

Dossier vijftig jaar kerncentrale Borssele

Chronologie, 5.600 kilo plutonium, 470 storingsen en rampenplannen

Herman Damveld

zelfstandig onderzoeker en publicist

Groningen

4 oktober 2023

Ik woon in de stad Groningen en publiceer vanaf 1976 over kernenergie, de plannen voor ondergrondse opslag van kernafval en de aardgaswinning met de bijbehorende aardbevingen. Ik heb hierover verschillende boeken en rapporten geschreven, evenals zo'n 1500 artikelen.

Enkele voorbeelden:

'Kernenergie, verlichting of conflict', uitgave van de Milieufederatie Groningen, 1984.

'Tsjernobyl, 10 jaar later', uitgave van Greenpeace, 1996.

'Kernafval en kernethiek', onderzoek in opdracht van de Commissie Opberging Radioactief Afval, januari 2000.

'Kernafval in zout. Plannen 40 jaar oud', uitgave Stichting Laka Amsterdam, juni 2016.

'Gaswinning Groningen, een bewogen geschiedenis', uitgeverij Profiel, februari 2020.

Opmerking over de bronvermeldingen. Onder meer de overheidsdocumenten worden op een voor ons onbekend moment verplaatst naar een archief en krijgen dan een andere naam, die moeilijk terug te vinden is. Daardoor kan het zijn dat sommige links niet meer werken. We hebben ons best gedaan om de juiste bronvermeldingen en links op te sporen. Als u echter een link tegenkomt die niet werkt, neem dan contact met ons op en dan gaan we ermee aan de slag. Wanneer u zelf de juiste link ontdekt heeft, stellen wij het zeer op prijs als u dat aan ons zou willen doorgeven.

Inhoudsopgave

Inleiding en samenvatting.....3

Hoofdstuk 1.....4

- 1.1 Vergunning van onbeperkte naar bijna onbeperkte tijd?
- 1.2 De instanties waar het om gaat en die moeten betalen
- 1.3 Door de kerncentrale geproduceerde elektriciteit en 470 storingen
- 1.4 Noodstroomvoorziening zwakke plek
- 1.5 De kerncentrale Borssele en de verliesgevende handel in 5.600 kilo plutonium
- 1.6 Kosten ontmanteling kerncentrale Borssele 636 miljoen euro

Hoofdstuk 2.....13

Geschiedenis kerncentrale Borssele in vogelvlucht

- 2.1 1966-1969: Hoe de kerncentrale naar Zeeland kwam
- 2.2 Borssele subsidieerde aluminiumfabriek
- 2.3 1970-1973: Protest tegen de bouw
- 2.4 1979: Protest laait op na ongeluk Amerikaanse kerncentrale Harrisburg in de VS
- 2.5 1979: Reactie PZEM
- 2.6 1981-1983: De door de regering ingestelde commissie-Beek
- 2.7 1986-1990: Ongeluk Tsjernobyl in de Sovjet-Unie en gevolgen voor Borssele
- 2.8 Kosten stroomopwekking Borssele tot 1993
- 2.9 1991-1994: Borssele langer in bedrijf houden
- 2.10 1994-1997: Bezwaren tegen langer openhouden
- 2.11 2000: Weg open voor langere bedrijfsduur
- 2.12 2006-2015 Nieuwe modernisering en open tot eind 2033
- 2.13 Oktober 2016: Kosten Borssele voor Zeeland of heel Nederland?
- 2.14 2018 en 2019: Miljoenenverlies Borssele blijft
- 2.15 2020: Langer open of vervroegd sluiten?
- 2.16 14 september 2020: garantie nodig voor verlenging levensduur
- 2.17 16 oktober 2020: verlies Borssele voor overheden 28-47 miljoen euro
- 2.18 2021: Extra levensduurverlenging vraagt om aanpassing Kernenergiewet
- 2.19 2021: Veiligheidsaanpassingen kosten 200 tot ruim 400 miljoen euro
- 2.20 Juni 2022: Langer in bedrijf dan 2034
- 2.21 Juli/oktober 2022: winst kerncentrale ten koste bewoners en bedrijven
- 2.22 Bedrijfsduurverlenging brug naar nieuwe kerncentrales
- 2.23 19 september 2023: miljoenen voor Zeeland, niet voor de burgers.

Hoofdstuk 3.....24

Kerncentrale Borssele, jodiumpillen, evacuatie en rampenplannen

- 3.1 Jodiumtabletten als hulp in nood bij kernongevallen
- 3.2 Jodiumtabletten geven onrust
- 3.3 Waarom jodiumtabletten innemen?
- 3.4 Huis-aan-huisdistributie
- 3.5 Omvangrijker gebied getroffen
- 3.6 Is 100 kilometer wel genoeg?
- 3.7 Evacuatie en schuilen na kernongeval
- 3.8 Rampenplannen kerncentrales
- 3.9 Cocktail radioactieve stoffen na kernongeval

Inleiding en samenvatting

Vanaf 4 juli 1973 leverde de kerncentrale Borssele stroom aan het koppelnet en de officiële start was op 25 oktober 1973.^{1 2} Op 25 oktober 2023 zal de kerncentrale 50 jaar in bedrijf zijn.^{3 4} De oorspronkelijk voorziene bedrijfsduur was echter veertig jaar.⁵ Begin 2004 kondigde Van Geel, op dat moment staatssecretaris van Milieu, aan dat hij een plan voorbereidde om de bedrijfsvergunning van Borssele te wijzigen. Hij noemde, zoals ook in het regeerakkoord stond, 2013 als einddatum. Maar in februari 2005 stelde Van Geel dat de kerncentrale langer in bedrijf zou kunnen blijven, omdat sluiting veel geld zou kosten en de kerncentrale veilig werd geacht.⁶ In 2013 werd de vergunning verlengd tot eind 2033.^{7 8 9} Maar daar zou het niet bij blijven. Zo pleitte bijvoorbeeld Carlo Wolters, directeur van EPZ (de eigenaar van Borssele) er in 2020 voor om de centrale langer dan tot eind 2033 in bedrijf te houden.^{10 11} EPZ stelde op verzoek van de provincie Zeeland op 9 maart 2020 dat het wenselijk was dat de kerncentrale langer openbleef.¹² Aan de andere kant wilde Zeeland dat de regering de financiële risico's van deze kerncentrale overnam, hetgeen de regering weigerde.¹³ Op 14 september 2020 stuurde minister Wiebes een brief van EPZ door aan de Tweede Kamer. Daarin concludeerde EPZ dat het “lastig te voorspellen” is of een verlenging “bedrijfseconomisch aantrekkelijk” is. Daarom wilde EPZ dat de overheid mogelijke tekorten betaalt.¹⁴

Volgens KPMG zijn de kosten van de levensduurverlenging 199 tot 439 miljoen euro, waarvan 106 tot 233 miljoen euro voor systeem- en veiligheidsaanpassingen.¹⁵

Op 20 juni 2022 liet minister Jetten van Klimaat en Energie weten: “De kerncentrale van Borssele blijft langer open.”¹⁶ Daartoe startte hij op 30 mei 2023 een vergunningprocedure.¹⁷

Over deze ontwikkelingen gaat dit overzicht. Daarnaast zijn er nog meer belangrijke onderwerpen die we op deze plek slechts kort aanstippen:

1. De kerncentrale Borssele was in 2022 goed voor 1,5% van het totale Nederlandse energiegebruik en zowel in 2021 als in 2022 voor 3% van de elektriciteitsproductie.^{18 19}
2. In de kerncentrale Borssele hebben zich in totaal 470 bedrijfsstoringen voorgedaan. Daarbij vielen op gezette tijden belangrijke veiligheidsvoorzieningen uit, maar gelukkig is er geen ernstig ongeluk gebeurd.^{20 21 22 23}
3. De overheden gaan uit van een mogelijke ramp met de kerncentrale. Daarvoor is een rampenplan gemaakt.²⁴ Volgens het rampenplan is de trein “een uitermate geschikt middel om snel grote bevolkingsgroepen te evacueren,” maar doet zich het probleem voor dat “de te evacueren personen eerst naar het station Goes moeten worden vervoerd.” Maar als kernenergie veilig zou zijn, dan zijn rampenplannen niet nodig.
4. Bovendien is kernenergie een onverzekerbaar risico.^{25 26} In de visie van verzekeringsmaatschappijen onveilig, concluderen we dan ook.

Hoofdstuk 1 Overzicht

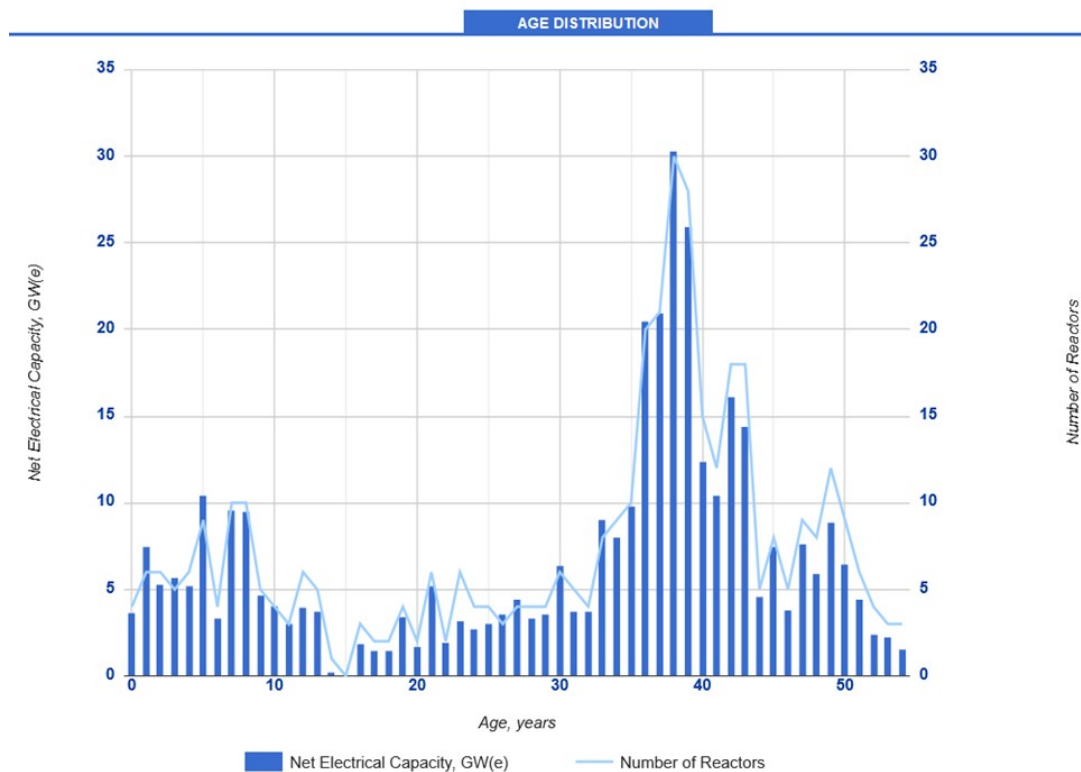
De kerncentrale Borssele had aanvankelijk een vergunning voor onbepaalde tijd, maar die is bijgesteld tot 2033. Dat roept de vraag op hoelang kerncentrales meegaan, gegeven ook de storingen die er geweest zijn in Borssele. Daarnaast is er discussie over de vraag welke instanties in Zeeland financieel verantwoordelijk zijn voor de kerncentrale. Ook de omgang met het kostbare plutonium is van belang, evenals de kosten van de ontmanteling van de kerncentrale Borssele. Deze onderwerpen komen in dit hoofdstuk aan bod.

1.1 Vergunning van onbeperkte naar bijna onbeperkte tijd?

Begin 2004 kondigde Van Geel, op dat moment staatssecretaris van Milieu, aan dat hij een plan voorbereidde om de bedrijfsvergunning van Borssele, die geen einddatum kende, te wijzigen. Hij noemde, zoals ook in het regeerakkoord stond, 2013 als einddatum. Maar in februari 2005 stelde Van Geel dat de kerncentrale langer in bedrijf kon blijven, omdat sluiting veel geld zou kosten en de kerncentrale veilig werd geacht.²⁷

EPZ, de exploitant van Borssele, schreef hierover, waarschijnlijk in 2013: “Het is vooral de conditie van het reactorvat die de levensduur van de centrale bepaalt. De vervanging ervan zal economisch niet haalbaar zijn. (...) Inmiddels is vastgesteld dat de conditie van het reactorvat van de KCB in vergelijking tot 1973 zo langzaam terugloopt dat een langere bedrijfsduur van zestig jaar mogelijk is. (...) Voor een aantal componenten en locaties waarvoor dit nu nog niet helemaal tot 2034 is aangetoond, zullen nieuwe ‘stand der techniek analyses’ worden uitgevoerd.”²⁸ Op 7 juli 2023 verwachtte EPZ dat de kerncentrale in bedrijf zou kunnen blijven “minimaal tot 2034 en mogelijk nog lang daarna.”²⁹

Figuur 1
Aantal jaren dat kerncentrales in bedrijf zijn



Bron: <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalByAge.aspx>, 6 september 2023.

Omdat er stemmen opgaan om de kerncentrale langer dan tot eind 2033 in bedrijf te houden, is het de vraag hoe reëel een bedrijfsduur is van meer dan 60 jaar. Daarbij moeten we bedenken dat de gemiddelde leeftijd van de kerncentrales die nu wereldwijd in bedrijf zijn, ongeveer 32 jaar is. In verschillende landen waar kernenergie een belangrijke rol speelde of nog speelt, werden de oudste kerncentrales gesloten toen ze nog geen 50 jaar oud waren; het ging hier om Duitsland, Zweden, Frankrijk en de Verenigde Staten.^{30 31} In september 2023 waren volgens het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) wereldwijd drie kerncentrales 54 jaar oud en is geen enkele kerncentrale ouder (zie figuur 1). Er zijn dan ook geen voorbeelden van kerncentrales die meer dan 60 jaar in bedrijf zijn.

1.2 De instanties waar het om gaat en die moeten betalen

Een waarschuwing: dit is een ingewikkelde paragraaf!

Het Zeeuwse bedrijf DELTA ontstond in 1991 uit een fusie tussen Watermaatschappij Zuid West Nederland (WMZ) en de Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij (PZEM). DELTA bestond uit drie onderdelen: DELTA Energy (leverde aan grootgebruikers), DELTA Retail (leverde stroom en gas aan kleingebruikers, evenals digitale diensten) en DELTA Netwerkgroep (de Zeeuwse netbeheerder Enduris en uitvoeringsorganisatie DELTA Infra).

Maar in 2016 werd DELTA weer opgesplitst. DELTA Energy heet weer PZEM. DELTA Retail heet voortaan DELTA en is voor 488 miljoen euro verkocht aan EQT Infrastructure. DELTA Netwerkgroep is verkocht aan de Stedin Groep.³²

Hierdoor heeft DELTA volgens de regering voldoende geld om niet failliet te gaan en de Elektriciteits-Produktiemaatschappij Zuid-Nederland (EPZ, de eigenaar van Borssele) te kunnen betalen. Ook EPZ gaat volgens de regering niet failliet, kan de benodigde investeringen doen en de ontmanteling van de kerncentrale financieren. Het kabinet zal daarom niet opnieuw onderhandelen met Zeeland. De verliezen zijn de verantwoordelijkheid van DELTA en niet van het Rijk, stelden de ministers Kamp en Dijsselbloem op 23 december 2016 tijdens een overleg met leden van de Tweede Kamer.³³

EPZ heeft twee eigenaren, de PZEM (70%) en Energy Resources Holding BV in 's-Hertogenbosch (ERH, 30%), dat op haar beurt onderdeel is van het Duitse energiebedrijf RWE.³⁴ De energie die Energy Resources Holding gebruikt, wordt met name opgewekt in de kerncentrale Borssele.³⁵ Een aantal Zeeuwse, Noord-Brabantse en Zuid-Hollandse gemeenten en de provincies Zeeland, Noord-Brabant, en Zuid-Holland zijn de aandeelhouders van de PZEM.³⁶ De naam PZEM verdween in september 2022 definitief uit Zeeland. Een groot deel van de energiemaatschappij werd verkocht aan het Tsjechische energieconcern EPH, dat 150 miljoen euro betaalde. Alles wat na de verkoop overbleef, ging verder onder de naam ZEH N.V., dat staat voor Zeeuwse Energie Houdstermaatschappij.³⁷ Op 25 januari 2023 heeft ZEH haar belangen overgedragen aan EP Netherlands B.V.³⁸

1.3 Door de kerncentrale geproduceerde elektriciteit en 470 storingen

Met behulp van gegevens van het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) over de elektriciteitsproductie, van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) en van Laka over storingen van de kerncentrale Borssele hebben we tabel 1 en 2 samengesteld.

Tabel 1
Elektriciteitsproductie en aantal storingen kerncentrale Borssele

Jaar	Elektriciteit[miljard kWh]	Bedrijfsuren				Beschikbaarheid [%]		Aantal storingen
						Jaarlijks	Cumulatief	

1973	0,620.500		2682			47.7	47.7	4
1974	2,993.700		6840			71.6	68.4	6
1975	2,776.900		6494			70.9	69.5	3
1976	3,274.400		7521			82.8	73.7	3
1977	3,142.400		7318			79.7	75.1	4
1978	3,424.100		7997			87.8	77.5	3
1979	2,900.000		6785			74.4	77.0	2
1980	3,593.000		8496			91.5	79.0	17
1981	3,048.300		7094			77.8	78.9	16
1982	3,315.900		7489			83.7	79.4	11
1983	3,050.000		6959			77.0	79.2	7
1984	3.062.000		6895			77.1	79.0	11
1985	3,261.150		7299			82.4	79.3	7
1986	3,574.000		8053			90.3	80.1	8
1987	2,950.930		6756			74.5	79.7	17
1988	3,032.550		6763			76.4	79.5	10
1989	3,421.850		7711			81.2	79.6	25
1990	2,885.860		6636			68.5	78.9	18
1991	2,728.530		6221			68.9	78.4	23
1992	2,830.340		6412			71.3	78.0	20
1993	3,328.150		7376			84.0	78.3	21
1994	3.321.970		7489			83.9	78.6	17
1995	3,386.750		7654			85.5	78.9	8
1996	3,520.280		7978			88.7	79.3	14
1997	Geen gegevens							25
1998								
1999	3,604.200		8363			91.6	79.8	8
2000	3,698.960		8262			93.8	80.4	12
2001	3,746.670		8404			95.3	80.9	9
2002	3,686.890		8284			93.5	81.4	10
2003	3,788.310		8431			96.1	81.9	6
2004	3,604.690		8073			91.2	82.2	8
2005	3,771.930		8430			95.7	82.7	13
2006	3,272.610		7542			82.5	82.6	17
2007	3,993.870		8346			94.6	83.0	5
2008	3,933.640		8161			92.9	83.4	6
2009	4,017.670		8352			95.2	83.7	3
2010	3,754.880		7807			88.9	83.9	9
2011	3,917.240		8092			92.8	84.1	8
2012	3,706.680		7722			87.6	84.2	3
2013	2,736.930		5737			64.8	83.7	4
2014	3,873.510		8054			91.8	83.9	2
2015	3,861.630		8020			91.5	84.1	3
2016	3,749.810		7836			88.6	84.2	3
2017	3,263.180		6672			77.3	84.1	4
2018	3,340.530		6997			79.1	83.9	7
2019	3,700.710		7769			87.7	84.0	3
2020	3,885.680		8100			91.8	84.2	2
2021	3,614.160		7956			85.6	84.2	8
2022	3,931		8265			94.4	84.4	10

Tabel 2
470 steringen kerncentrale Borssele

jaar	aantal	jaar	aantal	jaar	aantal	jaar	aantal
------	--------	------	--------	------	--------	------	--------

1973	4	1986	8	1999	8	2012	3
1974	6	1987	17	2000	12	2013	4
1975	3	1988	10	2001	9	2014	2
1976	3	1989	25	2002	10	2015	3
1977	4	1990	18	2003	6	2016	3
1978	3	1991	23	2004	8	2017	4
1979	2	1992	20	2005	13	2018	7
1980	17	1993	21	2006	17	2019	3
1981	16	1994	17	2007	5	2020	2
1982	11	1995	8	2008	6	2021	8
1983	7	1996	14	2009	3	2022	10
1984	11	1997	15	2010	9	2023	3
1985	7	1998	10	2011	8		

Bronnen: 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98

Op 3 juli 1973 leverde de kerncentrale Borssele de eerste stroom.⁹⁹ Op 25 oktober 1973 kwam de kerncentrale Borssele officieel in bedrijf.¹⁰⁰ Uit de overzichten van storingen en ongevallen in kerncentrales blijkt dat zich tot eind 2022 in de kerncentrale Borssele 470 bedrijfsstoringen hebben voorgedaan (zie tabel 2).

