffen door een aardbeving van 9.0 op de schaal van Richter. Meteen het begin van een catastrofale opeenvolging van verwoestende fenomenen. De aardbeving veroorzaakte een tsunami die de kuststrook overspoelt, voor miljarden dollars aan schade aanrichtte en meer dan 15.000 slachtoffers eiste, naast nog 2.500 vermiste personen. Als gevolg van de tsunami kwamen de noodgeneratoren van de kerncentrale van Fukushima onder water te staan, met als gevolg dat de koelpompen van de door de aardshok automatisch stilgelegde reactoren niet konden worden aangedreven en de koeling stopte. Andere veiligheidssystemen werkten ook niet. De kern van reactor 1 smolt na 16 uur, die van reactoren 2 en 3 enkele dagen later. 150.000 mensen in een straal van 20 km (en daarbuiten in de zone ten noordwesten van het Fukushima complex met de meeste fall-out), werden geëvacueerd en wachten nog steeds op hun terugkeer. De omliggende bevolking in een zone van 100 km rond Fukushima heeft vooral geluk gehad door de windrichting. De wind dreef de meeste radioactiviteit naar de Stille Oceaan.

Tokyo, op meer dan 200 km, kwam slechts twee korte periodes in het vizier met heel lichte contaminatie. Ondertussen wordt in sommige zones met beperkte toegang de relocatie voorbereid. Huizen worden gereinigd, bodemlagen weggenomen,... Het publiek debat spitst zich toe op het niveau aan radioactiviteit in woningen en (speel)tuinen dat men wil aanvaarden om terug te keren (Eggermont, 2013).

De kernramp van Fukushima toont aan dat kernrampen niet het "voorrecht" zijn autoritaire regimes die door een gebrek aan marktwerking, democratische besluitvorming en -controle met een achterstand zouden kampen op vlak van technologische ontwikkeling en blijf geven van een minder ontwikkelde veiligheidscultuur. Dat een kernongeval van die omvang kon plaatsvinden in een land als Japan, de hoogtechnologische derde economische macht ter wereld waar de kwaliteitszorg zowat werd uitgevonden, maakt duidelijk dat kernenergie zijn aureool van onfeilbare technologie definitief kwijt is en dat de risico's op ernstige kernongevallen niet beschouwd mogen worden als verwaarloosbaar. Ook het ondenkbare blijkt mogelijk.

Zwarte Zwanen en het Lucretius-probleem

Punt is dat ondenkbare gebeurtenissen, tot zo lang ze niet zijn voorgevallen, als onmogelijk worden beschouwd en onder de radar blijven bij het vooraf inschatten van risico's. Men heeft het dan soms over zwarte zwanen. Sinds de oudheid ging men er in de Europese samenleving ook van uit dat die niet bestonden. Tot in 1697 de Nederlandse ontdekkingsreiziger Willem de Vlaming zwarte zwanen ontdekte in Australië. Aan de zekerheid van het niet-bestaan ervan kwam plots een einde. Het fenomeen achter de zwarte zwaan werd bekend door de gelijknamige bestseller van essayist en statisticus Nassim Nicholas Taleb. In zijn boek: *"De Zwarte Zwaan: De impact van het hoogst onwaarschijnlijke"* betoogt Taleb dat bepaalde zeldzame en onvoorspelbare gebeurtenissen een extreme impact kunnen hebben en dat de mens de neiging heeft ze achteraf aannemelijk of voorspelbaar te maken. Taleb betoogt dat Zwarte Zwanen in toenemende mate de geschiedenis bepalen door de toenemende complexiteit van de samenleving. Desondanks wordt de factor toeval veelal ontkend en worden voorspellingen gedaan aan de hand van bestaande patronen. Taleb pleit er voor een bepaalde mate van robuustheid in te bouwen om de negatieve vormen van onverwachte gebeurtenissen te ondervangen en de positieve te benutten.

In zijn nieuw boek *"Antifragiel"* stelt Taleb: *"Dat we een tsunami of economische crisis niet zien aankomen is begrijpelijk, dat we fragiele structuren bouwen is dat niet."* (Taleb, 2013, p.135). We moeten ons volgens Taleb dan ook niet richten op het voorspellen van catastrofale storingen en de kans op een kernramp, maar op de blootstelling aan catastrofale storingen. De kernramp van Fukushima beschouwt Taleb als een voorbeeld van het Lucretius-probleem, genoemd naar de Romeinse dichter-filosoof die schreef dat de dwaas gelooft dat de hoogste berg ter wereld even hoog is als de hoogste berg die hij zelf heeft gezien (Taleb, 2013, p.42). *"De mens doet dit al duizenden jaren"*, zo stelt Taleb. *"In het Egypte van de farao's, toevallig de eerste echte top-down natiestaat die door bureaucraten werd bestuurd, hielden klerken de hoogwaterstand van de Nijl bij om die te gebruiken als schatting van een toekomstig worstcasescenario. Hetzelfde was het geval met de kerncentrale van Fukushima (...). De centrale was gebouwd om de zwaarste aardbeving uit het verleden te weerstaan. De ontwerpers hielden er geen rekening mee dat een aardbeving nog zwaarder kon zijn - en bedachten niet dat de zwaarste aardbeving uit het verleden ook een verrassing moest zijn geweest, aangezien die geen precedent had."*

Verschil tussen theoretische en reële kans op voorvallen

Op papier mag de kans op zo'n ramp erg klein blijken, in de praktijk blijken de risico-analyses te kampen met een groot gebrek aan verbeelding. Bij het ongeval van Three Miles Island (1979) bleek dat menselijke fouten niet ingecalculeerd waren. In Tsjernobyl (1986) schortte het aan de organisatiefactor. In Fukushima (2011) had men de factor natuur over het hoofd gezien en was sprake van niet adequate beschermingsmaatregelen en een onverkwikkelijke collusie tussen exploitant, regulatoren en overheidsambtenaren.

De risicomodellen die gebruikt worden om de kans op ongevallen met nucleaire reactoren in te schatten, zijn gebaseerd op bottom-up analyses. Ze kijken naar alle technische en organisatorisch onderdelen van een kerncentrale en gaan dan na hoe vaak elk onderdeel kan falen (zie ook Annex 1 m.b.t. het probabiliteitsonderzoek op de verschillende niveaus). Op deze manier komt men tot een kernsmelt eens om de 10.000 (of 100.000) reactor jaren. Dat is het risico op papier. Kijkt men echter naar het voorvallen van een fataal ongeval tijdens de 14.500 reactorjaren die alle reactoren op wereldvlak collectief hebben gedraaid, dan komt men rekening houdend met de vier kernsmelten met schaal INES7 (Chernobyl en Fukushima) tot een frequentie van eens om de 3.625 reactorjaren (Lelieveld, 2012). Een verschil met meer dan een factor 2. Als je ook rekening houdt met de reële weerstatistieken in plaats van de veel te optimistische inschattingen van de weersomstandigheden zoals die in de modellen worden gebruikt om ongevallen met belangrijke fall-out te berekenen, dan blijkt het reële risico 200 keer groter te zijn dan gemodelleerd. Max Planck directeur Jos Lelieveld stelt dat op deze manier berekend, elke 10 tot 20 jaar een fataal ongeval kan verwacht worden in een van de 440 operationele kerncentrales ter wereld.

Het grote verschil tussen de (onderschatte) theoretische en de (veel hogere) reële risico's op een ernstig nucleair ongeval, maakt dat we de mogelijkheid ervan ook in ons land niet mogen veronachtzamen. De lage theoretische probabiliteit van een uit de hand lopend kernongeval in Doel of in Tihange kan een vals gevoel van veiligheid geven. Of zoals internationaal crisisexpert Eelco Dykstra het stelt: "Die statistieken kunnen misleidend klinken. Bij de kans van één op een miljoen kan het ook morgen gebeuren." (Dykstra, 2011). De ramp van Fukushima toonde duidelijk aan dat het eenvoudigweg onmogelijk is om alle risicofactoren op voorhand te voorzien. En ook al tracht men na elk ongeval lessen te trekken en extra veiligheidsmaatregelen te nemen (zoals bij de uitgevoerde stresstests van Europese kerncentrales na het ongeval van Fukushima), er duiken ook altijd nieuwe risico's op. Wie had bijvoorbeeld voor 9/11 durven denken dat kerncentrales het doelwit zouden kunnen worden van terroristische aanslagen met grote burgervliegtuigen? Of wie zou werkelijk rekening gehouden hebben

met de mogelijkheid van een sabotage van de installatie door personeelsleden van de kerncentrale (wat kennelijk het geval was bij de ontregeling van de turbine bij de reactor van Doel 4). Ook de toenemende problemen in het vinden van geschikt personeel, betekent een extra risicofactor.

Gevolgenanalyses van kernongevallen: andere landen gaan ons voor

Verschillende landen hebben die oefening al gemaakt, vaak zelfs periodiek. Zo hebben de VS al decennialang ervaring opgedaan met "offsite consequences assessments" van ernstige ongevallen met kernreactoren. Het laatste in de rij zijn de onderzoeken die kaderen in het "State-of-the-Art Reactor Consequence Analyses (SOARCA)" -project (2012)¹. De Nuclear Regulatory Commission (NRC) in de VS heeft de opdracht gegeven voor een "full scope site comprehensive level 3 probabilistic risk assessment" (zie Annex m.b.t. methodologie van de PSA's). Daarin worden ook andere mogelijke bronnen van radioactiviteit dan de reactor kern (zoals de opslagbaden voor de gebruikte splijtstofstaven en de droge opslagplaatsen) meegenomen en gekeken naar de gecombineerde effecten van ongevallen met meerdere eenheden op eenzelfde site. Bedoeling van de off-site consequences assessments is om bijkomende veiligheidsmaatregelen te detecteren en te evalueren, veiligheidsvoorschriften aan te scherpen, rampenplannen bij te sturen, etc. Sommige landen gebruiken dergelijke modelmatige "consequences assessments" ook in hun zoektocht naar sites voor geplande nieuwe installaties. Groot-Brittannië heeft daartoe een vrij gedetailleerd computermodel uitgewerkt binnen een Geografisch Informatie Systeem (GIS). Het zogenaamde PACE model (Probabilistic Accident Consequence Evaluation) incorporeert gedetailleerde atmosferische dispersiemodellen die de verspreiding van radioactieve stoffen modelleren, en kruist deze binnen een GIS met ruimtelijk gedifferentieerde datasets op vlak van demografie, landbouw, economische en ecologische gegevens, etc (Charnock e.a., 2013).

In Frankrijk heeft het Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) eind 2012 nog een studie opgeleverd naar de geraamde economische kost van een kernongeval in een typische 900 MW Franse kerncentrale. Een kernramp met een kernsmelt zoals in Fukushima (INES 7) zou Frankrijk 430 miljard€ kosten, zo'n 20% van z'n BNP. Een ongeval op de schaal INES 6 levert Frankrijk een factuur van 120 miljard€ op, of zo'n 6% van zijn economische output.

Ook landen als Spanje, Zweden, Finland, Canada en Zuid-Korea laten zich in met het inschatten van de economische kosten van ernstige kernongevallen. De meeste van die landen ontwikkelden eigen standaarden en modellen voor probabilistische impact analyses: ARANO (VTT, Finland), CONDOR (SRD en NRPB, UK), COSYMA

¹ Zie onder meer <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1233/ML12332A057.pdf>

(KFK, Duitsland en NRPB, VK), LENA (SSI, Zweden), MACCS (SNL, VS), OSCAAR (JAEA, Japan) en MECA (Spanje) (Homma, 2013). In die zin is het merkwaardig dat uitgerekend ons land (dat toch zo prat gaat om zijn vooraanstaande positie in het nucleair onderzoek) voor dergelijk onderzoek geen enkele interesse betoont. Dat is des te merkwaardiger omdat juist de Belgische kerncentrales zeer problematisch zijn ingeplant. Volgens een wereldwijd onderzoek van het blad Nature in 2011 is de kerncentrale van Doel met negen miljoen inwoners binnen een straal van 75 kilometer de Europese centrale die in het meest dichtbevolkte gebied ligt. Tihange prijkt op de vijfde plaats met 5,7 miljoen inwoners (Nature, 2011). Wat de locatie van Doel extra problematisch maakt, is de aanwezigheid van de grootste cluster van chemische bedrijven van Europa, de inbedding in de tweede grootste haven van Europa, de inplanting op slechts 11 kilometer van de grootste stad van Vlaanderen en de aansluiting op een van de meest gecongesteerde verkeersknooppunten van het Europese wegennet. Volgens het Traffic Scorecard van het Amerikaans bedrijf Inrix, is Antwerpen de stad met de derde meeste files van Europa. Als er een ernstige nucleaire ramp zou gebeuren in Doel en we hebben een wind uit noordwestelijke richting, dan zitten we met een niet evacueerbare grootstad die tegen de wind in de barrière van de Schelde over moet, richting Gent.

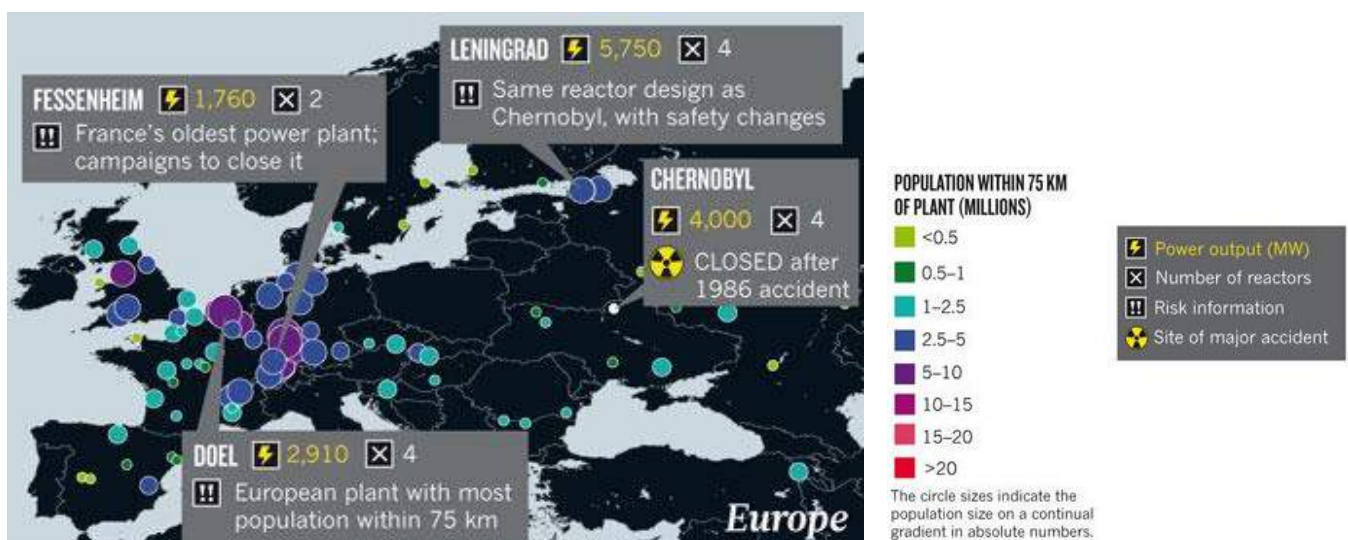
Juist de kwetsbare inplanting van de kerncentrale van Doel, doet ook de wetenschappers bij ons pleiten voor een uitgebreide socio-economische impact analyse van een kernongeval. In kader van het SEPIA project (Sustainable Energy Policy Integrated Assessment) formuleerden prof. Eggermont en Hugé in hun duurzaamheidsanalyse van kernenergie het volgende (Eggermont e.a., 2011):

A main inherent weakness of nuclear power in Belgian society is the limited potential of reactor site availability in a densely populated area and in particular the sub-optimal site selection in the past near Antwerp. This context is what it is: a complex natural situation of a large city separated from the site by a large river where the prevailing wind direction is not allowing evacuation in a majority of circumstances. Moreover a complex structure of urban and industrial planning in one of Western Europe's logistic and mobility hubs has demonstrated its vulnerability, even in normal conditions.

A broadening of the emergency approach around Antwerp to socio economic considerations is relevant and necessary in order to consider this vulnerability. The technological vulnerability of the economic system around such a suboptimal site has not yet been considered in the safety assessment for PWR neither for the present phase-out decision making.

Economic assessments such as organized by the EC only apply to average site conditions. No particular estimations are made at PSA level 3 for this site.

Figuur 1: Bevolkingsdichtheid rond kerncentrales binnen Europa
(Bron: Nature, 2011)



2. Opzet van deze studie

Deze studie heeft de bedoeling om een concreter beeld te krijgen van de risico's verbonden aan kernenergie in ons land en van de risico's van de kerncentrale van Doel in het bijzonder.

Het risico van een bepaald kernongeval wordt gedefinieerd als het product van de kans op voorkomen ervan, vermenigvuldigd met de omvang van de aangerichte schade.

Risico's op kernongevallen hebben dus niet alleen te maken met de "kwetsbaarheid" van de installatie (de technologische en exploitatierisico's die zoals hierboven uiteengezet vaak zwaar onderschat worden), maar ook met de "kwetsbaarheid" van de omgeving (bevolkingsdichtheid en evacueerbaarheid in de nabijheid van de installatie, aanwezigheid van strategisch belangrijke industrie, belangrijke kwetsbare ecosystemen, etc.). Die laatste zijn zeer site afhankelijk.

Om voor de Belgische kerncentrales een betere inschatting te kunnen maken van de werkelijke risico's, moeten we dus ook een schatting krijgen van de potentiële impact van een kernongeval in de Belgische centrales. Omdat de centrale van Doel de meest precaire ligging heeft, kiezen we ervoor om de gevolgen van een kernongeval in Doel te simuleren. Het gaat om een eerste ruwe inschatting van de economische kosten, waarbij moeilijker te monetariseren schadeposten enkel pro memorie zullen worden weergegeven. Deze eerste economische impactanalyse moet de grootteorde aangeven van de mogelijke schaal en gevolgen van een kernramp in Doel.

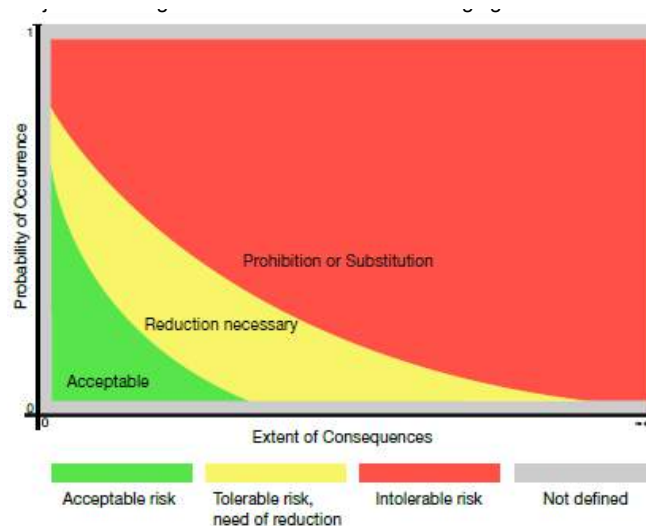
Dergelijke ruwe impactschatting moet beleidsmakers en belanghebbenden overtuigen van de noodzaak om een alomvattende inschatting te maken van de werkelijke risico's verbonden aan de kerncentrales zoals deze in ons land zijn ingeplant. Een betere inschatting van deze risico's kan dienstig zijn voor het verder beperken, beheersen en uitsluiten ervan.

Een klassieke benadering van het omgaan met risico's wordt weergegeven in onderstaande grafiek, waarbij de omvang van de gevolgen van bepaalde ongevallen wordt weergegeven op de x-as en de kans op voorkomen op de y-as (International Risk Governance Council, 2005, pp. 36-38). Het groene gebied bestrijkt gevallen die maatschappelijk aanvaardbaar zijn. De oranje zone bestrijkt gevallen die mits noodzakelijke risicobeperking (conform het ALARP principe van "As Low As Reasonably Practicable") kunnen verdragen worden. De rode zone omschrijft gevallen die - ook al is hun kans op voorkomen zo klein - dermate grote gevolgen hebben dat ze maatschappelijk onaanvaardbaar zijn. Voor die gevallen

is een verbod of vervanging door een alternatieve oplossing noodzakelijk.

Het trekken van de scheidingslijn tussen de 'onaanvaardbare' en 'mogelijk aanvaardbare' gevallen enerzijds, en tussen de 'mogelijk aanvaardbare' en de 'zonder meer aanvaardbare' anderzijds, is een moeilijke kwestie die niet enkel kan overgelaten worden aan de wetenschap. Het trekken van deze lijnen heeft ook veel te maken met maatschappelijke waarden en voorkeuren en kan daarom best via een "deliberatieve" methode tot stand komen. Sommige Zwitserse kantons (zoals het kanton Bazel), experimenteren voor het trekken van deze lijnen met een Ronde Tafel aanpak, waarbij vertegenwoordigers van industrie, overheidsadministraties, milieuorganisaties en buurverenigingen een consensus trachten te vinden (RISKO, 2000).

Figuur 2: Het "rode lichten"-model voor het inschatten van de aanvaardbaarheid van risico's (Bron: International Risk Governance Council, 2005)



3. Scenario's

Net als het Frans Instituut voor Nucleaire Veiligheid (IRSN) onderzoekt dit rapport de impact van een kernramp in twee scenario's. Een waarbij er een ongeval plaatsvindt op de schaal INES 5 (zoals bij Three Miles Island) en een waarbij sprake is van een volledige meltdown op schaal INES 7 (zoals in Chernobyl en Fukushima).

Bij elk van de scenario's wordt een raming gemaakt van de radioactieve stoffen die aan de bron ontsnappen. Via atmosferische dispersiemodellen wordt die bronbelasting doorgerekend naar luchtconcentraties en deposities. Uiteraard is deze verspreiding sterk afhankelijk van de gekozen weersomstandigheden (windrichting en -snelheid, droog of regen, etc.). Deze studie kiest ervoor om de verspreiding te berekenen bij de "worst case" windrichting (richting stad en haven). Luchtconcentraties en deposities kunnen verder worden doorgerekend naar de dosissen die de bevolking (volwassenen, kinderen) via directe blootstelling, ademhaling en voedsel kunnen binnenkrijgen.

De uiteindelijke blootstelling zal sterk afhangen van de gekozen beschermingsmaatregelen zoals schuilen, inname van jodium, evacuatie uit meest getroffen zones, en restricties in het gebruik van voedsel uit gecontamineerde gebieden. In de nucleaire noodplanning in ons land worden de volgende interventieniveaus gehanteerd:

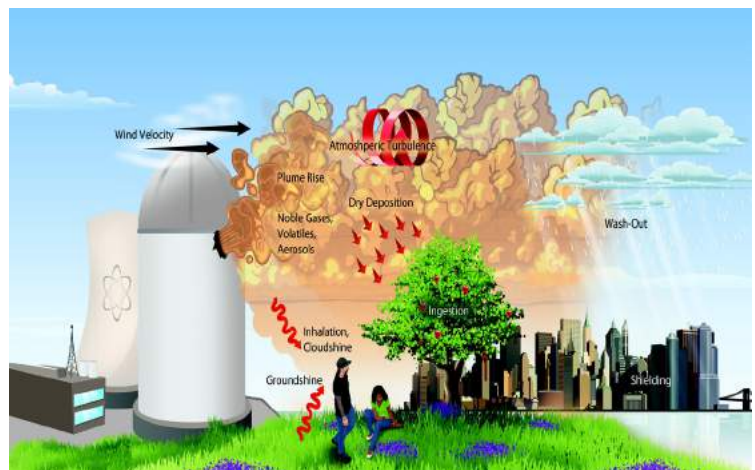
De officiële noodplanningszones (cirkelvormige zone rond de kerncentrale waarbinnen de beschermingsmaatregelen vooraf moeten worden voorbereid), liggen in ons land op 10 km voor schuilen en evacueren en op 20 km voor

Tabel 1: Interventiewaarden en beschermingsmaatregelen in nucleaire rampenplannen België (Bron: Koninklijk besluit van 17 oktober 2003 tot vaststelling van het nucleair en radiologisch noodplan voor het Belgisch grondgebied (BS 20/11/2003))

Beschermingsmaatregel	Interventiewaarde (mSv)	Aard van de dosis
Algemene schuilmaatregel van maximum 24 u.	5 tot 15	Totale effectieve dosis geïntegreerd over 24 u.
Inname van stabiel jodium	50	Schildklierdosis door inademing tijdens de doorgang van de wolk, ondanks de schuilmaatregel.
Algemene evacuatie (met uitzondering van specifieke groepen, te bepalen)	50 - 150	Totale effectieve dosis geïntegreerd over 2 weken, ondanks de schuilmaatregel.

het vooraf verdelen van de jodiumtabletten. Zeker in het licht van de besmetting die zich voordeed in Fukushima (waar een zone van 20 km en sommige dorpen zelfs op 50 km verplicht geëvacueerd werden en alle burgers tot op 30 km de raad kregen "vrijwillig" hun woongebied te verlaten), lijkt deze zone veel te klein. In Duitsland maakte de Commissie voor Stralingsbescherming (SSK) een herberekening van de technische basis voor de rampenplanning, gebaseerd op de bijkomende info die uit de Fukushima-ramp kon worden afgeleid. De focus lag daarbij eerder op de potentiële impact op de bevolking, eerder dan op de waarschijnlijkheid van het voorvallen van nucleaire ongevallen. Omvattende dosis analyses werden gemaakt voor drie nucleaire sites in Duitsland, gebruik makend van een bronblootstelling vergelijkbaar met deze van Fukushima en van gemiddelde weersomstandigheden over een representatief jaar. Uit de meer dan 4000 verschillende berekeningen volgde - rekening houdend met de met ons land vergelijkbare Duitse interventiewaarden voor schuilen, jodiumtabletten en evacuatie - veel ruimere noodplanningszones waarbinnen beschermingsmaatregelen moeten worden voorbereid. De aanbevelingen van het SSK komen neer op (Gering e.a., 2014):

Figuur 3: Blootstellingsroutes na nucleaire ramp (Bron: Sandia National Laboratories)





Figuur 4: Officiële noodplanningszones voor schuilen, evacuatie en jodiumverstrekking
(Bron: Brief van Minister van Economische Zaken Kamp aan de Tweede Kamer “betreffende de harmonisatie van de voorbereiding op en de maatregelen bij kernongevallen in Nederland en onze buurlanden”, brief van 2 juli 2014)

- een zone met een straal van 5 km rond de kerncentrale die voorbereid moet zijn op evacuatie binnen de zes uur, jodiumtabletten en schuilen;
- een zone met een straal van 20 km rond de kerncentrale die voorbereid moet zijn op evacuatie binnen de 24 uur (met voorrang voor die sectoren die onder de radioactieve pluim vallen), jodiumtabletten en schuilen;
- een zone met een straal van 100 km waarbinnen monitoring strategieën moeten worden uitgewerkt om bijkomende beschermingsmaatregelen zoals jodiumtabletten en schuilen te kunnen initiëren;
- op het hele grondgebied moet gemonitord worden en moeten de verdeling van jodiumtabletten mogelijk zijn voor kinderen (< 18 jaar) en zwangere vrouwen.

