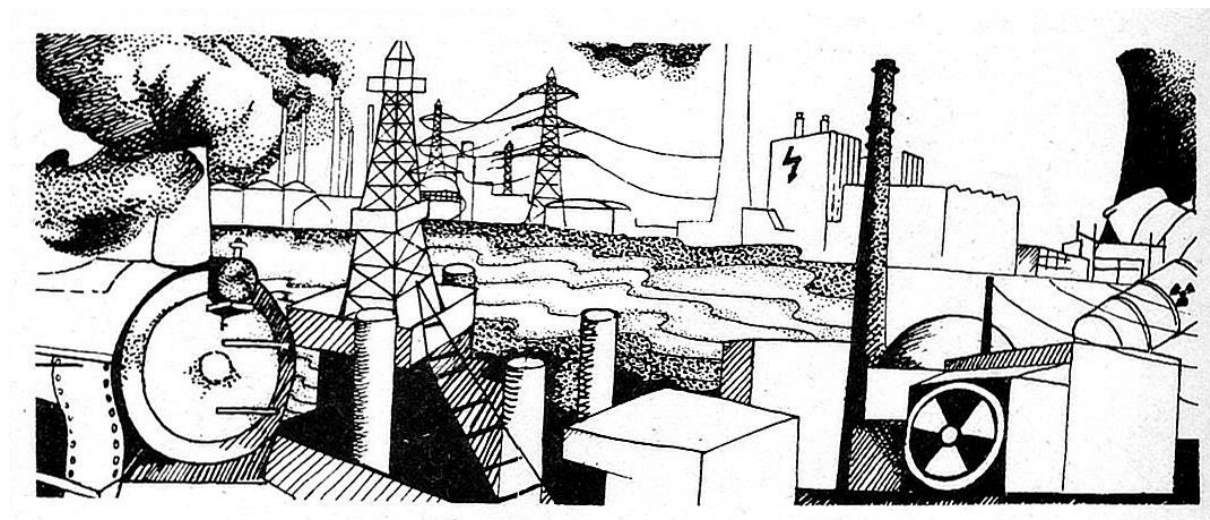


Dossier vijftig jaar kerncentrale Borssele

Chronologie van 457 storingen en rampenplannen



Herman Damveld
Zelfstandig onderzoeker en publicist

Groningen
24 april 2023

Dossier vijftig jaar kerncentrale Borssele

Chronologie, 457 storingen en rampenplannen

Herman Damveld

Groningen, 24 april 2023

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

Samenvatting.....	3
--------------------------	----------

Hoofdstuk 1.....	5
-------------------------	----------

Geschiedenis kerncentrale Borssele in vogelvlucht

- 1.1 Vergunning van onbeperkte naar bijna onbeperkte tijd?*
- 1.2 De instanties waar het om gaat en die moeten betalen*
- 1.3 1966-1969: Hoe de kerncentrale naar Zeeland kwam*
- 1.4 Borssele subsidieerde aluminiumfabriek*
- 1.5 1970-1973: Protest tegen de bouw*
- 1.6 1979: Protest laait op na ongeluk Amerikaanse kerncentrale Harrisburg in de VS*
- 1.7 1979: Reactie PZEM*
- 1.8 1981-1983: De door de regering ingestelde commissie-Beek*
- 1.9 1986-1990: Ongeluk Tsjernobyl in de Sovjet-Unie en gevolgen voor Borssele*
- 1.10 Kosten stroomopwekking Borssele tot 1993*
- 1.11 1991-1994: Borssele langer in bedrijf houden*
- 1.12 1994-1997: Bezwaren tegen langer openhouden*
- 1.13 2000: Weg open voor langere bedrijfsduur*
- 1.14 2006-2015 Nieuwe modernisering en open tot eind 2033*
- 1.15 Oktober 2016: Kosten Borssele voor Zeeland of Nederland?*
- 1.16 2018: Miljoenenverlies Borssele blijft*
- 1.17 2019: Miljoenenverlies Borssele blijft*
- 1.18 2020: Langer open of vervroegd sluiten?*
- 1.19 14 september 2020: Garantie nodig voor verlenging levensduur*
- 1.20 17 september 2020: Pleidooi van WISE*
- 1.21 16 oktober 2020: Verlies Borssele voor overheden 28-47 miljoen euro*
- 1.22 2021: Extra levensduurverlenging vraagt om aanpassing Kernenergiewet*
- 1.23 Juni 2022: Langer in bedrijf dan 2033*
- 1.24 December 2022: Bedrijfsduurverlenging brug naar nieuwe kerncentrales*

Hoofdstuk 2.....	18
-------------------------	-----------

457 bedrijfsstoringen kerncentrale Borssele

- 2.1 Noodstroomvoorziening een zwakke plek*
- 2.2 Definitie incidenten of bedrijfsstoringen*
- 2.3 Overzicht bedrijfsstoringen 1973 tot en met 2022*
- 2.4 Toelichting: werking kerncentrale Borssele*
- 2.5 Conclusie*

Hoofdstuk 3.....	32
-------------------------	-----------

Jodiumtabletten en rampenplannen

- 3.1 Jodiumtabletten als hulp in nood bij kernongevallen*
- 3.2 Jodiumtabletten geven onrust*
- 3.3 Overheid bepaalt tijdstip innemen jodiumtabletten*
- 3.4 Waarom jodiumtabletten innemen?*
- 3.5 Huis-aan-huisdistributie*
- 3.6 Omvangrijker gebied getroffen*
- 3.7 Is 100 kilometer wel genoeg?*
- 3.8 Evacuatie en schuilen na kernongeval*
- 3.9 Rampenplannen kerncentrale Borssele*
- 3.10 Ongeluk kerncentrale Tsjernobyl een daadwerkelijke ramp*