1.4 Noodstroomvoorziening een zwakke plek

In de kerncentrale Borssele waren regelmatig problemen met noodstroomvoorzieningen. Die problemen kunnen blijkbaar maar niet opgelost worden. Dit blijkt uit een analyse van storingen in de kerncentrale Borssele. In 1978, 1979, 1981, 1984, 1986, 1987, 1989, 2006, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2021 en 2022 zijn er problemen geweest met de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten. In mei 2015 bleek dat verschillende accu's niet voldeden aan de eis dat ze in noodsituaties minstens een uur lang stroom moesten leveren voor de bediening van de centrale.¹⁰¹ Dat de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten niet werkten, kwam dus niet alleen in Fukushima maar ook in Borssele voor.¹⁰² Het is dan ook niet vreemd dat de exploitant EPZ op 6 april 2016 heeft aangegeven “dat een extra batterij (accu) wordt geplaatst op het tweede noodstroomnet” en dat “twee aansluitpunten voor een mobiele dieselgenerator (worden, H.D.) aangebracht op het eerste noodstroomnet. Hierdoor kan een mobiel noodstroomaggregaat worden aangesloten in het geval dat de stroom van het externe net, het eigen bedrijf en de noodstroomgeneratoren uitvallen.”^{103 104}

Noodstroomvoorzieningen zijn een belangrijk onderdeel van de veiligheid van een kerncentrale. Die moeten er namelijk voor zorgen dat alle veiligheidssystemen kunnen blijven werken als de reguliere stroomvoorziening uitvalt.

Dat de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten in Fukushima niet langer werkten, was een belangrijke reden voor de ramp in de kerncentrale in maart 2011. Maar ook in de kerncentrale Borssele kwam dat dus regelmatig voor.

Gelukkig is het tot nu toe niet echt fout gegaan in Borssele, maar een aantal keren zijn stappen op weg naar een ernstig ongeluk gezet. In antwoord op Kamervragen over de gebeurtenissen tot en met 2010 stelde de toenmalige minister Verhagen hierover op 19 april 2011 dat Borssele “geen bijzonder gevaar” liep bij storingen.¹⁰⁵ Maar in feite erkende de minister dat er terdege gevaar is geweest, want, zo somde hij op in zijn antwoord:

- “In 1986 is de noodstroomvoorziening aangepast.”
- ”In 1991 is een extra voorziening aangelegd, die ervoor zorgt dat de kerncentrale na afschakeling gedurende 45 minuten zonder externe voeding of noodstroom nog vervalwarmte

kan afvoeren”.

- “In 1994 is de omschakeling voor de eigen elektriciteitsvoorziening na afschakeling van de reactor (...) verbeterd”.
- “In 1997 zijn de dieselgeneratoren van het eerste noodstroomnet vervangen”, hebben ze “een grotere capaciteit met eigen onafhankelijke koelsystemen en met een verbeterde aansturing”.
- “In de noodprocedures wordt sinds 2006 ook rekening gehouden met het niet beschikbaar zijn van externe elektrische voedingen gedurende een langere periode.”

Al deze maatregelen zouden niet nodig geweest zijn, als de hier genoemde storingen niets hadden voorgesteld. Maar ook na 2010 zijn er problemen geweest met de noodstroomvoorzieningen. De maatregelen die minister Verhagen noemde in 2011 waren blijkbaar onvoldoende, want met uitzondering van 2012 bleven de problemen regelmatig terugkomen.

Het is dan ook niet vreemd dat de exploitant EPZ op 6 april 2016 heeft aangegeven “dat een extra batterij (accu) wordt geplaatst op het tweede noodstroomnet” en dat “twee aansluitpunten voor een mobiele dieselgenerator (worden, H.D.) aangebracht op het eerste noodstroomnet. Hierdoor kan een mobiel noodstroomaggregaat worden aangesloten in het geval dat de stroom van het externe net, het eigen bedrijf en de noodstroomgeneratoren uitvallen.” Tevens werd een tweede onafhankelijke netverbinding aan het landelijke (380 kV) elektriciteitsnet met een ondergrondse kabel geïnstalleerd. “Deze nieuwe aansluiting kan worden gebruikt als de bestaande 150 kV aansluiting niet beschikbaar is. Tevens zou deze nieuwe aansluiting worden gebruikt als vervanging van de voeding vanuit de kolencentrale van EPZ, die eind 2015 uit bedrijf is gegaan.”^{106 107} In totaal ging het om een “elftal maatregelen gericht op het verbeteren van de nucleaire veiligheid.” Hierover kon men van 7 april 2016 tot en met 18 mei 2016 een zienswijze indienen.¹⁰⁸

Op 23 mei 2016 reageerde minister Schulz op een verzoek van Greenpeace en WISE om de kerncentrale meteen te sluiten.¹⁰⁹ Ze stelde: “De KCB heeft elektriciteit nodig om zichzelf te kunnen koelen wanneer deze uitgeschakeld staat. Hiervoor heeft de kerncentrale onder andere een directe aansluiting met het elektriciteitsnet, vijf dieselgeneratoren en accu’s. Daarnaast heeft de kerncentrale een extra, tweede verbinding met het elektriciteitsnet via de nabijgelegen kolencentrale, deze tweede aansluiting is verplicht.” De kolencentrale sloot in november 2015, maar, stelde de minister: “De alternatieve voeding voor de kerncentrale komt, via transformatoren van de kolencentrale met behulp van een ondergrondse kabel, vanuit het 150 kV elektriciteitsnet. De verbinding die daarvoor verantwoordelijk is, blijft intact en in gebruik totdat volgend jaar een nieuwe tweede verbinding met het 380 kV elektriciteitsnet gerealiseerd is. (...) De kolencentrale zelf was geen alternatieve voeding van de kerncentrale. Er was alleen voeding naar het elektrische net. Het al dan niet draaien van de kolencentrale heeft daarom geen invloed op de veiligheid of op de vergunning van de KCB, zolang de tweede verbinding van de kerncentrale aan het elektriciteitsnet via de kolencentrale intact blijft.”¹¹⁰

1.5 De kerncentrale Borssele en de verliesgevende handel in 5.600 kilo plutonium

In de kerncentrale Borssele ontstaat bij de splijting van uranium naast warmte onder meer plutonium, dat 250.000 jaar gevaarlijk blijft. EPZ, de exploitant van Borssele, heeft dit plutonium gedeeltelijk met een verlies van 40 miljoen euro verkocht. De rest valt onder een speciaal en kostbaar contract tot 2034 met de Franse opwerkingsfabriek Orano, zodat het plutonium niet in Nederland opgeslagen hoeft te worden. Zo is voorkomen dat Nederland 5.600 kilo plutonium moet opslaan.

Voor dit onderdeel is veel gebruik gemaakt van een boek van Alan J. Kuperman, dat in 2018 verschenen is.¹¹¹ Tenzij anders aangegeven komen de gegevens in deze paragraaf uit dit boek.

1.5.1 Kerncentrale Borssele en plutonium voor kweekreactoren

De gebruikte brandstofelementen van de kerncentrale Borssele gaan, nadat ze voldoende zijn afgekoeld, naar de opwerkingsfabriek bij La Hague in Frankrijk. In een opwerkingsfabriek worden gebruikte brandstofelementen eerst in kleine schijfjes geknipt en daarna opgelost in chemische stoffen. Bij de opwerking worden drie fracties afgescheiden: het gevormde plutonium (1%), het nog ongebruikte uranium (95,5%) en het hoogradioactieve, warmte-afgevend kernsplijtingsafval (3,5%). Al deze radioactieve stoffen blijven eigendom van EPZ. Volgens gegevens uit 1985 van het Ministerie van Economische Zaken ontstaat per jaar in de kerncentrale Borssele gemiddeld 96,4 kilo plutonium.¹¹² Kuperman noemt op pagina 233 van zijn boek 93 kilo plutonium per jaar. In het vervolg zijn we voorzichtigheidshalve van dit laatste getal uitgegaan.

In de beginfase van kernenergie werd een voorspoedige toekomst voor snelle kweekreactoren verwacht, wat een optimale benutting van de uraniumvoorraden zou betekenen. Door het gebruik van opgewerkt plutonium in een kweekreactor zou nieuw plutonium voor kerncentrales gekweekt kunnen worden. De kweekreactor in Kalkar waarin Nederland participeerde, is door een combinatie van technische, financiële en politieke redenen nooit in gebruik genomen.¹¹³ De Franse Superphenix reactor waaraan Nederland eveneens deelnam, kwam in 1986 in bedrijf, maar werd wegens technische problemen eind 1999 stilgelegd.¹¹⁴ Om het plutonium te verwerken werd daarop voorgesteld dit te mengen met uranium tot Mixed Oxide brandstof (MOX).

1.5.2 Opwerkingscontracten tot 2004

De opwerking volgens het eerste contract uit 1975 van Borssele met La Hague heeft geresulteerd in 650 kilo plutonium, dat deels bestemd was voor Kalkar en Superphenix.¹¹⁵ Het tweede contract van 20 maart 1978 zorgde voor 1.400 kilo plutonium.¹¹⁶ Het derde contract liep tot 2004. In totaal kwam bij de opwerking volgens deze drie contracten zo'n 2.800 kilo plutonium vrij. Dit plutonium was zoals aangegeven eigendom van EPZ, dat er zelf geen toepassing voor had. In die tijd had plutonium een negatieve marktwaarde van 13,60 euro per gram.¹¹⁷ Daarom kregen elektriciteitsbedrijven in met name Zwitserland en Duitsland geld toe om het plutonium af te nemen. Deze elektriciteitsbedrijven gebruikten het plutonium voor MOX-brandstof. Een schatting leert dat EPZ 41 miljoen euro heeft uitgegeven om van het plutonium af te komen.

1.5.3 Opwerkingscontracten van 2004 tot 2034

In 2004 sloot EPZ een nieuw opwerkingscontract af. Aanvankelijk was dit voor tien jaar, maar dat werd verlengd tot 2034, het einde van de geplande levensduur van Borssele. Het gaat dan om 2.800 kilo plutonium.

In 2006 brak de Franse regering het contract open. Zo zou EPZ bijvoorbeeld van tevoren moeten aangeven wat met het radioactieve afval en het plutonium zou moeten gebeuren. Dat stelde EPZ voor een probleem, omdat buitenlandse elektriciteitsbedrijven het plutonium niet meer wilden hebben: ze zagen af van het gebruik van MOX-brandstof. Een alternatief voor EPZ zou dan zijn om af te zien van de opwerking. Maar dat had volgens EPZ als nadeel dat er een nieuw opslaggebouw nodig was. De bestaande gebouwen voor tijdelijke opslag bij de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval (COVRA) bij Vlissingen zijn niet geschikt voor uitgewerkte brandstofelementen. Een nieuw opslaggebouw heeft een nieuwe vergunning nodig en het kost een aantal jaren om die vergunning te krijgen. Daarom was het beter om

door te gaan met de opwerking. En zo vond eind 2019 het 19^{de} transport plaats van gebruikte brandstof naar La Hague.¹¹⁸

Er werd een aangepast opwerkingscontract afgesloten tot 2034, waarbij de kerncentrale Borssele ook gebruik zou maken van MOX. Hiervoor werd een speciale term bedacht, namelijk pre-cycling. Bij recycling gaat het om hergebruik, maar pre-cycling is wat anders. EPZ huurt plutonium van de exploitant van de opwerkingsfabriek, destijds Areva, nu Orano geheten. Met behulp van dit plutonium werd en wordt nog steeds MOX-brandstof gemaakt. Na gebruik in Borssele gaan de brandstofelementen terug naar La Hague. EPZ betaalt daarvoor een ons onbekend bedrag.

Bij gebruik in de kerncentrale wordt plutonium verspleten en ontstaat ook nieuw plutonium. Het is ons niet exact bekend of in het geval van de kerncentrale Borssele per jaar meer of minder kilo's plutonium worden gevormd dan plutonium wordt verspleten. We nemen aan dat er weinig verschil in gewicht zal zijn.

Het is niet zo dat de gebruikte MOX-brandstofelementen worden opgewerkt en dat EPZ het daarbij vrijkomende plutonium weer terugkrijgt: dat zou recyclen betekenen en dat is niet aan de orde. De gebruikte MOX-brandstofelementen worden namelijk volgens het huidige Franse beleid niet opgewerkt maar opgeslagen.¹¹⁹ EPZ krijgt telkens verse MOX.

Omdat het hier gaat om een speciaal contract had Areva erin opgenomen dat EPZ een aanzienlijke boete zou moeten betalen als het contract voortijdig beëindigd zou worden, bijvoorbeeld doordat de kerncentrale eerder zou sluiten dan in 2034.

Toch heeft EPZ het over recyclen van plutonium. "Wij zetten tot aan 2034 evenveel gerecycled plutonium (als MOX-splijtstof, H.D.) in als wij vanaf 2015 zelf produceren. In feite recyclen wij dus de volledige hoeveelheid eigen plutonium, voorheen elders, nu in onze eigen centrale."¹²⁰ Dat is een onjuiste voorstelling van zaken. Het beleid komt erop neer dat door een vergoeding te betalen andere landen verantwoordelijk gemaakt worden voor de opslag van het plutonium.

1.5.4 Beperkt hergebruik plutonium: recyclen is onjuist woordgebruik

Na gebruik in de kerncentrale kunnen de MOX-elementen weer terug naar een opwerkingsfabriek om het resterende plutonium en uranium eruit te halen. De opwerking van bestraalde MOX-elementen is echter veel moeilijker dan de opwerking van brandstofelementen op basis van licht verrijkt uranium. De radioactieve straling is intenser en er is een hogere concentratie kernsplijtingsmateriaal met de daarmee gepaard gaande kans op een spontane kernsplijting (criticaliteit). Na twee keer opwerken zijn extra maatregelen nodig ter voorkoming van stralingsbelasting voor werknemers.

Dan is er ook nog een probleem met de opwerkingsproducten. Het afgescheiden plutonium bevat de isotoop plutonium-241, dat vervalst tot americium-241. Na vijftien jaar is acht procent van de totale hoeveelheid plutonium vervallen tot dit americium.¹²¹ Dit maakt het moeilijk en ook duur om nieuwe brandstofelementen te maken. Zo moet men bijvoorbeeld plutonium binnen twee jaar na het verlaten van de opwerkingsfabriek opnieuw gebruiken. Als men dat niet doet en pas op een later tijdstip overgaat tot hergebruik voor brandstofelementen, dan moet eerst het americium uit het plutonium verwijderd worden. Dat kost 1200 dollar per kilo.¹²² Hergebruik van plutonium in lichtwaterreactoren (kerncentrales als Borssele) is volgens het kernenergie-agentschap van de OESO slechts twee keer mogelijk.¹²³ Een in november 1993 uitgekomen studie van het ECN komt tot dezelfde conclusie.¹²⁴

Ewoud Verhoef, plaatsvervangend directeur van de Centrale Organisatie Voor Radioactief Afval, sprak in de NRC van 26 november 2021 over het recyclen van plutonium uit de kerncentrale Borssele.¹²⁵ Behnam Taebi van de TU Delft had het in de PZC van 16 september 2023 eveneens over recyclen van kernafval.¹²⁶ Recyclen suggereert dat iets vele malen hergebruikt kan worden en dat is hier niet het geval.

1.5.5 Onbekend hergebruik opgewerkt uranium

Of het uranium dat resteert na de opwerking van de brandstofelementen van Borssele hergebruikt wordt, is onbekend.

Het gaat hier om een ingewikkelde technische kwestie. De Franse Rekenkamer gaf daarover in 2015 een uitleg. Een kerncentrale werkt op vers uranium-235. De splijting daarvan geeft energie die omgezet wordt in elektriciteit. Zoals hierboven aangegeven kan bij de opwerking uranium afgescheiden worden van de rest.

Maar dit afgescheiden uranium heeft een andere samenstelling dan het verse uranium uit een uraniummijn. In de kerncentrales ontstaan namelijk ook andere soorten uranium, die niet in uraniumerts voorkomen. Het gaat met name om uranium-232 en uranium-234.

Als we dit mengsel van verschillende soorten uranium geschikt willen maken voor hernieuwd gebruik in een kerncentrale, moet het eerst met vers uranium gemengd worden. Daarna gaat het naar een verrijkingsfabriek. Het probleem is dat uranium-232 zorgt voor een extra hoge stralingsdosis voor het personeel. Uranium-234 maakt verrijking een stuk lastiger en ook duurder.¹²⁷ Bovendien zitten enkele lastige chemische reststoffen in het opgewerkte uranium, staat in een rapport van het IAEA uit 2009.¹²⁸

Frankrijk heeft deze methode van hergebruik tussen 1994 en 2013 toegepast in de eigen verrijkingsfabriek Eurodif, maar is ermee gestopt omdat het proces te lastig was.¹²⁹ Ook volgens Urenco, de opwerkingsfabriek met vestigingen in Nederland, Duitsland en Groot-Brittannië, gaat het om technisch ingewikkelde kwesties, maar men verwacht er een oplossing voor te vinden. Op 5 juni 2018 heeft Urenco namelijk een contract getekend met het Franse elektriciteitsbedrijf EDF voor de verrijking van het mengsel van vers en gebruikt uranium. Daarna worden er brandstofelementen van gemaakt die EDF in kerncentrales wil gebruiken.¹³⁰ Of hierbij ook sprake is van gebruikt uranium van de kerncentrale Borssele, is onbekend. Het is dan ook voorbarig om het te hebben over het recyclen van gebruikt uranium van Borssele.