De aanbevelingen zouden in 2014 besproken worden in de Länder en ingaan vanaf begin 2015.

Scenario omschrijving met inschatting van vrijgekomen radioactiviteit en impact

Scenario A: een catastrofaal ongeval op schaal INES 7

Basisscenario A1:

- Zware beschadiging van de reactorkern met kernsmelt en open containment (beschermend koepelgebouw beschadigd zodat radioactieve stoffen vrij in de omgeving kunnen ontsnappen)
- Zeer belangrijke lozingen van radioactieve stoffen buiten de site van de kerncentrale en volledige invoering van alle beschermende maatregelen voor bevolking, leefmilieu en voedselketen.

Voorbeelden: Chernobyl (1986) en Fukushima (2011)

Na Chernobyl werden alle inwoners (ca. 170.000) uit een zone met straal van 30 km volledig geëvacueerd. Van daar, 28 jaar later, blijft dit gebied onbewoond en dit zal nog wel enkele decennia duren. Sommige dorpen tot op 300 km werden in de weken na de ramp echter ook ontruimd.

Na Fukushima moesten alle mensen in een straal van 20 km verplicht hun huizen verlaten. De mensen die in een straal van 20-30 km woonden werden aangeraden “vrijwillig” te vertrekken. Sommige dorpen tot op 50 km waren zodanig besmet dat ze ook moesten ontruimd worden.

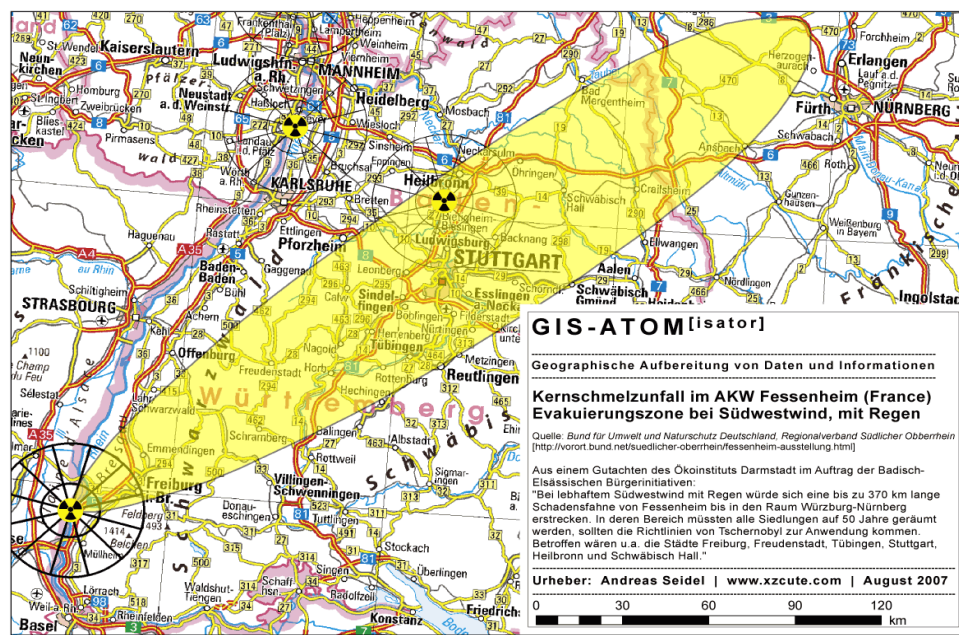
Er is nu sprake om sommige gebieden in de 20 km zone opnieuw open te stellen. Gebieden die ernstig besmet zijn, zullen evenwel zeer lang onbewoonbaar blijven. De belangrijkste radio-isotoop die voor de bodembesmetting verantwoordelijk is, is Cesium 137, die een halveringstijd heeft van 30 jaar. Dit betekent dus dat de stralingsniveaus na 30 jaar gehalveerd zijn, na 60 jaar nog 1/4 bedragen en na 90 jaar nog 1/8 van het oorspronkelijke besmettingsniveau. Pas na 300 jaar (10 opeenvolgende halveringstijden) is de straling nagenoeg uitgedoofd. Men kan natuurlijk wel proberen beperkte gebieden te “decontamineren”, m.a.w. de besmette grond afgraven en ergens anders dumpen. Maar dit gaat dan over gigantische hoeveelheden besmette grond en in een Belgische context is het zeker niet evident om die op te slaan. Bovendien laat de ervaring in Fukushima zien dat aan de effectiviteit van decontaminatie-maatregelen kan worden getwijfeld.

Voor het in kaart brengen van de economische impact van een kernramp op schaal INES 7 in Doel, gaan we in deze studie uit van een “Fukushima” besmettingszone rond de centrale. We gaan ervan uit dat in een straal van 20 km (1.256 km²), alle inwoners voor 20 jaar worden geëvacueerd en het hele gebied een no-go area wordt. De economische activiteiten in de zone worden stopgezet. Het doorgaand verkeer wordt omgelegd. De te evacueren bevolking wordt gedurende een periode van drie jaar tijdelijk opgevangen waarna verondersteld wordt dat ze opnieuw aan een eigen woning worden geholpen, buiten de evacuatiezone.

De aangenomen omvang van de evacuatiezone is eerder beperkt en zal in de praktijk veel grilliger zijn (bij langdurige lozing zoals bij Fukushima) of eerder langgestrekt zijn (sigaarvormig) bij een kortstondige lozing. Uit Duitse studies van het Ökoinstituut blijkt dat bij een verlies van de helft van het Cesium uit de reactorkern, bij slechte meteorologische omstandigheden de evacuatiezone zich kan uitstrekken tot 370 km van de centrale (zie figuren 6, 7 en 8). Als dergelijke pluim vrijkomt rond Doel, dan kan die tot voorbij de Randstad reiken of tot ver in Duitsland.



Figuur 5: Exclusie zone rond Doel bij fatale kernramp (Bron: Bollaerts e.a., 2012 en Google Maps)



Figuur 6: Evacuatiezone rond kerncentrale van Fessenheim bij zuidwestenwind en regen (Bron: Ökoinstitut, website www.xzcute.com)

Via het project Flexrisk ontwikkelde het meteorologisch instituut van de Universiteit van Natuurlijke Rijkdommen en Biowetenschappen van Wenen een interactief verspreidingsmodel dat voor de verschillende nucleaire centrales in Europa de verspreiding van radioactieve stoffen in de atmosfeer bestudeert bij kernrampen onder circa 2.800 verschillende meteorologische omstandigheden (reële weersomstandigheden zoals opgetekend in het jaar 1995). Via dat model kan men zich vergewissen van de uitgestrektheid en wisselende geografische vormen van de te evacueren zones bij een kernramp (oranje, rood en violet). Enkele resultaten zijn weergegeven in figuur 7 (zie volgende blz):

De sterk uiteenlopende resultaten van het Flexrisk model, tonen aan dat in de praktijk de impact van een kernongeval zeer uiteenlopend kan zijn en zeer sterk beïnvloed wordt door de hoeveelheid vrijgekomen radioactiviteit en de weersomstandigheden.

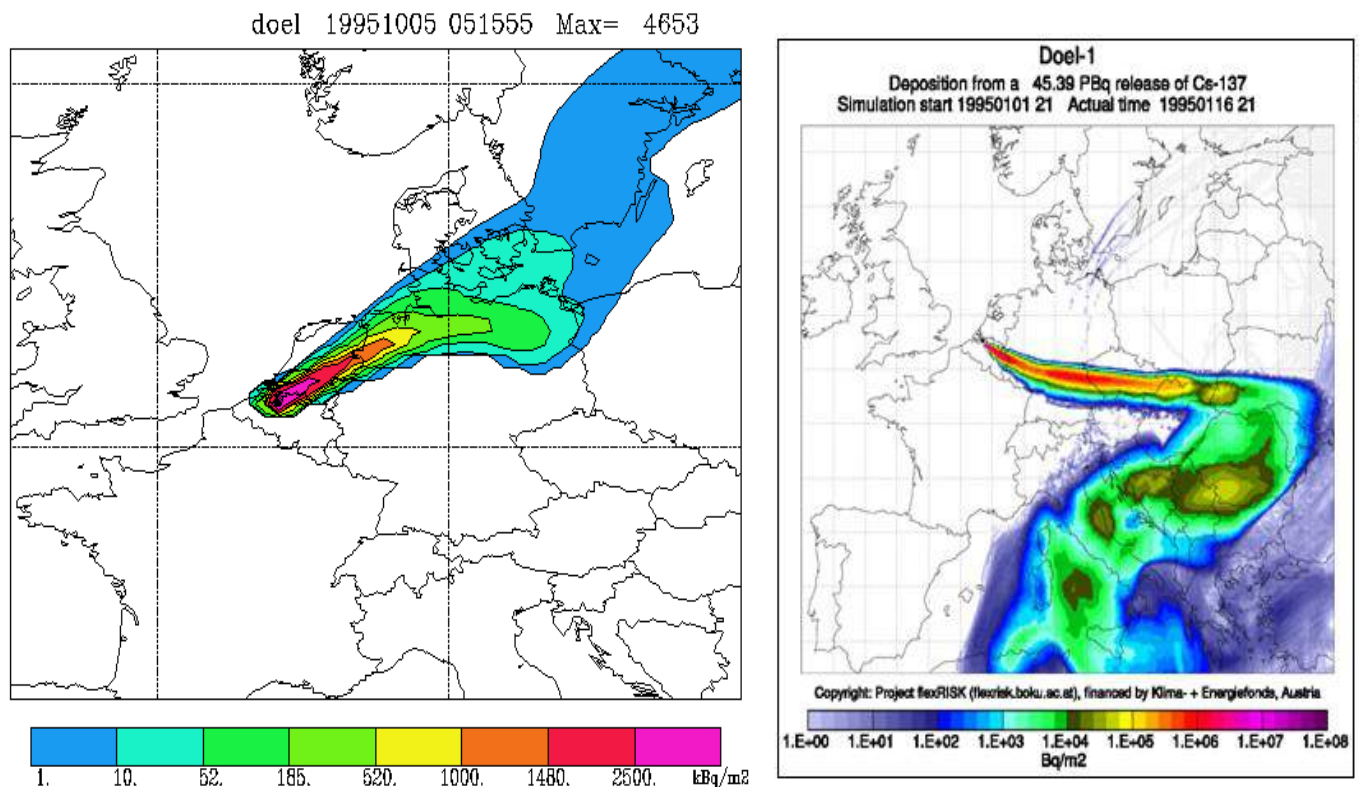
Basisscenario A2:

Omdat de impactzone in de praktijk zich dus nog veel verder kan uitstrekken, bestuderen we in deze studie ook een variant (A2) waarbij uitgegaan wordt van het basis-scenario dat gehanteerd werd in de Franse IRSN studie bij het ramen van de economische impact van een "Accident Majorant" rond de kerncentrale van Dampierre. Dat scenario (dat uitgaat van een kernsmelt van een reactor met een vermogen van 900 MW waarbij een derde van de inventaris aan radioactieve stoffen in twee uur tijd in de atmosfeer wordt verspreid) is een "mediaan" scenario uit 144 via Cosyma software bere-

kende scenario's voor de verspreiding van de pluim en de radioactiviteit (luchtconcentraties, deposities, dosissen, compenserende maatregelen, gezondheidseffecten) onder verschillende meteorologische omstandigheden en in verschillende jaargetijden (bepalend voor economische schade in de landbouwsector)². IRSN berekende dat in dergelijk mediaan basisscenario bij toepassing van de vigerende Franse beschermingsmaatregelen³ 2,6 miljoen mensen zouden geëvacueerd moeten worden in een zone van zo'n 25.000 km² (equivalent aan een zone met een straal van 90 km rond de centrale). In het Franse basisscenario wordt een zone van ca. 50.000 km²

² Het mediaan scenario dat in het basisscenario van de IRSN (2007) studie wordt gehanteerd, ligt in het midden van de range van beschouwde meteorologische omstandigheden. Het is dus zeker geen "extreem" scenario. De "worst case"-variant in de Franse IRSN studie (overeenkomend met de 5% meest desastreuze meteorologische omstandigheden) leidt tot een evacuatiezone van 87.000 km² waaruit 5 miljoen mensen geëvacueerd zouden moeten worden, een besmet gebied van niet minder dan 850.000 km² (gebied zo groot als Frankrijk en Duitsland samen) en een totale kost van 5.800 miljard € (prijzen 2007). Het in voorliggende studie rond Doel gehanteerd basisscenario, komt eerder overeen met de "gunstige" variant die in de Franse IRSN studie wordt gehanteerd.

³ Evacuatie in Frankrijk wordt voorzien als de ontvangen dosis hoger is dan 50 mSv. Schuilen gebeurt vanaf 10 mSv en de inname van jodiumtabletten als de schildklierdosis hoger ligt dan 100 mSv (Besluit van 13 oktober 2003).



Figuur 7: Enkele geografische verspreidingskaarten voor Cs-137 (uitgedrukt in Bq/m²) bij een kernramp in Doel (Bron: <http://flexrisk.boku.ac.at/index.html>)

dermate gecontamineerd dat beperkingen moeten worden opgelegd aan de landbouw.

Scenario B: een ernstig, maar geen grootschalig, nucleair ongeval

- Zware beschadiging van de reactorkern, al dan niet gedeeltelijke kernsmelt
- Belangrijke radioactieve lozing en besmetting op de site van de kerncentrale
- Beperkte lozingen en besmetting buiten de site, met beperkte invoering van beschermingsmaatregelen voor bevolking, leefmilieu en voedselketen

Voorbeelden: Three Mile Island (1979)

Bij de gedeeltelijke kernsmelt in TMI gaf de gouverneur de opdracht aan alle zwangere vrouwen en kleine kinderen om de 5 miles (8 km) zone te verlaten. Deze oproep leidde tot de spontane evacuatie van zo'n 200.000 burgers uit een gebied tot 25 miles (40 km). Het duurde drie weken voor de geëvacueerden terugkeerden.

4. Methodologie

Over de methodologie voor het naar best vermogen inschatten van de economische gevolgen van ongevallen met nucleaire centrales is al heel wat onderzoek verricht. Belangrijk standaardwerk is de OESO/NEA studie “Methodologies for Assessing the Economic Consequences of Nuclear Reactor Accidents” (OESO/NEA, 2000). Deze publicatie is het werk van een expertengroep die vier jaar lang opereerde onder de gezamenlijke voogdij van de comités binnen het nucleaire energie agentschap van de OESO die zich bezighouden met radioprotectie en volksgezondheid (CRPPH) en met nucleaire ontwikkeling (NCD).

Het OESO/NEA rapport werd opgemaakt met het oog op 1) het optimaliseren van de procedures op vlak van crisismanagement, 2) het inschatten van de hoogte van eventuele compensatieregelingen en 3) het berekenen van de externe kosten van de kernenergie (waaronder dus de niet verzekerde risico's op ongevallen) voor het voeden van beslissingen omtrent de keuze van energiemix. Op die inschatting van de externe risicokost valt wel heel wat aan te merken, te meer daar de geraamde schadekost in de aangehaalde studies wordt vermenigvuldigd met de veel te laag ingeschatte theoretische kans op een beschadiging van de reactorkern. Een Japans onderzoek komt tot de conclusie dat de externe kost 120 tot 160 maal hoger ligt als men uitgaat van de in de praktijk vastgestelde falingen met reactoren in plaats van met de theoretische (Nagaoki, 2013).

Het ligt dan ook niet in de bedoeling van onze studie om een volledig gemonetariseerde “kostenbatenanalyse” te maken van kernenergie, met een positieve dan wel negatieve uitkomst. Enerzijds omdat over de waarschijnlijkheid van het optreden van ongevallen een te grote onzekerheid bestaat, anderzijds omdat het vastleggen van de grens tussen maatschappelijk nog aanvaardbare en onaanvaardbare risico's het onderwerp moet zijn van een deliberatief proces (zie punt 2 en figuur 2). Wel wil deze studie met het maken van een eerste raming van de economische gevolgen van een kernramp in België, dat proces voeden. Het ontbreken van deze site-specifieke informatie zorgt immers voor een blinde vlek in het debat over kernenergie in België.

Voor zo'n economische kostenraming kan alleszins wel gebruik gemaakt worden van de kostenposten die het OESO/NEA rapport oplijst (zie Annex 2) en van een aantal methodologische uitgangspunten.

Zo maakt het rapport de interessante overweging omtrent het toepassen van de juiste discontovoet bij het verdisconteren (naar actuele waarde omzetten) van schadekosten die zich uitspreiden over een langere termijn. Het rapport stelt voor om voor marktgoederen de

normale discontovoet te hanteren en voor niet vermarkt-bare goederen (zoals gezondheidseffecten of milieuschade) een veel kleinere. Voor niet-vermarkt-bare goederen op langere termijn zou zelfs geen discontovoet mogen toegepast worden.

Het rapport schetst ook de beperkingen bij het inschatten van verschillende kostenposten. Zo is het niet evident om bepaalde sociale (gezondheids)effecten te waarderen (bvb mentale en psychische gevolgen op individueel niveau, in familieverband of op het niveau van de samenleving). Hetzelfde geldt voor de schade aan ecosystemen. Degelijke schadeposten worden vaak enkel pro memorie weergegeven, zonder ze in geldwaarde uit te drukken.

Ook de indirecte of secundaire economische effecten die optreden buiten de gecontamineerde regio waarin de radioactiviteit neerslaat en/of waarin beschermingsmaatregelen worden genomen (al dan niet langdurige evacuatie, verbod op het produceren en vermarkten van landbouwproducten etc.), zijn vaak moeilijk meet- en berekenbaar. Nochtans zijn er ook in de naburige regio's (tot in het buitenland) afgeleide effecten bij toeleveranciers of afnemers van de producten uit de gestaakte activiteiten uit de direct getroffen zones. Er is het negatief effect op de werkgelegenheid dat ook de algemene economische vraag neerwaarts kan beïnvloeden. Er zijn de imagoproblemen die leiden tot een verminderde export van ook perfect gezonde producten (algemene consumenten “boycot” van landbouwproducten, afname van het toerisme, etc.). Er is het negatief effect op de lopende rekeningen, de schuldgraad en de handelsbalans van het getroffen land met een mogelijk verminderde kredietwaardigheid en een stijging van de rente op overheidsobligaties waardoor het voor de overheid duurder wordt om geld te lenen op de financiële markten... Vele van deze effecten kunnen in kaart worden gebracht met zogenaamde input-output economische analyses die gebaseerd zijn op de transacties tussen de verschillende economische sectoren. In vele landen ontbreekt het echter aan de nodige statistische informatie om dergelijke info aan te boren. Een opsplitsing van I/O-data tussen getroffen regio's en niet getroffen regio's is ook niet evident.

Voorliggende studie tracht deze tekortkomingen te ondervangen door gebruik te maken van inschattingen uit andere studies (onder meer deze van het IRSN voor wat betreft de indirecte kosten ten gevolge van de “imago-schade”) en van gedetailleerde data die op regionaal niveau bij ons toch voorhanden is (input-output analyses voor het berekenen van het indirect belang van de Antwerpse haven).

Ook andere veelgemaakte methodologische fouten bij het inschatten van de economische kost van nucleaire rampen - waarvan melding wordt gemaakt in Munro, 2011 - worden in deze studie vermeden. Het gaat dan bijvoorbeeld om dubbeltellingen waarbij de verloren baten van radioactief besmette of onbruikbare activa twee maal worden meegenomen: een eerste keer onder de vorm van gederfde inkomsten uit de aangetaste activa, een andere keer onder de vorm van investeringskosten van equivalente vervangende capaciteit (terwijl tegen die laatste investeringen ook baten staan).

Bij de inschatting van de economische kost van een nucleaire ramp in Doel wordt abstractie gemaakt van de actoren die de uiteindelijke kosten zullen dragen. Sommige kosten (bijvoorbeeld de site kosten) zijn voor rekening van de exploitant van de kerncentrale. Andere kosten zijn voor rekening van de eigenaars of gebruikers van aangetaste activa. Een deel van de kosten zal door verzekeringsmaatschappijen worden gedragen of door de samenleving als geheel indien er werk gemaakt wordt van een apart rampenfonds waaruit compensatievergoedingen worden verstrekt voor de direct getroffen. Met andere woorden: een deel van de kosten kunnen ook worden getransfereerd, wat een opdeling over de verschillende actoren alleen maar bemoeilijkt.

Belangrijk is nog te stellen dat de kosteninschatting gebeurt vanuit (grotendeels) nationaal perspectief. Vanuit een veel breder internationaal perspectief krijgen we een heel ander beeld. In dergelijk perspectief wordt bijvoorbeeld de kost als gevolg van het verlies aan

exportmarkten door de opgelopen imagoschade, deels gecompenseerd door de extra export vanuit andere landen die het verloren marktaandeel inpikken.

Uiteindelijk worden in deze studie volgende kostenposten meegenomen:

Tabel 2: Overzicht van kostenposten en belangrijkste gegevensbronnen

Economische impact	Gegevensbronnen/referenties
Site kosten (ontmanteling, inkapseling, decontaminatie)	Fukushima (Nagaoka, 2013)
Radiologische kosten	
Kosten evacuatie en tijdelijke huisvesting	IRSN (2007, 2011) en cijfers FEDASIL
Kosten korte termijn gezondheidseffecten	IRSN (2007, 2011)
Kosten lange termijn gezondheidseffecten	IRSN (2007, 2011)
Niet consumeerbare landbouwproducten	IRSN (2007, 2011)
Kosten besmette zones	
Kosten gecontamineerd areaal	IRSN (2007, 2011)
Kosten gecontamineerd aquatisch milieu	Natuurwaardeverkenner.be, Meire (2013)
Verloren vastgoedwaarde	FOD Economie/Waarderingskamer.nl
Direct toegevoegde waarde Antwerpse haven	Nationale Bank van België
Indirecte toegevoegde waarden Antwerpse haven	Nationale Bank van België
Toegevoegde waarde diamantsector	HRD, Konings (2008)
Toegevoegde waarde stedelijke activiteiten	FOD Economie
Toegevoegde waarde toerisme "kunststad" Antwerpen	Toerisme Vlaanderen
Imagokosten	
Direct waardeverlies export agrovoedingsindustrie	OESO, IRSN
Waardeverlies toerisme (minus toerisme Antwerpen)	Tourisme Satteliet rekeningen (De Maesschalck, 2013), IRSN
Direct waardeverlies export overige sectoren	OESO, IRSN
Indirect waardeverlies export agrovoedingsindustrie	OESO, IRSN
Indirect waardeverlies export overige sectoren	OESO, IRSN
Overige kosten	
Omrijktijd tgv verhuis haventrafiek naar minder centraal gelegen havens	GHA
Omrijktijd doorgaand vrachtverkeer getroffen regio	GHA/MINT
Kosten stroomuitval	ELIA, Federaal Planbureau, Black-Out simulator
Macro economische kosten	Pro Memorie

5. Resultaten

Economische schade bij een grootschalige kernramp in Doel (scenario A)

Site-kosten

De kosten voor het decontamineren, inkapselen en ontmantelen van de getroffen installaties wordt aan de hand van de kosten van Fukushima geraamd op 7 miljard € (964,3 miljard Yen volgens Nagaoki, 2013). Men zou kunnen aanvoeren dat de kost in Doel wellicht kleiner zal uitvallen gelet op het feit dat in Fukushima meerdere centrales werden getroffen. Langs de andere kant ligt de kost van 7 miljard € ook in de buurt van de in de Franse IRSN studie geraamde site-kosten. Deze worden geraamd op 10 miljard €, al wordt daarbij ook wel de “vervang”kost meegenomen die in voorliggende studie rond Doel al verrekend zit in de verloren toegevoegde waarde van economische activiteiten in het te evacueren havengebied (zie verder punt 5.1.7.). Een kost van 7 miljard € wordt als realistisch beschouwd.