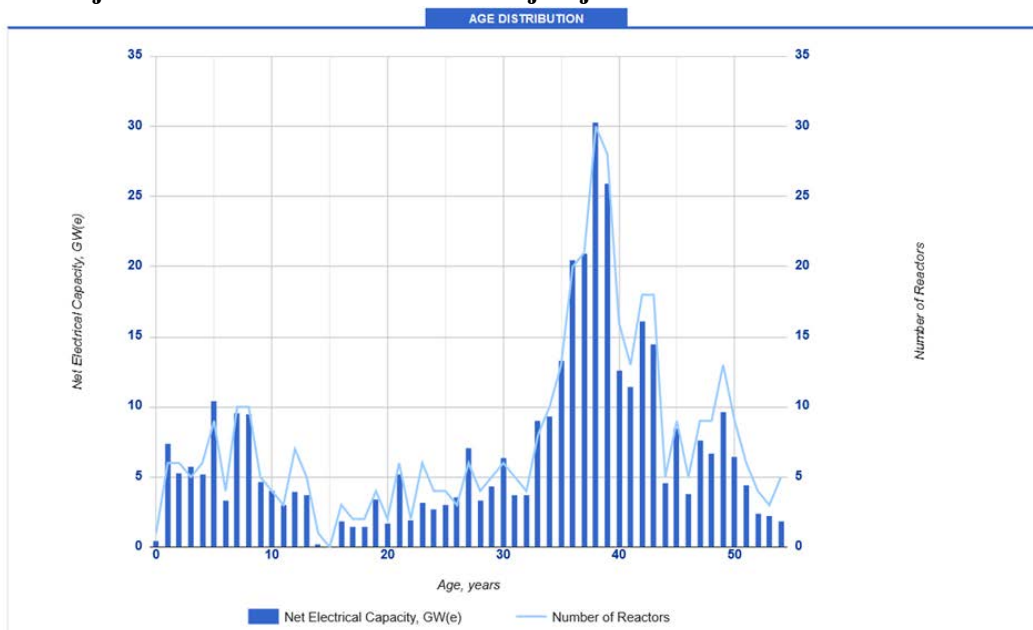
Samenvatting

Op 3 juli 1973 leverde de kerncentrale Borssele de eerste stroom.¹ Zonder ongelukken zal de kerncentrale op 3 juli 2023 vijftig jaar in bedrijf zijn, hoewel de oorspronkelijk voorziene bedrijfsduur veertig jaar was.² 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.³ In 2013 werd de vergunning verlengd tot eind 2033.^{4 5 6} Maar daar zou het niet bij blijven. Op 9 december 2022 schreef minister Jetten dat de kerncentrale Borssele langer in bedrijf zou kunnen blijven dan 2033.⁷ Deze historie beschrijven we in hoofdstuk 1.

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.^{8 9} Begin maart 2023 waren volgens het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) wereldwijd vijf kerncentrales 53 jaar oud en is geen enkele kerncentrale ouder (zie figuur S.1). Er zijn dan ook geen voorbeelden van kerncentrales die meer dan 60 jaar in bedrijf zijn.

Figuur S.1

Aantal jaren dat kerncentrales in bedrijf zijn



<https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalByAge.aspx>, 9 maart 2023.

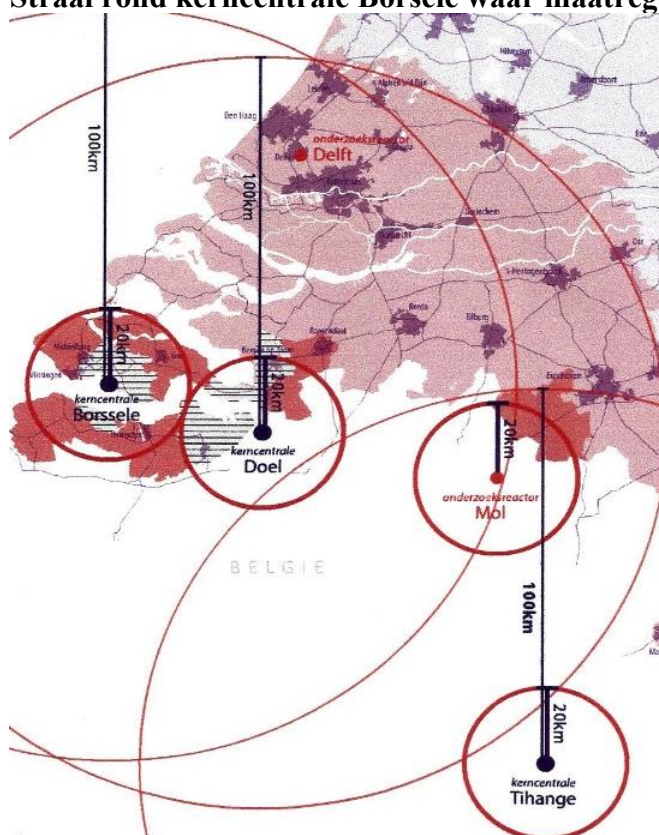
De overheid brengt vanaf 1980 jaarlijks een overzicht uit van storingen en ongevallen in de kerncentrales. Uit die overzichten blijkt dat zich tot eind 2022 in de kerncentrale Borssele 457 bedrijfsstoringen hebben voorgedaan (zie onderstaande tabel S.1). Daarbij vielen regelmatig belangrijke veiligheidsvoorzieningen uit, zoals blijkt uit hoofdstuk 2.

Tabel S.1
Storings 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	4
1984	11	1997	15	2010	9		
1985	7	1998	10	2011	8		

Dat de regering jodiumtabletten uitdeelt en rampenplannen heeft, laat zien dat we terdege rekening moeten houden met een ernstig ongeval met de kerncentrale Borssele. Het gaat hier om een gebied tot op 100 kilometer afstand (zie figuur S.2). Dit komt in hoofdstuk 3 aan de orde.