1.5.6 Conclusie

In de kerncentrale Borssele ontstaat bij de splijting van uranium naast warmte onder meer plutonium, dat 250.000 jaar gevaarlijk blijft. EPZ, de exploitant van Borssele, heeft dit plutonium gedeeltelijk met een verlies van 40 miljoen euro verkocht. De rest valt onder een speciaal en kostbaar contract tot 2034 met de Franse opwerkingsfabriek Orano, zodat het plutonium niet in Nederland opgeslagen hoeft te worden. Zo is voorkomen dat Nederland 5.600 kilo plutonium moet opslaan.

1.6 Kosten ontmanteling kerncentrale Borssele 636 miljoen euro

Volgens de laatste stand van zaken kost de ontmanteling van de kerncentrale Borssele 636 miljoen euro.^{131 132} Dat bedrag ligt hoger dan bij andere bedrijfsgebouwen. Radioactiviteit is hiervan de oorzaak. Door de splijting van uranium worden zowel het reactorvat als de omhulling van de kerncentrale radioactief. Daarom kan een kerncentrale niet afgebroken worden zoals andere bedrijfsgebouwen en is de inzet van speciale apparatuur noodzakelijk.¹³³ In 1978 werd voor het eerst een post ontmanteling opgenomen in de begroting van de exploitant van Borssele, namelijk 11,3 miljoen gulden. Daarna zou jaarlijks 2 miljoen gulden gereserveerd worden. De aanname daarbij was dat het gereserveerde geld een rendement van 8% zou opleveren.¹³⁴ De Studiecommissie Bestaande Kerncentrales (de commissie-Beek) zei in 1983 dat de ontmanteling niet 150 miljoen maar 250 miljoen gulden (113 miljoen euro) zou kosten, zodat de exploitant jaarlijks 3 miljoen gulden extra zou moeten reserveren.¹³⁵ Tot 2004 was 144,7 miljoen euro gereserveerd voor de ontmanteling, maar het is onduidelijk wat er met dat geld is gebeurd.¹³⁶ In 2012 werd een nieuw ontmantelingsfonds opgericht, waar

eind 2013 116 miljoen euro in zat en waarin elk jaar 14,7 miljoen euro werd gestort, waarop EPZ ook een rendement verwachtte.

De ontmanteling zou volgens een schatting van december 2016 zo'n 574 miljoen euro kosten, honderd miljoen euro meer dan eerder in 2016 genoemd werd. Er zat op dat moment 80 miljoen euro in het fonds.^{137 138 139} In 2020 noemde EPZ "circa 600 miljoen euro" voor de ontmanteling.¹⁴⁰ Volgens de laatste stand van zaken kost de ontmanteling van de kerncentrale Borssele 636 miljoen euro en zit er 325 miljoen euro in het ontmantelingsfonds, terwijl dit eind 2021 nog 351 miljoen euro was.^{141 142} De oorzaak van dit verschil is onbekend.

Of er voldoende geld beschikbaar komt, hangt af van het rendement op het opzij gelegde geld. Zonder rendement kan gemakkelijk een tekort optreden van 100 miljoen euro.¹⁴³ En de rendementen kunnen nogal verschillen.¹⁴⁴ De Tweede Kamer wil dat EPZ zelf zorgt voor voldoende financiering voor de ontmanteling en heeft hierover op 17 december 2015 een motie aangenomen.¹⁴⁵

Overigens, op 16 maart 2017 bleek dat de Nederlandse regering verplicht is EPZ een compensatie uit te keren als de kerncentrale Borssele vóór 2033 moet sluiten. Dit is een gevolg van de afspraken in het in juni 2006 afgesloten convenant tussen de staat en EPZ.¹⁴⁶ Of de ontmantelingskosten bij sluiting vóór 2033 nog gedekt zijn, is onbekend.

Naast het ontmantelen zijn er ook kosten voor de berging van het radioactieve ontmantelingsafval. Hoeveel dat kost en hoe dat gefinancierd gaat worden, is eveneens onbekend.

Planning voor de ontmanteling¹⁴⁷

2031 - Start voorbereidingen

2033 - Sluiting kerncentrale

2037 - Transport splijtstof gereed; de splijtstof gaat naar Le Havre in Frankrijk.

2037 - 2041 ontmanteling reactorvat

2046 - Vrijgave gebouwen (schoon en leeg)

2048 - Groene weide

Hoofdstuk 2

Geschiedenis kerncentrale Borssele in vogelvlucht

2.1 1966-1969: Hoe de kerncentrale naar Zeeland kwam

Toen het aluminiumbedrijf Pechiney zich in 1966 aanmeldde als een serieuze kandidaat voor het Zeeuwse Sloehavengebied, wilde het - net als Aldel in Delfzijl - in aanmerking komen voor goedkoop aardgas. In november 1967 wees de toenmalige minister van Economische Zaken de aanvraag daarvoor echter af.¹⁴⁸

In de zomer van 1967 verschenen intussen berichten in de pers dat de Samenwerkende Elektriciteits Produktiebedrijven (SEP) van plan waren een kerncentrale te bouwen van 350 à 450 Megawatt in een gebied waar een grote stroomafname zonder transport over grote afstanden mogelijk zou zijn.¹⁴⁹ Aldus kwamen de plannen voor Pechiney en de kerncentrale samen. Gedeputeerde Staten van Zeeland deelden dan ook in 1967 aan Provinciale Staten mee dat de vestiging van een kerncentrale de komst van de Franse aluminiumfabriek Pechiney naar het Sloegebied mogelijk kon maken.¹⁵⁰

In januari 1969 besloot Pechiney definitief om zich in het Sloegebied te vestigen met een regeringssubsidie van zestig miljoen gulden.¹⁵¹ De PZEM sloot eveneens in 1969 een contract met Pechiney over stroomlevering tegen een prijs die volgens de PZEM alleen maar door de inzet van kernenergie bereikbaar was.¹⁵² Daarom werd de bouw van een kerncentrale urgent. Zonder Pechiney zou de kerncentrale Borssele niet gebouwd zijn.

Het besluit begin 1969 van de PZEM om bij Borssele een kerncentrale te bouwen leverde zeven offertes op. Het Nederlandse consortium Neratoom schreef in met het ontwerp voor een kokendwaterreactor. De PZEM gunde op 1 april 1969 de bouw echter niet aan Neratoom maar aan de West-Duitse firma Siemens/KWU, zo liet de gedeputeerde, tevens voorzitter van de PZEM, A.J. Kalland, weten. De offerte van Siemens voor een drukwaterreactor was namelijk 20% lager dan die van Neratoom. Dit leverde bij Neratoom en andere belanghebbenden veel wrevel op. Het besluit van de PZEM betekende namelijk het einde van de plannen voor een eigen Nederlandse reactorindustrie.^{153 154 155}

De aanschafwaarde van de kerncentrale Borssele bedroeg 259 miljoen gulden (117,5 miljoen euro). Dat staat in een studie van Koenders van het voormalige Energie Studie Centrum behorend bij het ECN, waarin een overzicht is opgenomen van de historische kosten van kernenergie.¹⁵⁶ De investeringen bedroegen 585 gulden (256,5 euro) per kilowatt. Sindsdien zijn deze kosten negen tot tien keer zo hoog geworden. Borssele was dus een relatief goedkope centrale bij de aanschaf. Vergelijkbare kerncentrales die in Duitsland rond die tijd door Siemens/Kraft Werk Union, de leverancier van Borssele, zijn gebouwd, kostten omgerekend 255 euro per kilowatt (Stade) en 334 euro per kilowatt (Obrigheim).¹⁵⁷ Er is derhalve geen aanleiding te veronderstellen dat Siemens de kerncentrale Borssele extra goedkoop aanbood.

2.2 Borssele subsidieerde aluminiumfabriek

De aluminiumsmelter van Pechiney Nederland in Vlissingen was de belangrijkste afnemer van de elektriciteit uit de kerncentrale Borssele. Pechiney kon contractueel beslag leggen op twee derde van de netto-capaciteit van de kerncentrale (de netto-capaciteit van de KCB is 443,2 Megawatt). Het contract was geheim, slechts enkele bijzonderheden werden bekend. Pechiney betaalde voor de exploitatiekosten een vast bodembedrag dat niet verhoogd kon worden. Hooguit was een correctie voor inflatie mogelijk. Daarnaast betaalde Pechiney een variabel deel van de brandstofkosten.¹⁵⁸ De nucleaire kostprijs is opgebouwd uit exploitatiekosten en brandstofkosten. Onder exploitatiekosten vallen kosten van afschrijving, bediening, onderhoud, e.d.; de brandstofkosten worden gevormd door de kosten vanaf de uraniumwinning tot en met de eindopslag.

Het vaste bodembedrag dat Pechiney betaalde, was lager dan de kostprijs. De exploitatiekosten van de kerncentrale waren sinds de ingebruikneming namelijk voortdurend

gestegen. Deze prijsstijging werd niet doorberekend aan Pechiney. Bovendien betaalde Pechiney “slechts ten dele” de kosten voor verwerking van radioactief afval, stelde de voormalige minister Andriessen van Economische Zaken op 3 augustus 1994 in antwoord op Kamervragen van Marijke Vos van GroenLinks.¹⁵⁹ De overblijvende kosten waren volgens de minister voor rekening van alle stroomgebruikers in ons land.

Uit het bovenstaande volgt dat Pechiney minder betaalde dan de productie van de elektriciteit uit de kerncentrale Borssele kostte. Pechiney kreeg ook een jaarlijkse subsidie. Het is echter moeilijk om de omvang daarvan nauwkeurig te bepalen. De PZEM vermeldde noch in begrotingen, noch in jaarverslagen de hoeveelheid geleverde elektriciteit en de opbrengsten per verbruikerscategorie.¹⁶⁰ Sinds de PZEM is opgegaan in EPZ is de beschikbaarheid van gegevens nog slechter geworden. In de stukken van de PZEM kon men nog iets vinden over de kosten van de kerncentrale; in de stukken van EPZ vindt men nog minder. Ook de jaarverslagen van Pechiney waren zo opgesteld dat daaruit op geen enkele manier viel af te leiden hoeveel dit bedrijf voor de elektriciteit betaalde. Vanwege de geheimhouding van de prijs die aan Pechiney werd doorberekend, zijn vele gegevens niet beschikbaar.

Pechiney bestond uit 3 grote afdelingen; de elektrolyse-afdeling waar uit aluinaarde door het elektrolytisch proces aluminium werd gewonnen, een gieterij waarin het geproduceerde aluminium werd gegoten en een afdeling die anodes produceerde ten behoeve van de elektrolyse-ovens. In 2003 werd de Canadese multinational Alcan eigenaar van de aluminiumfabriek. De fabriek als geheel stopte eind 2011. De gieterij ging medio 2012 verder onder de naam Zalco (Zeeland Aluminium Company).¹⁶¹

2.3 1970-1973: Protest tegen de bouw

Er waren protesten tegen de bouw van de kerncentrale Borssele. De bouw startte namelijk in juli 1969 zonder dat de vergunningen waren afgegeven. Op 28 augustus 1970 schreef de Vereniging Milieuhygiëne Zeeland (VMZ) aan de minister van Economische Zaken een brief naar aanleiding van de ter-visie-legging van de aanvraag voor de vergunning voor de kerncentrale. De VMZ merkte daarin op dat de stukken onvolledig waren en dat de burger zich op deze wijze geen juist oordeel kon vormen over gevaar, schade of hinder die de kerncentrale met zich mee kon brengen.

Op 23 maart 1972, dus bijna drie jaar nadat de bouw was begonnen, kreeg de PZEM een vergunning voor de kerncentrale. Er doemde echter een aantal problemen op. Er werden haarscheuren ontdekt in het reactorvat en vanuit de Verenigde Staten waaide toenemende kritiek over op het noodkoelsysteem van de kerncentrale.¹⁶²

In november 1972 verscheen een bericht, dat de herziene versie van het veiligheidsrapport op het gemeentehuis van Borssele ter inzage lag. Het rapport was echter gedeeltelijk in het Duits. In reactie op de door de VMZ geuite bezwaren kwam als antwoord: “Iedere geïnteresseerde spreekt Duits.” Dit alles vergrootte de onrust onder de bevolking, met als gevolg dat zo’n 4000 bezwaarschriften werden ingediend.¹⁶³

Gedeputeerde Staten van Zeeland zagen in deze bezwaarschriften geen aanleiding om Borssele niet op te starten. Als reactie hield de Commissie Borssele ad hoc, samen met Milieudefensie, Actie Strohalm, de Politieke Partij Radikalen (PPR) en andere groepen een informatieweek van 6 tot 14 mei 1973. Het mocht allemaal niet baten. Op 19 juni 1973 verleende de toenmalige minister van Economische Zaken, Lubbers (CDA), samen met de minister van Volksgezondheid, Vorrink (PvdA), de vergunning om de kerncentrale in werking te stellen. Vanaf 4 juli 1973 leverde de kerncentrale stroom aan het koppelnet en de officiële start was op 25 oktober 1973.¹⁶⁴

2.4 1979: Protest laait op na ongeluk Amerikaanse kerncentrale Harrisburg

Het verzet tegen de kerncentrale verstomde tot januari 1976, toen het Landelijk Energie Komitee en het Energie Komitee Zeeland een demonstratie hielden, waaraan 400 mensen deelnamen. Een nieuwe golf van verontrusting ontstond echter in 1979, nadat op 28 maart een kernsmelting had plaatsgevonden bij de kerncentrale in Harrisburg. Op 7 april organiseerden genoemde organisaties een demonstratie waar 4000 mensen aan meededen.¹⁶⁵

Op 13 mei van dat jaar maakten het Energie Komitee Zeeland en de Atoom Alarmgroep Groningen het contract tussen de PZEM en het Franse Cogema bekend over de opwerking van gebruikte brandstofelementen uit de kerncentrale Borssele. Dit contract bevatte een aantal ingrijpende bepalingen voor verwerking en opslag van radioactief afval. Het parlement, dat tot dat moment van niets wist, moest de contracten echter wel goedkeuren vanwege de verplichting de restproducten van de opwerking terug te nemen.

De openbaarmaking van het contract zorgde voor veel publiciteit op radio en tv en in de kranten. De Tweede Kamer ging zich ermee bemoeien. De kwestie kwam tot 9 april 1981 (dus twee jaar lang) regelmatig in het nieuws. Naar aanleiding van de discussie over het opwerkingscontract werd een Kamermotie voor sluiting van de kerncentrales met een kleine meerderheid verworpen.¹⁶⁶

2.5 1979: Reactie PZEM

Als reactie op de ontstane verontrusting brachten Gedeputeerde Staten van Zeeland in nauw overleg met de PZEM een nota uit.¹⁶⁷ In deze nota werd gewezen op de financiële gevolgen van de sluiting van de kerncentrale Borssele. Dit was de eerste keer dat de kosten van sluiting in de discussie werden ingebracht. Het ging om bedragen van 60 tot 190 miljoen gulden per jaar. De Commissie Milieu van Provinciale Staten van Zeeland hield op 26 oktober 1979 een vergadering over deze nota, waarbij het vooral ging om het algemene energiebeleid en de opslag van kernafval. Deze vergadering vond plaats onder grote publieke belangstelling. Tijdens de vergadering werd opgemerkt dat het onduidelijk was hoe GS aan de kosten van sluiting was gekomen, waarop gedeputeerde Don stelde dat niet alle gegevens hierover naar buiten konden worden gebracht.¹⁶⁸

Als reactie hierop bracht het Energie Komitee Zeeland op 11 december 1979 het Zwartboek Kerncentrale Borssele uit, met een eigen kostenberekening. Daaruit bleek dat veel kosten van kernstroom niet doorberekend waren. Dit rapport werd breed verspreid.¹⁶⁹

2.6 1981-1983: De door de regering ingestelde commissie-Beek

De sluiting van de kerncentrales Dodewaard en Borssele werd een politiek item. Op 9 april 1981 steunden PvdA, D66, PPR, PSP en CPN een motie voor sluiting van de kerncentrales. Deze visie werd ook neergelegd in de verkiezingsprogramma's van deze politieke partijen. Op 11 september 1981 sloten PvdA, CDA en D66 een regeerakkoord waarin bepaald werd dat een commissie zich over de gevolgen van sluiting van de kerncentrales zou buigen. Dit werd ook vermeld in de regeringsverklaring van 16 november 1981.

Na veel geharrewar over de samenstelling van deze commissie stelde de toenmalige minister van Economische Zaken, Jan Terlouw, op 17 mei 1982 de commissie Bestaande Kerncentrales in onder voorzitterschap van prof. W. Beek in Delft.¹⁷⁰ Deze commissie presenteerde op 13 januari 1983 haar eindrapport, waarvan de belangrijkste conclusie luidde: onmiddellijke sluiting van de kerncentrales Dodewaard en Borssele kost 3,1 tot 5 miljard gulden.¹⁷¹

De Stuurgroep Maatschappelijke Discussie Energiebeleid (ook wel de Brede Maatschappelijke Discussie genoemd) onder voorzitterschap van M. de Brauw organiseerde over de vooronderstellingen van de commissie-Beek een bijeenkomst op 20 mei 1983. Daar bracht B. de Vries, destijds werkzaam bij de Universiteit Groningen, naar voren dat de direct berekenbare kosten van sluiting beperkt zouden blijven tot maximaal één miljard gulden. Het

verschil met het rapport van de commissie-Beek zat vooral in de veel lagere kosten van vervangende brandstof, terwijl vervanging van de kerncentrale door de veel goedkopere warmte-kracht-installaties door deze commissie werd weggelaten. Indien men bovendien nog de verborgen kosten van de splijtstofcyclus meenam, kwamen de kosten rond nul uit.¹⁷² De regering besloot echter dat de kerncentrales open moesten blijven.¹⁷³ De Tweede Kamer stemde op 19 oktober 1983 na een fel debat in meerderheid hiermee in.¹⁷⁴

In de jaren daarop bleek overduidelijk dat de commissie-Beek de kosten van sluiting overschat had. Een aantal provinciale en landelijke milieuorganisaties bracht op 20 maart 1987 een rapport uit dat gemaakt was met een rekenmodel van de Interfacultaire Vakgroep Energie en Milieu van de Rijksuniversiteit Groningen, getiteld "Kosten openhouden kerncentrales Dodewaard en Borssele". Uit dat rapport kwam naar voren dat sinds 1983 de kosten van stroom uit de kerncentrale Borssele met 50% gestegen waren, meer dan de commissie-Beek reëel achtte. Aan de andere kant waren de kosten van vervangende brandstof juist gedaald. Zo kostten kolen maar de helft van wat de commissie-Beek veronderstelde. Het rapport van de milieuorganisaties stelde daarom vast dat het financieel juist voordelig zou zijn de kerncentrales te sluiten: dat leverde 447 miljoen voordeel op in vergelijking met doorgaan met de kerncentrales.¹⁷⁵

In de publieke opinie was echter het idee ontstaan dat sluiting van de kerncentrales miljarden zou kosten. De kerncentrales leken gered.