Tijdelijke herhuisvestingskosten

Bij een nucleaire ramp, gaan we ervan uit dat de wettelijk voorziene beschermingsmaatregelen zoals evacueren, schuilen en de inname van jodiumtabletten, maximaal worden genomen. De kosten voor het schuilen en de inname van jodium worden als verwaarloosbaar beschouwd. De kosten voor het evacueren daarentegen, kunnen hoog oplopen.

Als in een straal van 20 km rond de centrale, alle inwoners worden geëvacueerd, dan kan de kost daarvan geraamd worden op 28,7 miljard €. Dat bedrag werd bekomen door het aantal te evacueren inwoners (bijna één miljoen)⁴ te vermenigvuldigen met 30.000 € per inwoner. Het bedrag van 30.000 € per inwoner is de kost die de Amerikaanse overheid maakte voor de tijdelijk herhuisvesting gedurende 2 jaar van de mensen die als gevolg van orkaan Katrina geëvacueerd moesten worden. Ze wordt ook in de IRSN studie gebruikt voor de berekening van de herinstallatiekost van de getroffen inwoners rond de centrale van Dampierre.

Ter vergelijking: de opvangkost van asielzoekers in België bedraagt 36 tot 38 € per dag, maar daar zijn wel maaltijden mee inbegrepen (De Standaard, 26 augustus 2011). De “opvangkost” over een periode van twee jaar komt daarmee ook uit op ca. 30.000 € per inwoner (26.280 tot 27.740 € om precies te zijn).

Ook in de veronderstelling dat een bedrag van die omvang (een kleine 30 miljard €) niet door de overheid zou kunnen worden opgehoest of aan de slachtoffers kan worden uitgekeerd, geeft dit toch een goede schatting van de “maatschappelijke” kost van de tijdelijk herhuisvesting. Over het effectief besteden daarvan hoeven we ons dus niet uit te spreken.

Zoals ook opgemerkt in het NEA rapport met betrekking tot de methodologie voor het berekenen van de economische impact van een nucleaire ramp (OESO/NEA, 2000), mag de investering van de geëvacueerden in nieuwe woningen (na tijdelijke opvang en voor de eventuele terugkeer naar de evacuatiezone enkele decennia later), niet als kost worden meegerekend. Tegenover die investeringen staan immers ook baten. Wel tellen we de gedeelde “inkomsten” uit het vastgoed in de ontruimde woongebieden mee (zie volgend punt).

Of het überhaupt doenbaar is om een dergelijke massa mensen te evacueren en te herhuisvesten is niet het onderwerp van deze studie. Volgens een actualisering van de gegevens van de ruimteboekhouding in Vlaanderen in mei 2013, zijn er nog 311.615 onbebouwde percelen beschikbaar met een bestemming die bebouwing toelaat (VRIND, 2013). Maar daarbij werden wel alle percelen in woonuitbreidingsgebied meegeteld, ook deze die bijvoorbeeld gelegen zijn in overstromingsgevoelige gebieden en op basis van de atlas van woonuitbreidingsgebieden niet zouden mogen worden aangesneden. De overheid zou er ook voor kunnen opteren om werk te maken van de bouw van een heuse nieuwe stad. Een soort “Anvers la neuve”.

Uiteraard zal de evacuatie van een dergelijk massa mensen een ernstige opwaartse druk met zich meebrengen op de reeds krappe huurmarkt in België en op de bouwsector. Bouwen en huren zal in heel het land een pak duurder worden (in de veronderstelling dat de overheid de huurprijzen niet wettelijk bevestert of anderszins reguleert). De kosten van deze impact worden in deze studie niet geraamd.

In de variant A2 gaan we uit van het “mediaan” scenario van de IRSN studie. Daarbij moet een zone met een oppervlakte van niet minder dan 13.575 km² blijvend geëvacueerd worden (IRSN, 2007, p. 58). Dat is een oppervlakte zo groot als Vlaanderen. Dergelijke evacuatie in een zone met een besmetting van meer dan 555.000 Bq/m² (die ook in Rusland, Oekraïne en Witrusland hebben geleid tot evacuatie) is nog moeilijk voor te stellen. Heel Vlaanderen zou geëvacueerd moeten worden. Europa verliest zijn Europese hoofdstad, de “hub” Zaventem wordt gesloten. Rond de site van Dampierre zou dit leiden tot “slechts” 1,5 miljoen “radiologische

⁴ Het gaat om 957385 inwoners in 2013 volgens FOD Economie en Nederlandse Waarderingskamer, in de volgende gemeenten binnen de 20 km contour: Antwerpen, Brasschaat, Kalmthout, Kapellen, Schoten, Stabroek, Zwijndrecht, Beveren, Kruibeke, Sint-Gillis-Waas, Sint-Niklaas, Bergen-op-Zoom, Hulst, Reimerswaal en Woensdrecht.

vluchtelingen” waarvan de herhuisvestingskost oploopt tot 45 miljard €. De bevolkingsdichtheid rond Doel in een zone met dergelijke omtrek ligt echter een factor 7,57 hoger⁵ zodat we de theoretische herhuisvestingskost kunnen berekenen op 342 miljard €.

Gezondheidskosten

De veronderstelde beschermingsmaatregelen (evacuatie, schuilen, jodiumtabletten, productie- en handelsverbod gecontamineerde landbouwgebieden en -producten) zorgen voor een aanzienlijke beperking van de korte termijn gezondheidseffecten. Deze aldus berekende theoretische korte termijn gezondheidskosten zijn – in vergelijking met de andere kostenposten – verwaarloosbaar.

Wel houdt de IRSN studie er rekening mee dat een tijds (snelle) evacuatie van een dergelijke grote massa mensen in de praktijk niet realiseerbaar is. Dat zorgt voor extra stralingsslachtoffers. De suboptimale evacuatie leidt in het geval van een kernramp in de centrale van Dampierre tot 10.000 extra dodelijke en 7.500 overige kankers. De economische kost daarvan loopt op tot meer dan 9 miljard € (IRSN, 2007, p. 39-41). Rekening houdend met de veel hogere bevolkingsdichtheid rond Doel, kan de kost van de suboptimale evacuatie geraamd worden op 73 miljard €⁶.

Voor de lange termijn gezondheidskosten gaat de IRSN studie in zijn mediaan-scenario uit van 4.167 dodelijke en 2.629 overige kankers ten gevolge van voedselopname en 14.422 dodelijke en 16.760 overige kankers als gevolg van de atmosferische blootstelling (IRSN, p. 41). Samen betekent dit een gezondheidsschadekost van 19 miljard €.

Dit scenario gebruiken we voor de berekening van de lange termijn gezondheidsschade in de variant A2 op het basisscenario voor een kernongeval rond Doel. De lange termijn gezondheidsschade in de variant op Doel kan dan berekend worden als $19 \text{ miljard €} \times 7,57 = 144 \text{ miljard €}$.

In het basisscenario A1 van deze studie gaan we uit van de “gunstige variant” die in de IRSN studie gebruikt werd in de gevoeligheidsanalyse. Het gaat om de waarde die overeenstemt met het 5% kleinste centiel (meest gunstige meteorologische omstandigheden) in de via Cosyma berekende contaminatie in 30 willekeurige scenario's van meteorologische omstandigheden (zie ook voetnoot 2).

In deze variant, is de te evacueren zone van dezelfde grootteorde als de evacuatiezone uit de basisvariant A1 rond Doel. De lange termijn gezondheidsschade rond Dampierre valt daarbij terug tot 10 miljard € (IRSN, 2007, p. 59-60). Gecorrigeerd voor de hogere

bevolkingsdichtheid rond Doel betekent dit een totale kost van 75,7 miljard €⁷.

Opgemerkt moet worden dat belangrijke gezondheidseffecten in de IRSN studie niet worden meegenomen. Het gaat dan meer bepaald om stress-geïnduceerde psychosomatische aandoeningen die veroorzaakt worden door de onzekerheid over de werkelijke dosissen waar men individueel aan werd blootgesteld, de ontwrichting van families en lokale gemeenschappen als gevolg van de evacuatie, de blijvende onzekerheid over mogelijkheden en risico's van terugkeren,... Studies rond Chernobyl en Fukushima wijzen uit dat dergelijke gezondheidseffecten aanzienlijk zijn (Högberg, 2013).

Kosten gecontamineerd voedsel en gecontamineerde gebieden

Ook voor de inschatting van de kost van de niet langer consumeerbare landbouwproducten en van de besmette gebieden, wordt verder gebouwd op de IRSN studie (IRSN, p. 42-47 en p. 58-60).

We gaan in ons basisscenario A1 uit van de “gunstige” variant van de IRSN studie die inschat dat:

- voor 11 miljard € aan voedsel moet worden vernietigd als gevolg van een te hoge besmetting;
- 3.000 km² in de evacuatiezone wordt onttrokken aan de landbouwproductie wegens een besmetting boven de 555 kBq/m² (aan een kost van 10 miljoen € per km² bovenop de evacuatie- en herhuisvestingskost wat neerkomt op een totaal van 30 miljard €);
- 19.500 km² besmet (doch niet te ontruimen) gebied in aanmerking komt voor “hulp” ter dekking van de gemaakte kosten die geschat worden op 3.025 € per hectare per jaar (gebied met radioactiviteit tussen de 37 en de 555 kBq/m²); het gaat hier om extra uitgaven in de gezondheidszorg, “risico”premies voor ambtenaren en werknemers die in deze gebieden wensen te (blijven) werken, preventiemaatregelen naar kinderen, ondersteuning voor getroffen landbouwers, bodem en watersaneringen, etc. Over een periode van 30 jaar waarin deze hulp degressief wordt afgebouwd, kan deze kost geraamd worden op een totaal van 100 miljard € (verdisconteerd naar prijzen vandaag).

In totaal komen we in ons basisscenario uit op een kost van 11 miljard € voor niet consumeerbare landbouwproducten en 130 miljard € aan kosten in besmette gebieden.

We gaan er van uit dat de kost op vlak van landbouw in dezelfde grootteorde ligt als in Frankrijk. Dat is niet onaannemelijk gezien de kleine verschillen in landbouwareaal in de omgeving van de kerncentrale van Dampierre (omschreven als een zone “agro-forestier” in Pascal (2012) met iets boven de 60% landbouw) met deze van Doel. Volgens VRIND (2013) maakt het landbouwareaal

5 Bron: Persoonlijke mail van Declan Butler, senior reporter Nature.

6 Te weten 9669 miljard € maal 7,57. Aangezien de bevolkingsdichtheid in de evacuatiezone rond Doel 13 maal hoger is dan rond Dampierre is het gebruik van de factor 7,57 een onderschatting.

7 Eveneens een onderschatting gezien de verhoudingsgewijs grotere bevolkingsdichtheid in de evacuatiezone rond Doel.

in Vlaanderen 57% van de oppervlakte uit. In Nederland is het aandeel landbouw in de omgeving van de kerncentrale Doel nog groter. Het iets kleiner aandeel aan landbouwareaal in de omgeving van Doel langs Vlaamse kant, wordt gecompenseerd met een hogere toegevoegde waarde per hectare. De Nederlandse en Vlaamse land- en tuinbouw realiseren binnen Europa, de hoogste netto toegevoegde waarde per hectare (Kris Peeters, Beleidsbrief Landbouw, visserij en plattelandsbeleid 2009-2014). En ook op het vlak van internationale handel van landbouwproducten scoren Vlaanderen en Nederland bijzonder goed. Met een agrohandoelsoverschot van ruim 3,5 miljard euro is België zelfs de zesde grootste exporteur van landbouwproducten ter wereld.

In de variant A2 op ons basisscenario, gaan we uit van het “mediaan”-scenario uit de IRSN studie:

- een verlies aan niet consumeerbare landbouwproducten voor een waarde van 37 miljard €;
- 13.575 km² in de evacuatiezone die wordt onttrokken aan de landbouwproductie wegens een besmetting boven de 555 kBq/m² (aan een kost van 10 miljoen € per km² bovenop de evacuatie- en herhuisvestingskost wat neerkomt op een totaal van 136 miljard €);
- 49.138 km² besmet (doch niet te ontruimen) gebied in aanmerking komt voor “hulp” ter dekking van de gemaakte kosten; over een periode van 30 jaar waarin deze hulp degressief wordt afgebouwd, kan deze kost geraamd worden op een totaal van 257 miljard € (verdisconteerd naar prijzen vandaag). Gezien de totale oppervlakte van België “slechts” 30.528 km² bedraagt, betekent dit dat een flink deel van deze kost in het buitenland (Nederland) zal neerslaan.

Kosten besmetting aquatisch milieu

De site van de kerncentrale van Doel grenst aan het Schelde-estuarium en aan de als Habitat- en Vogelrichtlijngebied beschermde polders van de Beneden-Zeeschelde. Het Schelde-estuarium vormt een van de meest waardevolle ecologische systemen in Europa. De werking van de getijden zorgt voor een zeer typische morfologische dynamiek. Deze uit zich in een bewegend stelsel van hoofd- en nevengeulen, duinen, platen, slikken en schorren, etc. In samenspel met de trapsgewijze overgang tussen zout en zoet water zorgt dit voor een enorm rijke schakering van leefgebieden, met een daarbij horende grote verscheidenheid aan planten en dieren. Slikken en schorren die voorkomen op een gradiënt van zout naar zoet water binnen eenzelfde estuarium zijn zeer zeldzaam geworden. Deze gebieden zijn onmisbare doortrek-, overwinterings- en fourageergebieden voor tal van vogelsoorten. Het estuarium vormt voor heel wat vogelsoorten de ideale pitstop op de transatlantische trekroute, langswaar ze jaarlijks naar het zuiden trekken. Het Schelde-estuarium vervult bovendien een “kinderkamerfunctie” voor de larven en jonge exemplaren van verschillende vissoorten en garnalen.

Om de impact van een kernramp op deze ecologische

waarden in kaart te brengen is veel diepgravender onderzoek nodig. Via het project van de Natuurwaardeverkenner (www.natuurwaardeverkenner.be) werd een meer dan verdienstelijke poging ondernemen om de waarde van ecosysteemdiensten in Vlaanderen te waarderen, maar de impact van radioactieve besmetting werd hierbij niet onderzocht. Vele ecologische functies (zoals bescherming tegen overstromingen, nutriëntenverwijdering,...) zullen door de radioactiviteit niet worden aangetast. Voor andere zijn de effecten onduidelijk (bv impact op avifauna). Wel zou een ruwe inschatting gemaakt kunnen worden van de potentiële kosten op vlak van verlies aan biodiversiteit en visproductie in het estuarium op basis van Meire (2013). Meire (2013) geeft een overzicht van maatschappelijke waardering van estuariene biotopen op vlak van belevingswaarde en bijdrage aan de vis- en garnalenproductie. Daarbij is sprake van baten in de range van 425 – 682 \$/ha/jaar voor de bijdrage aan de garnalenproductie (Minello ea, 2012 voor de Galveston Bay) en 7,43 £/ha/jaar voor de kinderkamerfunctie voor de visserij (Shepherd ea, 2007 en Luisetti ea, 2011 voor het Blackwater estuarium). De habitat- en belevingswaarden worden ingeschat tussen de 77,40 en de 621 £/ha/jaar (voor het Humber en het Blackwater estuarium). Als we de bovengrens van de eerste bedragen (540 € per ha/jaar) vermenigvuldigen met de oppervlakte habitats die voor de kinderkamerfunctie zorgen (11.333 ha volgens www.scheldemonitor.be) en de bovengrens van de tweede (791 €/ha/jaar) met het areaal aan schorren (2462 ha), dan komen we op een maximum baat uit van 14,2 miljoen € per jaar voor deze biotopen in het estuarium. In verhouding tot de overige kostenposten is dit verwaarloosbaar.

Kosten verloren baten uit vastgoed ontruimde woongebieden

In het basisscenario A1 gaan we er dus vanuit dat de 20 km zone rond de kerncentrale moet worden ontruimd. De gederfde baat die daarbij ontstaat kan berekend worden als de som van de netto-baten die de onroerend goederen in de evacuatiezone normaliter in een periode van 20 jaar aan hun eigenaars zouden opleveren. Theoretisch zou daarvoor de som van het kadastrale inkomen (KI) over de totale evacuatieperiode kunnen genomen worden. Het kadastraal inkomen wordt door de administratie van de Federale Overheidsdienst Financiën gedefinieerd als “een fictief inkomen dat overeenstemt met het gemiddeld jaarlijks netto-inkomen dat het onroerend goed aan zijn eigenaar zou opbrengen”. Artikel 471 §210 van het wetboek van de inkomstenbelastingen van 1992 hanteert volgende eenvoudige definitie: “Onder kadastraal inkomen wordt verstaan het gemiddeld normaal netto-inkomen van een onroerend goed van één jaar” (WIB 92). Het netto-inkomen wordt gelijkgesteld aan de brutohuurinkomen verminderd met forfaitaire lasten van 40% in het geval van bebouwde onroerende goederen.

Probleem is echter dat sinds 1975 de kadastrale inkomens (behoudens de sporadische herschattingen in

functie van afgeleverde bouwvergunningen voor renovatiewerken) niet werden geactualiseerd. De kadastrale inkomens werden wel geïndexeerd, maar aangezien de reële huur- en woningprijzen veel sterker stegen dan de consumptie-index, geeft het KI een sterk onderschat beeld van de reële vastgoedwaarde.

Om die reden gaan we in deze studie anders te werk. Voor de Vlaamse gemeenten binnen de 20 km contour rond Doel, maken we op basis van de gegevens van de Fod Economie (<http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/>) een optelsom van het aantal gewone huizen, vrijstaande huizen, appartementen, flats en studio's. We ramen de totale verkoopwaarde op basis van de gemiddelde verkoopprijs binnen deze categorieën van de transacties die in de verschillende betrokken gemeenten plaatsvonden gedurende het laatste jaar. We berekenen de "verhuurwaarde" aan de hand van de verkoop/huur ratio voor deze categorieën die we afleiden uit de verhouding tussen de mediaan verkoopprijs en de mediaan huurprijs in de verschillende betrokken gemeente (de mediaan huurprijs halen we uit Tratsaert, 2012). Van de totale (bruto) verhuurwaarde trekken we 40% af om de netto verhuurwaarde te bekomen. Voor de Vlaamse betrokken gemeenten komen we aldus op een netto verhuurwaarde van 1,8 miljard € per jaar.

Voor de Nederlandse gemeenten gaan we anders te werk. Hier maken we gebruik van de zogenaamde WOZ-waarden van het vastgoed in de getroffen gemeenten (via www.waarderingskamer.nl). De WOZ-waarde is de waarde die elke gemeente voor het vastgoed op haar grondgebied jaarlijks vastlegt op basis van de Wet Waardering Onroerende Zaken. Voor de berekening van de huurwaarde (de waarde van het gebruik van de woning gedurende een jaar) wordt gebruik gemaakt van een studie van het Centraal Planbureau in Nederland die de huurwaarde schat op 5,7% van de verkoopwaarde (Centraal Planbureau, 2010). Ook op deze huurwaarde brengen we 40% korting in rekening om de netto verhuurwaarde te bekomen. Voor de Nederlandse betrokken gemeenten komen we aldus op een netto verhuurwaarde van een half miljard € per jaar.

Let op: de Vlaamse verloren vastgoedwaarde slaat enkel op wooneenheden. De geraamde verloren Nederlandse vastgoedwaarde omvat onder meer ook de vastgoedwaarden van handelspanden. We hebben ervoor gekozen om die waarde niet in rekening te brengen langs Vlaamse zijde, omdat we voor de economische activiteiten in Stad Antwerpen ook een raming maken van het verlies aan toegevoegde waarde. Daarin zit de productieve waarde van het vastgoed vervat.

We merken nog op dat niet alleen ondernemingen en inwoners een verlies aan vastgoedwaarde lijden. Dat geldt ook voor overheden.

De behoeften aan traditionele sportaccommodaties voor de te relokaliseren bevolking kan geraamd worden aan

de hand van het behoeftenonderzoek dat Bloso heeft laten uitvoeren. Bloso raamt de bovenlokale behoeften voor een aantal traditionele sportaccommodaties op het volgende:

- overdekte zwembaden: 0,014 m² wateroppervlakte per inwoner;
- sporthallen (overdekte sportaccommodaties met een minimale netto-sportoppervlakte van 22m x 13m x 7m-hoogte): 0,16m² netto-sportoppervlakte per inwoner;
- overdekte sportaccommodaties (sporthallen en sportlokalen): 0,22m² netto-sportoppervlakte per inwoner;
- voetbalvelden in natuurgras: 4,7m² natuurgrasoppervlakte per inwoner;
- sportvelden in natuurgras (voetbalvelden + andere sportgrasterreinen): 5,1 m² natuurgrasoppervlakte per inwoner.

(Bron: <http://www.bloso.be/sportinfrastructuur/OnderzoekPlanning/Pages/Behoeftedonderzoek.aspx>).

Alleen al voor de te herlokaliseren Vlaamse bevolking komt dit neer op 836 ha aan sportinfrastructuur.

In de te ontruimen Vlaamse gemeenten staan bovendien:

436 scholen (basis en secundaire scholen in het gewoon en buitengewoon onderwijs) (Bron: http://www.ond.vlaanderen.be/onderwijsstatistieken/2010-2011/rapporten/gemeenterapporten/Basis_Secundair_Aantal_Scholen_Geografie_HZ_10.pdf);

11 ziekenhuiscampussen met een totaal van 3.682 ziekenhuisbedden (12% van het totaal aantal ziekenhuisbedden in Vlaanderen (Bron: https://www.zorg-en-gezondheid.be/uploadedFiles/NLsite_v2/Rapporten/p_v_i_im_020_e002_erkenningssituatie-%20hospitalisatiediensten-%20huidig%20aantal%20erkende%20bedden%20per%20vestigingsplaats.pdf);

9.924 zorgbedden (Bron: http://www.zorg-en-gezondheid.be/uploadedFiles/NLsite_v2/Rapporten/Rapport%2002-%20Erkende-geplande%20capaciteit%20per%20gemeente,%20geplaatst%20tegenover%20de%20programmatie%20voor%20WZC.pdf).

Voor het verlies aan vastgoedwaarde in dit overheidspatrimonium wordt 20% van de vastgoedwaarde van de woningen genomen (0,36 miljard € per jaar).

Samen met de verloren vastgoedwaarde, gaat er ook belangrijk cultuur-historisch erfgoed verloren. Met zijn rijke geschiedenis en ontelbare relictten herbergt kunststad Antwerpen een onschatbare cultuur-historische waarde. En dit zowel op vlak van het archeologisch, bouwkundig, heraldisch, landschappelijk en watererfgoed. De laatste jaren werden in Vlaanderen verdienstelijke pogingen ondernomen om de sociaal-economische impact van dat erfgoed te berekenen (De Baerdemaeker e.a., 2011). Een juiste inschatting maken van de verloren cultuur-historische waarden die verloren gaan bij een kernramp

rond Doel valt echter buiten het bestek van deze studie. Dergelijke waarden laten zich ook moeilijk monetariseren. En als ze gemonetariseerd worden, dan is het niet evident om dubbeltellingen te vermijden met andere kostenposten in deze studie die wel worden meegenomen (zoals de impact op toerisme en horeca). Om die reden vermelden we het verlies aan cultuur-historische waarden hier enkel pro memorie (zie punt 5.1.18.).

Welvaartsverlies door stilvallen havenactiviteiten in zwaarst gecontamineerde zone rond de kerncentrale

Het verlies aan economische welvaart door het wegvalLEN van de havenactiviteiten in de 20 km straal rondom Doel waar voor minstens 20 jaar elke vorm van bedrijvigheid onmogelijk is door de radioactieve besmetting en de lange halfwaardetijd daarvan, kan best worden ingeschat door te kijken naar de directe en de indirecte toegevoegde waarde die de havenactiviteiten vandaag voortbrengen. De directe toegevoegde waarde staat voor de waarde die de havenfirma's via hun productieproces jaarlijks toevoegen aan hun inputs (grondstoffen, hulpstoffen, diensten van derden). In boekhoudkundige termen, wordt de toegevoegde waarde berekend als de optelsom van de personeelskosten, de afschrijfkosten, het bedrijfsresultaat (winst of verlies), de aangelegde provisies en betaalde belastingen en bepaalde exploitatiekosten. De indirecte toegevoegde waarde is de toegevoegde waarde die wordt voortgebracht door de bedrijven die producten of diensten toeleverende aan de havenfirma's, of er producten of diensten van afnemen.

De directe en indirecte toegevoegde waarde van de Belgische Zeehavens, wordt periodiek berekend door de Nationale Bank van België. De NBB gaat daarbij uit van de jaarrekeningen die havenfirma's bij haar indienen. Voor de berekening van de indirecte toegevoegde waarde wordt gebruik gemaakt van input-output tabellen die in kaart brengen welke bedrijven/sectoren leveren aan of afnemen van de havenactiviteiten.

Volgens het laatste rapport van de Nationale Bank van België (Mathys, 2014) bedroeg de totale directe toegevoegde waarde van de Antwerpse haven in het jaar 2012, 9.972 miljoen € (3.268 miljoen € in de maritieme cluster en 6.704 miljoen € in de niet-maritieme cluster van industrie, handel en landtransport). De indirecte toegevoegde waarde bedraagt 8.854 miljoen €. In de haven worden direct 60.873 voltijdsequivalenten (VTE) te werk gesteld. Indirect levert de haven nog eens werk aan 85.392 (VTE). De haven is dus samen goed voor 146.265 VTE's. Volgens Webers e.a. slaat ongeveer 57% van de indirecte werkgelegenheid van de haven van Antwerpen neer in Vlaanderen en 43% in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en Wallonië (Webers e.a., 2006).