Figuur S.2
Straal rond kerncentrale Borssele waar maatregelen gepland zijn



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

Hoofdstuk 1

Geschiedenis kerncentrale Borssele in vogelvlucht

De kerncentrale Borssele (KCB) had aanvankelijk een vergunning voor onbepaalde tijd, maar die is bijgesteld tot 2033. Dat roept de vraag op hoelang kerncentrales meegaan.

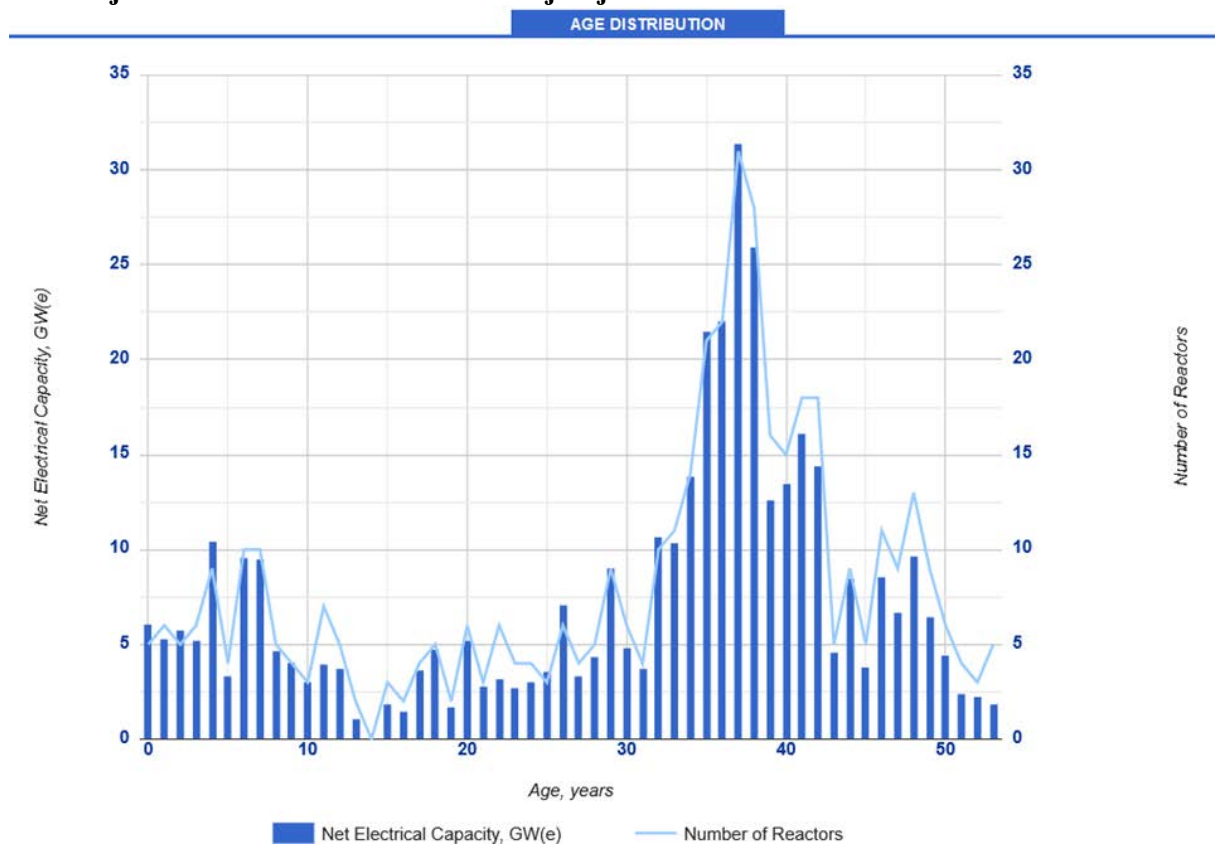
1.1 Vergunning van onbeperkte naar bijna onbeperkte tijd?

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 zou kunnen blijven, omdat sluiting veel geld zou kosten en de kerncentrale veilig werd geacht.¹⁰ Uiteindelijk werd het 2033, een levensduur van 60 jaar.

EPZ, de eigenaar van de kerncentrale 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. Tijdens de bouw werd aangetoond dat het reactorvat na veertig jaar blootstelling aan neutronen nog steeds voldoende taai zou 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. De resultaten zullen voor 1 januari 2014 bekend zijn.”¹¹

Figuur 1.1

Aantal jaren dat kerncentrales in bedrijf zijn



Bron: <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalByAge.aspx>, 8 juli 2022.

Omdat er stemmen opgaan om de kerncentrale langer dan 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.^{12 13} In juli 2022 waren volgens het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) wereldwijd vijf kerncentrales 53 jaar oud en is geen enkele kerncentrale ouder (zie figuur 1.1). 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

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.¹⁴ Hierdoor had DELTA volgens de regering voldoende geld om niet failliet te gaan en de Elektriciteits-Productiemaatschappij Zuid-Nederland (EPZ, de eigenaar van Borssele) te kunnen betalen. Ook EPZ ging volgens de regering niet failliet, kon de benodigde investeringen doen en de ontmanteling van de kerncentrale financieren. Het kabinet ging 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 Kamerleden.¹⁵

EPZ heeft twee eigenaren, de PZEM (70%) en Energy Resources Holding BV te 's-Hertogenbosch (ERH, 30%), dat op haar beurt onderdeel is van het Duitse energiebedrijf RWE.¹⁶ De energie die Energy Resources Holding gebruikt, wordt met name opgewekt in de kerncentrale Borssele.¹⁷ Een aantal Zeeuwse, Noord-Brabantse en Zuid-Hollandse gemeenten en de provincies Zeeland, Noord-Brabant, en Zuid-Holland zijn de aandeelhouders van de PZEM.¹⁸

1.3 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.¹⁹

In de zomer van 1967 verschenen intussen berichten in de pers dat de Samenwerkende Elektriciteits-Productiebedrijven (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.²⁰ 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.²¹

In januari 1969 besloot Pechiney definitief om zich in het Sloegebied te vestigen met een regeringssubsidie van zestig miljoen gulden.²² 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.²³ 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 twintig procent lager dan die van Neratoom. Dit wekte 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.^{24 25 26}

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.²⁷ 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).²⁸ Er is derhalve geen aanleiding te veronderstellen dat Siemens de kerncentrale Borssele extra goedkoop aanbood.