2.7 1986-1990: Ongeluk Tsjernobyl en gevolgen voor Borssele

Na het ongeluk met de kerncentrale in Tsjernobyl van april 1986 besloot de regering een groot aantal studies over de veiligheid van kernenergie te laten uitvoeren. Zo werd het Internationaal Atoom Energie Agentschap in Wenen uitgenodigd voor een onderzoek naar de bedrijfsvoering van de kerncentrale Borssele. Het ging hier om het Operational Safety Review Team (OSART).

Het OSART-rapport kwam op 10 januari 1987 in het nieuws. Zo berichtte het Zeeuwse dagblad De Stem: "Merkbaar geschrokken van de kritiek van een internationaal onderzoeksteam op de kerncentrale Borssele gaat de PZEM een serie - prijzige - maatregelen nemen om de veiligheid in en om de centrale te vergroten." Het ging hierbij om betere beveiliging bij branden, de aanschaf van een extra regelpaneel en nog een hele reeks maatregelen.

Over het OSART-rapport vond op 29 januari 1987 een mondeling overleg plaats, gevolgd door een plenaire behandeling op 25 februari 1987.^{176 177 178} Tijdens dit debat diende de PvdA-woordvoerder Kees Zijlstra een motie in om de kerncentrale Borssele, die op dat moment buiten gebruik was wegens brandstofwisseling, niet eerder in bedrijf te nemen dan dat alle maatregelen die het OSART-team voorstelde, zouden zijn uitgevoerd.¹⁷⁹ Op 25 februari 1987 werd deze motie verworpen. Weliswaar stemden PvdA, D66, PSP en PPR voor, maar deze fracties vormden een minderheid.

De directie van de kerncentrale Borssele nam als antwoord op deze dreigingen een vlucht naar voren. In het Elektriciteitsplan van 1983 werd nog uitgegaan van sluiting van de kerncentrale Borssele in 1998.¹⁸⁰ De Samenwerkende Elektriciteits Productiebedrijven (SEP) stelden op 27 november 1986, dus kort na het ongeluk in Tsjernobyl, het Elektriciteitsplan 1987-1996 vast. Daarin werd uitgegaan van sluiting van de kerncentrale Borssele per eind 2003. CDA en VVD en de door deze partijen gesteunde regering keurden het Elektriciteitsplan 1987-1996 eind maart 1987 goed. Daarmee was de levensduurverlenging van Borssele een feit.

In de Provinciale Zeeuwse Courant (PZC) van 19 november 1987 zei het hoofd van de kerncentrale, ir. J. den Boer, dat na OSART een plan was opgesteld om tot zeker het jaar 2003 door te draaien. Daarvoor waren jaarlijks investeringen nodig van 20 tot 25 miljoen gulden. Den Boer was optimistisch gestemd over de toekomst van de centrale, liet hij de PZC weten.

Dit optimisme bleek terecht, ondanks het feit dat op 27 februari 1988 het Algemeen Dagblad opende met een vette kop: “Kerncentrales alarm”. Hierin beschreef de krant een studie van de Gesellschaft für Reaktorsicherheit in Duitsland naar de veiligheid van de Nederlandse kerncentrales.¹⁸¹ Voor Borssele zouden 15 maatregelen genomen moeten worden. Dit rapport werd op 14 maart 1988 aan de Tweede Kamer aangeboden.

Discussie daarover had echter geen gevolgen.

De volgende discussieronde over Borssele werd ingeleid door een brief aan de Tweede Kamer van de Bezinningsgroep Energiebeleid, die op 12 december 1990 in de Volkskrant stond.

Daarin schreef de Bezinningsgroep dat bij de Nederlandse kerncentrales in bepaalde situaties een zogeheten vermogensexcursie niet kon worden uitgesloten. Het ging hier om een forse toename van het aantal neutronen, gevolgd door een sprongsgewijze stijging van het aantal kernsplijtingen, waardoor de elektriciteitsproductie sterk toenam. Dat bleek uit verschillende studies. Het was juist deze snelle toename van het vermogen, de vermogensexcursie, die een belangrijke oorzaak was van het ongeluk met de kerncentrale in Tsjernobyl.

Als reactie op deze brief vond in de Tweede Kamer op 29 januari 1991 een mondeling overleg plaats, gevolgd door een plenair debat op 6 februari 1991.¹⁸² Tijdens dit debat pleitte de PvdA-woordvoerder, Jaap Jelle Feenstra, ervoor om de kerncentrales die op dat moment stillagen voor brandstofwisseling, niet meer in bedrijf te nemen, in afwachting van de resultaten van een veiligheidsonderzoek naar deze zogeheten reactiviteitsongevallen. De meerderheid van de Tweede Kamer wees dit echter af. Wederom werd sluiting van Borssele afgewend.

2.8 Kosten stroomopwekking Borssele tot 1993

Aan de hand van verschillende studies en de jaarverslagen en begrotingen over de diverse jaren van de PZEM bracht de Wetenschapswinkel voor Economie van de Rijksuniversiteit Groningen in 1992 het rapport ‘De kosten van kernenergie in Nederland’ uit.¹⁸³

In het rapport kwam naar voren dat de kosten van elektriciteitsopwekking van de kerncentrale Borssele in reële prijzen rond 70% waren gestegen. In prijzen van 1991 ging het om een ontwikkeling van 2,27 cent per kWh in 1973 naar 3,86 cent per kWh in 1988. Let wel, vanaf hier gebruiken we niet meer de centen van de gulden, maar gaat het om eurocenten.

Tabel 3

Kosten stroom KCB, kolen en gas

jaar	1988	1989	1990	1991	1992	1993
kosten KCB (mln.)	118	118	104	104	111	111
bedrijfstijd KCB (%)	74	86	72	69	75	83
kosten KCB (ct./kWh)	4,5	3,45	3,63	3,81	3,63	3,45
kosten kolen (ct./kWh)	2,95	3,18	2,72	2,95	2,95	2,95
kosten gas (ct./kWh)	3,63	3,81	3,63	3,54	3,54	3,54
kolen - KCB (mln.)	31,8	9,1	25,9	23,1	20,4	20,4
gas - KCB (mln.)	11,8	-12,2	0	7,3	2,7	-2,7

Tabel 3 maakt daarnaast gebruik van gegevens van het ministerie van Economische Zaken en van de SEP over de kosten van elektriciteitsopwekking van 1988 tot en met 1992.^{184 185} Met behulp hiervan, aangenomen dat de situatie in 1993 niet veranderd was, kunnen we uitrekenen hoeveel meer de stroom uit de KCB kostte dan die uit een gas- of kolencentrale.

Het resultaat is dat in de periode 1988 tot en met 1993 de stroom uit de kerncentrale Borssele 130 miljoen euro duurder was ten opzichte van kolen en 7 miljoen euro ten opzichte van aardgas.

2.9 1991-1994: Borssele langer in bedrijf houden

De SEP stelde op 24 oktober 1991 een investeringsplan vast voor de kerncentrale Borssele.¹⁸⁶ Er moest 325 à 400 miljoen gulden uitgegeven worden, omdat er “bij de kerncentrale Borssele maatregelen nodig zijn om een veiligheidsniveau te realiseren dat vergelijkbaar is met wat intussen in de praktijk haalbaar is gebleken in de nieuwste kerncentrales,” deelde de SEP mee. En voegde eraan toe: “Zonder deze maatregelen zal de kerncentrale vroeger buiten bedrijf moeten worden gesteld” en dat kostte 775 miljoen tot 1 miljard gulden. Naar in 1993 bleek, was de SEP samen met het elektriciteitsbedrijf EPZ, waarin de PZEM was opgegaan, al sinds 1989 bezig met een studie naar de maatregelen.¹⁸⁷ Op 16 juli 1992 werd al een contract afgesloten met reactorbouwer Siemens.

Over de te volgen procedure stelden Kamerleden tijdens het mondeling overleg van 20 oktober 1992 vragen over het Elektriciteitsplan 1993-2002.¹⁸⁸ De regering zegde toe eind 1992 informatie te geven. De gevraagde brief kwam pas op 7 mei 1993. Daaruit bleek dat de regering niet de snelle procedure wilde volgen die ze had gedaan bij de kerncentrale Dodewaard. Die snelle procedure had tot gevolg dat de vergunning van Dodewaard vernietigd werd. De langere procedure betekende volgens de toenmalige minister van Economische Zaken, Andriessen (CDA), dat wijzigingen niet - zoals de SEP wilde - in 1995 of 1996 aangebracht zouden worden maar pas in 1997. De oplapkosten waren intussen gestegen naar 450 miljoen gulden, schreef de minister.

Deze brief wekte bij het Elektriciteitsbedrijf Zuid-Holland (EZH) weerstand. NRC-Handelsblad schreef op 10 juni 1993: “EZH weigert bijdrage beveiliging Borssele” en “Stroomproducent EZH wil van kerncentrale af.”

Ondanks deze bezwaren startte intussen de procedure. In mei 1993 diende de Elektriciteits-Productie Maatschappij Zuid-Nederland (EPZ) de startnotitie in voor het “Project modificaties kernenergiecentrale Borssele”. Daarop begon het ministerie van Economische Zaken op 18 juni 1993 een inspraakronde. Milieuorganisaties als Natuur en Milieu reageerden hierop met een brief van 14 juli 1993, waarin ze de startnotitie van de hand wezen, onder andere omdat als meest milieuvriendelijk alternatief niet de sluiting van de kerncentrale genoemd werd. Ook was volgens deze organisaties doorgaan met de kerncentrale niet gerechtvaardigd vanwege de hoge kosten van elektriciteitsopwekking. Deze bezwaren werden door de Commissie voor de Milieu-Effectrapportage niet behandeld. De Commissie keurde de startnotitie goed.

De overheid nam het advies van de Commissie over. EPZ diende vervolgens op 20 december 1993 een vergunningaanvraag in. En in augustus 1994 beschikte de overheid dat de geplande wijzigingen konden doorgaan¹⁸⁹.

2.10 1994-1997: Bezwaren tegen langer openhouden

Greenpeace, Natuur en Milieu, Milieudefensie en de Zeeuwse Milieufederatie tekenden op 15 september 1994 bezwaar aan tegen de vergunning voor de modificatie van de kerncentrale. Deze organisaties stelden dat Borssele na modificatie nog steeds niet zou voldoen aan de veiligheidseisen die de Nederlandse regering stelde aan nieuwe kerncentrales. Ook schoot het bij de vergunning behorende milieueffectrapport ernstig tekort. Zo ontbrak een schatting van het aantal mensen dat in de jaren na een ongeluk met de kerncentrale zou overlijden aan stralingsziekten. Het rapport repte evenmin van de gevolgen van een ongeluk voor de drinkwatervoorziening of - via bodembesmetting - voor landbouw, recreatie en industrie. Ook wezen deze organisaties erop dat doorgaan met de kerncentrale een vergroting betekende van het onoplosbare probleem van het radioactieve afval. Daarom vroegen genoemde milieuorganisaties de Raad van State de vergunning te vernietigen.¹⁹⁰ De Raad van State ging hier echter niet in mee.

Het besluit van minister Andriessen van 7 mei 1993 voor een langere vergunningsprocedure betekende een vertraging van de aanpassing van de kerncentrale met twee jaar. Het Elektriciteitsbedrijf Zuid-Holland ging hier niet mee akkoord: men achtte een investering van 467 miljoen gulden in een centrale die volgens de planning in het jaar 2004 gesloten zou worden, niet verantwoord. Daarbij kwam nog de kostenstijging van 325 à 400 naar 467 miljoen gulden.

Daarop stelde de SEP voor de centrale drie jaar langer, dus tot 2007, open te houden. De vier aandeelhouders van de SEP stemden daarmee in. Ze stelden wel als voorwaarde dat het oplappen van de kerncentrale niet meer dan 467 miljoen gulden zou kosten, in 1997 gereed zou zijn en dat minister Andriessen akkoord zou gaan met verlenging van de levensduur tot 2007.¹⁹¹ Het was echter niet zeker of het bedrag van 467 miljoen gulden voldoende zou zijn. De verlenging van de levensduur werd opgenomen in het Elektriciteitsplan 1995-2004 dat de SEP op 24 maart 1994 vaststelde.¹⁹² Op 23 juni 1994 vond hierover een mondeling overleg plaats in de Tweede Kamer, waar van verschillende zijden vragen werden gesteld bij de economische kant van de modificatie van de kerncentrale Borssele.¹⁹³ Bij het daaropvolgende plenaire debat op 30 juni dienden Marijke Vos (Groen Links) en Dick Tommel (D66) een motie in. Daarin vroegen de Kamerleden de regering “de goedkeuring te onthouden aan het deel van het Elektriciteitsplan dat voorziet in de combinatie van renovatie en bijbehorende levensduurverlenging van de kerncentrale Borssele.”¹⁹⁴ ¹⁹⁵ De minister van Economische Zaken ad interim, Wim Kok, zegde toe dat het nieuwe kabinet met een nadere afweging zou komen over de levensduur in relatie tot de modificatie, en die afweging aan de Tweede Kamer ter beoordeling zou voorleggen.¹⁹⁶ Daarop besloten Vos en Tommel de motie aan te houden.¹⁹⁷ De Tweede Kamer had derhalve nog de mogelijkheid de modificatie af te keuren. De Tweede Kamer nam in december 1994 een motie aan om de kerncentrale eind 2003 te sluiten.¹⁹⁸ De overheid verleende in 1994 een vergunning voor de modernisering van de kerncentrale. Er werden 16 wijzigingen uitgevoerd. Zo werd een aanvullend reserve-koelwatersysteem geïnstalleerd en de capaciteit van de noodstroomvoorziening vergroot. De exploitant stelde: “Door de diverse systemen te verplaatsen naar gebouwen die tegen externe invloeden bestand zijn, kan de eenheid - volgens de nieuwe inzichten - ongelukken met vliegtuigen, gaswolkexplosies, een aardbeving, een overstroming of langdurige uitval van de koeling van de Westerschelde veilig doorstaan.” De werkzaamheden waren in 1997 gereed.¹⁹⁹ De kans op een kernsmelting werd berekend op $4,3 \times 10^{-6}$ /jaar (was $5,6 \times 10^{-5}$ /jaar).²⁰⁰ Redeneringen over kleine kansen op ongelukken betekenen: ook al is een kans klein, het is mogelijk dat een ramp van grote omvang morgen gebeurt. Dat werd genoemd als argument voor de sluiting van de kerncentrale Borssele.

2.11 2000: Weg open voor langere bedrijfsduur

Werknemers van de kerncentrale maakten bezwaar tegen beperking van de bedrijfstijd tot 2003. Ze kregen gelijk. In februari 2000 vernietigde de Raad van State de door de regering afgegeven vergunning. Daarmee was de oude vergunning, die geen einddatum noemde, weer van kracht. Demissionair minister Pronk van Milieu had een noodwet voorbereid om de kerncentrale toch te kunnen sluiten. Op 20 juni 2002 liet hij de Kamer echter weten die wet niet te zullen indienen.²⁰¹ Daarmee lag de weg open voor het in bedrijf houden van Borssele tot 2007 of later: de eigenaar van Borssele noemde het jaar 2013.²⁰² Het regeerakkoord van 16 mei 2003 noemde sluiting “wanneer de technische ontwerplevensduur (ultimo 2013) geëindigd is.”²⁰³

In maart 2004 bleek dat ambtenaren van de ministeries van Economische Zaken (EZ) en Milieu (VROM) de kerncentrale een helpende hand hadden toegestoken.²⁰⁴ Uit toen openbaar geworden stukken kwam naar voren dat de ambtenaren de uitvoering van de motie voor sluiting niet wilden uitvoeren. Bij VROM wilde men de kerncentrale langer openhouden

vanwege de bestrijding van het broeikas-effect. Ook wist men op de ministeries dat de juridische basis voor sluiting die de overheid gebruikt had, zwak was. Maar men veranderde daar niets aan. De ambtenaren van EZ kwamen in 1998 met de Raad van State overeen dat de behandeling van de procedure over Borssele met enkele maanden uitgesteld zou worden. EZ gebruikte als argument dat door het nieuwe kabinet de sluiting wellicht teruggedraaid zou worden. Echter, het kabinet Kok-2 dat toen net gevormd werd, gaf geen enkele aanleiding om te denken dat men Borssele zou willen openhouden. De minister van EZ, Brinkhorst (D66), herhaalde in maart 2004 dat het regeerakkoord van Kok-2 geen aandacht besteedde aan sluiting van Borssele. Daaruit kon volgens Brinkhorst afgeleid worden dat er ruimte was voor een “eventuele beleidswijziging.”

2.12 2006-2015 Nieuwe modernisering en open tot eind 2033

De kerncentrale Borssele kreeg vanaf 2006 een vermogen dat 30 Megawatt hoger lag dan daarvoor (480 MW). Eigenaar EPZ en Siemens Nederland ondertekenden daarover begin februari 2005 een contract. Siemens zou voor 43 miljoen euro zowel de hoge- als de lagedrukturbines vervangen.²⁰⁵

In 2006 werd ook het ‘Borssele Convenant’ afgesloten. De regering stemde in met een bedrijfsduur van de kerncentrale Borssele tot eind 2033, mits de kerncentrale zou behoren tot de 25% meest veilige kerncentrales van een vergelijkbaar type in Europa, de VS en Canada. Op 30 september 2013 publiceerde minister Kamp van Economische Zaken daarover een rapport van de Commissie Benchmark, die “op basis van betrouwbaarheid” toegang kreeg tot de “prestatie-indicatoren” van de betreffende kerncentrales en vaststelde dat Borssele voldeed aan alle eisen.²⁰⁶

Toch waren nieuwe veiligheidsmaatregelen nodig, bleek in 2016. EPZ vroeg een nieuwe vergunning aan voor de kerncentrale Borssele, omdat in 2016 en 2017 elf maatregelen genomen moesten worden “gericht op het verbeteren van de nucleaire veiligheid.” De noodstroomvoorzieningen kregen daarbij een belangrijke rol. Er moest een extra accu komen op het noodstroomnet, evenals twee extra aansluitpunten voor een mobiele dieselgenerator. Ook kregen de dieselgeneratoren een groter vermogen met eigen onafhankelijke koelsystemen en een verbeterde aansturing. In 2015 bleek dat accu’s sneller verouderen dan werd verwacht.²⁰⁷

2.13 Oktober 2016: Kosten Borssele voor Zeeland of heel Nederland?

“Overheidssteun voor de noodlijdende kerncentrale Borssele brengt grote financiële risico’s met zich mee,” bleek op 4 oktober 2016 uit een analyse van Spring Associates in opdracht van Greenpeace en WISE. Alleen bij een verdubbeling van de stroomprijzen over de aankomende tien jaar zouden de benodigde investeringen lonend zijn. Bij gelijke of dalende energieprijzen konden de verliezen oplopen tot een half miljard euro. Overheidssteun voor kernenergie is weggegooid geld, stelden Greenpeace en WISE. “Het is niet te verkopen dat gewone burgers moeten betalen voor het risico op kernrampen en extra kernafval.”