De industriële component van de toegevoegde waarde in het havengebied hangt sterk samen met de grote concentratie aan petrochemische bedrijven. Nergens

in Europa is de concentratie aan dergelijke bedrijven zo groot als in de haven van Antwerpen. Deze clustering creëert extra voordelen op vlak van transport, energie en milieu. Er ontstaan veel bijproduct-grondstof cascades (veelal via pijpleidingen uitgewisseld) en energiecascades (exotherme processen die energie leveren aan endotherme processen zoals het "verbund" op de site van BASF, warmteoverschotten die onder de vorm van stoomleveringen in andere processen worden benut zoals de stoomlevering van Indaver aan naburige bedrijven...).

De vraag stelt zich of deze activiteiten ooit kunnen terugkomen in de decennia na een nucleaire ramp. De Antwerpse chemiesector wordt immers sterk gekenmerkt door agglomeratievoordelen die bij een hernieuwde opbouw "from scratch" niet langer aanwezig zijn. Onder tussen hebben de afnemers van de producten van de Antwerpse havenchemie (die veelal basischemicaliën produceert voor de export) via een resourcing al andere toeleveranciers gevonden.

De maritiem-logistieke component in de toegevoegde waarde van de Antwerpse haven hangt sterk samen met de centrale ligging van de Antwerpse haven ten opzichte van de belangrijkste productie- en consumptiecentra binnen Europa (zie ook verder in punt). Onder meer daardoor is de haven van Antwerpen de tweede grootste containerhaven van Europa.

Voor het berekenen van de netto constante waarde aan directe en indirecte toegevoegde waarde die bij de decennialange evacuatie van het Antwerps havengebied zullen verloren gaan, hanteren we voor het jaar van de nucleaire ramp de meest recente cijfers van de NBB. Voor de jaren daarop, hanteren we de geprojecteerde cijfers op vlak van verwachte toegevoegde waarde uit de Economische Ontwikkelingsstudie die door het European Centre for Strategic Analysis (ECSA) werd opgemaakt voor het Strategisch Plan van de Haven van Antwerpen (ECSA, 2004 en ECSA, 2006). Deze cijfers worden met een discontovoet van 4% (ook gebruikt in de IRSN studie), omgezet tot volgende netto constante waarden:

- Verlies aan directe Toegevoegde Waarde: 149 miljard €
- Verlies aan indirecte Toegevoegde Waarde: 144 miljard €
- Totaal verlies aan Toegevoegde Waarde: 293 miljard €

Deze gederfde economische waarde van 293 miljard € is enorm. Dat is meer dan de totale jaarlijkse uitvoer van goederen en diensten vanuit België.

Ook op vlak van de werkgelegenheid, is de kap enorm met minstens 146.000 banen die verloren gaan.

Welvaartsverlies door aantasting andere sectoren in gecontamineerd evacuatiegebied

In de te evacueren stedelijke gebieden, vinden uiteraard nog tal van economische activiteiten plaats die niet met de haven gerelateerd zijn. Het gaat veelal om activiteiten

in de diensteneconomie. Op de website <http://www.ondernemeninantwerpen.be/visie-en-cijfers> staat per Antwerps stadsdistrict een overzicht van de gerealiseerde toegevoegde waarde per sector en dit voor het jaar 2013. Als we abstractie maken van die sectoren in de “havendistricten” Antwerpen en Berendrecht-Zandvliet-Lillo waaronder ook de havenactiviteiten vallen, dan komen we voor de belangrijkste overige economische sectoren in Stad Antwerpen op een totale toegevoegde waarde creatie van 5,9 miljard € (zie tabel 3).

Dat cijfer van 5,9 miljard € is een onderschatting omdat met name in de “geschrapte” sectoren “zakelijke dienstverlening” en “groothandel en detailhandel” ook niet havengebonden activiteiten zitten. Deels worden die wel nog apart meegenomen (zoals bvb de toegevoegde waarde van de diamantsector die hier voor een stuk onder de groothandel in district Antwerpen wordt geschrapt - zie verder).

De totale niet direct havengebonden werkgelegenheid in Stad Antwerpen kan geraamd worden op 184.242 VTE (245.115 jobs volgens bovenstaande website, minus de 60.873 direct havengebonden jobs volgens de gegevens van de NBB).

We kunnen er evenwel niet vanuit gaan dat bij een “ontzuiming” van de Stad Antwerpen, de toegevoegde waarde die wordt voortgebracht door de stedelijke economische activiteiten voor de duur van de evacuatie voor de Belgische samenleving en economie zullen verloren gaan. Een deel van de niet-havengebonden economische activiteiten, zullen immers samen met de bevolking grotendeels binnen de Belgische economie worden geherlokaliseerd. Het gaat dan in het bijzonder om door de overheid aangeboden of gefinancierde diensten (zoals de sectoren onderwijs en gezondheidszorg), de “footloose” activiteiten die gemakkelijk verplaatsbaar zijn (bvb ICT) en de “captieve” activiteiten die sterk gecorreleerd zijn met de aanwezige bevolking (zoals de horeca en de detailhandel). De toegevoegde waarde die in het getroffen gebied binnen deze sectoren wordt gerealiseerd, zal dus eerder “verplaatst” worden naar elders in de Belgische economie in plaats van “vernietigd”.

Bovendien moet worden opgepast voor dubbeltellingen.

Een deel van de activiteiten die worden ontplooid in het stedelijk gebied, zit wel vervat onder de “indirecte” toegevoegde waarde van de aan de haven economie toeleverende of van de havenbedrijven afnemende sectoren.

Dat wil uiteraard niet zeggen bij een evacuatie en herlokalisatie van stedelijke economische activiteiten geen welvaartsverlies zal optreden. De nog niet afgeschreven “activa” worden “werkloos”, terwijl ondertussen opnieuw moet geïnvesteerd worden in locaties elders. Voor zover er sprake is van een één op één verhuis, zit je dus met dubbele afschrijvingen voor eenzelfde output. Een deel van deze gedeelde waarde wordt wel al meegenomen in het gedeelde “kadastrale inkomen”, maar dat is zeker niet volledig. Bij onteigeningen wordt er naast de verloren vastgoedwaarde, ook een “wederbeleggingsvergoeding” verstrekt om de onteigende in staat te stellen een gelijkwaardig onroerend goed te kopen als dat wat hem werd ontnomen. Het gaat dan onder meer om de kosten van notaris, registratierechten en overschrijvingen. Naast deze “wederbeleggingskost” gaan er bij een verhuis van een deel van voornoemde stedelijke economische activiteiten onherroepelijk ook agglomeratievoordelen verloren. Een locatie in een meer dense stad biedt heel wat voordelen inzake een groter en beter bereik van cliënteel, groter aanbod aan toeleveringsbedrijven, meer gekwalificeerde arbeidskrachten, aanwezigheid van meer en betere infrastructuur, etc. Een deel van deze agglomeratievoordelen weerspiegelt zich in de hogere grondprijzen, waarmee al rekening wordt gehouden in de berekening van het gedeelde kadastrale inkomen. Maar ook hier geeft dit een onvolledig beeld.

Tenslotte zijn er die activiteiten die quasi onherroepelijk verloren gaan en wellicht niet binnen de Belgische economie zullen worden geherlokaliseerd. Het gaat hier onder meer om het toerisme verbonden aan de “kunststad” Antwerpen en de activiteiten in de diamantsector. De gerealiseerde toegevoegde waarde van het toerisme naar “kunststad” Antwerpen zal voor de duur van de evacuatie volledig verloren gaan. De toegevoegde waarde die het Antwerps toerisme jaarlijks voortbrengt kunnen we berekenen als het product van het aandeel van de overnachtingen in Antwerpen in het totaal aantal overnachtingen in Vlaamse en Brussels Hoofdstedelijk Gewest vermenigvuldigd met de directe bruto

Tabel 3: Toegevoegde waarde van de niet havengerelateerde economische activiteiten in Antwerpen in 2013
(Bron: Eigen berekening obv <http://www.ondernemeninantwerpen.be/visie-en-cijfers>)

Toegevoegde waarde (in duizend €)	Berchem	Borgerhout	Deurne	Ekeren	Hoboken	Merksem	Wilrijk	Antwerpen	Bezali	Totaal Stad Antwerpen (minus "havensectoren")
Sectoren										
Zakelijke dienstverlening	998,318 €	139,755 €	161,310 €	25,110 €	40,782 €	97,156 €	123,417 €	2,962,720 €	2,756 €	1,588,604 €
Industrie	39,940 €	13,658 €	59,848 €	4,838 €	70,970 €	59,495 €	776,494 €	2,459,898 €	1,446,446 €	1,025,243 €
Groothandel en detailhandel	86,402 €	27,664 €	106,355 €	44,500 €	66,825 €	117,238 €	184,577 €	2,233,474 €	4,293 €	637,854 €
Gezondheidszorg	53,460 €	18,166 €	66,707 €	11,432 €	18,892 €	26,158 €	194,844 €	577,333 €	1,009 €	968,001 €
Logistiek	33,042 €	33,086 €	63,422 €	3,373 €	4,488 €	25,633 €	132,422 €	1,971,073 €	20,197 €	295,466 €
Bouw	13,187 €	22,750 €	27,615 €	8,514 €	13,790 €	29,828 €	87,889 €	358,350 €	8,139 €	211,712 €
Onroerend goed	45,549 €	3,384 €	19,018 €	2,603 €	5,202 €	8,162 €	24,676 €	238,476 €	243 €	347,313 €
Horeca	6,669 €	6,166 €	9,251 €	3,927 €	2,456 €	4,472 €	36,853 €	208,141 €	771 €	278,706 €
Onderwijs	6,361 €	488 €	2,433 €	7,692 €	339 €	4,165 €	3,788 €	87,946 €		191,955 €
ICT	8,884 €	869 €	5,068 €	2 €	179 €	1,206 €	505 €	166,689 €		183,402 €
Kunst en recreatie	2,953 €	4,131 €	4,150 €	3,718 €	2,377 €	10,552 €	2,029 €	148,081 €	58 €	178,049 €
Totaal TW	1,294,765 €	270,117 €	525,177 €	115,709 €	226,300 €	384,065 €	1,567,494 €	1,426,666 €	17,269 €	5,906,305 €

toegevoegde waarde van het toerisme in deze gewesten. Die directe bruto toegevoegde waarde neemt de toegevoegde waarde op van het door toeristen afgenomen aandeel in de toeristische industrie en de daarmee verbonden activiteiten. Ze wordt voor 2012 geraamd op 7,2 miljard € (De Maesschalck, 2013). Verminderd met het aandeel van de vertrekkers in de toegevoegde waarde van de reisagentschappen, tour operators en de buitenlandse vluchten, blijft dat nog altijd 6,7 miljard €. Het “Antwerps” aandeel daarin is 467 miljoen € per jaar. Op dezelfde manier berekend, komen we op 16.450 jobs die in Antwerpen van het toerisme afhangen.

Voor de diamantsector wordt een quasi volledige delocalisatie verwacht. Deze sector wordt immers nu al gezien als zeer kwetsbaar voor delocalisatie om omwille van de het sterk “footloose” karakter, de grote internationale handelsstromen die de diamantsector karakteristieken, de hoge loonkost en hoog generiek niveau van vennootschapsbelasting (zeker in vergelijking met andere handelscentra voor diamant zoals India, Tel Aviv en Dubai). Een kernramp in Doel waarbij een straal van 20 km rond de kerncentrale moet worden ontruimd, treft ook de residentiële buurten waar de Antwerpse diamantairs wonen. Gezien het sterk internationaal karakter van deze diamantairs valt een verhuis naar buiten België eerder te verwachten dan een tijdelijke “opvang” elders in ons land.

Over de omvang van de toegevoegde waarde van de Antwerpse diamantsector doen de meest uiteenlopende cijfers de ronde. Het Masterplan 2020 van de Antwerpse diamantsector spreekt zelf van een toegevoegde waarde van 1,5 miljard € per jaar. De balanscentrale van de Nationale Bank spreekt van een toegevoegde waarde van 429 miljoen € voor de Antwerpse diamantsector in het jaar 2011, te vermeerderen met 18 miljoen € voor “aan diamant verwante sectoren”. Konings e.a. houden het op een 500 miljoen € per jaar (Konings e.a., 2008). De directe en indirecte werkgelegenheid die de diamantsector met zich meebrengt, wordt door Konings e.a. geraamd op 34.000 jobs.

Punt is wel dat het strategische belang van de diamantsector voor de Belgische economie, ruimer is dan wat op basis van zijn toegevoegde waarde kan worden afgeleid. Dat heeft alles te maken met het belang van de diamant in de totale export van ons land. Antwerpen is nog steeds het belangrijkste handelscentrum in de wereld voor diamant. Ongeveer 80% van de totale wereldproductie van ruwe diamant en 50% van de geslepen diamant wordt via Antwerpen verhandeld. Door het grote belang van Antwerpen in de wereldwijde diamantsector is de Belgische diamant één van de belangrijkste sectoren in de internationale handel van België. Zonder de diamant zouden niet alleen de Belgische handelsstromen aanzienlijk lager liggen, maar zou ook de Belgische handelsbalans er substantieel anders uitzien. Omdat de impact hiervan moeilijk te kwantificeren is, wordt dit aspect niet verder meegenomen.

We doen volgende aannames bij het voordoen van een nucleaire ramp (INES 7) en de daaropvolgende ontruiming van de 20-km zone rondom de kerncentrale voor 20 jaar:

- een verlies aan toegevoegde waarde in de slechts deels delokaliseerbare stedelijke economische sectoren (TW van 5,9 miljard €) van 30% tijdens het eerste jaar na de ramp, 20% tijdens het tweede jaar, 10% tijdens het derde en vanaf dan 5% constant verlies door verlies aan schaalvoordelen;
- het volledig verlies aan toegevoegde waarde voortgebracht door het toerisme naar “kunststad” Antwerpen voor de duur van de ontruiming (20 jaar);
- een definitief verlies van 80% van de toegevoegde waarde voortgebracht door de Antwerpse diamantsector.

Met deze aannames komen we tot de volgende geactualiseerde waarden voor het verlies aan toegevoegde waarde (over een periode van 20 jaar berekend met een discontovoet van 4%):

- Verloren toegevoegde waarde diamantsector: 5.654 miljoen €
- Verloren toegevoegde waarde toeristische industrie: 6.601 miljoen €
- Verloren toegevoegde waarde overige stedelijke activiteiten: 6.775 miljoen €

Dat betekent een economisch waardeverlies van 19 miljard € voor de niet-havengerelateerde economische activiteiten in de gecontamineerde evacuatiezone.

Het aantal jobs dat hierbij verloren gaat, kan geraamd worden op een ruime 36 duizend.

Imago kosten

De wereldwijde media-aandacht die een nucleaire ramp met zich meebrengt, maakt ook dat het “gastland” met belangrijke imago problemen te kampen krijgt, zelfs als de crisis perfect wordt aangepakt. Deze imago problemen zorgen ervoor dat ook de perfect kwaliteitsvolle producten en diensten van activiteiten buiten de gecontamineerde zone in heel de wereld worden gewantrouwd en geboycot, wat tot een belangrijk verlies van exportmarkten leidt. Het gaat dan vooral om een verlies aan exportmarkten voor producten uit de voedingsindustrie en een verlies van de toeristische bezoeken.

Verlies aan waarde in agrovoedingsindustrie

Voor de berekening van het verlies aan toegevoegde waarde dat correspondeert met het verloren exportoverschot in de landbouw- en voedingsindustrie, maakte IRSN een analyse van de gevolgen op de export na andere voedselcrisisen. Men keek onder meer naar de impact op de export ten gevolge de vogelgriep of de besmetting met de EHEC bacterie in Duitsland die verkeerdelijk werd toegeschreven aan Spaanse komkommers. IRSN raamt het verlies aan exportmarkten gedurende het eerste jaar na de ramp op 50% van het

handelsoverschot van de agrovoedingsindustrie. Het tweede jaar na de ramp is het verlies nog 33% en het derde jaar 16% (IRSN, 2007). Dat zijn aanzienlijke percentages, maar IRSN gaat er wel degelijk vanuit dat een nucleaire ramp met deze ampleur dergelijke impact heeft en dat bijvoorbeeld de export van Franse wijn sterk gaat achteruit gaan. Eenzelfde impact kunnen we dus verwachten voor de reputatie-gebonden exportproducten waar België zeer sterk in is. Denk maar aan de Belgische chocoladeproducten (goed voor 2,1 miljard€ export-waarde) of het Belgisch bier (1,1 miljard euro). Passen we de Franse verliespercentages toe op de directe toegevoegde waarde die verbonden is aan het Belgisch netto handelsoverschot binnen de sectoren landbouw en voeding ("Direct domestic industry value added content of gross exports" voor België uit de dataset: "OECD-WTO Trade in Value Added (TiVA) - May 2013)), dan tekenen we volgend verlies op:

- 2014: 50% van 5 miljard€: 2,50 miljard€
- 2015: 33% van 5 miljard€: 1,65 miljard€
- 2016: 16% van 5 miljard€: 0,80 miljard€

Totaal in prijzen van 2014: 4,8 miljard€.

Verlies door daling toerisme

Voor het verlies aan toerisme rekent IRSN met een daling van:

Jaar na ramp	Binnenlands toerisme	Toerisme aangrenzende landen	Toerisme internationaal
1	20%	50%	100%
2	10%	30%	50%
3	0%	10%	20%

Tabel 4: Verwachte daling van het toerisme (Bron: IRSN, 2007)

Voor het verlies aan toegevoegde waarde ten gevolge van het dalend toerisme in en naar België, gaan we in deze studie uit van dezelfde procentuele daling. We passen deze verliescijfers toe op de bruto toegevoegde waarde die het toerisme oplevert in België (dwz de toegevoegde waarde gecreëerd door het aandeel toeristen in de toeristische industrie en de toeleverende en afnemende industrieën) en dit gebaseerd op de satelietrekeningen voor het toerisme in het Vlaams en Brussels Hoofdstedelijk Gewest (De Maesschalck, 2013). We voeren wel een correctie door op het buitenlandse zaken-toerisme en het zogenaamde MICE-toerisme (Meetings, Incentives, Congressen & Evenementen) waarvoor we dezelfde daling aanhouden dan voor het binnenlands toerisme (20%/10%/0%). Er kan immers moeilijk worden aangehouden dat bijvoorbeeld het "diplomatiek" toerisme naar Brussel (hoofdstad van tal van Europese instellingen en van de NATO) het eerste jaar na de ramp volledig zou wegvallen. Ook maken we abstractie van het toerisme in kunststad Antwerpen omdat die impact hoger al werd berekend.

De verschillende toeristische "segmenten" (binnenlands, aangrenzende landen, internationaal) worden afgeleid uit het aandeel in de overnachtingen 2013 (cijfers <http://www.toerismevlaanderen.be/toerisme-cijfers-2013.xls>). De overnachtingen van het binnenlands toerisme, liepen in 2013 op tot 14,9 miljoen. De toeristen uit de buurlanden waren goed voor 10,7 miljoen overnachtingen en de overige internationale toeristen voor 5,8 miljoen.

Op een totale bruto toegevoegde waarde van het toerisme in België (minus het aandeel "uitgaand toerisme", minus het aandeel zakentoeurisme en MICE-toerisme en minus het aandeel gelieerd met Stad Antwerpen), levert dit volgend opdeling op in toegevoegde waarde:

- Binnenlands toerisme: 3.440 miljoen€
- Buurlanden toerisme: 2.478 miljoen€
- Overig internationaal toerisme: 1.325 miljoen€

De toegevoegde waarde van het zaken en MICE-toerisme wordt geschat op: 678 miljoen€

Dat levert volgend waardeverlies op in de verschillende jaren na de ramp (in miljoen€):

Jaar na ramp	Binnenlands toerisme + zakentoeurisme + MICE toerisme	Toerisme buurlanden	Toerisme internationaal	Totaal
1	826,6	1239	1325	3390,6
2	411,8	743,4	662,5	1817,7
3	0	247,8	265	512,8

Tabel 5: Waardeverlies door daling toerisme (IRSN, 2007)

In prijzen van 2014 betekent dit een totaal economisch verlies van 5,6 miljard€.

Verlies als gevolg van dalende export in overige economische sectoren

De verloren export door de imagoproblemen in de overige economische sectoren, wordt door IRSN geschat op 10% het jaar van de ramp, 6% in het jaar daarop en 3% in jaar 3 na de ramp.

Als we uitgaan van dezelfde impact op de Belgische export ("Direct domestic industry value added content of gross exports" voor België uit de dataset: "OECD-WTO Trade in Value Added (TiVA) - May 2013", verminderd met aandeel agrovoedingsindustrie en buitenlandse toerisme), dan komen we op volgend economisch verlies voor België:

- 2014: 10% van 65,84 miljard€ = 6,58 miljard€
- 2015: 6% van 65,84 miljard€ = 3,95 miljard€
- 2016: 3% van 65,84 miljard€ = 1,97 miljard€

In prijzen van 2014 betekent dit een totaal economisch verlies van 12,2 miljard€.

Samengevat komen de kosten als gevolg van de imago-schade dus neer op:

- 4,73 miljard€ verlies binnen de agrovoedingsindustrie
- 5,6 miljard€ voor het verlies aan toeristische inkomsten
- 12,2 miljard€ verlies als gevolg van de afgenomen export in de overige economische sectoren

De totale imagoschadekost kan dus berekend worden op 22,5 miljard€ (prijzen 2014).

Indirecte kosten als gevolg van het imago-probleem en de daling in de export

Met uitzondering van het verlies als gevolg van de wegblijvende buitenlandse toeristen, slaan bovenstaande imagoschadekosten enkel op het verlies aan “directe” toegevoegde waarde van Belgische economische activiteiten in de verloren export. Net als de Franse IRSN studie, maken we ook een inschatting van de indirecte effecten (het gaat hier om het zogenaamde multiplicator effect naar de toeleveranciers van de rechtstreeks getroffen activiteiten).

Ook hiervoor gebruiken we de OESO statistieken (“Indirect domestic content of gross exports originating from domestic intermediates” voor België uit de dataset: “OECD-WTO Trade in Value Added (TiVA) - May 2013) voor respectievelijk de sectoren landbouw en voeding en voor de overige sectoren.

De indirecte kosten voor de agrovoedingsindustrie komen dan uit op:

- 2014: 50% van 6,2 miljard€: 3,1 miljard€
- 2015: 33% van 6,2 miljard€: 2,0 miljard€
- 2016: 16% van 6,2 miljard€: 1,0 miljard€

In prijzen van 2014 betekent dit een totale indirecte kost van 6 miljard€.

De indirecte kosten voor de andere sectoren komen uit op:

- 2014: 10% van 46,2 miljard€ = 4,6 miljard€
- 2015: 6% van 46,2 miljard€ = 2,8 miljard€
- 2016: 3% van 46,2 miljard€ = 1,4 miljard€

In prijzen van 2014 betekent dit een totale indirecte kost van 8,6 miljard€.

Samengevat komt de totale (directe en indirecte) kost als gevolg van het verlies aan exportmarkten dus neer op 37 miljard€. De Franse IRSN studie stipuleert dat de imago-kost op deze manier berekend, eerder een onderschatting dan een overschatting zal inhouden (IRSN, 2007, p. 50). De impact op de export in de “andere sectoren” is volgens IRSN conservatief ingeschat. Bovendien houdt men enkel rekening met een negatieve impact op de export gedurende drie jaar na de ramp, terwijl ook na deze periode een negatieve impact waarschijnlijk is. De media zal immers ook in de jaren daaropvolgend – al dan niet tijdens de verjaardagen van de ramp – blijven berichten over de evoluties in de gecontamineerde

gebieden en over nieuwe onderzoeken over de gevolgen van de ramp. Tot slot zijn ook andere negatieve macro-economische gevolgen waarschijnlijk, zoals deze als gevolg van een stijgende rente op overheidsobligaties, dalende buitenlandse investeringen, een dalende waarde van aandelen op de Belgische beurs, een dalende binnenlandse vraag als gevolg van de stijgende werkloosheid en een daling van het consumentenvertrouwen...

Kosten van het omrijden

Omrijkosten als gevolg van het verlies aan haventrafiek

Antwerpen ligt op het kruispunt van de belangrijkste noordzuid en oostwest assen van het Europees transportnetwerk. En dit geldt zowel voor de auto-wegeninfrastructuur, de waterwegeninfrastructuur (Schelde-Rijn kanaal, Albertkanaal, Schelde estuarium,...) en de spoorinfrastructuur (HSL-verbinding Parijs-Brussel-Amsterdam).