1.4 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 was 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.²⁹ 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.³⁰ 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.³¹ 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).³²

1.5 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 tervisielegging 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 kwam toenemende kritiek op het noodkoelsysteem van de kerncentrale.³³

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 er zo'n 4000 bezwaarschriften werden ingediend.³⁴

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. Op 3 juli 1973 leverde de kerncentrale de eerste stroom aan het koppelnet en de officiële start was op 25 oktober 1973.^{35 36}

1.6 1979: Protest laait op na ongeluk Amerikaanse kerncentrale Harrisburg in de VS

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 4.000 mensen aan meededen.³⁷

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.³⁸

1.7 1979: Reactie PZEM

Als reactie op de ontstane verontrusting brachten Gedeputeerde Staten van Zeeland in nauw overleg met de PZEM een nota uit.³⁹ 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.⁴⁰

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.⁴¹

1.8 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 (D66), op 17 mei 1982 de commissie Bestaande Kerncentrales in onder voorzitterschap van prof. W. Beek te Delft.⁴² 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 (1,41 tot 2,27 miljard euro).⁴³

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 warmtekrachtinstallaties door deze commissie werd weggelaten. Indien men bovendien nog de verborgen kosten van de splijtstofcyclus meenam, kwamen de kosten rond nul uit.⁴⁴

De regering besloot desondanks dat de kerncentrales open moesten blijven.⁴⁵ De Tweede Kamer stemde op 19 oktober 1983 na een fel debat in meerderheid hiermee in.⁴⁶

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 procent 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 gulden (203 miljoen euro) voordeel op in vergelijking met het openhouden van de kerncentrales.⁴⁷

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

1.9 1986-1990: Ongeluk Tsjernobyl in de Sovjet-Unie 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 (IAEA) te 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 in de Tweede Kamer plaats, gevolgd door een plenaire behandeling op 25 februari 1987.^{48 49 50} Tijdens dit debat diende 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 voordat alle maatregelen die het OSART-team voorstelde, zouden zijn uitgevoerd.⁵¹ 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 1998.⁵² 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 eind maart 1987 het Elektriciteitsplan 1987-1996 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. [REDACTED] dat na OSART een plan was opgesteld om zeker tot het jaar 2003 door te draaien. Daarvoor waren jaarlijks investeringen nodig van 20 tot 25 miljoen gulden.

[REDACTED] 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.⁵³ 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 1991.⁵⁴ 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.

1.10 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.⁵⁵

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.

Onderstaande tabel 1.2 maakte 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.^{56 57} Met behulp hiervan, aangenomen dat de situatie in 1993 niet veranderd was, konden we uitrekenen hoeveel meer de stroom uit de KCB kostte dan die uit een gas- of kolencentrale.

Tabel 1.2

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

Het resultaat was 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.

1.11 1991-1994: Borssele langer in bedrijf houden

De elektriciteitsbedrijven werkten in die tijd samen in de SEP en stelden op 24 oktober 1991 een investeringsplan vast voor de kerncentrale Borssele.⁵⁸ 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 tot 1.000 miljoen gulden (352 tot 454 miljoen euro). Dit heet ook wel 'modificatie van de kerncentrale', noodzakelijk om te voldoen aan de veiligheidseisen van de vergunning.

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.⁵⁹ 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 1993-2002.⁶⁰ 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 ertoe geleid 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 oplaapkosten 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 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 milieueffectrapportage niet behandeld. De Commissie keurde in feite 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 doorgaan⁶¹.

1.12 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.⁶² 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 2007.⁶³ 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.⁶⁴ 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.⁶⁵ Bij het daaropvolgende plenaire debat op 30 juni dienden M. Vos (Groen Links) en D. 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.”⁶⁶ ⁶⁷ 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.⁶⁸ Daarop besloten Vos en Tommel de motie aan te houden.⁶⁹ De Tweede Kamer had derhalve nog de mogelijkheid de modificatie af te keuren. De Tweede Kamer nam vervolgens in december 1994 een motie aan om de kerncentrale eind 2007 te sluiten.⁷⁰

De regering verleende kort daarop een vergunning voor de modificatie van de kerncentrale. Er werden zestien 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.⁷¹ De kans op een kernsmelting werd berekend op $4,3 \times 10^{-6}$ /jaar (was $5,6 \times 10^{-5}$ /jaar).⁷² 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.

1.13 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.⁷³ Daarmee lag de weg open voor het in bedrijf houden van Borssele tot 2007 of langer: de eigenaar van Borssele noemde het jaar 2013.⁷⁴ Het regeerakkoord van 16 mei 2003 noemde sluiting “wanneer de technische ontwerplevensduur (ultimo 2013) geëindigd is.”⁷⁵

In maart 2004 bleek dat ambtenaren van de ministeries van Economische Zaken (EZ) en Milieu (VROM) de kerncentrale een helpende hand hadden toegestoken.⁷⁶ 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 broeikaseffect. 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.”

1.14 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.⁷⁷

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. Hij kreeg “op basis van vertrouwelijkheid” toegang tot de “prestatie-indicatoren” van de betreffende kerncentrales en stelde vast dat Borssele voldeed aan alle eisen.⁷⁸

Toch waren weer 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.⁷⁹

1.15 Oktober 2016: Kosten Borssele voor Zeeland of 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 wordt 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.^{80 81}

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.”⁸²

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.”⁸³

1.16 2018: Miljoenenverlies Borssele blijft

Energiebedrijf de PZEM verwachtte in 2018 een verlies van 70 miljoen euro te lijden. Het verlies werd vooral geleden op de kerncentrale en de gasgestookte Sloe-centrale. 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.⁸⁴

1.17 2019: Miljoenenverlies Borssele blijft

In 2019 leed de PZEM opnieuw verlies aan de kerncentrale Borssele. Dat verlies werd gemaskeerd door het dividend van waterbedrijf Evides, waarvan de PZEM ook aandelen bezit. Alleen door dit dividend kwam de PZEM als geheel uit de rode cijfers. De PZEM, die ook voor 70% eigenaar is van 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.⁸⁵

1.18 2020: Langer open of vervroegd sluiten?