Het rapport werd uitgebracht omdat DELTA de aandeelhouders (provincie Zeeland en een aantal gemeenten) en de Rijksoverheid had gevraagd om financiële steun om de verwachte operationele verliezen van de komende jaren te kunnen opvangen. De economische situatie van de kerncentrale was zo slecht dat DELTA naar eigen zeggen zonder verkoop van gezonde bedrijfsonderdelen niet aan zijn verplichtingen kon voldoen. Ook bij sluiting was er een financieel probleem, omdat er niet genoeg geld was voor de ontmanteling van de centrale. Er was een tekort van circa 250 miljoen euro. Uit de analyse van Spring Associates kwam insluiting, waarbij de centrale op dat moment gesloten werd maar pas na enkele decennia ontmanteld, als financieel de meest veilige optie naar voren. Op deze manier liepen de

operationele verliezen niet verder op en kon het ontmantelingsfonds nog deels aangroeien, waardoor het tekort zou kunnen worden beperkt tot 100 miljoen euro.^{208 209}

Op 5 oktober 2016 verscheen een rapport van Ronald Berger in opdracht van de regering. In dit rapport komt de term ‘tollingovereenkomst’ herhaaldelijk voor. Dit is een overeenkomst waarbij de eerste partij bijvoorbeeld een grondstof aanlevert en de andere partij een eindproduct (zoals elektriciteit) levert aan de eerste partij.

Een citaat uit het rapport: “Belangrijk voor de huidige en toekomstige liquiditeitspositie van de tollingovereenkomst met EPZ is de ontwikkeling van de elektriciteitsprijs. De gemiddelde elektriciteitsprijs over de afgelopen 15 jaar bedroeg 45 euro per megawattuur. De elektriciteitsprijs in juli 2016 van 33 euro per megawattuur was lager. (...) Als gevolg van deze lage elektriciteitsprijs lijdt DELTA verlies op het 70%-belang in EPZ (omdat DELTA aan EPZ een kostprijs-plus-vergoeding betaalt die hoger is dan de huidige marktprijs). Op basis van de meest recente marktprojecties (...) verwacht DELTA dat deze situatie zal voortduren tot 2021 en vanaf 2021 zal verbeteren. Het Rijk wordt (daarom) gevraagd een bijdrage te leveren in de vorm van een staatsgarantie op een commerciële kredietfaciliteit van 600 miljoen euro.”²¹⁰

Minister Kamp van Economische Zaken zei hierover op 22 december 2016 dat Zeeland tussen 2006 en 2015 440 miljoen euro ontvangen had van DELTA: “Toen is nooit door Zeeland gezegd dat het een landelijk probleem of een nationaal belang was en dat een deel van het geld dat eruit werd gehaald, naar het Rijk gebracht moest worden, of dat zij het zelf niet aankon. Daar was geen sprake van. Op het moment dat er verliezen zijn, is het een nationaal probleem, lijkt het. Ik denk dat dit niet zo is.”²¹¹

2.14 2018 en 2019: Miljoenenverlies Borssele blijft

Energiebedrijf PZEM verwachtte in 2018 een verlies van 70 miljoen euro te lijden. Het verlies werd vooral geleden op de kerncentrale en de gasgestookte Sloecentrale. In 2016 maakte de PZEM dankzij een meevaller nog een papieren winst van 57,5 miljoen euro. Zonder die meevaller zou het bedrijf 28,5 miljoen euro in de min zijn gedoken. In 2018 viel het verlies van 70 miljoen euro een stuk groter uit.²¹²

In 2019 leed de PZEM opnieuw verlies op de kerncentrale Borssele. De PZEM, voor 70% eigenaar van de kerncentrale-exploitant EPZ, moest opnieuw geld toeleggen op de kerncentrale. Dat kwam door de tollingovereenkomst met EPZ, die de PZEM verplicht voor de stroom van Borssele meer te betalen dan de marktprijs.²¹³

2.15 2020: Langer open of vervroegd sluiten?

EPZ heeft op verzoek van de provincie Zeeland op 9 maart 2020 gesteld dat het wenselijk is dat de kerncentrale langer openblijft. In de brief staat: “EPZ richt zich op een duurzame bijdrage aan een CO₂-vrije energieproductie. We zijn van mening dat alle CO₂-vrije bronnen (waaronder kernenergie) maximaal dienen te worden ontwikkeld en ingezet om ook na 2030 de regionale en nationale doelstellingen te kunnen realiseren.”²¹⁴ EPZ gaf aan positief te staan tegenover de verlenging, mits de rijksoverheid meewerkt.

WISE en Laka daarentegen betoogden op 2 april 2020 dat een vervroegde sluiting van de kerncentrale Borssele eerder in beeld komt dan een extra verlenging. Dit schreven ze in een brief aan Provinciale Staten van Zeeland. “Het oplappen van een vijftig jaar oude, verlieslijdende kerncentrale is onverstandig en onnodig,” aldus WISE en Laka. Zij adviseerden de provincie Zeeland om niet nog meer geld voor Borssele uit te geven maar te investeren in zonne- en windenergie.²¹⁵

Het is overigens onjuist dat kernenergie een CO₂-vrije energiebron zou zijn.²¹⁶

2.16 14 september 2020: garantie nodig voor verlenging levensduur

Op 14 september 2020 stuurde minister Wiebes een brief aan de Tweede Kamer met als bijlage de visie van EPZ op de verlenging van de levensduur van de kerncentrale Borssele. EPZ schreef daarin: “De huidige kostprijs van de in de kerncentrale geproduceerde elektriciteit beweegt zich (in prijspeil 2020) tussen de 43 en 48 euro per MWh. Bij deze kostprijs is een investeringsvolume van 15-25 miljoen euro per jaar inbegrepen. De verwachting is dat bij een verlenging van de bedrijfsduur onder gelijkblijvende wet- en regelgeving deze kostprijs exclusief extra benodigde investeringen binnen dezelfde bandbreedte zal blijven. (...) De actuele marktprijzen zijn gemiddeld genomen lager dan de hiervoor genoemde kostprijs. (...) Hierdoor blijft (...) een financieel risico bestaan. (...) Een oplossing (zou, H.D.) kunnen liggen in het maken van afspraken met de overheid hoe we deze onzekerheden kunnen mitigeren.”²¹⁷ Ter informatie: 43 euro per MWh is hetzelfde als 4,3 cent per kilowattuur.

Kortom, er was een overheidsgarantie nodig om de kerncentrale langer dan 2033 in bedrijf te kunnen houden.

2.17 16 oktober 2020: verlies Borssele voor overheden 28-47 miljoen euro

WISE wees bij een vergadering van Provinciale Staten van Zeeland nogmaals op het verlies dat de kerncentrale Borssele oplevert.²¹⁸ De beursprijs van elektriciteit was het afgelopen jaar bijna altijd lager dan de kostprijs van Borssele van gemiddeld 4,5 cent per kWh. De exacte beursprijs is niet tot op de tiende cent nauwkeurig te bepalen, maar lag in 2019 gemiddeld iets lager dan 3,5 cent per kWh.²¹⁹ De kerncentrale produceerde 3,7 miljard kWh in 2019.²²⁰ Een rekensom leert dat het verlies in die periode zo’n 40 miljoen euro bedroeg.

Energy Resources Holding (ERH) is voor 30% en de PZEM voor 70% eigenaar van de kerncentrale. Een aantal Zeeuwse, Noord-Brabantse en Zuid-Hollandse gemeenten en de provincies Zeeland, Noord-Brabant en Zuid-Holland zijn de aandeelhouders van de PZEM. Het verlies voor deze overheden zou dan 28 miljoen euro bedragen.

Een andere benaderingswijze gaat uit van het feit dat ERH in 2019 een verlies leed van 20 miljoen euro.²²¹ De energie die ERH gebruikt, komt van de kerncentrale Borssele. Dat zou duiden op een verlies van de PZEM van zo’n 47 miljoen euro. Het totale verlies van Borssele zou dan 67 miljoen euro bedragen.

2.18 2021: Extra levensduurverlenging vraagt om aanpassing Kernenergiewet

In 2021 gingen stemmen op om de levensduur van de kerncentrale te verlengen tot na 2033.

Het bureau KPMG stelde hierover in een adviesrapport dat op 7 juli 2021 verscheen:

“De Nederlandse overheid en eigenaar EPZ hebben afgesproken dat de kerncentrale in Borssele uiterlijk eind 2033 sluit. (...) Na 31 december 2033 mag in de kerncentrale Borssele geen kernenergie meer worden vrijgemaakt. Dat is vastgelegd in de Kernenergiewet. Dit betekent dat, voor het in bedrijf houden van de centrale na 2033, de Kernenergiewet aangepast zal moeten worden.”²²²

2.19 2021: Veiligheidsaanpassingen kosten 200 tot ruim 400 miljoen euro

Volgens het rapport van KPMG zou Borssele een veiligheidsevaluatie moeten ondergaan om de levensduur te kunnen verlengen tot na 2033. De Kernenergiewet moest aangepast worden, evenals de huidige vergunning: “Voor bedrijfsvoering na 2033 moet het onderliggende veiligheidsrapport worden geactualiseerd. In het veiligheidsrapport moet de vergunninghouder aantonen dat de kerncentrale aan de technische veiligheidseisen kan voldoen.” Dit “kan hoge investeringskosten met zich meebrengen, onder meer vanwege benodigde (veiligheids)aanpassingen.” Volgens KPMG kwam dit voor Borssele neer op 199 tot 439 miljoen euro, waarvan 106 tot 233 miljoen euro voor systeem- en veiligheidsaanpassingen.²²³

2.20 Juni 2022: Langer in bedrijf dan 2034

Minister Jetten van Klimaat en Energie liet weten: “De kerncentrale van Borssele blijft langer open. Het kabinet ziet nog meer mogelijkheden voor kernenergie in aanvulling op zon, wind en geothermie, zoals voor de productie van waterstof. Dit najaar zal een onderzoek naar de rol van kernenergie in de toekomstige energiemix in Nederland na 2030 naar de Tweede Kamer worden gestuurd.”²²⁴

2.21 Juli/oktober 2022: winst kerncentrale ten koste bewoners en bedrijven

Rond de zomer en de herfst van 2022 was de marktwaarde van de elektriciteit die de kerncentrale Borssele dagelijks produceerde, meer dan tien keer zoveel als enkele jaren geleden. De prijs van elektriciteit was een paar jaar geleden op zijn laagst 3 cent per kilowattuur. In juli 2022 was de prijs 35 cent per kilowattuur. De elektriciteit die de kerncentrale Borssele dagelijks produceerde, was daardoor veel meer waard geworden. EPZ wilde dat deze enorme winst werd gebruikt voor de bouw van nieuwe kerncentrales in Zeeland.²²⁵

De fracties van PvdA en GroenLinks waren het daar niet mee eens. Ze wezen erop dat die hoge prijs wordt betaald door de inwoners en de bedrijven in Zeeland: “Tegelijkertijd staat door de hoge energieprijzen het water veel mensen, maatschappelijke organisaties en kleine ondernemers aan de lippen.”²²⁶

2.22 Bedrijfsduurverlenging brug naar nieuwe kerncentrales

EPZ “is verheugd met de voortvarende stappen” die minister Jetten zet om de bouw van twee nieuwe kerncentrales in Borssele mogelijk te maken. Volgens EPZ is “de verlengde bedrijfsvoering met de huidige kerncentrale een brug naar de ingebruikname van twee nieuwe kerncentrales in Borssele.”²²⁷

2.23 19 september 2023: miljoenen voor Zeeland, niet voor de burgers.

“Vanuit het Klimaatfonds is in de periode 2023-2028 in totaal ruim 218 miljoen euro beschikbaar gesteld,” schreef minister Jetten van EZK op 19 september 2023: “Voor een veilige en doelmatige bedrijfsduurverlenging Borssele zijn aanvullende onderzoeken nodig in de periode 2023-2025, specifiek naar de veroudering, aandeelhouderstructuur en bedrijfseconomische haalbaarheid.” En: “Door de nieuwe ambities op het gebied van kernenergie kent de Rijksoverheid verhoogde uitvoeringslasten. Hiervoor worden middelen toegekend. Ook worden middelen toegekend in de vorm van een werkbudget voor de provincie Zeeland en de gemeente Borssele voor de ambities rondom de bedrijfsduurverlenging van Borssele en het nieuwbouwtraject.”²²⁸

Hoofdstuk 3

Kerncentrale Borssele, jodiumpillen, evacuatie en rampenplannen

Dat de regering jodiumtabletten uitdeelt en rampenplannen heeft, laat zien dat we terdege rekening moeten houden met een ernstig kernongeval. Het gaat hier om een gebied tot op 100 kilometer van een kerncentrale. Maar hetzij is kernenergie veilig en dan zijn jodiumtabletten niet nodig, of kernenergie is onveilig en dan moeten de kerncentrales dicht. Jodiumtabletten uitdelen betekent dat de regering en de veiligheidsregio's aanvaarden dat kernenergie onveilig is. Deze tabletten hebben hooguit zin zolang de kerncentrales nog in bedrijf zijn, maar mogen niet gebruikt worden als argument zijn om door te gaan met kernenergie. Jodiumtabletten geven schijnveiligheid.

3.1 Jodiumtabletten als hulp in nood bij kernongevallen

Tussen 2010 en 2015 zijn in de directe omgeving van kerninstallaties in de veiligheidsregio's Zeeland, Midden- en West-Brabant en Twente jodiumtabletten uitgedeeld, stelde minister Van Ark van Medische Zorg op 7 juni 2021: "Deze verspreiding is toen regionaal gecoördineerd. De houdbaarheid van deze tabletten verstrijkt in september 2021 en daarom dienen deze vervangen te worden."²²⁹ In totaal ging het om ongeveer 80.000 adressen die nieuwe jodiumtabletten zouden ontvangen.²³⁰

De regering verzond daarnaast vanaf 10 oktober 2017 jodiumtabletten per post aan 1,2 miljoen huishoudens met 3 miljoen mensen.²³¹ "Of u daarbij hoorde kwam u te weten door uw adres in te vullen op een door de regering beschikbaar gestelde kaart."²³² Hierover zei minister Schippers van Volksgezondheid: "Zo heeft de juiste doelgroep de jodiumtabletten altijd en direct bij de hand. Zo is Nederland nog beter voorbereid op een mogelijk kernongeval."²³³ Echter, zwangere vrouwen en nieuwe inwoners in het gebied met jonge kinderen werden niet structureel geïnformeerd om jodiumtabletten zelf in huis te halen.²³⁴

Het is de bedoeling dat mensen die innemen, voordat bij een ongeval met een kerncentrale een radioactieve wolk overtrekt. Het is niet de bedoeling om de tabletten meteen na ontvangst in te nemen en het gaat ook niet over radioactiviteit die vrijkomt bij een kernbom.

Die tabletten helpen niet tegen de rest van de radioactieve cocktail die vrijkomt. Er zijn ook risico's verbonden aan het innemen van jodiumtabletten zoals allergie en stoornissen aan de schildklierfunctie.

Dat de regering tabletten uitdeelt, laat zien dat we terdege rekening moeten houden met een ernstig kernongeval. Daar komt bij dat verzekeringsmaatschappijen weigeren de schade te dekken die mensen kunnen oplopen door een ongeluk met een kerncentrale. Blijkbaar vinden deze maatschappijen kernenergie een te groot risico en te onveilig.

3.2 Jodiumtabletten geven onrust

De verspreiding van de jodiumtabletten zou eigenlijk in september 2017 beginnen, maar dat ging de veiligheidsregio's wat te snel. Ze maakten zich zorgen over het ontbreken van goede voorlichting aan de bevolking rond de verstrekking van de tabletten: "Wij voorzien dat door het ontbreken van een publiek begrijpbare context, er grote onrust gaat ontstaan bij de distributie van jodiumtabletten. De veiligheid van kerncentrales zal wederom ter discussie komen en de onrust die er in sommige regio's hierover is, zal worden versterkt."²³⁵

In het Responsplan Nationaal crisisplan stralingsincidenten van minister Schultz van Haegen van Infrastructuur en Milieu van 18 april 2017 staat: "De overheid geeft het tijdstip aan waarop het jodium ingenomen dient te worden. Ook tot enige uren na blootstelling aan radioactief jodium heeft het innemen van een tablet met niet-radioactief jodium nog effect. (...) Deze maatregel voor de lokale bevolking wordt over het algemeen gecombineerd met de maatregel schuilen. Bij de distributie van jodiumtabletten binnen het getroffen gebied ten tijde van een stralingsongeval dient men rekening te houden met de beperkingen door overige maatregelen (zoals wegblokkades en schuilen)."²³⁶

3.3 Waarom jodiumtabletten innemen?

Minister Schippers van Volksgezondheid schreef op 11 maart 2016 het volgende: “Bij een nucleair incident kan een radioactieve wolk vrijkomen waar vaak ook radioactief jodium in zit. Dit type jodium kan zich ophopen in de schildklier. Dat verhoogt de kans op het krijgen van schildklierkanker. Jodiumtabletten bieden hiertegen bescherming. De tabletten bieden geen bescherming tegen andere radioactieve stoffen die bij een incident vrijkomen. (...) De schildklier van mensen boven de veertig is minder gevoelig voor radioactief jodium. De kans op het ontwikkelen van schildklierkanker door inname van radioactief jodium neemt dus af naarmate mensen ouder worden. Bovendien nemen met die leeftijd de risico's van het innemen van jodiumtabletten (allergie, schildklierfunctiestoornissen) ook toe. (...) De tabletten zijn bedoeld om in te nemen op het moment dat een nucleair incident plaatsvindt. De overheid adviseert u hierbij. Luister daarvoor naar de officiële communicatie van de overheid via de radio en televisie”²³⁷

3.4 Huis-aan-huisdistributie

Minister Schippers van Volksgezondheid schreef op 21 april 2017 dat in september 2017 een huis-aan-huisdistributie zou plaatsvinden aan de betreffende doelgroepen: “In de eerste ringen rondom de kerncentrales Borssele, Doel en Emsland zijn de jodiumtabletten grotendeels al gedistribueerd. In een aantal gemeenten in Zeeland en Midden-West-Brabant waar dat nog niet is gebeurd, krijgen mensen tot en met 40 jaar de jodiumtabletten per post thuisgestuurd. In de tweede ringen rondom de kerncentrales Borssele, Doel, Tihange en Emsland en de onderzoeksreactor Delft krijgen alle gezinnen met kinderen tot 18 jaar jodiumtabletten thuisgestuurd. Rondom de onderzoeksreactor in Petten heeft al predistributie plaatsgevonden. In totaal gaat het om ongeveer 1,4 miljoen huishoudens die allemaal in een en dezelfde week de jodiumtabletten thuis ontvangen. (...) De jodiumtabletten zijn na de predistributie verkrijgbaar bij apotheken en drogisterijen. Zwangere vrouwen kunnen daar jodiumtabletten kopen. Ook andere mensen die niet in de doelgroep vallen, maar wel jodiumtabletten willen aanschaffen, krijgen zo de mogelijkheid om jodiumtabletten in huis te halen.”^{238 239}

3.5 Omvangrijker gebied getroffen

In september 2013 deelde minister Kamp van Economische Zaken mee dat Nederland bij kernongevallen dezelfde maatregelen zou nemen als in Duitsland al het geval was. Hij noemde dat harmonisatie, maar het komt erop neer dat door een kernongeval een omvangrijker gebied getroffen kan worden dan eerder aangenomen (zie tabel 4).²⁴⁰ Waarom dat zo is, legde de minister niet uit.