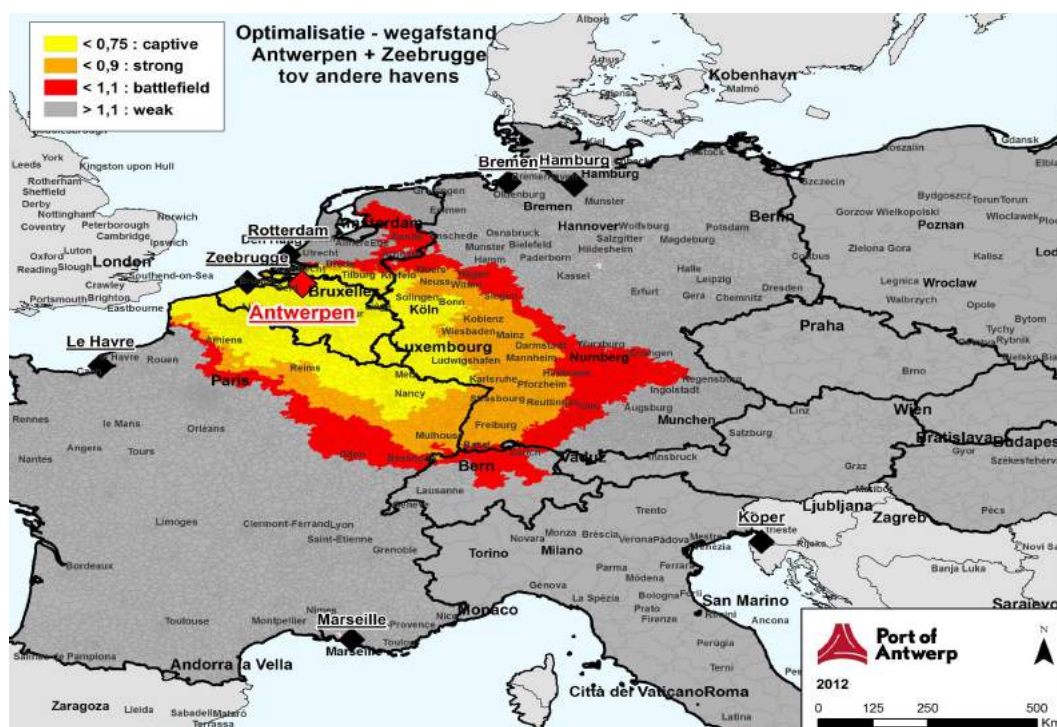
Het belang van Antwerpen in de logistieke ketens valt ook af te lezen aan de centrale ligging ten opzichte van de grootste aaneengesloten consumentencorridor van Europa: de megalopolis van de zogenaamde “Blauwe Banaan” die zich uitstrekt van Manchester tot Milaan en zo’n miljoen inwoners kent.

Ten opzichte van de 188 stedelijke agglomeraties van continentaal Europa, heeft Antwerpen de grootste centraliteitsindex (bepaald aan de hand van afstand en reistijd ter bediening van deze agglomeraties vanuit elke Europese haven). Dat wil zeggen dat de bediening van deze agglomeraties vanuit de Antwerpse haven, heel wat tijd en kosten spaart (zie tabel 6).

Tabel 6: Centraliteitsindex Europese havens voor de bediening van continentaal Europa (enkel havens > 30 miljoen ton) (Bron: TV Studiegroep Omgeving – BCI, 2005)

Haven	Afstand	Reistijd
Antwerpen	100,0	100,0
Gent	104,9	104,9
Rotterdam	105,0	104,6
Zeebrugge	105,1	105,4
Amsterdam	106,9	106,6
Duinkerke	108,5	108,2
Hamburg	113,9	111,9
Bremerhaven	114,5	113,4
Marseille	116,2	113,6
Le Havre	117,1	118,0
Algeciras	228,7	218,7

Die centrale ligging en multimodale ontsluiting leidt ook tot minder transportkilometers en een meer milieuvriendelijke modal-split (door de grote concentratie aan goederenstromen kunnen meer spoor- en



Opt Road Distance ANTWERP vs other ports		volume	transportprijs Antwerp	transportprijs Rotterdam	diff vs Rdam	
					diff	%
< 0,75	ANTW captive	61.193	16.765.105	21.487.805	-4.722.700	-22%
< 0,9	ANTW strong	34.089	19.287.504	21.071.924	-1.784.420	-8%
< 1,1	ANTW battlefield	54.718	48.668.937	54.220.150	-5.551.214	-10%
totaal		150.000	84.721.545	96.779.880	-12.058.335	-12%

Opt Road Distance ANTWERP vs other ports		volume	CO2 uitstoot (in Ton) Antwerp	CO2 uitstoot (in Ton) Rotterdam	diff vs Rdam	
					diff	%
< 0,75	ANTW captive	61.193	6.549	10.801	-4.252	-39%
< 0,9	ANTW strong	34.089	12.568	13.978	-1.409	-10%
< 1,1	ANTW battlefield	54.718	35.253	39.949	-4.697	-12%
totaal		150.000	54.370	64.728	-10.357	-16%

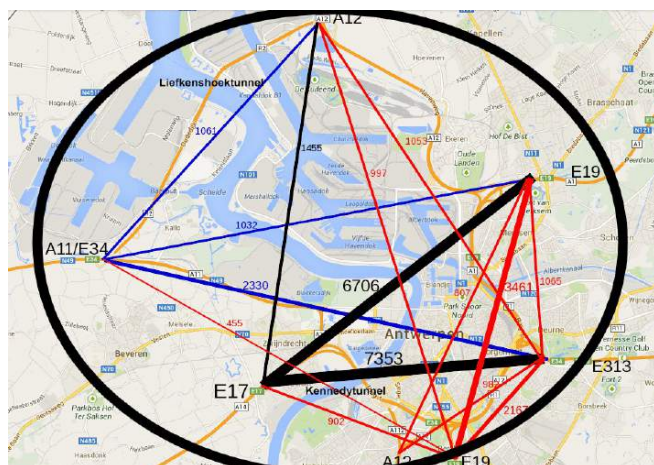
Figuur 8: Verschillen in CO₂-uitstoot bij afhandeling 150.000 TEU containerschip naar verschillende achterlandregio's (Bron: Port of Antwerp, 2012)

binnenvaartshuttles met het achterland worden uitgebaat). Onderstaande figuur geeft bvb aan voor welke gebieden de aan- of afvoer van goederen via de Antwerpse haven een betere keuze is rekening houdend met de transportkost en de externe kost.

Als de Antwerpse regio in een straal van 20 km rond de kerncentrale van Doel moet worden ontruimd, dan zal het achterland van de Antwerpse haven via andere havens moeten worden bediend. De directe concurrent Rotterdam zal wellicht het meeste trafiek over nemen. Maar ook verder gelegen havens in de range van Hamburg tot Le Havre, zullen een deel van het marktaandeel van Antwerpen voor hun rekening nemen. Dat leidt tot extra transportkilometers, extra congestie en extra uitstoot. Op basis van bovenstaande verschillen in de kost van het achterlandverkeer van een volume van 150.000 TEU (twintigvoetcontainers) dat afgewikkeld wordt in Antwerpen dan wel in Rotterdam, kan de extra jaarlijkse kost berekend worden van de afleiding van alle containerschepen van Antwerpen naar Rotterdam. In 2013

werden in Antwerpen 8.578.281 TEU (95,2 miljoen ton) aan containers behandeld (Vlaamse Havencommissie, 2013). Als dat volume naar Rotterdam verhuist, dan betekent dit een extra transportkost van 690 miljoen € voor het referentiejaar. Die kost neemt toe als gevolg van de (in business as usual) sterk stijgende trafiekverwachtingen. Houden we rekening met de trafiekprognoses uit de studies van het European Centre for Strategic Analysis (ECSA) in het kader van het Strategisch Plan voor de haven van Antwerpen (ESCA, 2004 en ESCA, 2006), dan komen we voor de periode tot 2033 op een Netto Constante waarde voor de totale omrijkost van 17 miljard €. Het gaat hier enkel om de naakte extra transportkost, waarbij geen rekening gehouden wordt met de extra congestiekost of de extra milieukost als gevolg van de extra tonkilometers.

Voor deze kostenpost moet worden opgemerkt dat een aanzienlijk deel ervan buiten de Belgische economie zal vallen.



Figuur 9: Doorgaand vrachtverkeer door Antwerpse regio voor doorsnee dag (Bron: MINT, 2012 – Eigen bewerking)

lyse (gemaakt op basis van nummerplaatherkenning) kan worden afgeleid dat 53,2% van dat vrachtverkeer doorgaand is, gedefinieerd als vrachtverkeer dat het cordon rond Antwerpen binnen een normale tijdsperiode doorkruist. Het cordon wordt op figuur 9 weergegeven door de zwarte cirkel, de intensiteit van het aantal doorgaande vrachtwagens door de dikte van de lijnen.

Op een doorsnee dag zien we op de verschillende relaties volgende doorgaande vrachtwagenstromen:

Om een grootteorde te krijgen van de extra afstand en extra tijdskosten die het omrijden rond de exclusiezone

met zich meebrengt, vergelijken we via een internationale routeplanner de afstand tussen twee willekeurige punten op elke van de relaties in de situatie voor en na de kernramp. Voor het omrijden kiezen we steeds voor een traject over het hoofdwegenet omdat we ervan uitgaan dat omrijden voor het doorgaand verkeer langs secundaire wegen op capaciteitsproblemen en reglementaire beperkingen zal stuiten (invoeren van verbod op doorgaand vrachtverkeer via vrachtwagensluizen...). In tabel 8 zie je dat de extra kost van het omrijden op jaarbasis kan geschat worden op een 625 mln €.

Om een inschatting te krijgen van de omrijdkost over een periode van twintig jaar, houden we rekening met de gemiddelde groeivoet waarmee het vrachtverkeer volgens het Federaal Planbureau jaarlijks zou aangroeien (2,3% in de periode 2008-2030, Federaal Planbureau) en met een discontovoet van 4%. Op die manier komen we dan tot een netto contante waarde voor het omrijden omheen Antwerpen van 11 miljard €.

De eventuele omleiding van de doorgaande trafieken via de andere vervoersmodi laten we buiten het bestek van deze studie. Wat niet wil zeggen dat ze verwaarloosbaar zijn. Als varen doorheen de gecontamineerde zone niet mogelijk is tijdens de kernramp, dan zal het Brussels Zeekanaal tijdelijk niet via de Zeeschelde bereikbaar zijn. Ook de verbinding tussen de Noordzee langs de Westerschelde en de havendokken naar het Albertkanaal en de verbinding tussen het Rijn-Schelde kanaal, de havendokken en het Albertkanaal worden dan getroffen.

Tabel 7: Doorgaand vrachtverkeer door Antwerpse regio voor doorsnee dag op de verschillende relaties (MINT, 2012)

	A12-Noord	E19-Noord	E34-Oost	E19-Zuid	A12-Zuid	E17	E34-West
A12-Noord	0	60	483	438	101	679	521
E19-Noord	74	0	493	1508	449	3249	486
E34-Oost	570	563	0	1040	539	4064	1194
E19-Zuid	559	1953	1127	0	4	498	214
A12-Zuid	91	359	442	2	0	11	25
E17	776	3457	3289	403	27	0	48
E34-West	539	546	1136	241	38	75	0
totaal	2609	6937	6970	3632	1159	8577	2488

Tabel 8: Extra afstand en extra tijd voor omrijden op de verschillende relaties (eigen berekening)

	Vrachtwagens Per dag	Vrachtwagens Per jaar	Ref route	Omleiding	Extra km Per vrachtwagen	Extra tijd	Extra kost (mln €)
Noord-West	10253	3742455	R'dam-Gent	WOV/Terneuzen	49	0.6125	188.64
Noord-Oost	2109	769741	R'dam-Lummen	Eindhoven-Genk	63	0.7875	49.89
Noord-Zuid	5457	1991980	R'dam-Bxl	Eindhoven-Genk	149	1.8625	305.32
Oost-West	9682	3534072	Gent-Lummen	E40-E314	11	0.1375	39.99
Oost-Zuid	3149	1149261	Olen (E313)-Bxl	Lummen	31	0.3875	36.65
Zuid-West	1458	532349	Mechelen-Gent	E19-E40	9	0.1125	4.93
totaal	32109	11719858					625.42

Route: via www.gosur.com

Kengetallen (uit MKBA 3de Scheldekrusing):

Afstandsgebonden kost:

0.5387 €/km

Tijdsgebonden kost:

39.2 €/uur

Voor het vrachtverkeer via spoor, moet worden opgemerkt dat heel het vormingsstation Antwerpen-Noord in de ontruimde zone valt, alsook de Liefkenshoekspoor-tunnel en lijn 12 langswaar nu de trafiek met Nederland verloopt.

Kosten stroomuitval

Bij een kernramp in Doel is het optreden van een algemene en urenlange black-out waarschijnlijk, zeker in de winterperiode. Zelfs al vindt het nucleair ongeval slechts in één van de vier reactoren plaats en worden de andere reactoren gevrijwaard: de straling op de site is van die aard dat ook de andere reactoren zullen worden stilgelegd. Net als de IRSN studie gaan we er van uit dat de hele nucleaire site na de kernramp gesloten blijft. Daardoor valt er in een klap 24% van de nationale productiecapaciteit weg.

In het kader van de problematiek van de bevoorradingszekerheid, maakte hoogspanningsnetbeheerder Elia verschillende probabilistische berekeningen van het aantal uren dat waarin de belasting van het Belgische elektriciteitsnet niet kan gedekt worden door het geheel aan productiemiddelen, rekening houdend met de beschikbare interconnectiecapaciteit. Het gaat om de zogenaamde “Loss of Load Expectation” (LOLE) die leidt tot brownouts (gecontroleerde afschakelingen van een deel van het net) of een regelrechte black-out. Daarbij wordt steeds ook de corresponderende niet geleverde energie (de zogenaamde “Energy not Served” – ENS) berekend.

Als een kwart van de productiecapaciteit wegvalt (zoals bij het uitvallen van de nucleaire site van Doel), dan mogen we ons volgens Elia verwachten aan een gemiddelde LOLE van 77 uur (Elia, 2014). Dit in gemiddelde omstandigheden en rekening houdend met 3.500 MW import. In dat geval zal een stroomvolume van 66 GWh niet geleverd kunnen worden. In uitzonderlijke omstandigheden zoals bij een strenge winter of de onvoorziene uitval van een andere centrale, loopt de verwachte LOLE P95⁸ op tot 175 uur en 166 GWh niet geleverde stroom.

En zo’n andere centrales staan er ook in het te evacueren gebied rond de kerncentrale. Binnen de evacuatiezones bevinden zich nog een STEG-centrale (Zandvliet Power) en tal van warmtekrachtcentrales bij raffinaderijen en chemische bedrijven die samen goed zijn voor een productiecapaciteit van 1056MWe (GHA, 2014). Daarmee loopt het aandeel van de productiecapaciteit in de getroffen zone op tot 34% van het nationaal park.

Maar het kan nog erger. De probabiliteitsberekeningen van Elia gaan uit van een 3.500 MW aan invoer, vooral uit Nederland (waar zich een overcapaciteit aan STEG-centrales bevindt). Die invoer komt hoofdzakelijk via het getroffen havengebied binnen (post Zandvliet). Als om

een of andere reden deze invoerlijn uitvalt, dan valt zowat 65% van de totale Belgische productie- en invoercapaciteit weg!

De economische kost van een black-out is zeer aanzienlijk. Recent nog maakte het Federaal Planbureau een raming van de kost van een black-out van één uur voor de Belgische economie (Federaal Planbureau, 2014). Het planbureau raamt de kost ergens tussen de 61 en de 278 miljoen €. Dat die kost veel hoger ligt dan de waarde van de niet-geleverde stroom, heeft alles te maken met de bedrijfseconomische kosten die optreden bij een black out. Daarbij onderscheidt men 1) het omzetverlies of kosten van weg te sturen maar wel te betalen werknemers, 2) kosten voor het inschakelen van extra personeel of overwerk om productie opnieuw op te starten, 3) materiële schade door bederf van goederen, het vastzitten van leidingen, onafgewerkte en mislukte producten, etc. Als de black-out veel langer duurt, nemen de kosten al snel toe. Zo zal bij diepvriesbedrijven het bederf veel groter zijn. Tenslotte zijn er ook de macro-economische gevolgen zoals door reputatieschade gemiste investeringen, de extra investeringen in back-up faciliteiten, verlies aan klanten door onbetrouwbaarheid van leveringen, etc.

Voor deze studie gaan we uit van een scenario waarbij door het wegvallen van een derde van de productiecapaciteit, zich een black-out voordoet die het hele land gedurende acht uren in het donker zet. Na acht uur wordt met uitzondering van de provincie Antwerpen het net terug opgestart. We gaan ervan uit dat de black-out in de provincie Antwerpen nog 24 uur langer aanhoudt.

De kost van deze black-out berekenen we met de simulatietool (Black-out Simulator) die met steun van het Europees onderzoeksproject SESAME werd ontwikkeld aan het Oostenrijks Energie-Instituut. Deze tool kan voor elke Europese lidstaat de impact berekenen van verschillende uren stroompanne en dit zelfs onderverdeeld naar regio’s, provincies en economische sectoren (zie Annex 3 voor de Belgische resultaten). Deze black-out die zich onmiddellijk na de ramp voltrekt, kost de Belgische economie 818 miljoen €.

Naast de black-out onmiddellijk na de ramp, gaan we ervan uit dat in het jaar van de ramp en de twee jaar daarop volgend, door een structureel gebrek aan productiecapaciteit nog 175 verlies uren voordoet, met een totale niet-geleverde stroom van 166 GWh. Dat is de P95 waarde die door Elia werd berekend bij het uitvallen van 24% van de productiecapaciteit (ELIA, 2014). Omdat uiteindelijk 34% van de nationale productiecapaciteit wegvalt (weliswaar deels “gecompenseerd” door de wegvallende industriële vraag van de uit bedrijf genomen industriële installaties in het getroffen havengebied, de electrolyse plants in het bijzonder), kan de eerder “uitzonderlijke” situatie die in de LOLE P95 analyse wordt berekend als realistisch worden beschouwd. In het derde jaar na de ramp gaan we uit van een 77 verliesuren (de gemiddelde LOLE die door ELIA werd berekend bij

⁸ De LOLE P95 is de Loss of Load Expectation die zich voordoet in het 95ste percentiel van de gevallen. Onder uitzonderlijke omstandigheden dus van extreme vraag en beperkt aanbod. Slechts 5% van de omstandigheden zijn nog extremer.

het uitvallen van 24% productiecapaciteit). De niet-geleverde stroom daarbij is 66 GWh. Het vierde jaar na de ramp, gaan we uit van 63 verliesuren, wat door Elia werd berekend als de LOLE P50 waarde waaraan België zich mag verwachten in de periode 2014/2015. De in dat jaar niet-geleverde stroom bedraagt 54 GWh. Het vijfde jaar na de ramp, gaan we ervan uit dat door de getroffen maatregelen en de gedane investeringen in bijkomende interconnecties en productiecapaciteit, de bevoorradingszekerheid terug gegarandeerd is.

Voor de berekening van de economische kost van deze stroomonderbrekingen als gevolg van het structureel tekort aan productiecapaciteit, hanteren we de waarde van 8,3 mln € per GWh niet-geleverde stroom uit de studie van het planbureau.

Opgeteld komen we op een netto constante waarde voor de kosten van stroomuitval van 6 miljard €.

Macro economische effecten

Naast de onvoorstelbaar hoge schadepost, vallen er wellicht ook nog kleine baten te noteren die samengaan met de extra werkgelegenheid bij het herlokaliseren, het opbouwen van tijdelijke opvangcapaciteit, de werken op vlak van ontmanteling en sanering,... Deze positieve indirecte effecten beschouwen we als verwaarloosbaar in verhouding tot de ook niet beschouwde negatieve indirecte macro economische effecten. Een nucleaire ramp van bovenstaande omvang, zal immers tot een algehele neergang van de Belgische economie leiden. Buiten de reeds beschouwde kostenposten, kunnen we ons ook

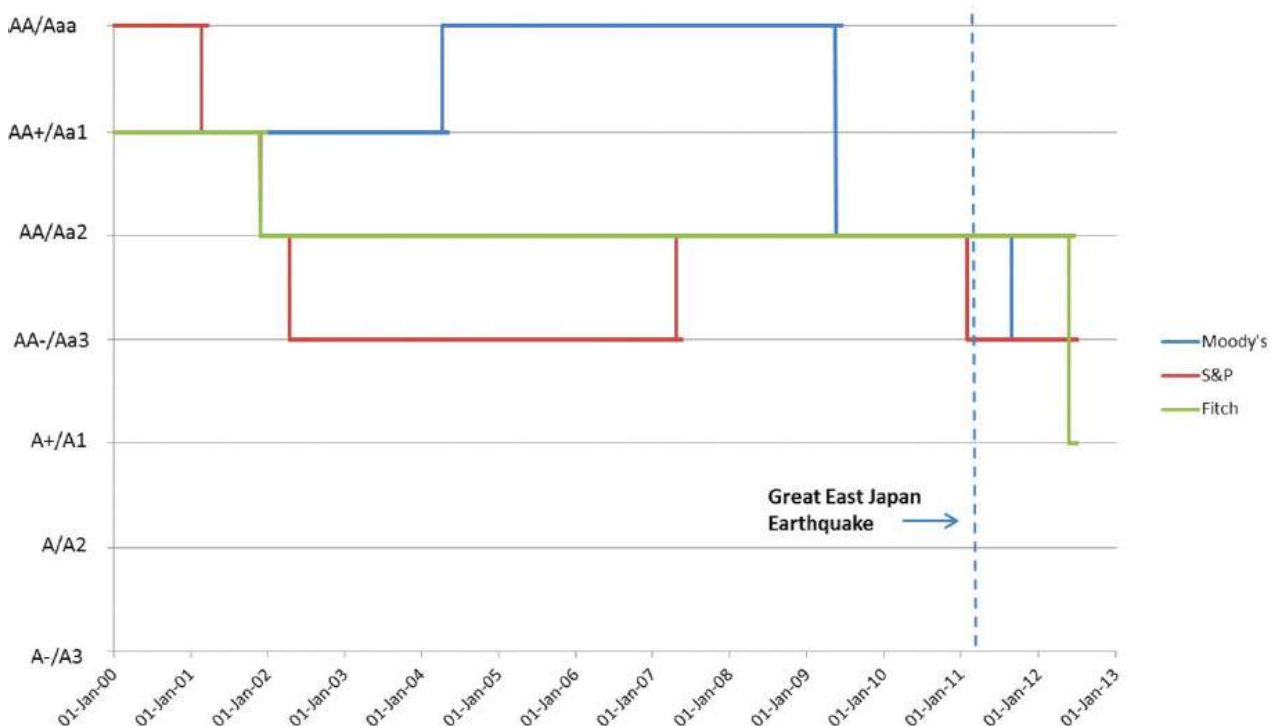
verwachten aan:

- een sterke stijging van de rente op Belgische overheidsobligaties met fors hogere leningskost voor de overheid;
- een algehele daling van de binnenlandse vraag door de toenemende werkloosheid, onzekerheid, afnemend consumentenvertrouwen;
- een daling van de binnenlandse productie als gevolg van de daling van de binnenlandse vraag en een daling van het producentenvertrouwen;
- een daling van de buitenlandse investeringen in ons land door een aangetast imago, etc.

In welke mate bovenstaande factoren gaan leiden tot een neerwaartse spiraal van afnemende vraag en afnemende productie en van speculatie tegen België op de financiële markten, zal in belangrijke mate afhangen van de buitenlandse hulp, beslissingen van de Europese Centrale Bank, afwijkingen die in het kader van het Europese semester al dan niet zullen worden toegestaan op de Belgische stabiliteits- en convergentieprogramma's in het kader van het Europese toezicht op het begrotingsbeleid.

Het is onmogelijk om de effecten daarvan op een redelijke manier in te schatten. Maar als we kijken naar Japan - waar de Fukushima ramp in economische termen een veel kleinere omvang had, zeker in verhouding tot de totale omvang van de nationale economie (zie verder) - dan wordt het duidelijk dat bovenstaande negatieve macro economische effecten zeer reëel zijn. De kredietwaardigheid van Japan werd kort na de ramp met één tot twee stappen verlaagd (zie figuur 10). De al toren hoge

Figuur 10: Daling kredietwaardigheid Japan na de aardbeving (Bron: Wereldbank, 2012a)



schuldgraad nam fors toe door de compensatiebetalingen die door de Japanse regering werden overeengekomen en door de injecties van de Japanse Centrale Bank in de Japanse economie.

Hoe in een geglobaliseerde wereldeconomie de regionale economische impact van een nucleaire ramp zich kan verder propageren over de hele "supply chain" van wereldwijde industriële productieketens, wordt duidelijk als we kijken naar de impact van de ramp van de Japanse aardbeving en tsunami en van de Thaise overstromingen op de autoassemblage wereldwijd. Heel wat auto-assemblage plants zijn voor verschillende onderdelen afhankelijk van Zuid-oost Aziatische onderdelen. In de rapporten van de Wereldbank lezen we hoe de ramp in Japan de autoassemblage-activiteiten wereldwijd heeft beïnvloed. In het tweede kwartaal van 2011 daalde als gevolg van de achterblijvende toelevering vanuit Japan, de autoproduktie in de Chinese Guangdong provincie en in Thailand met respectievelijk 17,3 en 11,5% (Wereldbank, 2012b). Ook in andere Aziatische landen zoals Indonesië, Maleisië en de Filipijnen nam de autoproduktie af. De autoconstructeurs in de Verenigde Staten zagen hun productiegroei terugvallen van 15,6% in het eerste kwartaal tot 2,3% in het tweede. In het vierde kwartaal van 2011, toen de Japanse industriële productie zich min of meer had hersteld, werden de Zuid-oost Aziatische toevoerlijnen opnieuw verstoord door

de overstromingen in Thailand, de ergste in 50 jaar. De Thaise automobielpductie daalde in dat kwartaal met 61,5% in vergelijking met dezelfde periode het jaar voordien. De negatieve impact van deze natuurramp was ook voelbaar in Maleisië en de Filipijnen.