EPZ stelde op verzoek van de provincie Zeeland op 9 maart 2020 dat het wenselijk was dat de kerncentrale langer openbleef. In de brief stond: “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.”⁸⁶ EPZ gaf aan positief te staan tegenover de verlenging, mits de rijksoverheid meewerkte.

WISE en Laka daarentegen betoogden op 2 april 2020 dat een vervroegde sluiting van de kerncentrale Borssele eerder in beeld kwam 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.⁸⁷

Het is overigens onjuist dat kernenergie een CO₂-vrije energiebron zou zijn.⁸⁸

1.19 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.”⁸⁹ Ter informatie: 43 euro per MWh is hetzelfde als 4,3 cent per kilowattuur.

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

1.20 17 september 2020: Pleidooi van WISE

“De kerncentrale in Borssele lijdt enkele tientallen miljoenen euro verlies per jaar, zoveel is wel duidelijk. Daar hebben de eigenaren, o.a. Zeeuwse gemeenten en de provincie direct last van. Hun energiebedrijf keert al jaren geen dividend meer uit en het vermogen wordt langzamerhand opgegeten door de verliezen op Borssele. De aandeelhouders lijken met het openhouden van Borssele een financieel risico te nemen met publiek geld. In de huidige marktomstandigheden is Borssele nauwelijks rendabel, daar komt bij dat de veranderende energiemarkt risico’s meebrengt (hoge volatiliteit en negatieve prijzen). WISE vraagt in een brief aan de aandeelhouders van de PZEM om onderzoek te doen naar de financiële consequenties van een sluiting, zo mogelijk al in 2023.”⁹⁰

1.21 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.⁹¹ 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 een tiende cent nauwkeurig te bepalen, maar lag in 2019 gemiddeld iets lager dan 3,5 cent per kWh.⁹² De kerncentrale produceerde 3,7 miljard kWh in 2019.⁹³ 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.⁹⁴ 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.

1.22 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.”^{95 96}

1.23 Juni 2022: Langer in bedrijf dan 2033

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.”⁹⁷

1.24 December 2022: Bedrijfsduurverlenging brug naar nieuwe kerncentrales

EPZ “is verheugd met de voortvarende stappen” die minister Jetten wilde zetten 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.”⁹⁸

Hoofdstuk 2

457 bedrijfsstoringen kerncentrale Borssele

Inleiding

Op 3 juli 1973 leverde de kerncentrale Borssele de eerste stroom.⁹⁹ Op 25 oktober 1973 kwam de kerncentrale Borssele officieel in bedrijf.¹⁰⁰ De overheid brengt echter pas vanaf 1980 jaarlijks een overzicht uit van storingen en ongevallen in de kerncentrales. Uit die overzichten blijkt dat zich tot eind 2022 in de kerncentrale Borssele 457 bedrijfsstoringen hebben voorgedaan.^{101 102 103} Daarbij vielen regelmatig belangrijke veiligheidsvoorzieningen uit. Een overzicht.

2.1 Noodstroomvoorziening een zwakke plek

In de kerncentrale Borssele waren veelvuldig 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 en 2021 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 konden leveren voor de bediening van de centrale.¹⁰⁴ Dat de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten niet werkten, kwam dus niet alleen in Fukushima maar ook in Borssele voor.¹⁰⁵ 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.”^{106 107}

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 regelmatig voor.

Gelukkig is het tot nu toe niet echt fout gegaan in Borssele, maar meerdere 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.¹⁰⁸

Maar in feite erkent de minister dat er terdege gevaar is geweest want, zo somt 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 vanaf 2010 zijn er, met uitzondering van 2012, op gezette tijden problemen geweest met de noodstroomvoorziening.

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.”^{109 110} 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.¹¹¹

Op 23 mei 2016 reageerde minister Schulz op een verzoek van Greenpeace en WISE om de kerncentrale meteen te sluiten.¹¹² 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 daar verantwoordelijk voor is, blijft intact en in gebruik tot 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.”¹¹³

2.2 Definitie incidenten of bedrijfsstoringen

De overheid brengt sinds 1980 jaarlijks een overzicht uit van de storingen in kerninstallaties. Dit gebeurt vanaf 1980, omdat de Tweede Kamer er niet eerder naar had gevraagd. Eerst na het ongeluk in 1979 met de Amerikaanse kerncentrale in Harrisburg wilde de Kamer de gegevens. De gegevens komen via de Kernfysische Dienst naar de Tweede Kamer.

Vanaf augustus 1990 hanteert de overheid de ‘Internationale Nucleaire Gebeurtenissen Schaal’, een initiatief van het Internationaal Atoom Energie Agentschap (IAEA) en het Nucleair Energie Agentschap van de OESO van mei 1990.^{114 115}

De minister van Sociale Zaken stelde hierover: “Wereldwijd bestond de ervaring dat soms onbeduidende voorvallen in kerninstallaties aanleiding waren tot onnodige verwarring en angst bij de bevolking, omdat er geen eenduidige maat was om de ernst van een voorval af te meten.”¹¹⁶

De internationale schaal kent zeven niveaus, die alleen betrekking hebben op nucleaire of radiologische veiligheid. Gebeurtenissen op niveau 1, 2 of 3 heten voortaan ‘incidenten’, bij niveau 4 tot en met 7 gaat het om ‘ongevallen’. De kernrampen bij Tsjernobyl en Fukushima zijn niveau 7, de kernsmelting bij Harrisburg niveau 5.