Tabel 4

Maatregelen na een kernongeval, afstanden in kilometers

<i>Beschermingsmaatregel</i>	<i>HFR-Petten</i>	Borssele	Lingen	Tihange	Doel
Evacuatie	3	10	10	10	10
Schuilen	3	10	10	10	10
I-predistributie		20	25	20	20
I-distributieplan	3	100	100	100	100

Bron: <https://zoek.officiëlebezoekingen.nl/kst-32645-60.html>

Op 2 juli 2014 maakte minister Kamp de plannen concreet. De ring rond een kerncentrale waarvoor maatregelen golden, werd ongeveer twee keer zo groot als tot dan toe. Bij een kernongeval met de kerncentrales Borssele, Doel, Tihange of Lingen moest tot op 10

kilometer geëvacueerd worden, waarbij de 5 kilometer het dichtst bij de kerncentrale de voorrang kreeg. Tot op 20 kilometer moest iedereen jodiumtabletten innemen. De tabletten werden ook gestuurd aan mensen tot en met 40 jaar die binnen 0 tot 20 kilometer van een kernreactor woonden.²⁴¹ Kinderen tot 18 jaar en zwangere vrouwen moesten tot op 100 kilometer jodiumtabletten slikken.²⁴²

De veiligheidsregio Groningen stelde hierover: “Kinderen tot 18 jaar hebben de meeste kans op het krijgen van schildklierkanker door de opname van radioactief jodium via de schildklier. Daarom krijgen alle kinderen tot 18 jaar jodiumtabletten als zij tot 100 kilometer afstand van een kerncentrale wonen.” En zwangere vrouwen “kunnen de tabletten (...) kopen bij apotheek en/of drogist. De adviesprijs voor de tabletten is € 2,95.”²⁴³

In de praktijk ging het om meer dan 100 kilometer (zie figuur 2). Volgens een woordvoerder van het ministerie van VWS werd ervoor gekozen om alle postcodes van een gemeente waar de cirkel doorheen loopt, te voorzien van jodiumtabletten: “Met het doel te voorkomen dat een in straat binnen dezelfde gemeente de ene kant wel iets krijgt maar de overkant bijvoorbeeld niet. Met andere woorden, we houden ons, in plaats van de strakke lijn van de cirkel, aan de postcodegebieden.”²⁴⁴ Overigens kwamen de in de tabel genoemde afstanden in grote lijnen overeen met een rapport van het RIVM dat op 10 september 2021 verscheen.²⁴⁵ Of deze visie van de Veiligheidsregio klopt, is de vraag. Immers, uit een op 26 juni 2019 verschenen Zwitserse studie volgt dat 16,6 tot 24 miljoen Europeanen getroffen kunnen worden door een zeer ernstig ongeval met een kerncentrale. Dat kan tussen 20.000 en 50.000 gevallen van kanker tot gevolg hebben, afhankelijk van de kerncentrale waar het om gaat.²⁴⁶

3.6 Is 100 kilometer wel genoeg?

Over het ongeluk met de kerncentrale Tsjernobyl (in de buurt van Kiev in Oekraïne) weten we dat de radioactieve besmetting neerkwam in onder meer Zweden, Nederland, Duitsland, Engeland, Zwitserland, Italië en Turkije. In 36 uur legde de wolk de 1200 kilometer van Tsjernobyl naar Zweden af.²⁴⁷ Waarom de regering gekozen heeft voor het uitdelen van jodiumtabletten tot op 100 kilometer van een kerncentrale, is onbekend.

Figuur 2 Straal rond kerncentrales waar maatregelen gepland zijn

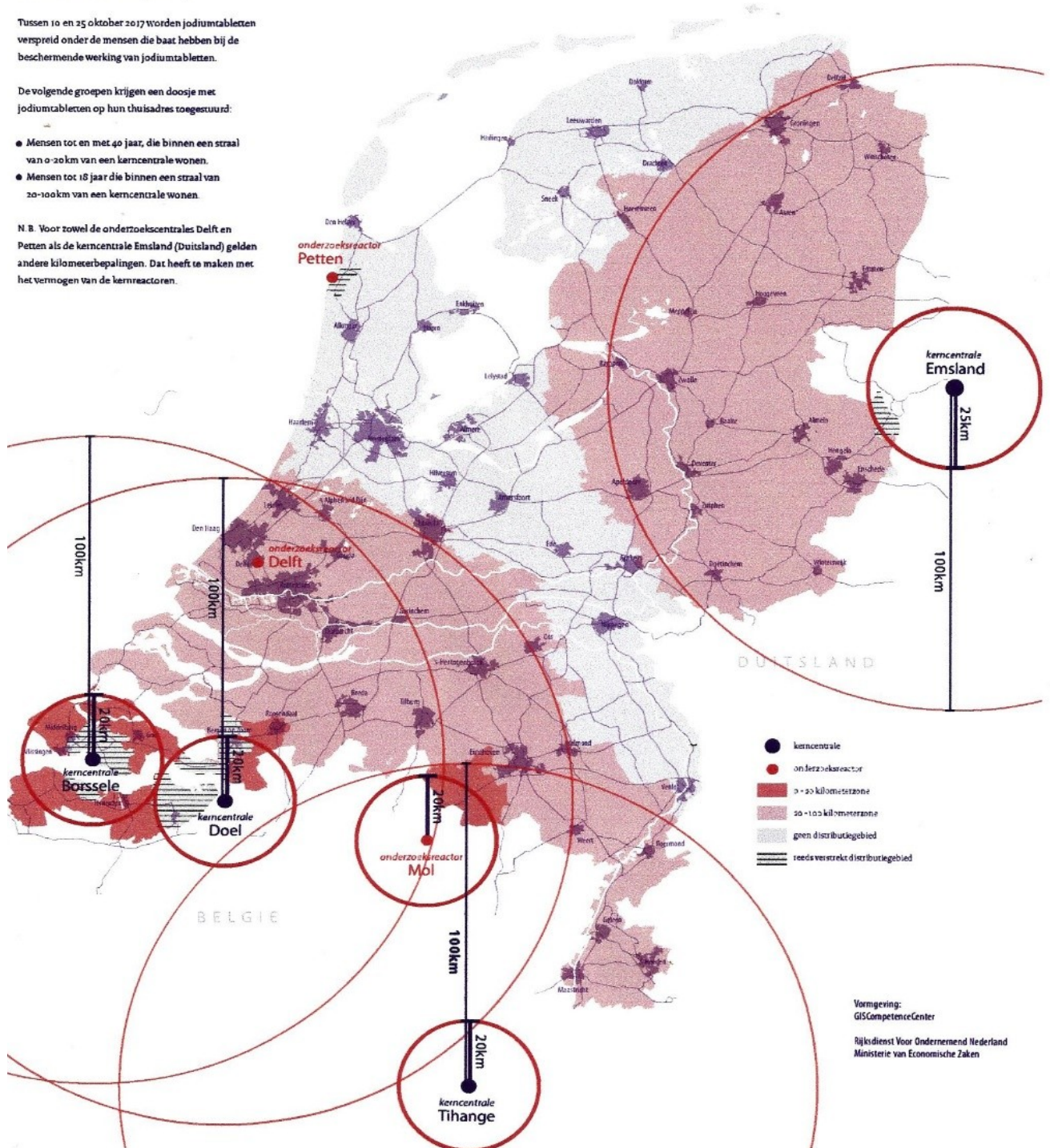
Distributiegebieden jodiumtabletten (op basis van postcodegrenzen)

Tussen 10 en 25 oktober 2017 worden jodiumtabletten verspreid onder de mensen die baat hebben bij de beschermende werking van jodiumtabletten.

De volgende groepen krijgen een doosje met jodiumtabletten op hun thuisadres toegestuurd:

- Mensen tot en met 40 jaar, die binnen een straal van 0-20 km van een kerncentrale wonen.
- Mensen tot 18 jaar die binnen een straal van 20-100 km van een kerncentrale wonen.

N.B. Voor zowel de onderzoekscentrales Delft en Petten als de kerncentrale Emsland (Duitsland) gelden andere kilometerbepalingen. Dat heeft te maken met het vermogen van de kernreactoren.



Bron: <https://ez.maps.arcgis.com/apps/Minimalist/index.html?appid=8e5d97c8faaa49948fe57eccd439e822> .

3.7 Evacuatie en schuilen na kernongeval

In het Responsplan Nationaal crisisplan stralingsincidenten dat minister Schultz van Haegen van Infrastructuur en Milieu op 18 april 2017 publiceerde, legde ze uit wat ze bedoelde met evacuatie en schuilen. Hier volgen de citaten uit dit crisisplan.

“Evacuatie is een effectieve maatregel als de evacuatie op een gecoördineerde wijze uitgevoerd en bij voorkeur voltooid kan worden vóórdat een mogelijke lozing van radioactieve stoffen plaatsvindt. Als de lozing van korte duur zal zijn of als het evacuatieproces niet tijdig kan worden afgerond waardoor de bevolking (onbeschermd) blootgesteld kan worden aan ioniserende straling, kan de maatregel schuilen effectiever zijn. De beslissing om te schuilen of te evacueren is afhankelijk van de situatie, de te verwachten op te lopen dosis, de verwachte duur van de lozing en het tijdsverloop van de evacuatie. Hierbij dient rekening gehouden te worden met het feit dat de tijdsduur van een mogelijke lozing moeilijk te voorspellen is. Ook de haalbaarheid van verantwoorde evacuatie moet worden meegewogen, om onbedoelde gezondheidsschade door ongelukken en paniek zoveel mogelijk te beperken. (...) Schuilen is een belangrijke maatregel tegen inhalatie van radioactieve stoffen en blootstelling aan externe straling na een lozing. Afhankelijk van het type gebouw beperkt schuilen de dosis met 50% (dit is een gemiddelde waarde) en de effectiviteit neemt af met het verloop van de tijd. Na een bepaalde tijd is de blootstelling binnenshuis door het binnendringen van de (besmette) buitenlucht niet veel minder dan buitenshuis. Enige tijd nadat een radioactieve wolk is gepasseerd, kan de blootstelling binnenshuis zelfs groter zijn dan buiten. Na het overtrekken van de wolk dienen de ramen en deuren dan ook weer geopend te worden om te voorkomen dat binnen de blootstelling hoger is dan buiten. Verder moet na het overtrekken van de wolk worden nagegaan of verdere beschermende maatregelen nodig zijn.”²⁴⁸

De vraag is dan hoe de bevolking weet dat de radioactieve wolk is overgetrokken. Toen in 1986 de radioactieve wolk van Tsjernobyl via Groningen in Nederland aankwam, was het zonnig weer. Geen vuiltje aan de lucht, leek het. De radioactieve wolk was niet groen of geel maar kleurloos en reukloos.

Net over de grens bij Emmen ligt bij Lingen de kerncentrale Emsland. De Veiligheidsregio Twente, Drenthe en IJsselland bracht eind 2012 het ‘Rampbestrijdingsplan Kernkrachtwerk Emsland’ uit. Over het doel van de voorlichting bij een ramp lezen we: “Het attenderen van de bevolking van het bedreigde gebied op een acuut ontstane dreiging of feitelijke rampsituatie met als doel zodanige gedragsveranderingen teweeg te brengen dat materiële en immateriële schade zoveel mogelijk wordt beperkt.” Het “uitgangspunt is dat de bevolking bestaat uit mondige en weldenkende burgers.” Daarbij zou de informatie worden verstrekt “die tot doel heeft om schade voor en door groepen in de samenleving te beperken. Handelingperspectief bieden, richting geven aan gedrag. Maar ook aangeven waar men terecht kan voor meer informatie.”²⁴⁹

De Veiligheidsregio Groningen, het samenwerkingsverband van de hulpdiensten, gaf de volgende adviezen bij een kernongeval: “Kom je van buiten, doe je kleding dan in een aparte vuilniszak (de gevaarlijke stoffen zijn mogelijk in je kleren getrokken). Spoel jezelf daarna goed af. Laat andere mensen en huisdieren zich ook eerst afspoelen wanneer zij van buiten komen. Raak hen tot ze zijn afgespoeld niet aan. Drink geen kraanwater of regenwater (ook hier kunnen gevaarlijke stoffen in terecht zijn gekomen). Bedek alle etenswaren om te voorkomen dat er stof op komt. Schil fruit en groente voor het eten of maak het goed schoon. Haal geen bladgroenten en fruit uit de tuin.”^{250 251}

3.8 Rampenplannen kerncentrales

De overheden gaan uit van een mogelijke ramp met de kerncentrale. Daarvoor is een rampenplan gemaakt. Als men ervan overtuigd zou zijn dat er nooit wat zou kunnen gebeuren, zou een dergelijk plan overbodig zijn.

Op 21 februari 1990 verscheen het rampenplan voor Borssele.²⁵² Het rampenplan werd gemaakt op basis van een ongeval waarbij 3% van het in de reactor kern aanwezige jodium

vrijkwam. Maar bij Tsjernobyl kwam 30% vrij, terwijl bij de Duitse kerncentrale Biblis een ongeluk met een lozing van 50% jodium werd beschreven (deze reactor is net als Borssele door Siemens gebouwd, maar kwam 4 jaar later in bedrijf).²⁵³

Volgens het rampenplan moeten mensen tot op 10 kilometer van de kerncentrale jodiumtabletten innemen en tot op 20 kilometer binnenblijven en schuilen; dit is “de meest effectieve bescherming” mits men naar binnen gaat voor de radioactieve wolk overtrekt en men na het overtrekken van de wolk weer “sterk ventileert.”

Opmerkelijk is de volgende passage: “De bevolking zal teneinde de inwendige besmetting te beperken gebruik kunnen maken van eenvoudige hulpmiddelen als stofmaskers, natte doeken, etc. om mond en neusgaten te bedekken. Daarnaast is ter beperking van uitwendige besmetting goed zittende, gladde kleding, etc. aan te bevelen. (...) Distributie van beschermende middelen onder de bevolking, bijvoorbeeld maskers of dosis-registrerende apparatuur, wordt niet overwogen.” Er komt een graasverbod voor “een groot deel van Nederland en in Zeeland komt een oogst-, slacht- en beregeningsverbod.”

De overheid heeft al opvangcentra aangewezen voor de te evacueren mensen, namelijk legerplaatsen bij Ossendrecht, Woensdrecht, Breda en Gilze. Hoe de mensen geëvacueerd moeten worden, is de vraag. Volgens het rampenplan is de trein “een uitermate geschikt middel om snel grote bevolkingsgroepen te evacueren” maar doet zich het probleem voor dat “de te evacueren personen eerst naar het station Goes moeten worden vervoerd.”

De overheid heeft een plan voor leerlingen van scholen: “De lessen dienen beëindigd te worden zodat gezinshereniging zo snel mogelijk plaats kan vinden. Voor kinderen wier ouders niet thuis zijn, dient opvang geregeld te worden. Vervoer van die (kleine) groep zal per bus geschieden.” Ongeveer 1% van de bevolking bestaat uit “bedlegerigen en invaliden die met een ambulance vervoerd dienen te worden.” De overheid heeft het vervoer van deze groep administratief geregeld: “De verblijfplaatsen zijn bekend bij de Kruisverenigingen en direct aldaar opvraagbaar.”

Het in februari 1991 verschenen rampenplan voor de intussen gesloten kerncentrale Dodewaard leek veel op dat van de kerncentrale Borssele, alleen is het thema ‘ontsmetting’ verder uitgewerkt.²⁵⁴ We nemen aan dat dit ook geldt voor Borssele. Enkele passages om de sfeer van het deel (rapport 5B) over ontsmetting van de geëvacueerde personen weer te geven. Deze personen komen in een speciale ontsmettingsruimte: “Als huid en hoofdhaar beide besmet blijken te zijn, dient eerst het hoofdhaar en dan pas de huid te worden ontsmet om verspreiding van de besmetting tegen te gaan. Als men het haar zelf wast dienen de handen van tevoren met een zacht borsteltje en vloeibare zeep geboend te zijn. Het haar wordt ontsmet door gedurende een minuut te shamponeren en vervolgens goed uit te spoelen. (...) Na de ontsmetting van het hoofdhaar (bij lang haar het haar opsteken) gaat men over tot ontsmetting van de huid. De besmette lichaamsdelen dienen als volgt met warm water te worden gewassen: gedurende een minuut goed inzepen en boenen met een zachte borstel. (...) Als blijkt dat na het wassen met water en zeep nog een aanzienlijke besmetting resteert, kan deze onder begeleiding behandeld worden met een verdunde (5%) chloorbleekloog-oplossing. Men dient hierbij uit te kijken voor de ogen.” (p. 24 en 25) Ook adviseerde de overheid nog om deze handelingen drie keer te herhalen. “Voor ouden van dagen en hulpbehoevenden die dit niet zelf kunnen doen is hulp beschikbaar.” (p. 30) Hoe de overheid dit wil organiseren, lezen we niet.

De overheid heeft ook gedacht aan besmette huisdieren. Deze mogen niet in de ontsmettingsruimten toegelaten worden en “de eigenaar (van het huisdier, H.D.) dient voor de ontsmetting van het huisdier zorg te dragen, voordat hij of zij zelf ontsmet wordt.” (p. 44) Maar dieren die moeilijk te ontsmetten zijn met shampoo of met water zoals vogels “dienen in een asiel achtergelaten te worden. Het knippen van de vacht dient niet grootschalig toegepast

te worden, maar kan eventueel in noodgevallen als uiterste redmiddel toegepast worden.” (p. 44)

Voor al deze manieren van ontsmetting zijn uitgebreide meetmethoden, hulpmiddelen en personeel nodig, terwijl de bevolking van tevoren goed moet weten hoe men moet handelen, zo concluderen we. Wil dit werken, zo kunnen we stellen, dan is veel voorbereiding en oefening nodig. Maar een daadwerkelijke ramp is nooit met de bevolking geoefend.

3.9 Cocktail radioactieve stoffen na kernongeval

In een publicatie uit 1987 van de ingenieursvereniging KIVI staat een lijst van 21 radioactieve stoffen die vrijgekomen zijn na het ongeluk met de Tsjernobyl-kerncentrale in 1986. Zo is van de radioactieve stof jodium-131 20%, van cesium-137 13%, van strontium-90 4% en van plutonium-239 3% vrijgekomen (zie tabel 5).²⁵⁵ Het ging daarbij niet om vele kilo's. Een berekening aan de hand van rapporten van het Nucleair Energie Agentschap (NEA) laat zien dat slechts 50 kilo langdurig gevaarlijke stoffen verspreid werd.²⁵⁶

Sommige stoffen verliezen heel snel hun radioactiviteit, bij andere duurt dat honderdduizenden jaren. Van belang is in dit verband het begrip halfwaardetijd. Dat is de tijd waarin de radioactiviteit gehalveerd wordt. Na tien keer de halfwaardetijd is de radioactiviteit bijna verdwenen. De halfwaardetijd van jodium-131 is acht dagen. Bij cesium-137 en strontium-90 gaat het om dertig jaar, bij plutonium-239 om 24.400 jaar.