Dezelfde afhankelijkheid zien we in de wereldwijde productie van elektronica. Thailand is - met 20% van de wereldwijde export - tevens het wereldproductiecentrum voor hard disks. Ook in deze sector zien we verstrekende gevolgen van de Thaise overstromingen. Tussen oktober en half november 2011 steeg de prijs van hard disks (met capaciteit van 1 terabyte en snelheid van 7.200 rpm) op de Japanse kleinhandelsmarkt met 150 tot 200%.

Ook met een kernongeval in Doel zijn dergelijke zich voortplantende schokken voor de wereldeconomie te verwachten. Zoals Zuidoost Azië een belangrijke regio is voor de productie van onderdelen van wagens en elektronica, zo is de Antwerpse haven de grootste en meest gediversifieerde petrochemische cluster van Europa. Binnen Europa hangen heel veel (meer downstream) productieprocessen af van de toelevering van basismaterialen uit het Antwerps petrochemisch complex.

Tabel 9: Overzicht economisch waardeverlies bij fatale kernramp Doel

Economische impact	Netto Actuele Waarde (miljard €)	
	Basisscenario	Variant
Site kosten (ontmanteling, inkapseling, decontaminatie)	7	7
Radiologische kosten		
Kosten evacuatie en tijdelijke huisvesting	28,7	342
Kosten korte termijn gezondheidseffecten	73	73
Kosten lange termijn gezondheidseffecten	75,7	144
Niet consumeerbare landbouwproducten	11	37
Kosten besmette zones		
Kosten gecontamineerd areaal	130	393
Verloren vastgoedwaarde	33	33
Direct toegevoegde waarde Antwerpse haven	149	149
Indirecte toegevoegde waarden Antwerpse haven	144	144
Toegevoegde waarde diamantsector	6	6
Toegevoegde waarde stedelijke activiteiten	7	7
Toegevoegde waarde toerisme "kunststad" Antwerpen	7	7
Imagokosten		
Direct waardeverlies export agrovoedingsindustrie	5	5
Waardeverlies toerisme (minus toerisme Antwerpen)	6	6
Direct waardeverlies export overige sectoren	12	12
Indirect waardeverlies export agrovoedingsindustrie	6	6
Indirect waardeverlies export overige sectoren	9	9
Overige kosten		
Omrijktijd tgv verhuis haventrafiek naar minder centraal gelegen havens	17	17
Omrijktijd doorgaand vrachtverkeer getroffen regio	11	11
Kosten stroomuitval	6	6
Totaal economisch waardeverlies	742	1412

Totale economische kost voor scenario zware nucleaire ramp

Overzicht totale economische kost nucleaire ramp Doel

Hierboven kregen we dus een overzicht van verschillende posten waarop we een belangrijke economische kost als gevolg van een kernongeval mogen verwachten. Deze lijst is zeker niet limitatief. Afhankelijk van de aard van het ongeval (de manier waarop het ongeval zich “voortzet”, de hoeveelheid radioactiviteit die vrijkomt, de weersomstandigheden waaronder deze zich verspreidt, de genomen beschermingsmaatregelen, etc.) kunnen daar nog verschillende kostenposten bijkomen of kan de schade voor de verschillende posten heel anders uitvallen. Zo zou het best kunnen dat de drinkwatervoorziening voor een grote regio in het gedrang komt of dat de radioactieve pluim zich uitstrekt tot de Randstad of tot over Brussel. In dergelijke gevallen kunnen de kosten nog fors oplopen.

Toch menen we met het optellen van de geraamde kosten op bovenstaande kostenposten een inschatting te kunnen maken van de grootteorde van de totale economische impact waaraan we ons kunnen verwachten. Op een deel van de indirecte kosten, de lange-termijn gezondheidskosten, de kosten voor gecontamineerde landbouwproducten en gebieden en de omrijkosten na, slaat het leeuwendeel van de berekende economische kost neer in België.

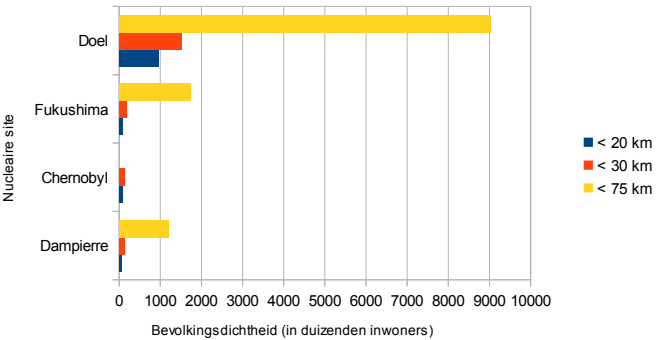
Als we de resultaten van alle gemonetariseerde kostenposten samenvoegen, dan komen we op een totale kost voor een nucleaire ramp in Doel die geschat kan worden op circa 742 miljard€ in het basisscenario A1, oplopend tot 1,4 biljoen€ in de variant A2. Het totale overzicht ziet er als volgt uit:

Vergelijking economische impact kernramp Doel met andere reële en gesimuleerde kernrampen

De vergelijking van de economische impact van een kernramp in Doel met deze van Fukushima en van de gesimuleerde kernramp in Dampierre, geeft volgend beeld: (zie tabel 10)

Uit deze vergelijking blijkt dat de economische impact van een gesimuleerde kernramp in Doel veel groter is dan de geschatte impact van de Fukushima-ramp in Japan of de gesimuleerde impact van een vergelijkbaar nucleair ongeval in Frankrijk. De economische kost van een kernramp in Doel zal drie tot zeven maal hoger liggen dan deze in Japan en bijna het dubbele bedragen van de ramp in Frankrijk.

Dat heeft veel te maken met de veel grotere bevolkingsdichtheid rond de kerncentrale (zie figuur 11).



Figuur 11: Bevolkingsdichtheid rond nucleaire centrales (Bron: Pascal 2012, Nature 2011)

De prefectuur van Fukushima is in oppervlakte even groot als Vlaanderen, maar telt maar een derde van de inwoners (zie figuur 12). Op 20 km van de nucleaire site van Doel wonen zelfs meer dan 10 maal zoveel mensen

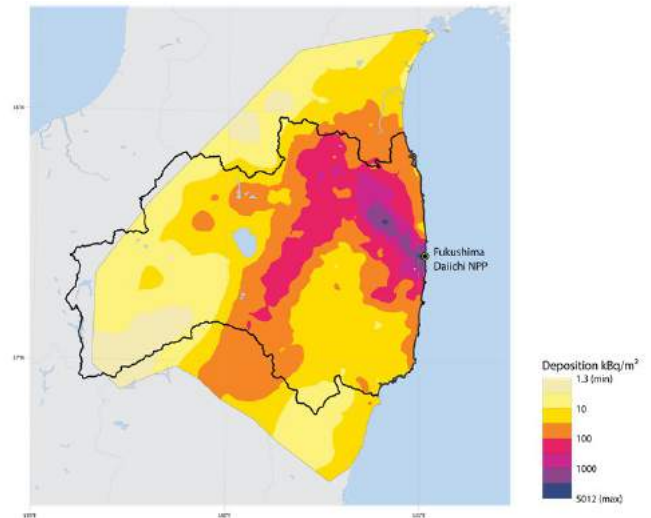
Geaggregeerde kostenposten	Netto Actuele Waarde (miljard €)		
	Fukushima ^a	Dampierre ^{b,c,d}	Doel
Kosten op de site - sanering,...	11	8-10	7
Radiologische kosten - evacuatie en tijdelijke huisvesting - gezondheidseffecten - niet consumeerbare landbouwproducten	203	53-107	188-596
Kosten gecontamineerde zones - verloren vastgoedwaarde of compensatiebetalingen - verlies toegevoegde waarde economische activiteiten	203	110-393	475-738
Imagokosten		130-166	37
Overige kosten	1	90-121	34
Totaal economisch waardeverlies	215	430-760	742-1412

Tabel 10: Vergelijking economische impact kernramp Doel met kernramp Fukushima en kernramp Dampierre (Bron: ^aMaripuu 2013, ^bIRSN 2007, ^cIRSN 2014, ^dSerant 2014,)

dan op 20 km rond de centrale van Fukushima Daiichi. De veel hogere bevolkingsdichtheid zorgt ervoor dat de radiologische kosten, de evacuatie- en huisvestingskosten rond Doel veel hoger zijn dan in Japan of Frankrijk, zelfs al wordt in het basisscenario uiteindelijk een veel kleiner gebied ontruimd dan rond Dampierre.

Naast de hoge bevolkingsdichtheid, wordt de impact-zone rond Doel ook gekenmerkt door een sterke concentratie van economische activiteiten met een uitzonderlijk strategisch belang en een centrale ligging op het kruispunt van belangrijke Europese transportassen. De centrale ligging, het infrastructureel aanbod, de grote concentratie aan petrochemische bedrijven en het handelscentrum voor diamant, maken het Antwerpse gebied tot Europese poort en motor van de Vlaamse en Belgische export. Deze economische motor zal volledig tot stilstand komen bij een zwaar kernongeval in Doel. En zelfs als de economische activiteiten die daarvoor moeten wijken naar elders binnen Europa kunnen verhuizen (wat zeker voor diamant onwaarschijnlijk is), dan nog zal dat in Europees perspectief gepaard gaan met een belangrijk verlies aan welvaart. Door het wegvallen van het centraliteits- en agglomeratievoordeel zal een verhuis binnen een Europese context hoe dan ook gepaard gaan met extra kosten op vlak van rerouting en resourcing. Voor eenzelfde handelsvolume zullen er meer transportkilometers gereden worden, voor eenzelfde productie van basischemicaliën zal meer primaire energie nodig zijn. En daar bovenop komt dan nog de enorme kapitaalvernietiging door de decennia lang onbruikbare activa in het te evacueren gebied.

Enkel de “imagokosten” wegen bij een Franse nucleaire ramp veel zwaarder door (drie tot vijfmaal zo groot). Dat



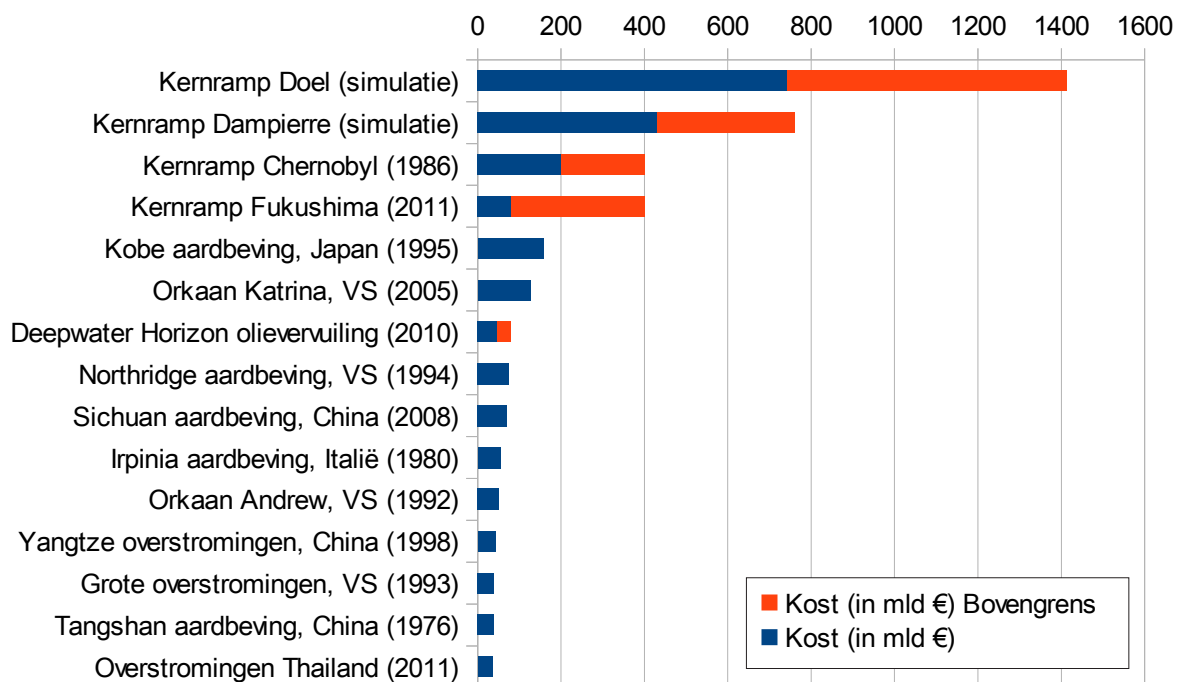
Figuur12: Prefectuur van Fukushima

komt omdat in een grote economie zoals Frankrijk, het toerisme en de export in niet verontreinigde gebieden in de nasleep van een nucleaire ramp veel sterker worden geïmpacteerd. Maar deze extra kosten in de Franse casus wegen niet op tegen de kosten veroorzaakt in de rechtstreeks geïmpacteerd zone rond Doel.

Vergelijking site Doel met andere nucleaire sites wereldwijd en vergelijking kernramp Doel met andere rampen

Van de 190 nucleaire sites wereldwijd zijn er slechts 10 waar de bevolkingsdichtheid in een straal van 30 km, groter is dan in Doel. Zeven van die sites zijn gelegen in Azië (China, Pakistan, Zuid-Korea, India, Taiwan), twee in Duitsland en één in Canada. Als de twee Duitse sites in het kader van de Duitse kernuitstap gesloten zijn,

Figuur 13: Overzicht economische impact duurste rampen ter wereld (Bron: IRSN (Serant, 2014), Högberg (2013), The Economist (2011), Cohen (2010), Wereldbank (2011))



dan zal de site van Doel de enige nucleaire site in Europa zijn met meer dan anderhalf miljoen inwoners in een straal van 30 km. Vandaag al is de site van Doel de enige nucleaire site in Europa met meer dan 9 miljoen inwoners in een straal van 75 km rond de installatie (Nature, 2011).

De economische impact van een kernramp in Doel wordt pas goed duidelijk als we ze afzetten tegenover andere rampen in de wereld. Uit zo'n vergelijking blijkt een kernramp in Doel met voorsprong de duurste ramp die de wereld sinds de Tweede Wereldoorlog is overkomen (zie figuur 13). De economische impact van rampen zoals orkaan Katrina of de olievervuiling van Deepwater Horizon verbleken in vergelijking met wat rond Doel te wachten staat.

Economische impact in relatie tot economisch draagvlak

Een kernramp in Doel is niet alle veel duurder dan deze van andere gekende of gesimuleerde rampen, ze zal ook veel moeilijker economisch kunnen worden "opgevangen". In verhouding tot het Bruto Binnenlands Product - voor België 383 miljard € in 2003⁹ - valt een kernramp in Doel nog veel zwaarder uit (zie figuur 14).

De kost van de kernramp van Fukushima wordt geraamd op zo'n 2 tot maximaal 10% van het Japanse BBP. De kost van een kernramp in Dampierre wordt door het IRSN ingeschat op zo'n 20 tot 34% van het Franse BBP. In verhouding tot het BBP valt een kernramp in Doel tienmaal zwaarder uit dan deze gesimuleerde Franse ramp. De kost van een kernramp in Doel kan geraamd worden

op 2 tot 3,7 keer het BBP van België. Als de kost van Dampierre volgens het IRSN al gezien wordt als economische ondraagbaar¹⁰, dan geldt dat a fortiori voor een kernramp in Doel.

Wereldwijd moet de lokatie van de nucleaire site van Doel beschouwd worden als een van de meeste kwetsbare. Onderstaande grafiek waarop de 190 nucleaire sites in de hele wereld staan weergegeven, maakt het probleem goed duidelijk (figuur 15). Op de x-as zien we – aflopend – het BBP van het land waarin de nucleaire site zich bevindt (in miljard US\$), op de y-as zien we de bevolkingsdichtheid in een straal van 30 km rond de site. In de rechterbovenhoek bevinden zich de sites met de grootste economische kwetsbaarheid: de sites gelegen in een land met beperkte economische draagkracht (beperkt BBP) en in een dichtbevolkte omgeving met meer dan 1 miljoen inwoners in een straal van 30 km. Volgens deze methode mag Doel gerekend worden tot een van de zes meest economisch kwetsbare sites in de wereld en veruit de meest kwetsbare site binnen Europa. Doel is op basis van deze analyse een zeer ongeschikte locatie voor een kerncentrale.

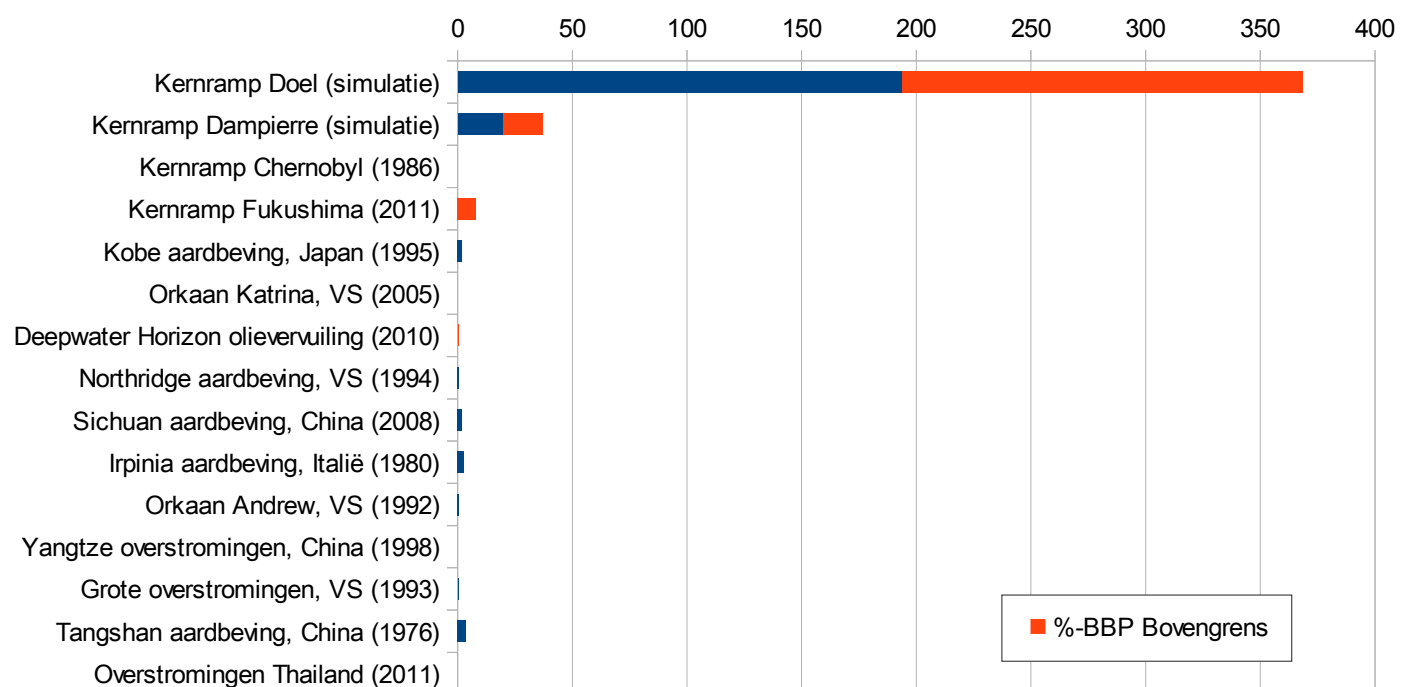
Externe ongevalkost nucleaire centrale Doel

De overweldigende economische impact van een kernramp in Doel in verhouding tot het Belgisch BBP, maakt ook dat België op eigen kracht nooit de middelen kan vergaren of kan ontfangen om de slachtoffers van een nucleaire ramp in Doel op een of andere manier te compenseren.

9 Bron Eurostat: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/File:GDP_at_current_market_prices_2002%E2%80%932011%E2%80%932014.png

10 Het IRSN stelt dit als volgt: "L'accident majorant est ingérable en raison de son ampleur (ampleur des coûts, mais aussi nombre de réfugiés, volumes de déchets, besoins de suivis et de mesures de la contamination, conséquences politiques nationales, conséquences internationales, etc.)" (IRSN, 2007, p. 64).

Figuur 14: Economische impact duurste rampen ter wereld in verhouding tot BBP (Bron: IRSN (Serant, 2014), Högberg (2013), The Economist (2011), Cohen (2010), Wereldbank (2011))



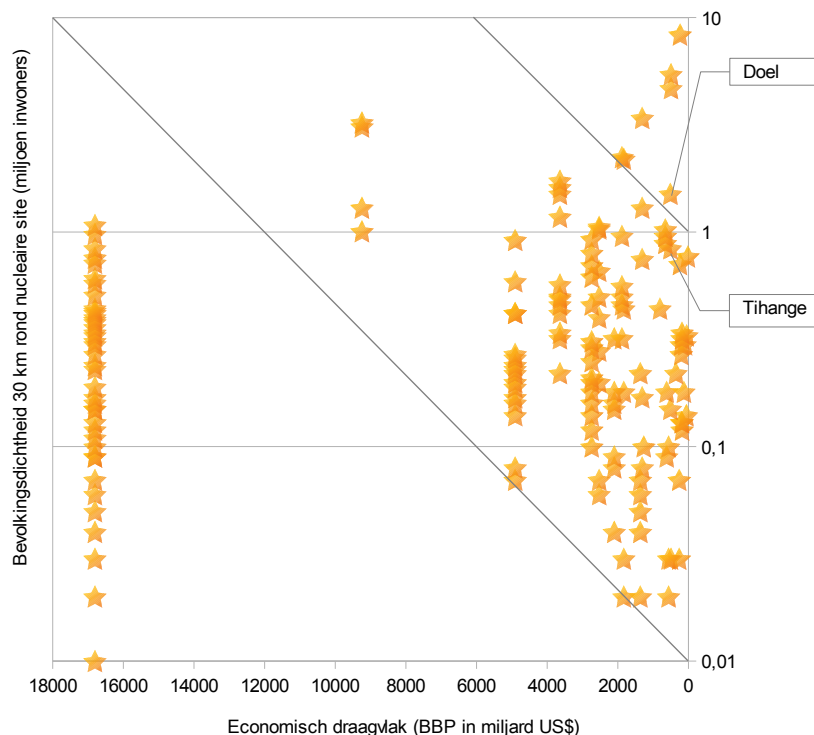
Ook de aansprakelijkheid van de exploitant valt in het niets bij de te verwachten economische schade van een kernramp in Doel. De aansprakelijkheid van de exploitant beperkt zich wettelijk tot 1,2 miljard € (Alberici e.a., 2014, Annex 1-3, Tabel A2-9). Samen met de 500 miljoen € die voor rekening is van de Belgische staat en de 300 miljoen solidariteitsbijdrage voor rekening van andere lidstaten van de conventies, brengt dit de totale dekking in België op 2 miljard €. Dat is slechts 0,1 tot 0,2% van de reële kosten van een zware kernramp.

Anders gesteld: de externe kost van afgewentelde veiligheidsrisico's van de Doelse kerncentrales ligt gigantisch hoog. En ook al wordt bij de afweging van risicotecnologieën met zeer grote gevolgen maar kleine kans op voorkomen best een andere (meer deliberatieve) aanpak gekozen voor het beoordelen van de maatschappelijke wenselijkheid dan het zoeken naar een “kostenoptimum” (zie ook “Opzet van deze studie” onder paragraaf 2), toch zou een inschatting van de externe risicokosten dergelijk maatschappelijk debat wel moeten voeden. Daarom maken we hier toch een ruwe inschatting van de externe ongevalkost van de kerncentrales in Doel. Deze externe kost kan worden berekend als:

Economische schadekost x ongevalfrequentie (uitgedrukt in rampen per reactor jaar)

elektriciteitsproductie (MWh per reactor jaar)

Meest kwetsieus in deze formule is de ongevalfrequentie. De theoretische ongeval frequentie verschilt namelijk sterk van deze in de praktijk (zie paragraaf 1).



Figuur 15: Economische kwetsbaarheid nucleaire sites (bevolkingsdichtheid versus BBP nationale economie (Bron: Eigen berekeningen))

Hieronder geven we een overzicht van de externe ongevalkost van Doel 3/4 in een scenario waarbij we de IAEA veiligheidsnorm van 1 ongeval om de 100.000 reactorjaren aannemen en een waarbij we de frequentie van nucleaire rampen in de praktijk aannemen. Die laatste frequentie werd berekend door het Max Planck instituut als één fatale ramp om de 3.625 reactorjaren (gebaseerd op vier gesmolten kernreactoren op INES 7 schaal op 14.500 reactorjaren - zie Lelieveld, 2012). Voor de jaarlijkse productie gaan we uit van de ontwerp netcapaciteit van 1.000 MWe en een beschikbaarheid van 85% (7,4 miljoen MWh per jaar).

Totale economische kost (miljard €)	Ongevalfrequentie (per reactorjaar)	
	1,0 X 10 ⁻⁵	1/3.625
796 (standaardscenario)	1	27,5
1412 (variant)	1,9	52,31

Tabel 11: Externe kost van ongeval in Doel 3 of Doel 4 uitgedrukt in €/MWh

Als we dus rekening houden met de reële ongevalfrequentie in het nucleaire tijdperk tot nog toe, dan komen we voor Doel 3/4 op een externe ongevalkost tussen de 27 en de 52 €/MWh. Die kost ligt merkkelijk hoger dan de externe ongevalskost die werd aangenomen in een recente studie in opdracht van de Europese Commissie die op basis van een literatuuroverzicht een vork van 0,5 tot 4 €/MWh hanteert (Alberici, 2014). De specifieke lokatie van de nucleaire site Doel zorgt met andere woorden voor een externe ongeval-

kost die 7 tot 100 maal hoger ligt dan deze die gemiddeld in de literatuur wordt aangenomen. Deze externe ongevalkost komt bovenop de externe kost gerelateerd aan andere milieuaspecten van nucleaire energie die in dezelfde studie geraamd wordt op 18 €/MWh.