Gebeurtenissen zonder veiligheidsbelang krijgen de aanduiding niveau nul en heten

‘storingen’, hoewel niveau 1 ook de omschrijving ‘storingen’ krijgt. Bij een storing is sprake van “functionele of operationele afwijkingen welke geen risico met zich mee brengen, maar die duiden op een gebrek aan veiligheidsvoorzieningen.”¹¹⁷

2.3 Overzicht bedrijfsstoringen 1973 tot en met 2022

Hieronder volgt een overzicht van de bedrijfsstoringen in de kerncentrale Borssele vanaf 1973 tot en met 2022 (zie tabel 2.1). Over de jaren 1973 tot 1980 beschikken we niet over gegevens van de regering, maar maken we dankbaar gebruik van het speurwerk van de stichting Laka in Amsterdam. Wel is het zo dat blijkens de toelichting van de minister van Sociale Zaken bij het eerst gegeven overzicht “de opgetreden storingen (...) in 1980 globaal qua aantal en ernst overeenkomen met de voorgaande jaren.”^{118 119}

De beschrijvingen hebben een technisch karakter. Vooral in de eerste jaren was de informatie van de overheid dermate summier dat moeilijk te bepalen was waarom bepaalde voorvallen ernstig waren. De minister van Sociale Zaken is slechts één keer ingegaan op de oorzaken van storingen, toen hij op 10 mei 1985 stelde dat ongeveer 30 procent van de storingen veroorzaakt werd door verkeerde menselijke handelingen.^{120 121}

Tabel 2.1
Overzicht bedrijfsstoringen 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	4
1984	11	1997	15	2010	9		
1985	7	1998	10	2011	8		

1973¹²²

In december 1973 scheurde een stoomleiding, waardoor de centrale 14 dagen uit bedrijf was.

1974¹²³

De kerncentrale werd in 1974 herhaaldelijk stilgelegd voor ‘kleine lekkages en inspecties’.

1975¹²⁴

In februari 1975 werd de kerncentrale stilgelegd, omdat bij inspectie allerlei mankementen werden ontdekt, zoals lekkages en beschadigingen aan splijststofelementen. De reparatie duurde twee maanden.

1976¹²⁵

Bij de splijststofwisseling in maart 1976 bleken twee splijststofelementen lekkages te vertonen.

1977¹²⁶

De kerncentrale moest in november stilgelegd worden, omdat door een storm het koelwatercircuit verstopt dreigde te raken door graspollen, wrakhout en ander materiaal.

1978^{127 128}

Toen Kamerleden als voorbereiding op het Kamerdebat over het ongeluk in Harrisburg in december 1979 op bezoek gingen bij de kerncentrale in Borssele en (een deel van) de logboeken inzagen, bleek dat er in januari 1978 een ernstige storing was geweest. Vier kleppen van het noodkoelsysteem stonden verkeerd, waardoor het noodkoelsysteem niet had kunnen functioneren als er iets mis was gegaan. Bij een breuk in het primaire koelsysteem zou men niet meer dan een half uur de tijd hebben gehad om het koelsysteem alsnog in orde te krijgen. De exploitant van de kerncentrale die deze ernstige zaak geheim had gehouden, sprak van een ‘menselijke fout’.

23 december 1979^{129 130}

In december 1979 was er een ernstige storing in de centrale Borssele, die nog veel ernstiger had kunnen aflopen: de koeling viel uit nadat een storing aan een stuurklep ‘inventief’ was verholpen met een stuk hoekstaal. Een elektrische noodvoedingspomp nam het over, maar één noodpomp was te weinig. Een tweede was echter in reparatie en een derde wilde niet starten, ook na herhaalde pogingen. Er werd weer ‘inventief’ opgetreden door “het opentrekken van een snel-afsluiter en deze met een plaat te blokkeren.” Een ongebruikelijke procedure, maar ook een ongewenste. Want het gevolg was dat “de beveiligingen buiten werking gesteld werden.” Dit kwam pas in oktober 1982 in de openbaarheid, toen interne documenten gepubliceerd werden in Vrij Nederland.

1980¹³¹

In dit jaar kwam een aantal lastige lekken voor in het primaire systeem: het watersysteem rond het hart van de reactor (2 juni), bij ventilatiekleppen van het reactorinluitsysteem (3 december) en bij het noodkoelsysteem (16 december).

1981¹³²

Op 2 maart startte de kerncentrale op na een splijtstofwisseling. Een klep in het secundaire systeem werd daarbij geopend en wilde niet meer dicht. Hierdoor kookte een van de stoomgeneratoren droog, waardoor de kerncentrale moest afschakelen. Daarbij ontstond tevens een lekkage bij de dichting van het mangat-deksel van de drukhouder.

Op 7 maart raakte een van de drie *noodvoeding-waterpompen defect* en omdat een andere pomp in reparatie was, werd niet voldaan aan de eis dat twee pompen in bedrijf moeten zijn. Met de handbediening werd een noodstop uitgevoerd.

1982¹³³

Op 26 februari werden werkzaamheden uitgevoerd op de plek waar koelwaterleidingen naar de turbinehal gaan. Daarbij raakte de coating op de buitenkant van een leiding in brand, hetgeen gepaard ging met een sterke rookontwikkeling. De rook drong ook door in aangrenzende ruimten. Na brandalarm en inschakeling van de bedrijfs- en gemeentebbrandweer werd de brand geblust.

1983¹³⁴

Tijdens de inbedrijfstelling na een splijtstofwisseling op 6 maart werd een lekkage vastgesteld in de condensor. De condensor is het deel van de centrale waar de stoom die door de turbine is geblazen voor stroomopwekking wordt afgekoeld en condenseert, met koelwater uit de

Westerschelde. Een losgeraakte steun had enige condensorpijpen beschadigd. Door de lekkage kwam zout zeewater in het secundaire systeem. De reactor werd afgeschakeld. Later besloot men de condensor te vervangen.