Hoe geringer de halfwaardetijd, hoe intensiever de straling in die periode. Daarom legt de regering de nadruk op jodiumtabletten. Maar met name door het cesium en strontium is rond Tsjernobyl een gebied met een straal van 30 kilometer voor 300 jaar onbewoonbaar. Gebieden tot op 200 kilometer zijn gedurende enkele generaties onbewoonbaar.²⁵⁷ Ook dichterbij Nederland, in de Duitse deelstaat Beieren, zijn de gevolgen van Tsjernobyl nu, 37 jaar later, nog steeds merkbaar. De overheidsorganisatie Bundesamt für Strahlenschutz stelde in september 2021 en 2023 dat sommige soorten paddenstoelen in delen van Beieren nog steeds sterk belast zijn met het radioactieve cesium-137.^{258 259} De langetermijngevolgen komen daarom niet zozeer van jodium als van andere radioactieve stoffen. Jodiumtabletten slikken helpt daar niet tegen.

Tabel 5

Tabel 4.4
Inhoud van de kern van Tsjernobyl en fractie van geloosde radionucliden,

element	halfwaardetijd (d)	kerninhoud (Bq) ¹	geloosde fractie (%)
Kr-85	3930	$3,3 \times 10^{16}$	100
Xe-133	5,27	$1,7 \times 10^{18}$	100
I-131	8,05	$1,3 \times 10^{18}$	20
Te-132	3,25	$3,2 \times 10^{17}$	15
Cs-134	750	$1,9 \times 10^{17}$	10
Cs-137	$1,1 \times 10^4$	$2,9 \times 10^{17}$	13
Mo-99	2,8	$4,8 \times 10^{18}$	2,3
Zr-95	65,5	$4,4 \times 10^{18}$	3,2
Ru-103	39,5	$4,1 \times 10^{18}$	2,9
Ru-106	368	$2,0 \times 10^{18}$	2,9
Ba-140	12,8	$2,9 \times 10^{18}$	5,6
Ce-141	32,5	$4,4 \times 10^{18}$	2,3
Ce-144	284	$3,2 \times 10^{18}$	2,8
Sr-89	53	$2,0 \times 10^{18}$	4,0
Sr-90	$1,02 \times 10^4$	$2,0 \times 10^{17}$	4,0
Np-239	2,35	$1,4 \times 10^{17}$	3
Pu-238	$3,15 \times 10^4$	$1,0 \times 10^{15}$	3
Pu-239	$8,9 \times 10^6$	$8,5 \times 10^{14}$	3
Pu-240	$2,4 \times 10^6$	$1,2 \times 10^{15}$	3
Pu-241	4800	$1,7 \times 10^{17}$	3
Cm-242	164	$2,6 \times 10^{16}$	3

¹ Verval gecorrigeerd voor 1986-05-06 and berekend op de door de Sovjet-russische experts voorgeschreven wijze.

Eindnoten

- ¹ Directie Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij, Kernenergiecentrale Borssele, voorjaar 1983, p 21.
- ² <https://www.kernvisie.com/actueel/nieuws/borssele-is-straks-vijftig-en-had-in-2022-een-uitmuntend-jaar.html>, januari 2023.
- ³ <https://www.epz.nl/kcb50jaar/>,
- ⁴ <https://www.pzc.nl/borsele/foutje-epz-honderden-genodigden-jubileumfeest-moeten-portokosten-betalen~a1ceb643/>, 4 oktober 2023.
- ⁵ <https://www.epz.nl/app/uploads/2021/02/LTO-bedrijfsduurverlenging.pdf>, jaartal waarschijnlijk 2013.
- ⁶ www.nu.nl, 15 februari 2005.
- ⁷ <http://epz.nl/kernenergie>.
- ⁸ <http://kernenergiein nederland.nl/node/745>.
- ⁹ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/vergunningen/2012/10/24/inspraak-verlenging-bedrijfsduur-kerncentrale-borssele.html>, 20 maart 2013.
- ¹⁰ <https://fd.nl/economie-politiek/1335399/knmi-kernenergie-nodig-om-klimaatdoelen-te-halen>, 21 februari 2020.
- ¹¹ <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/borssele-directeur-carlo-wolters-met-alleen-wind-en-zon-halen-we-klimaatdoelen-niet~b4afa286/>, 27 januari 2020.
- ¹² https://www.laka.org/bijlagen/2020/04/epz_geeft_openheid_over_langer_openhouden_kerncentrale_borssele.pdf, 9 maart 2020.
- ¹³ <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/verslagen/detail?id=2016D51314&did=2016D51314>, 22 december 2016.
- ¹⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2020/09/14/levensduurverlenging-kerncentrale>, 14 september 2020.
- ¹⁵ Bijlage bij <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2021/07/07/aanbieding-rapport-marktconsultatie-kernenergie>, 7 juli 2021.
- ¹⁶ <https://www.klimaatkoord.nl/actueel/nieuws/2022/06/02/hoofdpijnen-klimaatbeleid-voor-elektriciteit>, 2 juni 2022.
- ¹⁷ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stert-2023-15014.html>, 30 mei 2023.
- ¹⁸ <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83140NED/table?ts=1577089989459>, 15 juni 2023.
- ¹⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/opwekking-kernenergie#anker-1-kernenergie-bij-mix-aan-schone-energiebronnen>.
- ²⁰ <http://laka.org/info/publicaties/anderen/2015-07-KCB-storingen.pdf>, 13 juli 2015.
- ²¹ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele>.
- ²² <https://stroomnaardetoeekomst.nl/web/2023/03/20/vestigingsplaatsen-kerncentrales-en-kernafval/>, 20 maart 2023, pagina 23.
- ²³ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele>, september 2023.
- ²⁴ Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding, Implementatie Kernenergiecentrale Borssele; Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21015. nr. 7.
- ²⁵¹⁰ G.E. van Maanen, Pleidooi voor verbetering van de rechtspositie van slachtoffers van kernongevallen", lezing op het NVMP-symposium 'Wat leert Tsjernobyl ons?' op 13 september 1986 in Amsterdam, in verkorte versie afgedrukt in: Nederlands Juristenblad, 29 november 1986, pp. 1342-1345. De citaten in dit artikel komen uit deze lezing.
- ²⁶ https://www.oecd-nea.org/law/nlparis_conv.html; <https://www.oecd-nea.org/law/paris-convention-protocol.html>.
- ²⁷ www.nu.nl, 15 februari 2005.
- ²⁸ <https://www.epz.nl/app/uploads/2021/02/LTO-bedrijfsduurverlenging.pdf>, jaartal waarschijnlijk 2013.
- ²⁹ <https://www.epz.nl/actueel/100-positieve-energie/>, 7 juli 2023.
- ³⁰ <https://www.worldnuclearreport.org/-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2019-.html>, 27 september 2019.
- ³¹ <https://www.worldnuclearreport.org/>, februari 2020.
- ³² <https://www.dnwg.nl/het-bedrijf/nieuws-en-publicaties/nieuwsarchief/bericht:delta-netwerkgroep-verder-als-onderdeel-stedin-groep.htm>, 31 maart 2017.
- ³³ <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/verslagen/detail?id=2016D51314&did=2016D51314>, 22 december 2016.
- ³⁴ <https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/kerncentrale-borssele-epz>.
- ³⁵ <http://www.erhbnv.nl/>.
- ³⁶ <https://www.pzem.nl/over-pzem/corporate/jaarcijfers>, Jaarbericht 2019.
- ³⁷ <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/14992853/naam-pzem-verdwijnt-deel-van-bedrijf-komt-in-tsjechische-handen>, 27 september 2023.
- ³⁸ <https://www.pzem.nl/nl/nieuws-en-marktinformatie/persbericht-pzem-energy-company-verder-als-onderdeel-van-ep-netherlands/>, 25 januari 2023.
- ³⁹ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19731231-ongelukken.pdf>.
- ⁴⁰ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19741231-ongelukken.pdf>.
- ⁴¹ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19751231-ongelukken.pdf>.
- ⁴² <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19761231-ongelukken.pdf>.
- ⁴³ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19771231-ongelukken.pdf>.
- ⁴⁴ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19781231-ongelukken.pdf>.
- ⁴⁵ <http://www.kernenergiein nederland.nl/node/152>.
- ⁴⁶ http://www.kernenergiein nederland.nl/faceted_search/results/taxonomy%3A211.212%2C134.
- ⁴⁷ <http://www.kernenergiein nederland.nl/files/19791223-vn.pdf>, 8 oktober 1982.

- ⁴⁸ Tweede Kamer, 16226, nr 10.
- ⁴⁹ Tweede Kamer, 17100, XV, nr 55.
- ⁵⁰ Tweede Kamer, 17600, XV, nr 121.
- ⁵¹ Tweede Kamer, 16226, nr. 5.
- ⁵² Tweede Kamer, 16226, nr 6.
- ⁵³ Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief DGA/KFD/86/7287, 11 juli 1986.
- ⁵⁴ Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief DGA/KFD/87/10660/GrJ, 4 augustus 1987.
- ⁵⁵ Tweede Kamer, 16226, nr. 8.
- ⁵⁶ Tweede Kamer, 16226, nr 9.
- ⁵⁷ Tweede Kamer, 16226, nr. 10.
- ⁵⁸ Tweede Kamer, 16226, nr. 11.
- ⁵⁹ Tweede Kamer, 16226, nr. 13.
- ⁶⁰ Tweede Kamer, 16226, nr. 14.
- ⁶¹ VGB Kraftwerkstechnik 74 (1994), Heft 4, p 303; Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief SZW/KFD/94/0080/RoA, 10 oktober 1994.
- ⁶² atomwirtschaft, oktober 1994, p 657.
- ⁶³ Ministerie VROM, DGM/SVS/97110075.
- ⁶⁴ Ministerie SZW, RT98-347.256.
- ⁶⁵ Ministerie van SZW, RT99-224.256.
- ⁶⁶ Inspectie Milieuhygiëne, RT00-240.256.
- ⁶⁷ Inspectie Milieuhygiëne, RT01-170.256.
- ⁶⁸ Inspectie VROM, RT02-415.256.
- ⁶⁹ Ministerie VROM, 23 september 2003, RT03-308.256.
- ⁷⁰ Ministerie VROM, september 2004, RT04-200.256.
- ⁷¹ Inspectie VROM RT05-120.256
- ⁷² Inspectie VROM, RT06-025.256
- ⁷³ Inspectie VROM, RT07-135.256
- ⁷⁴ Ministerie van VROM, Storingsrapportage 2007, Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire installaties in 2007.
- ⁷⁵ Ministerie van VROM, Storingsrapportage 2007, Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire installaties in 2007.
- ⁷⁶ http://www.vrominspectie.nl/Images/VI-2010-14%20Rapportage%20nucleaire%20inrichtingen%202009_tcm293-287519.pdf, 30 augustus 2010.
- ⁷⁷ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2011/11/14/storingsrapportage-2010.html>, 14 november 2011, p 7 en 11.
- ⁷⁸ <http://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ez/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/02/27/rapportage-van-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2011.html>, 27 februari 2013.
- ⁷⁹ <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/09/09/rapportage-van-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-instellingen-in-2012/rapportage-van-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-instellingen-in-2012.pdf>, 30 september 2013.
- ⁸⁰ http://www.ilent.nl/onderwerpen/leefomgeving/nucleaire-veiligheid/ongewone_gebeurtenissen_2013/kerncentrale_borssele_kcb/index.aspx.
- ⁸¹ <http://epz.nl/actueel/kerncentrale-uit-bedrijf-na-schade-generatorkoelers>, 19 september 2013.
- ⁸² <http://epz.nl/actueel/update-defecte-generatorkoelers-kerncentrale>, 9 oktober 2013.
- ⁸³ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2015/06/30/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2014.html>, 29 juni 2015.
- ⁸⁴ <https://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2016/06/29/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2015>, 29 juni 2016.
- ⁸⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/04/18/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2016>, 18 april 2017.
- ⁸⁶ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele>
- ⁸⁷ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele>.
- ⁸⁸ <https://epz.nl/actueel/update-automatische-afschakeling-kerncentrale-borssele>, 5 augustus 2018.
- ⁸⁹ <https://epz.nl/actueel/update-automatische-afschakeling-kcb>, 7 augustus 2018.
- ⁹⁰ <https://epz.nl/actueel/update-automatische-afschakeling-kcb-1>, 17 augustus 2018.
- ⁹¹ <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/107835/Opstarten-kerncentrale-op-zijn-vroegst-in-oktober>, 27 augustus 2018.
- ⁹² <https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/rapporten/2019/06/03/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2018>, 3 juni 2019.
- ⁹³ <https://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2020/06/29/nucleaire-inrichtingen-meldden-11-ongewone-gebeurtenissen-in-2019>, 29 juni 2020.
- ⁹⁴ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/nieuws/2021/07/01/nucleaire-installaties-meldden-13-ongewone-gebeurtenissen-in-2020>, 1 juli 2021.
- ⁹⁵ <https://www.epz.nl/actueel/meldingen-aan-de-overheid/>, 15 juli 2021.

- ⁹⁶ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele#timeline-minor-event-143051767819380141>, 27 juni 2021.
- ⁹⁷ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele#timeline-minor-event-1430516832133510205>, 20 april 2022.
- ⁹⁸ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele>, september 2023.
- ⁹⁹ <https://www.kernvisie.com/actueel/nieuws/borssele-is-straks-vijftig-en-had-in-2022-een-uitmuntend-jaar.html>, januari 2023.
- ¹⁰⁰ <http://epz.nl/over-epz/bedrijfhistorie/historie-kerncentrale>.
- ¹⁰¹ <http://epz.nl/actueel/onderhoudsstop-kerncentrale-borssele-ervroegd>, 12 mei 2015.
- ¹⁰² http://www.onjo.nl/Item.2569.0.html?no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=41568, 25 maart 2011.
- ¹⁰³ <http://epz.nl/sites/default/files/files/20160405%20Toelichting%20verbeteringen-vergunning.pdf>, 6 april 2016.
- ¹⁰⁴ https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2016Z10010&did=2016D20711, 23 mei 2016.
- ¹⁰⁵ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2011/04/19/antwoord-op-vragen-over-het-bericht-dat-de-kerncentrale-van-borssele-meermaals-ontsnapt-zou-zijn-aan-een-ramp.html>, 19 april 2011.
- ¹⁰⁶ <http://epz.nl/sites/default/files/files/20160405%20Toelichting%20verbeteringen-vergunning.pdf>, 6 april 2016.
- ¹⁰⁷ <http://epz.nl/actueel/epz-voert-veiligheidsverbeterende-maatregelen-door>, 6 april 2016.
- ¹⁰⁸ <http://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2016/04/07/ontwerp-revisievergunning-epz>, 6 april 2016.
- ¹⁰⁹ <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/report/2016/klimaat%20en%20energie/Handhavingsverzoek%20Borssele%20noodstroomvoorziening.pdf>.
- ¹¹⁰ https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2016Z10010&did=2016D20711, 23 mei 2016.
- ¹¹¹ <http://sites.utexas.edu/prp-mox-2018/downloads/>, oktober 2018.
- ¹¹² Tweede Kamer, vergaderjaar 1985-1986, 19200 Hoofdstuk XIII, nr. 25, 5 november 1985, p 30.
- ¹¹³ Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, Aanhangsel nr 545, antwoorden Minister EZ, Andriessen op vragen Feenstra en Zijlstra, 1 mei 1991.
- ¹¹⁴ <http://www.aveva.com/EN/news-10671/aveva-wins-contract-to-dismantle-the-vessel-internals-of-the-superphenix-reactor.html>, 1 december 2015.
- ¹¹⁵ Mededeling van Gedeputeerde Staten van Zeeland, 18 mei 1979.
- ¹¹⁶ Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 20999, nr 1, 18 januari 1989, p3.
- ¹¹⁷ <https://publicaties.ecn.nl/ECN-C--97-031>
- ¹¹⁸ <https://www.orano.group/en/news/local-news/actualites-la-hague/2019/novembre/arrival-of-the-19th-transport-of-used-nuclear-fuel-from-the-netherlands-to-orano-la-hague-plant-for-recycling>, 20 november 2019.
- ¹¹⁹ <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/fuel-recycling/mixed-oxide-fuel-mox.aspx>, 2020.
- ¹²⁰ <https://epz.nl/themas/kernenergie/de-herkomst-van-epzs-splijtstof>,
- ¹²¹ Nuclear Energy Agency van OECD, Plutonium Fuel, Parijs, 1989, p 37.
- ¹²² Idem. p 70
- ¹²³ Idem, p 99.
- ¹²⁴ K. Abrahams e.a., Transmutatie van kernafval, Statusrapport programma recyclage van actiniden en splijtingsprodukten (RAS), juli 1993, p 67. Dit rapport verscheen op 15 november 1993 als bijlage bij het Dossier kernenergie.
- ¹²⁵ <https://www.nrc.nl/nieuws/2021/11/26/na-duizenden-jaren-is-het-kernafval-uitgestraald-wat-doen-we-al-die-tijd-a4066949>, 26 november 2021.
- ¹²⁶ <https://www.pzc.nl/wetenschap/wachten-op-een-kerncentrale-die-bijna-geen-afval-oplevert~a6593c25/>, 16 september 2023.
- ¹²⁷ www.ladocumentationfrancaise.fr/2Fvar%2Fstorage%2Frapports-publics%2F054000069.pdf&usg=AOvVaw12ig8eXy52XWuv7Xsr6bdK, 25 januari 2015.
- ¹²⁸ https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1411_web.pdf, 2009.
- ¹²⁹ <https://www.wise-uranium.org/erepu.html>, 10 september 2018.
- ¹³⁰ <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Urenco-to-enrich-reprocessed-uranium>, 5 juli 2018.
- ¹³¹ <https://www.epz.nl/actueel/100-positieve-energie/>, 7 juli 2023.
- ¹³² <https://www.epz.nl/app/uploads/2022/07/EPZ-jaarverslag-2021-1.pdf>, 14 juli 2022.
- ¹³³ Voor gedetailleerde uitleg van de noodzaak tot ontmanteling door zogeheten geïnduceerde radioactiviteit zie: <https://www.wisenerland.nl/sites/default/files/images/Ontmantelen%20Borssele-december2014-januari2015.pdf>, 11 december 2014.
- ¹³⁴ Begroting PZEM 1980-1981; W.A. Hafkamp en G.A. Reuten (red), “Rekenen op kernenergie”, Leiden, 1981, p 89.
- ¹³⁵ <https://www.kernenergiein nederland.nl/node/254>, bijlage 4A, pp 17 tm. 21.
- ¹³⁶ <http://www.kernenergiein nederland.nl/node/528>.
- ¹³⁷ <https://www.fluxenergie.nl/sloop-kerncentrale-borssele-2033-zal-ruim-e-100-mln-duurder-worden/>, 21 december 2016.