De totale externe kost van Doel 3 of 4 kan met andere woorden geschat worden op 45 tot 70 €/MWh, wat gemiddeld groter is dan de groothandelsprijs waaraan stroom op onze markt wordt verhandeld¹¹. Met andere woorden: als deze kost aan de exploitant zou worden doorgerekend, dan zou die zichzelf volledig uit de markt prijzen.

Economische schade bij een ernstig kernongeval in Doel

In dit scenario B1 gaan we na wat de economische gevolgen zijn van een

¹¹ Volgens de toelichting van de CREG op de Commissie voor het Bedrijfsleven van de Kamer van Volksvertegenwoordigers van 24 september 2014, schommelde de gemiddelde maandelijkse “dag vooraf” prijzen op de stroombeurs BELPEX in de periode 2012-2014 tussen de 33,29 €/MWh en de 60,24 €/MWh.

kernongeval dat weliswaar ernstig is - met kernsmelt en een “gecontroleerde” verspreiding van radioactiviteit - maar niet fataal. We baseren ons hierbij op een vergelijkbaar scenario dat door IRSN werd gesimuleerd in de kerncentrale van Dampierre. We simuleren de gevolgen van een smelt in Doel 4 op 1 januari 2014. De verspreiding van radioactiviteit blijft grotendeels beperkt tot de site en de directe omgeving waardoor ook de radiologische kosten en de te nemen beschermingsmaatregelen buiten de site beperkt zijn. De “exclusiezone” blijft beperkt tot 2 km² rond de centrale (straal van 800 m), schuilen wordt een tijdlang aangeraden in een zone van een 18 km² (straal van 2,4 km) en de inname van jodiumtabletten in een zone van 21 km² (IRSN, 2007). Op de site zelf wordt vrij snel na het ongeval de werf voor de reiniging en sanering opgestart. Eén jaar wordt gewerkt aan het “stabiliseren” van de situatie, één jaar aan voorbereidingswerken voor de sanering, gevolgd door zeven jaren voor de sanering zelf. De getroffen reactor wordt voorgoed op non-actief gezet. Net als in de IRSN studie gaan we ervan uit dat de belendende reactor (Doel 3) voor vier jaar plat gaat. De overige reactoren op de site (Doel 1 en 2) gaan voorgoed dicht (gelet op hun einde levensduur conform de nog niet aangepaste wet op de kernuitstap).

We berekenen ook de schade in een variant B2, waarbij besloten zou zijn de levensduur van Doel 1 en Doel 2 met tien jaar te verlengen. In dat geval gaan - net als in het Franse scenario - de verst van Doel 4 afgelegen centrales Doel 1 en 2 voor drie jaar dicht.

Site-kosten

De kosten voor het stabiliseren en saneren van de site worden overgenomen uit de IRSN studie (IRSN, 2007). Die studie voorziet voor de getroffen centrale in een kost van 293 miljoen€ voor de stabilisatie het jaar na het ongeval. Het tweede jaar na het ongeval rekent men op een kost van 730 miljoen€ voor de voorbereidingswerken van de sanering. Het zesde jaar na het ongeval komt daar nog een kost van 3.433 miljoen€ bij voor de saneringswerken zelf.

De Franse IRSN studie houdt nog rekening met een kleine minkost bij de latere ontmanteling van de getroffen centrale, omwille van de dan reeds uitgevoerde saneringswerkzaamheden aan deze centrale. Deze zeer beperkte minkost nemen we in onze studie niet mee.

Opgeteld - en rekening houdend met een discontovoet van 4% - komen we op een totale netto constante waarde van 3,8 miljard€.

Bovenop deze kosten voor stabilisatie, reiniging en sanering, komt - net als in de IRSN studie - nog een “radiologische” kost van 20 miljoen€ voor de gezondheidsschade aangericht aan de werknemers die op de site na het ongeval actief blijven en van 500 miljoen€ voor de onderhoudskosten aan de niet-geaccidenteerde centrales tijdens hun stillegging.

Daarmee komen de site-kosten op 4,34 miljard€.

Centrale	Sluitingsdatum (FOD Economie, 2012)	# dagen uitval	# uren uitval	Vermogen (MW) (FOD, 2012)	Niet geproduceerd (MWh)
Doel 1	15-02-15	410	9.840	433	3.621.612
Doel 2	01-12-15	699	16.776	433	6.174.407
Doel 3	01-10-22 (dicht tot 31-12-17)	1.460	35.040	1.006	29.962.704
Doel 4	01-07-25	4.199	100.775	1.038	88.913.782
Totaal					128.672.505

Tabel 12: Berekening niet geproduceerde stroom in basisscenario (Bron: Sluitingsdata+vermogen: FOD Economie 2012; aangenomen load factor: 85%)

Centrale	Sluitingsdatum (FOD Economie, 2012)	# dagen uitval	# uren uitval	Vermogen (MW) (FOD, 2012)	Niet geproduceerd (MWh)
Doel 1	15-02-25 (dicht tot 31-12-16)	1.095	26.280	433	9.672.354
Doel 2	01-12-25 (dicht tot 31-12-16)	1.095	26.280	433	9.672.354
Doel 3	01-10-22 (dicht tot 31-12-17)	1.460	35.040	1.006	29.962.704
Doel 4	01-07-25	4.199	100.775	1.038	88.913.782
Totaal					138.221.195

Tabel 13: Berekening niet geproduceerde stroom in variant (Bron: Sluitingsdata+vermogen: FOD Economie 2012; aangenomen load factor: 85%)

Niet gerealiseerde nucleaire rente¹²

Door de weggevalle kapitaalskosten, produceren de reeds afgeschreven kerncentrales in Doel elektriciteit aan een kost ver onder de marktprijs. Dat levert een belangrijke nucleaire rente op. Als ten gevolge een kernongeval in Doel 4 wegens de radioactieve besmetting alle centrales een tijdlang op non-actief worden gezet, gaat een groot deel van deze nucleaire rente verloren.

De niet geproduceerde nucleaire stroom bij een ongeval in Doel 4 op 1 januari 2014, wordt in het scenario B1 berekend op 128,7 miljoen MWh (zie tabel 12).

De niet geproduceerde nucleaire stroom wordt in de variant B2 berekend op 138,2 miljoen MWh (zie tabel 13).

Om te berekenen welke nucleaire rente met dit verlies aan productie verloren gaat, maken we het verschil tussen de verkoopprijs van de verloren productievolumes met de productiekost. Voor de verkoopprijs hanteren we de gemiddelde dag-vooraf prijs op de Belgische groothandelsmarkt (BELPEX) over het jaar 2013: 47,45 €/MWh (Europese Commissie, 2014). Deze waarde ligt in de vork van verkoopprijzen waarmee respectievelijk de federale regulator CREG en de Nationale Bank van België rekening hielden bij hun berekening van de nucleaire rente (waarde tussen de 40 en de 66,8 €/MWh). Voor de productiekost gaan we in het scenario B1 uit van een productiekost van 22,4 €/MWh (boven grens gehanteerd door NBB) en in de variant B2 van een productiekost van 16,97 €/MWh (ondergrens gehanteerd door CREG) (NBB, 2011, p. 41). Op deze manier komen we tot een infamarginale rente van 25,05 €/MWh in het scenario B1 en 30,48 €/MWh in de variant B2.

Voor de berekening van de netto constante waarde van de verloren nucleaire rente, hanteren we geen discontovoet omdat we ervan uitgaan dat - door de enorme vervangingsinvesteringen die zich hoe dan ook aandienen - de groothandelsprijs de volgende jaren even sterk stijgt als de discontovoet en beide effecten elkaar dus opheffen (Federaal Planbureau, 2014).

Zo komen we dus tot een kost voor de niet gerealiseerde nucleaire rente van 3,2 miljard € in het scenario B1 en 4,2 miljard € in de variant B2.

Gezondheidskosten buiten de site

Gelet op de genomen beschermingsmaatregelen, kunnen de korte-termijn gezondheidskosten buiten de site als verwaarloosbaar worden beschouwd.

Voor de lange termijn gezondheidskosten, bouwen we ook hier verder op de IRSN studie. De IRSN studie gaat uit van 40 dodelijke en 248 andere kankers als een

gevolg van de radioactieve blootstelling in de pluim van de radioactiviteit. Dat levert een kost op van 60 miljoen €. Gezondheidsschade door inname van gecontamineerd voedsel wordt als verwaarloosbaar beschouwd (gezien de hypothese van de boycot: zie verder).

Het aantal kankergevallen wordt voor de situatie rond Doel gecorrigeerd met een factor die de hogere bevolkingsdichtheid rond Doel weerspiegelt (zie 5.1.3). Op die manier komen we voor de lange termijn gezondheidseffecten tot een totale kost van 454 miljoen €.

Kosten niet geconsumeerd voedsel

Door de beperkte lozing van radioactiviteit in voorliggend scenario van een nucleair ongeval in Doel, is de besmetting van het landbouwareaal beperkt in omvang en tijd. Geen enkele zone wordt besmet boven de 37 kBq/m². Niettemin gaan we er - net als de IRSN studie - vanuit dat de voedselketen toch wordt geïmpacteerd. IRSN houdt er immers rekening mee dat de consumenten geen genoeg nemen met de toepasselijke normen die door de regelgever als "veilig" worden aanzien. Men verwacht - ook rekening houdend met de ervaringen uit de crisis van de gekken koeien ziekte en de vogelgriep - een boycot van lichter dan de norm gecontamineerd voedsel. Grootwarenhuisketens zullen daar snel op inspelen door volkomen veilig voedsel uit niet-gecontamineerde gebieden aan te bieden. Door de hypothese van de boycot, komt IRSN aan een schadekost van 3,1 miljard € over twee jaar.

We hanteren in deze studie hetzelfde cijfer (zie overwegingen in sectie 5.1.4 over vergelijkbare toegevoegde waarde aan landbouwactiviteiten in getroffen areaal).

Imago kosten

Ook hier hanteren we dezelfde uitgangshypotheses dan de IRSN studie. De mediatieke aandacht die wereldwijd aan het kernongeval zal worden gegeven (met ook de archiefbeelden van Chernobyl en Fukushima) heeft een negatieve impact op de export, in het bijzonder deze van niet gecontamineerde voedselproducten. Ook het toerisme leidt onder het geschonden imago.

Net als IRSN gaan we uit van:

- een daling met 17% van de export van landbouw- en voedingsproducten gedurende het eerste jaar na de ramp, en een daling met 8% gedurende het tweede jaar; het derde jaar na het nucleair ongeval heeft de export zich hersteld;
- geen impact op het binnenlands toerisme (wegens substitutie naar andere toeristische regio's), wel een daling van het toerisme uit buurlanden met 10% gedurende het jaar na de ramp en met 20% voor het overig internationaal toerisme; het tweede jaar na de ramp: enkel nog een daling van het overige internationaal toerisme met 10%;
- een daling met 2,5% gedurende het jaar na de ramp in de andere economische sectoren, 1,5% gedurende

¹² De niet gerealiseerde nucleaire rente werd in het basisscenario A1 en de variant A2 niet apart berekend omdat die reeds vervat zit in de geraamde verloren toegevoegde waarde van economische activiteiten in het te evacueren havengebied (verrekend onder punt 5.1.7.).

het tweede jaar en 0,8% het derde jaar.

Passen we de Franse verliespercentages toe op de directe en indirecte toegevoegde waarde die verbonden is aan het Belgisch netto handelsoverschot binnen de sectoren landbouw en voeding (zie sectie 5.1.9 in deze studie), dan tekenen we een verlies op aan directe toegevoegde waarden in de agrovoedingsindustrie van 1,23 miljard €. Het verlies aan indirecte toegevoegde waarde in de agrovoedingsindustrie is 1,53 miljard €.

Het waardeverlies door het wegblijven van toeristen komt op 640 miljoen € (prijzen 2014).

Het verlies aan directe en indirecte toegevoegde waarde verbonden aan het Belgisch netto handelsoverschot binnen de overige economische sectoren komt op respectievelijk 3,08 en 2,16 miljard € (prijzen 2014).

Er moet wel opgemerkt worden dat de imagokosten in het geval van een nucleair ongeval in Doel nog een pak hoger kunnen uitvallen. Immers, in tegenstelling tot de centrale van Dampierre waarop de Franse casus is gebaseerd, ligt Doel vlak bij een aantal belangrijke containerterminals. In een straal van 2,4 km rond de centrale waar wordt aangemaand om te schuilen ligt bijvoorbeeld de Europaterminal, een van de belangrijkste containerterminals van de Antwerpse haven. Het sluizencomplex Berendrecht-Zandvliet (dat toegang geeft tot de havendokken op rechteroever) en de containerterminals van het Deurganckdok, vallen net buiten deze contour. Het is zeker niet uit te sluiten dat bepaalde rederijen of verladers als gevolg van het nucleair ongeval hun trafiek naar elders verleggen of dat de werknemers op bepaalde terminals voor de duur van de "schuilperiode" gaan weigeren om het (buiten)werk op te nemen. Gezien we in deze studie met dergelijke situaties geen rekening houden, moet de geraamde imagokost als een ondergrens worden beschouwd.

Kosten stroomuitval

Voor het berekenen van de kost van de black-out die met het nucleair ongeval in Doel gepaard gaat, sluiten we aan bij de kosten geraamd in het scenario A1 van de grootschalige kernramp.

We gaan er ook hier van uit dat door het plots uitvallen van de nucleaire site van Doel (een kwart van de nationale productiecapaciteit), het land voor 8 uur in het donker wordt gezet en de provincie Antwerpen nog eens 24 extra. Zoals hierboven uiteengezet onder punt 5.1.11. leidt dit tot een kost voor de Belgische economie van 818 miljoen €.

Door het wegvallen van een kwart van de productiecapaciteit zal - zoals

geschetst onder punt 5.1.11. - gedurende 77 uur in het jaar na het ongeval een totaal stroomvolume van 66 GWh niet kunnen geleverd worden. We gaan ervan uit dat deze situatie nog twee jaar daarna aanhoudt (omdat vervangcapaciteit zo niet sneller kan vergund en gebouwd worden). Het vierde jaar na de ramp, gaan we uit van 63 verliesuren, wat door Elia werd berekend als de LOLE P50 waarde waaraan België zich mag verwachten in de periode 2014/2015. De in dat jaar niet-geleverde stroom bedraagt 54 GWh. Het vijfde jaar na de ramp, gaan we ervan uit dat door de getroffen maatregelen en de gedane investeringen in bijkomende interconnecties en productiecapaciteit, de bevoorradingszekerheid terug gegarandeerd is.

Voor de berekening van de economische kost van deze stroomonderbrekingen als gevolg van het structureel tekort aan productiecapaciteit, hanteren we de waarde van 8,3 mln € per GWh niet-geleverde stroom uit de studie van het planbureau.

Opgeteld komen we op een netto constante waarde voor de kosten van stroomuitval in dit scenario van een kernongeval van 2,86 miljard €.

Totale economische kost voor scenario ernstig nucleair ongeval

Door het optellen van alle bovenstaande kostenposten komen we tot de totale netto constante kost voor een ernstig nucleair ongeval in Doel (scenario B). Ook hier gaat het grotendeels om een kost vanuit het oogpunt van de Belgische nationale economie. Mogelijk kan een deel van de kosten op de posten "niet consumeerbaar voedsel" en "lange termijn gezondheidseffecten" wel in Nederland neerslaan. De kosten op de post "niet gerealiseerde nucleaire rente" komen - wegens de slechts beperkte afroaming ervan via de Belgische fiscaliteit - dan weer grotendeels in Frankrijk terecht (zetel exploitant kerncentrale). Maar dat zijn de uitzonderingen op de regel.

Tabel 14: Overzicht economisch waardeverlies bij ernstig nucleair ongeval Doel

Economische impact kernongeval	Netto Actuele Waarde (miljard €)	
	Basisscenario	Variant
Site kosten (stabiliseren, reinigen/saneren)	4,34	4,34
Niet gerealiseerde nucleaire rente	3,22	4,21
Radiologische kosten		
Kosten lange termijn gezondheidseffecten	0,45	0,45
Niet consumeerbare landbouwproducten	3,1	3,1
Imagokosten		
Direct waardeverlies export agrovoedingsindustrie	1,23	1,23
Waardeverlies toerisme	0,64	0,64
Direct waardeverlies export overige sectoren	3,08	3,08
Indirect waardeverlies export agrovoedingsindustrie	1,53	1,53
Indirect waardeverlies export overige sectoren	2,16	2,16
Overige kosten		
Kosten stroomuitval	2,86	2,86
Totaal economisch waardeverlies	22,63	23,62

Aldus bekomen we volgend overzicht: (zie tabel 14)

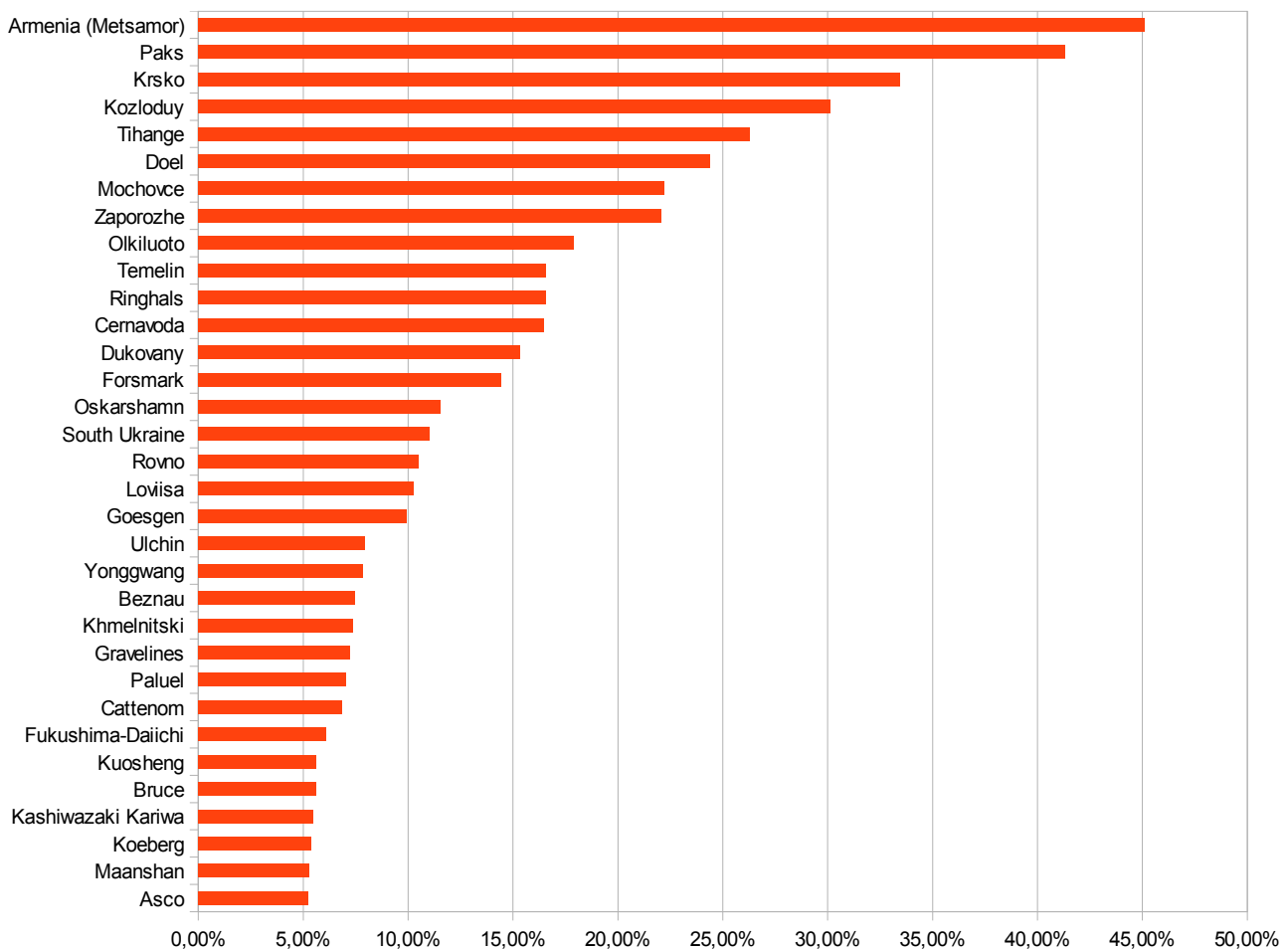
Hieruit kunnen we afleiden dat zelfs bij een kleiner nucleair ongeval met een beperkte ontsnapping van radioactiviteit, de economische gevolgen aanzienlijk zijn en oplopen tot 6% van het Belgisch BBP. En dan hebben we nog abstractie gemaakt van de eventuele onbeschikbaarheid of trafiekaflleiding van de nabijgelegen containerterminals. Zelfs als er hier wettelijk geen probleem zou zijn met het respecteren van de stralingsnormen, dan nog valt een daling van de trafieken van en naar Antwerpen zeker niet uit te sluiten. Dit vanuit het voorzorgsprincipe van verladers of rederijen (zeker als het gaat om de trafiek van voedingswaren) of vanuit druk van de consumenten. De imagokosten - die nu met bijna 9 miljard € zo'n 36 tot 38% van de totale kosten uitmaken - kunnen dus zeker nog hoger oplopen.

Naast het hoog aandeel imagokosten, valt hier vooral ook de (verhoudingsgewijs) hoge kost op die op de site wordt gemaakt (meer dan 4 miljard € of zo'n 18 tot 19% van de totaalkost). En tenslotte valt ook de kost als gevolg van de stoomuitval op (blackout na stroomongeval en gecontroleerde brownouts door het structureel capaciteitstekort in de periode daarop volgend). Het gaat

hier om een bedrag dat kan geschat worden op 2,86 miljard €.

Die laatste kost is typisch voor de Belgische situatie. In heel de wereld zijn er slechts vier nucleaire sites (van de 190) in vier landen (Bulgarije, Slovenië, Hongarije en Armenië) die een groter aandeel innemen van de nationale stroomproductiecapaciteit (zie figuur 16). Het gaat om landen met een economie die vijf tot 50 keer kleiner is dan de Belgische. Met andere woorden: bijna geen enkel land ter wereld maakt zich met zijn nucleair beleid zo kwetsbaar op vlak van de bevoorradingszekerheid als België.

Figuur 16: Aandeel van nucleaire sites in nationale stroomproductie (alle sites met > 5% aandeel)



Figuur 16: Aandeel van nucleaire sites in nationale stroomproductie (alle sites met > 5% aandeel)

6. Conclusies en aanbevelingen

Deze studie naar de economische kost van een groot-schalige kernramp in Doel maakt duidelijk dat dergelijke ramp verwoestend zal uitpakken. In het basisscenario (vergelijkbaar met Fukushima en Chernobyl) zal een ramp in Doel drie tot zevenmaal meer kosten dan de kernramp in Fukushima, zes keer meer dan wat orkaan Katrina veroorzaakte en het dubbele van de gesimuleerde kernramp in Frankrijk. Deze verschillen worden vooral verklaard door de zeer hoge bevolkingsdichtheid in de directe omgeving van de centrale, maar ook door de ligging in het economisch hart van Vlaanderen/België, de thuisbasis van de grootste concentratie aan petrochemische bedrijven in Europa en de tweede containerpoort van het continent. Daar komt nog bij dat het economisch draagvlak om dergelijke ramp op te vangen relatief beperkt is. Waar de kost van de ramp in Fukushima “slechts” 2 tot 10% van het Japans Bruto Binnenlands Product (BBP) uitmaakte en een ramp in Dampierre 20 tot 34% van het Franse BBP, loopt de economische kost van een ramp in Doel op tot boven de 200% van het Belgisch BBP. De Belgische economie kan zoiets nooit dragen. Een analyse van de “kwetsbaarheid” van de 190 nucleaire sites wereldwijd, maakt duidelijk dat de site van Doel kan gerekend worden tot een van de zes economisch meest kwetsbare sites in de wereld en veruit de meest kwetsbare site binnen Europa. De externe, op de maatschappij afgewentelde milieu- en risicokost van de Doelse kerncentrales liggen hoger dan wat deze centrales vandaag op de markt krijgen voor de verkoop van hun stroom.

Zelfs bij een kleiner nucleair ongeval met een beperkte ontsnapping van radioactiviteit, zijn de economische gevolgen aanzienlijk. Vooral dan omdat een groot deel van de productiecapaciteit van het nationaal productiepark onvoorzien wegvalt, wat ernstige problemen op vlak van de bevoorradingszekerheid met zich meebrengt. Deze situatie is typisch Belgisch. In heel de wereld zijn er slechts vier nucleaire sites in vier landen (Bulgarije, Slovenië, Hongarije en Armenië) die een groter aandeel innemen van de nationale stroomproductiecapaciteit dan Doel en Tihange. Met andere woorden: het groot aandeel kernenergie en de sterke concentratie ervan op twee sites zorgt eerder voor problemen en risico's op vlak van bevoorradingszekerheid dan dat ze daar positief aan bijdragen. De Belgische nucleaire sites zijn “too big to fail” voor onze energievoorziening.