1984¹³⁵

Door een extreem lage waterstand kon op 12 januari geen koelwater meer worden ingenomen uit de Westerschelde: het koelwater-inlaatgebouw kwam droog te staan. Daarop werd besloten de centrale af te schakelen en *de noodkoeling die op diesel werkt in bedrijf* te nemen. De neven- en noodkoelwaterpompen waren namelijk automatisch afgeslagen. Vervolgens trad een elektrische storing op, met als gevolg dat stoom moest worden afgeblazen. Eén afblaasklep bleek echter niet te bedienen te zijn als gevolg van de elektrische storing. De warmteafvoer vond toen plaats via een andere klep. Na drie kwartier kon door de opkomende vloed weer koelwater worden ingelaten. Bij de analyse van het ongeluk bleek dat de druk in het stoomsysteem zo hoog was geweest, dat de veiligheidskleppen open hadden moeten gaan. Maar dat gebeurde niet. Uit onderzoek kwam naar voren dat de kleppen vastzaten door corrosie (roest).

Conclusie: gelukkig had zich gedurende de tijd dat deze kleppen vastzaten geen pijpbreuk of iets dergelijks voorgedaan, want dan zou het hart van de reactor onder toenemende druk hebben gestaan, met eventueel catastrofale gevolgen.

1985¹³⁶

Bij het testen van een nieuw watertoevoersysteem bleek op 18 april dat een klep in het leidinggedeelte tussen de pomp en de hoofdkoelmiddelleiding in de open stand niet voldoende water doorliet. Men stelde vast dat het om fabricagefout ging.

1986¹³⁷

Op 27 februari 1986 tijdens een brandstofwisseling werd een nieuwe transformator in bedrijf genomen. Deze voorziet de centrale van elektriciteit vanuit het hoogspanningsnet, wanneer de centrale zelf buiten bedrijf is. Bij het testen van de transformator ontstond een storing en viel de elektrische voeding uit. Door een menselijke fout kwam slechts één noodstroomdieselaggregaat in werking. *Geen van de drie noodkoelwaterpompen deed het en daardoor verloor het noodstroomdieselaggregaat zijn koelwatervoorziening en viel uit. Door inschakeling van de elektrische verbindingen met de kolencentrale die vlak naast de kerncentrale staat, werd de kerncentrale van stroom voorzien.*

De kerncentrale kan niet zonder stroom, want er moeten altijd pompen blijven werken die koelwater laten circuleren. Zonder stroom weet men in de controlekamer niet meer hoe de stand in de centrale is.

In antwoord op vragen van het Tweede Kamerlid Kees Zijlstra (PvdA) schreef de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid dat de storing van 27 februari internationaal was gemeld “vanwege het tijdelijk wegvallen van een aanzienlijk deel van de wisselstroomvoorziening in de centrale.” Volgens de minister kwam de storing voort uit een test die vanwege de genomen maatregelen geen nadelige gevolgen kon hebben, namelijk het van tevoren ontladen van de splijstofelementen uit de kern en een extra elektrische voeding vanuit de naastgelegen kolencentrale.¹³⁸ We kunnen hieruit concluderen dat het uitvallen van de betreffende transformator bij vol bedrijf (met beladen reactorkern) én in het geval dat de aanvoer van elektriciteit uit de kolencentrale het niet doet (of de kolencentrale stilligt) tot een ernstig ongeval kan leiden.

1987¹³⁹

Er ging op 10 oktober iets mis, terwijl de centrale in vol bedrijf was. Uit de overheidsgegevens wordt niet duidelijk wat er precies aan de hand was. In ieder geval moest overgeschakeld worden op stroomlevering uit het elektriciteitsnet om de kerncentrale van stroom te kunnen voorzien. Deze omschakeling mislukte echter: er ontstond een noodstroom-situatie. Via een noodstop schakelde de reactor automatisch af. Twee noodstroomaggregaten kwamen in bedrijf, waarvan er een na zeven minuten uitviel. De functie werd overgenomen door het derde paraat staande noodstroomdieselaggregaat. Vervolgens vielen de koelpompen, de noodkoelwaterpompen en de nevenkoelwaterpompen uit. *Van de drie diesel-aangedreven pompen werkte er slechts één. Dit voorkwam dat door onvoldoende koeling een kernsmelting zou kunnen optreden.*

1988¹⁴⁰

Op 9 april, tijdens het uitvoeren van de jaarlijkse noodstroombeproevingen viel een van de drie noodstroomdiesels uit. Een andere noodstroomdiesel kwam wel in bedrijf. Tevens viel een van de drie nood- en nevenkoelwaterpompen uit. De beide andere nood- en nevenkoelwaterpompen kwamen nu afwisselend in bedrijf.

Voor de centrale had de storing geen veiligheids-technische gevolgen, daar de storing zich voordeed aan het einde van de splijststofwisselstop, met lage vervalwarmte van de reactorkern, meldde de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Mogen we daaruit concluderen dat een dergelijke storing wel veiligheids-technische gevolgen zou hebben gehad bijvoorbeeld aan het begin van de wisselstop, wanneer de vervalwarmte van de reactorkern nog hoog is?

Op 4 oktober vielen door kortsluiting in een stekker twee regelstaven in de kern. Het ging hier om een montagefout tijdens de bouw van de centrale, die tot nu toe niet was ontdekt.

1989¹⁴¹

Volgens de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid steeg het aantal meldingen ten opzichte van vorig jaar: “Door de invoering van de storingswerkgroep en het kwaliteitszorgsysteem worden er meer storingen in een verbeterde veiligheidscultuur binnen de organisatie gemeld.” Het leek er dus op alsof tot nu toe wegens laksheid niet alles gemeld was. *De minister merkte op dat er zeven storingen plaatsvonden aan de noodstroom-dieselgeneratoren.*

Op 25 april werd het brandmeldsysteem getest. Daarbij trad een storing op, waardoor het ventilatiesysteem van een aantal gebouwen uitviel. De temperatuur in het containment steeg tot 48 graden Celsius. Daarop zette het personeel enkele luchtkoelers aan. De software van het brandmeldsysteem werd daarop door de leverancier aangepast. Op 31 augustus was het systeem weer geheel bedrijfs-gereed.