- ¹³⁸ https://www.facebook.com/permalink.php?id=448310218625516&story_fbid=516119158511288,
- ¹³⁹ <http://www.pzc.nl/regio/zeeuws-nieuws/sloop-borssele-kost-600-miljoen-euro-1.6762953>, 20 december 2016; <http://www.laka.org/nieuws/2016/kosten-ontmanteling-borssele-stijgen-naar-600-miljoen-6098>, 20 december 2016.
- ¹⁴⁰ <https://epz.nl/themas/ontmanteling/ontmanteling-kerncentrale-borssele>.
- ¹⁴¹ <https://www.epz.nl/actueel/100-positieve-energie/>, 7 juli 2023.
- ¹⁴² <https://www.epz.nl/app/uploads/2022/07/EPZ-jaarverslag-2021-1.pdf>, 14 juli 2022.
- ¹⁴³ <https://www.wisenederland.nl/sites/default/files/images/Ontmantelen%20Borssele-december2014-januari2015.pdf>, 11 december 2014; <https://www.laka.org/nieuws/2014/notitie-heeft-delta-genoeg-geld-voor-borssele-3196>, 12 december 2014.
- ¹⁴⁴ <https://wisenederland.nl/er-genoeg-geld-voor-sloop-borssele-deel-3>, 25 februari 2015.
- ¹⁴⁵ <http://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/detail?id=2015Z24784&did=2015D50212>, 17 december 2015.
- ¹⁴⁶ http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/pp/compliance/C2014-104/Correspondence_with_Party_concerned/frPartyC104_16.03.2017_reply_to_questions, 16 maart 2017.
- ¹⁴⁷ <http://www.omroepzeeland.nl/nieuws/2016-12-20/1072411/kerncentrale-borssele-moet-plaats-maken-voor-groene-weide-video#.WFO-0uQzV1s>, 20 december 2016.
- ¹⁴⁸ Instituut voor Maatschappelijk Gericht Onderzoek, De Splijter en de Smelter, Middelburg, 26 juni 1981, bijlage 1.
- ¹⁴⁹ Commissie Borssele ad hoc, "Hoe stevig zit dit deksel op de radioactieve kookpan van Borssele?", 10 november 1973.
- ¹⁵⁰ Directie N.V. Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij, Kernenergiecentrale Borssele, voorjaar 1983, p 21.
- ¹⁵¹ Energie Komitee Zeeland, Zwartboek Kerncentrale Borssele, Middelburg, 11 december 1979, p 6.
- ¹⁵² Directie N.V. Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij, Kernenergiecentrale Borssele, voorjaar 1983.
- ¹⁵³ C. Uitham e.a., Kernenergie in Nederland, Groningen, 1977, p 30 en 31; H. Ramaer, De dans om het nucleaire kalf, 1975, p 82.
- ¹⁵⁴ A. Lagaaij en G. Verbong, "Kerntechniek in Nederland 1945-1974", Den Haag, 1998, pp. 86-92.
- ¹⁵⁵ C.D. Andriess, "De republiek der kernegeleerden", Bergen, 2000, p. 101.
- ¹⁵⁶ N.J. Koenders, De lasten en baten van de elektriciteits- voorziening in Nederland, waarin opgenomen de historische kosten van kernenergie, Energie Studie Centrum, Petten, mei 1981, ESC-8.
- ¹⁵⁷ J.G. Kim, Wirtschaftlichkeitsanalyse der in der Bundesrepublik Deutschland gebauten Kernkraftwerke und Vergleich mit Steinkohlenkraftwerken, Essen, februari 1991, p 50.
- ¹⁵⁸ J.G. Kim, Wirtschaftlichkeitsanalyse der in der Bundesrepublik Deutschland gebauten Kernkraftwerke und Vergleich mit Steinkohlenkraftwerken, Essen, februari 1991, p 14.
- ¹⁵⁹ Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, Aanhangsel 700, 3 augustus 1994.
- ¹⁶⁰ Instituut voor Maatschappelijk Gericht Onderzoek, De Splijter en de Smelter, Middelburg, 26 juni 1981, bijlage 1.
- ¹⁶¹ <https://encyclopedievanzeeland.nl/Pechiney> ; <https://zalco.nl/>
- ¹⁶² Commissie Borssele ad hoc, p 1.8.
- ¹⁶³ Commissie Borssele ad hoc, p 1.8.
- ¹⁶⁴ Directie Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij, Kernenergiecentrale Borssele, voorjaar 1983, p 21.
- ¹⁶⁵ <https://www.nationaalarchief.nl/onderzoeken/fotocollectie/acc7b910-d0b4-102d-bcf8-003048976d84>
- ¹⁶⁶ Voor een uitgebreide beschrijving van de gang van zaken zie: Herman Damveld, Opwerkingscontracten of op weg naar de atoomstaat, Tijdschrift Ekologie, nr 15, jaargang 1981, p 32-66.
- ¹⁶⁷ Gedeputeerde Staten van Zeeland, Nota inzake verschillende aspecten van de kernenergiecentrales te Borssele en Doel, statenstuk I-425, 22 augustus 1979, ondertekend door gedeputeerde W. Don.
- ¹⁶⁸ Verslag Commissie Milieubeheer Provinciale Staten Zeeland van 26 oktober, 1979, p 1.
- ¹⁶⁹ <https://www.kernenergieinnederland.nl/node/183>, 15 december 1979.
- ¹⁷⁰ Staatscourant 17 mei 1982.
- ¹⁷¹ Commissie Bestaande Kerncentrales, 12 januari 1983.
- ¹⁷² Stuurgroep Maatschappelijke discussie Energiebeleid, Analytisch verslag van de zitting gewijd aan de vooronderstellingen en uitgangspunten gehanteerd door de commissie Bestaande Kerncentrales, Den Haag, juni 1983; D. Dijk en B. de Vries, Borssele en Dodewaard: openhouden of sluiten?, Tijdschrift voor Politieke Economie, 7e jaargang nr. 2, p. 131-138, december 1983.
- ¹⁷³ Tweede Kamer, 17740 en 17600-XIII, nrs 79, 131 en 138.
- ¹⁷⁴ Handelingen Tweede Kamer, 19 oktober 1983, p 562-591.
- ¹⁷⁵ <https://www.kernenergieinnederland.nl/files/19870401-magazine.pdf>, april 1987.
- ¹⁷⁶ Stuurgroep Project Herbezinning Kernenergie, OSART-rapporten inclusief post-OSART-werkplan kerncentrale Borssele, rapport SPH-03-04; Tweede Kamer, 19700, Hoofdstuk XV, nrs. 46, 48 en 54.
- ¹⁷⁷ Tweede Kamer, vergaderjaar 1987-1987, 19700, hoofdstuk XV, nr 57.
- ¹⁷⁸ Handelingen Tweede Kamer, 25 februari 1987, p 2891-2916.
- ¹⁷⁹ Tweede Kamer, 19700, XV, nr 63.

- ¹⁸⁰ SEP, Elektriciteitsplan 1987/88, januari 1983, (goedgekeurd door de minister van Economische Zaken op 7 maart 1983), p 38.
- ¹⁸¹ Gesellschaft für Reaktorsicherheit, Beratungsstudie zu Accident Management Massnahmen für die KKW Borssele und Dodewaard; Project Herbezinning Kernenergie, SPH-03-09.
- ¹⁸² Tweede Kamer, 21800-XV, nr 59.
- ¹⁸³ Piet Boomsma, De kosten van kernenergie in Nederland, Wetenschapswinkel voor Economie, Rijksuniversiteit Groningen, maart 1992, EC 76.
- ¹⁸⁴ Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21300 XIII, nr 31 en vergaderjaar 1991-1992, 22300 XIII, nr 14.
- ¹⁸⁵ SEP, beantwoording van de gestelde vragen door de Vaste Commissie voor Economische Zaken van de Tweede Kamer betreffende het Elektriciteitsplan 1993-2002, augustus 1992.
- ¹⁸⁶ SEP, Agenda voor de 126e Algemene Vergadering van Aandeelhouders, donderdag 24 oktober 1991, agendapunt 3, financieel-economisch beleidsplan 1992-1994.
- ¹⁸⁷ C. Kalverboer, 20 jaar KCB, Project Modificaties, lezing van 20 oktober 1993 ter gelegenheid van 20 jaar Borssele.
- ¹⁸⁸ Tweede Kamer, 22598, nr 4.
- ¹⁸⁹ Brief van de minister van Economische Zaken aan EPZ, kenmerk E/EE/KK/94053428.
- ¹⁹⁰ Stichting Natuur en Milieu, brief GK/IR/9409.034, 15 september 1994.
- ¹⁹¹ SEP, Financieel-economisch beleidsplan 1994-1996, agendapunt 4 van de 132ste Aandeelhoudersvergadering van 30 september 1993.
- ¹⁹² Elektriciteitsplan 1995-2004, Kamerstuk 23758.
- ¹⁹³ Tweede Kamer, 23758, nr 3.
- ¹⁹⁴ Handelingen Tweede Kamer, 30 juni 1994, p 5751-5757.
- ¹⁹⁵ Tweede Kamer, 23758, nr 5.
- ¹⁹⁶ Handelingen Tweede Kamer, 30 juni 1994, p 5756.
- ¹⁹⁷ Handelingen Tweede Kamer, 30 juni 1994, p 5779.
- ¹⁹⁸ Tweede Kamer, vergaderjaar 1994-1995, 16226, nr. 18.
- ¹⁹⁹ EPZ, persbericht, 2 maart 1998.
- ²⁰⁰ VGB KraftwerksTechnik, 7/99, p. 25.
- ²⁰¹ Tweede Kamer, vergaderjaar 2001-2002, Aanhangsel 1305.
- ²⁰² Energie Nederland, 29 augustus 2000, p. 5.
- ²⁰³ “Meedoen, meer werk, minder regels”, Hoofdlijnenakkoord, 16 mei 2003, p. 12.
- ²⁰⁴ Tweede Kamer, vergaderjaar 2003-2004, 29200 XIII, nr. 44, 31 maart 2004.
- ²⁰⁵ Nucleonics Week, 17 februari 2005.
- ²⁰⁶ https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/1.01.8.20/64_the-safety-of-borssele-nuclear-power-station
- ²⁰⁷ <http://epz.nl/actueel/epz-voert-veiligheidsverbeterende-maatregelen-door>, 13 april 2016.
- ²⁰⁸ <https://www.wisenederland.nl/openhouden-borssele-kan-belastingbetaler-half-miljard-kosten>, 4 oktober 2016.
- ²⁰⁹ <https://www.laka.org/nieuws/2016/openhouden-borssele-kan-belastingbetaler-half-miljard-kosten-5730#more-5730>, 4 oktober 2016.
- ²¹⁰ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2016/10/21/kamerbrief-over-uitkomsten-onderzoek-naar-situatie-bij-delta-en-de-kerncentrale-borssele>, 5 oktober 2016.
- ²¹¹ <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/verslagen/detail?id=2016D51314&did=2016D51314>, 22 december 2016.
- ²¹² <https://www.pze.nl/zeeuws-nieuws/energiebedrijf-pzem-voorziet-70-miljoen-verlies-in-2018~a671f513/>, 13 december 2017.
- ²¹³ <https://www.laka.org/nieuws/2019/pzem-lijdt-opnieuw-verlies-aan-kerncentrale-borssele-11935>, 23 december 2019.
- ²¹⁴ <https://www.laka.org/bijlagen/2020/04/epz-geeft-openheid-over-langer-openhouden-kerncentrale-borssele.pdf>, 9 maart 2020.
- ²¹⁵ <https://www.laka.org/bijlagen/2020/04/brief-wise-laka-ps-zeeland.pdf>, 2 april 2020.
- ²¹⁶ <https://www.stormsmith.nl/nuclearco2.html>.
- ²¹⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2020/09/14/kamerbrief-over-levensduurverlenging-van-de-kerncentrale-borssele-na-2033>, 14 september 2020.
- ²¹⁸ <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/123204/WISE-Verliesgevende-kerncentrale-al-in-2023-sluiten>, 16 oktober 2020.
- ²¹⁹ <https://www.energiemarktinformatie.nl/beurzen/elektra/>
- ²²⁰ <https://www.epzjaarverslag.nl/productie>.
- ²²¹ <https://www.group.rwe/-/media/RWE/documents/05-investor-relations/2019-Q4/20-03-12-RWE-annual-report-2019.pdf>, pag 177.
- ²²² Bijlage bij <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2021/07/07/aanbieding-rapport-marktconsultatie-kernenergie>, 7 juli 2021.

- ²²³ Bijlage bij <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/kamerstukken/2021/07/07/aanbieding-rapport-marktconsultatie-kernenergie>, 7 juli 2021.
- ²²⁴ <https://www.klimaataakkoord.nl/actueel/nieuws/2022/06/02/hoofdlijnen-klimaatbeleid-voor-elektriciteit>, 2 juni 2022.
- ²²⁵ <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/14811251/prijs-elektriciteit-kerncentrale-booming-vier-miljoen-euro-per-dag>, 21 juli 2022.
- ²²⁶ https://www.zeeland.nl/sites/default/files/digitaalarchief/IB23_829336cc.pdf, 21 oktober 2022.
- ²²⁷ <https://www.epz.nl/actueel/epz-is-verheugd-met-de-voortvarende-stappen-die-het-kabinet-zet-om-de-bouw-van-twee-nieuwe-kerncentrales-in-borssele-mogelijk-te-maken/>, 9 december 2022.
- ²²⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/prinsjesdag/miljoenennota-en-andere-officiële-stukken>, 19 september 2023.
<https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/nieuws/2023/09/19/prinsjesdag-2023-investeren-in-een-duurzaam-en-welarend-nederland>, 19 september 2023.
- ²²⁹ https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2021Z10051&did=2021D22119, 7 juni 2021.
- ²³⁰ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/straling/jodiumtabletten>.
- ²³¹ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-volksgezondheid-welzijn-en-sport/documenten/kamerstukken/2017/09/29/kamerbrief-over-distributie-jodiumtabletten>, 29 september 2017.
- ²³² <https://ez.maps.arcgis.com/apps/Minimalist/index.html?appid=8e5d97c8faaa49948fe57eccd439e822>.
- ²³³ <https://zoek.officiëlebezoekingen.nl/kst-32645-87.html>, 1 september 2017.
- ²³⁴ <https://drenthe.groenlinks.nl/nieuws/groenlinks-wil-betere-informatie-en-uitgifte-van-jodiumtabletten-rondom-kerncentrales>, 9 oktober 2021.
- ²³⁵ <https://nos.nl/artikel/2182805-verspreiding-jodiumtabletten-uitgesteld-na-brief-veiligheidsregio.html>, 12 juli 2017.
- ²³⁶ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/04/18/responsplan-nationaal-crisisplan-stralingsincidenten>, 18 april 2017.
- ²³⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2016/03/10/q-a-jodiumprofylaxe>, 10 maart 2016.
- ²³⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-volksgezondheid-welzijn-en-sport/documenten/kamerstukken/2017/04/21/kamerbrief-over-uitvoering-distributie-jodiumtabletten>, 21 april 2017.
- ²³⁹ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-volksgezondheid-welzijn-en-sport/documenten/rapporten/2017/04/21/factsheet-jodiumprofylaxe>, 21 april 2017.
- ²⁴⁰ <https://zoek.officiëlebezoekingen.nl/kst-32645-55.html>, 30 september 2013.
- ²⁴¹ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-volksgezondheid-welzijn-en-sport/nieuws/2017/09/29/vooraankondiging-verspreiding-jodiumtabletten>, 29 september 2017.
- ²⁴² <http://www.rijksoverheid.nl/bestanden/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2014/07/02/kamerbrief-over-harmonisatie-aanpak-kernongevallen-in-nederland-en-buurlanden/kamerbrief-over-harmonisatie-aanpak-kernongevallen-in-nederland-en-buurlanden.pdf>, 2 juli 2014.
- ²⁴³ <https://www.veiligheidsregiogroningen.nl/verspreiding-van-jodiumtabletten>.
- ²⁴⁴ Email aan Herman Damveld van Directie communicatie Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, 4 oktober 2017 om 11:03.
- ²⁴⁵ <https://www.rivm.nl/publicaties/radiologische-gevolgen-van-mogelijke-ongevalsscenario's-voor-kerncentrale-borssele>, 10 september 2021.
- ²⁴⁶ https://institutbiosphere.ch/wa_files/EUNUPRI-2019v01.pdf
- Piguet Frédéric-Paul, Eckert Pierre, Deriaz Bastien, Knüsli Claudio, Wildi Walter, Giuliani Gregory. 2019. "Modeling of a Major Accident in Five Nuclear Power Plants From 365 Meteorological Situations in Western Europe and Analysis of the Potential Impacts on Populations, Soils and Affected Countries". Institut Biosphère. Strategic Study n°2. Final version, 26 June 2019. 42 p.
- ²⁴⁷ http://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/2.34.8.10/37_tsjernobyl-10-jaar-later-de-gevolgen, Herman Damveld, "Tsjernobyl, 10 jaar later", Greenpeace, maart 1996.
- ²⁴⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/04/18/responsplan-nationaal-crisisplan-stralingsincidenten>, 18 april 2017.
- ²⁴⁹ <http://www.vrtwente.nl/Documentatie/Beleidsdocumenten/Rampbestrijdingsplan%20Kernkrafwerk%20Emsland.pdf>, najaar 2012.
- ²⁵⁰ <http://risicowijzer.groningen.nl/risico-s/gevaarlijke-stoffen>.
- ²⁵¹ <http://www.veiligheidsregiogroningen.nl/zo-bereiden-wij-ons-voor/rampbestrijdingsplannen>
- ²⁵²¹¹⁸⁵ Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding, Implementatie Kernenergiecentrale Borssele; Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21015. nr. 7.
- ²⁵³¹¹⁸⁶ Stichting Natuur en Milieu, brief van 19 februari 1990.
- ²⁵⁴¹¹⁸⁷ Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding, Implementatie Kernenergiecentrale Dodewaard, februari 1991.
- ²⁵⁵ <https://www.bibliotheek.nl/catalogus/titel.036734470.html/het-ongeval-bij-tsjernobyl--oorzaken--gevolgen-en-maatregelen/>, publicatie KIVI-Kerntechniek, 1987, p74.

²⁵⁶ NEA, "Chernobyl Ten Years On. Radiological and Health Impact", Parijs, 1996, p 29.

NEA, "Sarcophagus Safety '94. The State of the Chernobyl Nuclear Power Plant Unit 4", Proceedings of an International Symposium Zeleny Mys, Chernobyl, Ukraine, 14-18 maart 1994, p 46.

²⁵⁷ http://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/2.34.8.10/37_tsjernobyl-10-jaar-later-de-gevolgen, Herman Damveld, "Tsjernobyl, 10 jaar later", Greenpeace, maart 1996.

²⁵⁸ <https://www.bfs.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BfS/DE/2021/011.html>, 16 september 2021.

²⁵⁹ <https://www.bfs.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BfS/DE/2023/007.html>, 28 augustus 2023.