Net zoals te grote banken een ernstig risico vormen voor de stabiliteit van het bank- en financiewezen, betekent een te grote concentratie aan nucleaire installaties op een of enkele plekken een te groot risico voor de bevoorradingszekerheid. Het elektriciteitssysteem kan aan veerkracht en wendbaarheid winnen als het meer decentraal

wordt opgebouwd. Een afbouw van nucleaire energie in België kan niet alleen de bevoorradingszekerheid bevorderen, maar ook de marktwerking. Uit een recent rapport van de Europese Commissie over de integratie van de Europese energiemarkten, blijkt dat - ondanks de verbeteringen van de voorbije jaren - de markt van de elektriciteitsproductie in ons land zeer sterk geconcentreerd blijft. Dat geeft een opwaartse druk op de prijzen. De EC stelt in haar rapport: “The Belgian electricity generation market is still highly concentrated (Herfindahl Hirschmann Index – HHI- in: 2013 of 4.770 and 7.390 in 2008) but it has been improving as the generation market share of Electrabel (2013: 67%) dropped significantly in the last 5 years. The three largest firms, Electrabel, EDF Luminus and E.ON had a market share of 89% in 2013.” (Europese Commissie, 2014)¹³. Een uitfasering van nucleaire energie zorgt ook voor een afbouw van de dominante positie van Electrabel en dus voor meer marktwerking.

Aan bovenstaande conclusies kunnen volgende aanbevelingen worden verbonden:

Hou vast aan de kernuitstapkalender voor het uitfasen van nucleaire energie in België. De risico's en afgewentelde externe kosten zijn van die aard dat het langer open houden van centrales niet kan worden verantwoord. Een strak geprogrammeerde uitfasering is niet alleen goed voor de veiligheid, maar ook voor de bevoorradingszekerheid en voor de marktwerking.

Investeer ook in België in alomvattend onderzoek naar de socio-economische gevolgen van nucleaire rampen¹⁴. Een gedetailleerde inschatting van de gevolgen van een kernramp in België, kan gebruikt worden voor 1) het evalueren van bijkomende risicobeperkende veiligheidsmaatregelen, 2) een aanpassing van de off-site rampenplannen op basis van meer realistische scenario's inzake de verspreiding van radioactiviteit bij een kernramp in Doel en 3) het herevalueren van de wettelijke regelingen met betrekking tot de aansprakelijkheid van de exploitant bij kernrampen. Een realistische inschatting van de werkelijke milieu- en risicokosten van kerncentrales is noodzakelijk om deze externe kosten te kunnen

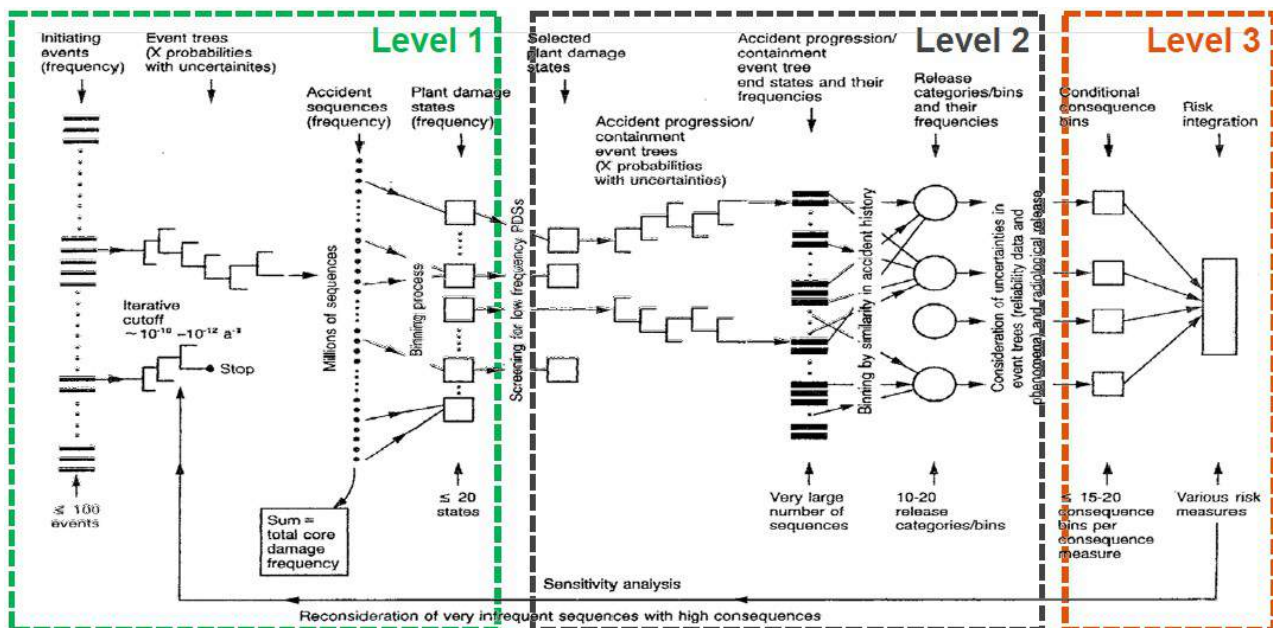
¹³ De Herfindahl-Hirschman-index (HHI) is de meest gebruikte maatstaf voor het weergegeven van de concentratiegraad (marktaandeel) in een economische sector. Een HHI-index van 1.800 of lager wordt gezien als indicatie van een echt concurrentiële markt. Een markt wordt als sterk geconcentreerd beschouwd wanneer de HHI gelijk is aan of hoger is dan 2.000. De HHI van 4.770 op de Belgische markt van stroomproductie ligt dus veel te hoog en wijst op monopolistische of oligopolistische trekken die een goede marktwerking met een neerwaartse druk op de prijzen verhinderen.

¹⁴ Bouw daarbij aan een model dat desgevallend gebruik maakt van bestaande modellen zoals Cosyma en Maccs en koppel deze met bodemgebruikskarten en socio-economische data in een Geografisch Informatie Systeem (GIS) zodat de socio-economische gevolgen van een kernramp in Doel onder verschillende meteorologische omstandigheden beter kunnen gesimuleerd worden. Haal daarbij inspiratie uit het PACE model (Probabilistic Accident Consequence Evaluation) dat in Groot-Brittannië werd ontwikkeld of het LATRIS model dat gebouwd werd door het Waterbouwkundig Laboratorium en de vakgroep Geografie van de UG om de overstromingsrisico's in Vlaanderen te kwantificeren (Deckers e.a., 2013).

internaliseren. Alleen op die wijze ontstaat een gelijk speelveld met andere energiebronnen.

Stuur de off-site rampenplannen bij aan de hand van de bijkomende informatie uit het probabilistisch gevolgen onderzoek en de ex-post analyses gemaakt na de kernramp van Fukushima. Leidt daarbij nieuwe (ruimere) contouren af voor zones die voorbereid moeten zijn op evacuatie, zones voor schuilen en voor de verspreiding van jodiumtabletten. Probeer daarbij grensoverschrijdend afstemming te zoeken met de noodplanning in het naburige Nederland en met initiatieven in andere landen (bvb de nieuwe aanpak die door het Duitse Commissie voor Stralingsbescherming (SSK) wordt voorgesteld en die gebaseerd is op de nieuwe analyses uit de kernramp van Fukushima).

Annex 1: Probabilistische Veiligheids Analyses (PSA): methodologie



De risico's op en van kernongevallen worden door- gaans berekend via zogenaamd probabilistisch veilig- heidsonderzoek (Probabilistic Safety Assessment, PSA) (zie figuur). Een PSA gaat na wat kan misgaan, hoe waarschijnlijk dat is en wat de gevolgen zijn. Een PSA op niveau 1 gaat na met welke frequentie zich voorval- len kunnen voordoen die kunnen leiden tot een bescha- diging van de kern van en nucleaire reactor. De PSA modellen op niveau 1 geven via een "foutenboom" de verschillende "reacties" weer op verschillende mogelijke gebeurtenissen. Van elke opeenvolging van gebeurte- nissen die kan leiden tot een beschadiging van de kern van de reactor wordt de frequentie berekend en de fre- quenties van alle mogelijke "paden" die kunnen leiden tot een kernbeschadiging worden opgeteld om de tota- le kernongevalfrequentie te berekenen. De uitkomst van zo'n PSA op niveau 1, vormt dan weer de input voor een PSA op niveau 2. Op dat niveau wordt gemodelleerd hoe het ongeval zich verder ontwikkelt, in welke mate de omhulsels het houden en hoeveel radioactiviteit uiteinde- lijk in de omgeving ontsnapt. De uitkomst van een PSA op niveau 2 vormt dan weer dan input van een PSA op niveau 3, waarin men de socio-economische gevolgen van de vrijgekomen en verspreide radioactiviteit nagaat. Het gaat dan om korte- en lange termijn gezondheids- effecten, de besmetting van landbouwareaal, etc. Uiter- aard hangen deze gevolgen sterk af van de sterk door weersomstandigheden beïnvloedde verspreiding van de radioactiviteit, van de bevolkingsdichtheid, de aanwe- zigheid van industriële en landbouwactiviteiten in de omge- ving van de centrale, de genomen responsmaatregelen zoals evacuatie, decontaminatie, etc.

Bron: Lloyd's Register Consulting

Annex 2:

Kostencategorieën in resp. OESO/NEA (boven) en IRSN (onder) studies

On-site Costs	Cost of decommissioning and decontamination Loss of capital (e.g. installed capacity)
Cost of countermeasures to reduce doses	Population movement - Transport away from the affected area - Temporary accommodation and food - Supervision of the evacuated area and monitoring of people - Loss of income for people unable to reach the workplace - Lost capital value and investment on land and property - Psychological effects of worry and upheaval Agricultural restrictions and countermeasures Decontamination - Cost of cleaning process, including the necessary equipment and materials, and the disposal and transportation of generated waste - Cost of labour - Cost of health effects induced in the workforce
Radiation-induced health effects in the exposed population	Cost of radiation-induced health effects : (1) early effects, (2) latent effects, (3) hereditary effects - Direct health care costs - Indirect costs, due to the loss of earnings during treatment and convalescence or of the - Non-monetary costs, such as pain, grief and suffering associated with each effect
Psychological effects	
Impact on the activity with which the installation is associated	For example the nuclear power programme
On-site costs	
Decontamination and decommissioning	Based on lessons learned from TMI
Electricity replacement	Corresponds to the value of the lost reactor and outages experienced by other on-site reactors
Other on-site costs	Marginal in comparison to the above
Offsite radiological costs	
Emergency countermeasures	Marginal compared to other costs
Health costs (radiological)	Strongly depend on the amount of contaminated foodstuffs ingested by the population. Boycott by consumers and retailers is considered possible.
Psychological costs	Mainly lost workdays and long-term treatment costs. No allowance for patient suffering (or social willingness to pay beyond hard costs).
Agricultural losses	Strongly depend on standards or boycott by consumers/retailers
Image costs	
Impact on Agricultural and Foodstuffs exports	Relates to perfectly clean produce; based on experience from such episodes as the Mad Cow Crisis, the Bird Flu or the Spanish Cucumber crisis in 2011 in Europe
Impact on Tourism	Based on crises in Tourism worldwide during the past 10 years
Reduction in other exports	Past experience is largely lacking in this area
Costs related to power production	The most plausible scenario given French procedures is a 10-year reduction in reactor lifetime
Contaminated territories	
Exclusion zones	Cost of radiological refugees (population of exclusion zones); cost of land considered as a capital (no additional willingness to pay or "value of motherland")
Other contaminated territories	Based on feedback from Belarus; considers actual costs of contamination and transfers, the latter providing a measure of the detriment to affected populations.

Annex 3:

Resultaten Black-Out simulator voor Black-Out door kernongeval Doel



Report of the effects of the defined blackout scenarios

Blackout 1 - Selected Power Supply Interruption

Blackout 1 - Key facts

In Blackout 1, the selected power outage is analyzed. Table 1 summarizes the characteristics of this power outage.

Date of outage start	9-10-2014
Weekday	Thursday
Starting time of power supply interruption	12:00
Duration of power supply interruption (in hours)	8
Regional scale of the power outage (Affected regions)	BE22 Prov. Limburg, BE34 Prov. Luxembourg, BE33 Prov. Liège, BE31 Prov. Brabant Wallon, BE35 Prov. Namur, BE24 Prov. Vlaams-Brabant, BE21 Prov. Antwerpen, BE23 Prov. Oost-Vlaanderen, BE25 Prov. West-Vlaanderen, BE32 Prov. Hainaut

Table 1: Power Outage Characteristics (Only major national holidays are considered in the outage cost calculation; holidays that are celebrated at the regional level are treated like normal calendar days.)

Blackout 1 - Economic damages

The damages which occur as consequence of the power outages in Blackout 1 to all of the economic sectors according to NACE classification scheme, are presented in detail in Table 3 (damages are presented in 1000 EURO (T €)).

Sector (NACE-code)	Sector description	Total loss due to power outage
A	Agriculture, forestry and fishing	9,142 T €
BDE	Mining and quarrying; electricity, gas, steam and air conditioning supply; water supply; sewerage; waste management and remediation activities	3,469 T €
C	Manufacturing	242,935 T €
F	Construction	18,411 T €
GHI	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles; transporting and storage, accommodation and food service activities	37,277 T €
J	Information and communication	6,643 T €
K	Financial and insurance activities	12,037 T €
LMN	Real estate activities; professional, scientific and technical activities; administrative and support service activities	78,116 T €
OPQRS	Public administration and defense; compulsory social security; education/human health and social work activities; arts, entertainment and recreation; other services activities	70,071 T €
	Households	36,382 T €
Sum		514,484 T €

Table 3: Total losses to economic sectors according to NACE

The aggregate of sector damage figures (the sum of all monetary damages to households, businesses and institutions as a consequence of an outage as defined in Table 1 in 1000 EURO) amounts to 514,484 T €.

The value of lost load (VOLL) of this power outage scenario amounts to 5.50 €/kwh not supplied.

Blackout 2 - Selected Power Supply Interruption

Blackout 2 - Key facts

In Blackout 2, the selected power outage is analyzed. Table 1 summarizes the characteristics of this power outage.

Date of outage start	9-10-2014
Weekday	Thursday
Starting time of power supply interruption	20:00
Duration of power supply interruption (in hours)	24
Regional scale of the power outage (Affected regions)	BE21 Prov. Antwerpen

Table 1: Power Outage Characteristics (Only major national holidays are considered in the outage cost calculation; holidays that are celebrated at the regional level are treated like normal calendar days.)

Blackout 2 - Economic damages

The damages which occur as consequence of the power outages in Blackout 2 to all of the economic sectors according to NACE classification scheme, are presented in detail in Table 3 (damages are presented in 1000 EURO (T €)).

Sector (NACE-code)	Sector description	Total loss due to power outage
A	Agriculture, forestry and fishing	3,443 T €
BDE	Mining and quarrying; electricity, gas, steam and air conditioning supply; water supply; sewerage; waste management and remediation activities	1,997 T €
C	Manufacturing	163,744 T €
F	Construction	7,638 T €
GHI	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles; transporting and storage, accommodation and food service activities	23,366 T €
J	Information and communication	5,496 T €
K	Financial and insurance activities	7,171 T €
LMN	Real estate activities; professional, scientific and technical activities; administrative and support service activities	38,016 T €
OPQRS	Public administration and defense; compulsory social security; education/human health and social work activities; arts, entertainment and recreation; other services activities	30,337 T €
	Households	22,093 T €
Sum		303,301 T €

Table 3: Total losses to economic sectors according to NACE

The aggregate of sector damage figures (the sum of all monetary damages to households, businesses and institutions as a consequence of an outage as defined in Table 1 in 1000 EURO) amounts to 303,301 T €.

The value of lost load (VOLL) of this power outage scenario amounts to 5.56 €/kwh not supplied.

Referenties

Sacha Alberici, Sil Boeve, Pieter van Breevoort, Yvonne Deng, Sonja Förster, Ann Gardiner, Valentijn van Gastel, Katharina Grave, Heleen Groenenberg, David de Jager, Erik Klaassen, Willemijn Pouwels, Matthew Smith, Erika de Visser, Thomas Winkel, Karlien Wouters, **Subsidies and costs of EU energy - An interim report**, Ecofys, 10 October 2014

Antwerp Diamond Masterplan, **Diamonds love Antwerp 2020**

K. Bollaerts, S. Fierens, K. Simons, J. Francart, A. Pojn, M. Sonck, L. Van Bladel, D. Geraets, P. Gosselin, H. Van Oyen, L. Van Eycken, A. Van Nieuwenhuyse, **Monitoring of Possible Health Effects of Living in the Vicinity of Nuclear Sites in Belgium**, 24 april 2012

Centraal Planbureau, **Hervorming van het Nederlandse woonbeleid**, No 84, April 2010

Thomas William Charnock, Antony Paul Bexon, Jonathan Sherwood, Neil A Higgins and Simon John Field, **PACE: A Geographic Information System Based Level 3 Probabilistic Accident Consequence Evaluation Program, ANS PSA 2013 International Topical Meeting on Probabilistic Safety Assessment and Analysis Columbia, SC, September 22-26, 2013**, https://www.phe-protectionservices.org.uk/cms/assets/gfx/content/resource_3255cs2067e2650c.pdf

Mark A.Cohen, **A Taxonomy of Oil Spill Costs—What are the Likely Costs of the Deepwater Horizon Spill?**, Resources for the Future, Juni 2010

Kim Creminger, Thierry Vergeynst, **Vlaamse in- en uitvoer van goederen en diensten volgens het ESR95**, Studiedienst Vlaamse Regering, 2014/7

De Baerdemaeker e.a., **De sociaal-economische impact van het onroerend erfgoed(beleid) in Vlaanderen**, januari 2011

Pieter Deckers, Silke Broidioi, Toon Verwaest, Philippe De Maeyer, Frank Mostaert, **LATIS: van overstromingskaarten naar schadekaarten en risicokaarten**, Jaarboek De Aardrijkskunde 2013, pp. 81-90.

Pieter De Maesschalck, Karolien Weekers, **TSA Tourism Satellite Account 2012**, SVR, 2013

De Standaard, **Asielzoekers in hotels kosten al 23 miljoen euro**, De Standaard van 26 augustus 2011

The Economist, **Counting the cost - The Japanese**

earthquake could be the costliest disaster ever, 21 mei 2011

Eelco H. Dykstra, **Kernenergie en Crisismanagement - Onderzoeksrapport n.a.v. Fukushima Disaster, "What if...?" Reality-Fiction Scenario: Kernramp in Kerncentrale Borssele**, 2011

Gilbert Eggermont, Jean Hugé, **Nuclear Energy Governance, Deliverable 4.1**, SEPIA project. Brussels, Belgian Science Policy, 2011

Gilbert Eggermont, **Nucleaire veiligheid en rampenplanning historisch herbekeken**, Annalen van de Belgische Vereniging voor Stralingsbescherming, Vol. 38, nr. 1, 2013

Elia, **Analyse van volume in het kader van strategische reserves**, 20 maart 2014

ESO/NEA, **Methodologies for Assessing the Economic Consequences of Nuclear Reactor Accidents**, OESO, 2000

European Centre for Strategic Analysis (ECSA), **Economische Ontwikkelingsstudie (EOS) voor de haven van Antwerpen** – Eindrapport, 2004

European Centre for Strategic Analysis (ECSA), **Studie naar de verdeling van de baten en de lasten van de Waaslandhaven** – Eindrapport, 11 oktober 2006

European Commission, **Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Progress towards completing the Internal Energy Market - Country Reports**, 13 oktober 2014

Federaal Planbureau, **Vooruitzichten van de transportvraag in België tegen 2030**, december 2012

Federaal Planbureau, **Belgische black-outs berekend - Een kwantitatieve evaluatie van stroompannes in België**, maart 2014

Federaal Planbureau, **Wat als... er geen nieuw beleid zou zijn voor klimaat, energie en transport?**, perscommuniqué van 17 oktober 2014

FOD Economie, **Rapport sur les moyens de production d'électricité 2012-2017 et recommandations**, 2012

Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen,

Duurzaamheidsverslag Haven van Antwerpen 2012, 2013

Florian Gering (BfS), Wolfgang Raskob (KIT), **New Emergency Planning Zones for Nuclear Power Plants in Germany**, in: Neris, European Platform on Preparedness and Radiological Emergency Response and Recovery, Issue 7, March 2014, <http://www.eu-neris.net/index.php/library/newsletters/document/issue-7-1.raw>

Lars Högberg, **Root Causes and Impacts of Severe Accidents at Large Nuclear Power Plants**, April 2013, Ambio 42(3), p. 267–284

Toshimitsu Homma, **The Current State of Level 3 PSA**, Document 3, Working Group on Voluntary Efforts and Continuous Improvement of Nuclear Safety

International Risk Governance Council, **Risk Governance, Towards an Integrative Approach**, White Paper, 2005

IRSN, **Examen de la méthode d'analyse coût-bénéfice pour la sûreté - Rapport DSR N°157**, Annexes, 5 juillet 2007

R. Janssens, **De buitenlandse handel in land- en tuinbouwproducten: stand van zaken in 2013**, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, 2014

Joep Konings, Stijn Vanormelingen, **Het Economisch Belang van de Antwerpse Diamantsector**, oktober 2008

Christian Küppers, Veronika Ustohalova, **Mögliche Folgen eines Unfalls im KKW Mühleberg bei ähnlichen Freisetzungen radioaktiver Stoffe wie aus einem Block des KKW Fukushima-Daiichi**, Ökoinstitut, 31 augustus 2012

Christian Küppers, Veronika Ustohalova, Manuel Claus, **Untersuchung möglicher Folgen eines schweren Unfalls in einem schweizerischen Kernkraftwerk auf die Trinkwasserversorgung**, Ökoinstitut, 18 juni 2014

J. Lelieveld, D. Kunkel, M.G. Lawrence, **Global risk of radioactive fallout after major nuclear reactor accidents**, Atmos. Chem. Phys., 12, 4245–4258, 2012

Jos Lelieveld, **We can offer a different perspective**, in: MaxPlanckResearch 4/12, 2012

Agnes Maripuu, **Handling of risks of events with low probability and severe consequences at a nuclear**

power plant, Department of Applied Physics, Division of Nuclear Engineering, Chalmers University of Technology, Gothenburg, 2013

Mathys, **Economic importance of the Belgian ports: Flemish maritime ports, Liège port complex and the port of Brussels - Report 2012**, NBB, Working Paper No. 260, June 2014

Patrick Meire, **Ecosysteemdiensten en hun betekenis in het estuarium, UA**, Onderzoeksgroep ecosysteembeheer, 21 november 2013

MINT nv, **Herkomst-bestemmingsanalyse Havenverkeer Antwerpen** - Rapport + bijlagen, 20 januari 2012

Alistair Munro, **Notes on the economic valuation of nuclear disasters**, 2011

Yoshihiro Nagaoki, **Estimation of Accident Risk Cost of Nuclear Power Plants**, OECD/NEA Workshop on 'Cost of nuclear accidents', Paris, 28 May 2013

Nationale Bank van België, **De Belgische nucleaire schaarsterente - Een samenvatting en analyse van bestaande schattingen op vraag van de Federale Regering**, 26 april 2011

A. Pascal, **La population autour des sites nucléaires français : un paramètre déterminant pour la gestion de crise et l'analyse économique des accidents nucléaires**, Radioprotection 2012, Vol. 47, n° 1, p. 13 – 31

Ludivine Pascucci-Cahen, Momal Patrick, **Massive radiological releases profoundly differ from controlled releases**, Eurosafe, Brussels, november 2012

Port of Antwerp, Department Infrastructure & Environment, **Study on external costs for the different transport modes, such as pollution costs (CO2, Sox, Nox, PM10) and congestion costs (congestion, accidents, noise) for container transports to and from the Hinterland**, May 2012

Reactors, residents and risk, Published online on 21 April 2011 on Nature.com

RISKO, **Mitteilungen für Kommission für Risikobewertung des Kantons Basel-Stadt: Seit 10 Jahren beurteilt die RISKO die Tragbarkeit von Risiken**, Bulletin, Vol. 3, June 2000, 2-3.

Petra Seibert, Dèlia Arnold, Nikolaus Arnold, Klaus Gufler, Helga Kromp-Kolb, Gabriele Mraz, Steven Sholly, Antonia Wenisch, **flexRISK – Flexible Tools for**

Assessment of Nuclear Risk in Europe. Final Report. PRELIMINARY VERSION MAY 2013, Institut für Meteorologie (BOKU-Met), Department Wasser – Atmosphäre – Umwelt Universität für Bodenkultur Wien, mei 2013

Frédéric Serant, **Penser le démantèlement d'une centrale nucléaire**, Riseo - risques, études et observations, Revue 2014-1, 6 mars 2014

Nassim Nicholas Taleb, **De Zwarte Zwaan: De Impact Van Het Hoogst Onwaarschijnlijke**, ISBN 9789057122675 · 2008

Nassim Nicholas Taleb, **Antifragiel: Dingen Die Baat Hebben Bij Wanorde**, ISBN 9789057122828, 2013

Katrien Tratsaert, **Huurprijzen en richthuurprijzen - Deel II: De registratie van huurcontracten als informatiebron voor de private huurmarkt**, Steunpunt Wonen, 31 januari 2012

TV Studiegroep Omgeving-BCI, **Afbakening grootste- delijk gebied Antwerpen – Bijlage 6: Economische positionering**, 15 april 2005

Vlaamse Havencommissie, **De Vlaamse havens – Feiten, statistieken en indicatoren voor 2013**, 2014

Wereldbank, **The economics of disaster risk, risk management and risk financing - Knowledge Note 6-4**, The Financial and Fiscal Impacts, 2012

Wereldbank, **The economics of disaster risk, risk management, and risk financing - Knowledge Note 6-3**, Economic Impacts, 2012