1990¹⁴²

De kerncentrale werd in 1990 geplaagd door een verlengde stilstand van zo’n zes weken van de splijststofwisselstop. Dit doordat enkele bouten losgeraakt waren van een hulpconstructie van het reactorvat. Het ging om drie bevestigingsbouten van de kernopvang-constructie onder in het reactorvat. Na de ontdekking op 13 februari van een los stuk metaal ging men op zoek naar de drie bouten. Ze waren gebroken door de zogeheten interkristallijne spanningscorrosie. In antwoord op vragen van het Tweede Kamerlid Kees Zijlstra schreef de minister van Sociale Zaken dat de betreffende constructie zich op 20 meter onder water bevond.¹⁴³ Alle handelingen zoals het verwijderen van de bouten, moesten daarom met op afstand bediende apparatuur worden uitgevoerd. Daarna werd de kernopvang-constructie uit het reactorvat gehesen voor inspectie.

1991¹⁴⁴

Borssele werd in 1991 twee keer uit bedrijf genomen voor reparaties. Bij de opstart na de splitsstofwisseling in maart bleek een afsluiter niet volledig lekdicht te zijn. Deze reparatie duurde drie weken.

Op 6 september trad een lekkage op in een van de stoomgeneratoren. Omdat de lekkage toenam, werd besloten de centrale uit bedrijf te nemen. Uit onderzoek kwam naar voren dat het om slijtage ging als gevolg van spanningscorrosie (roest). Bij inspectie bleek de tweede stoomgenerator hetzelfde verschijnsel te vertonen. De stoomgenerator-pijpjes die lek of aangetast waren, werden van een plug voorzien waarna de centrale op 2 november weer in bedrijf kwam.

1992¹⁴⁵

Op 28, 29 en 30 mei raakten de zeven kleppen in de koelwaterinlaat overbelast door een grote hoeveelheid kwallen. De kerncentrale werd uit bedrijf genomen om de hoofdkoelwaterpompen te kunnen stoppen. De oorzaak van de kwallenplaag was een aanhoudende oostenwind in combinatie met eb in de Westerschelde en een snelle opwarming van het zeewater. Om herhaling te voorkomen werden visnetten voor het inlaatkanaal gespannen. Tijdens deze gebeurtenissen trad een herhaalde storing aan de stoom-afblaaskleppen van het secundaire systeem op. Na reparatie kwam de centrale op 2 juni weer in bedrijf.

1993¹⁴⁶

Behalve op het overzicht over 1993 van de minister van Sociale Zaken baseren wij ons op gegevens uit Duitse bron.

Op 21 april ontdekte men een defect in de condensor met aansluitend een lekkage in een ventiel van het voedingswatersysteem. De kerncentrale lag daardoor acht dagen stil.

Op 14 november werd de centrale stilgelegd wegens ernstige toename van gras in de koelwaterinlaat. Dat duurde drie dagen. In 1993 liep het personeel in totaal een stralingsbelasting van 1170,89 milliSievert op, tegen 1252,74 in 1992. Het eigen personeel ontving 300,73 milliSievert. Personeel dat werd ingehuurd voor onderhoud en reparaties liep het grootste deel van de stralingsbelasting op: 870,16 milliSievert.

1994¹⁴⁷

Begin september werd de kerncentrale enkele dagen tot stilstand gedwongen wegens gebrek aan koelwater. Mosselen verhinderden de aanvoer van koelwater.

1996¹⁴⁸

Tijdens werkzaamheden binnen het containment constateerde een onderhoudsmonteur op 21 november dat lucht naar binnen stroomde via een drukontlast-leiding. Deze leiding behoort afgesloten te zijn door vier afsluiters die zich buiten het containment bevinden. Meters in de regelzaal gaven aan dat deze afsluiters dicht waren, hoewel ze in feite openstonden. De overheid gaf niet aan hoelang de afsluiters open hadden gestaan en beperkte zich tot de mededeling dat alleen buitenlucht naar binnen was gestroomd. Deze storing werd beoordeeld op niveau 2. We kunnen ons dus afvragen, wat er gebeurd zou zijn als een ongeval in de centrale had plaatsgevonden: hadden vrijkomende radioactieve stoffen dan ook zonder meer naar buiten kunnen stromen?

1997¹⁴⁹

Bij een inspectie trof men op 30 juni stekkers aan in het reactorbeveiligingssysteem. Dit waren stekkers die vier dagen eerder bij een reparatie waren aangebracht en verwijderd

hadden moeten worden. Als men deze stekkers niet had ontdekt, zou een serie beveiligingssignalen niet automatisch in werking zijn gekomen. De beveiliging zou men dan met de hand hebben moeten inschakelen.

1998¹⁵⁰

Bij een test op 16 oktober werd vastgesteld dat meters van de noodkoeling twee keer zoveel koelwater aanwezen als in werkelijkheid aanwezig was. Dit kwam door een foute berekening bij vervanging van onderdelen in 1985, dus 13 jaar eerder. Sindsdien was deze afwijking ook bij de periodieke controles niet opgemerkt. Tussen januari en april deed zich vier keer een situatie voor waarbij de kerncentrale een noodstop moest maken.¹⁵¹

1999¹⁵²

Op 21 september stelde men vast dat een beveiligingssignaal voor het automatisch starten van koeling van de kern het niet deed. Dit koelsysteem zou men met de hand in werking hebben moeten stellen, als beide na-koelsystemen uitgevallen zouden zijn.

2000¹⁵³

Het luchtafzuigsysteem werkte op 11 augustus onvoldoende. Men ging ervan uit dat er voldoende tijd was voor reparatie, maar de volgende dag bleek dat de reparatie binnen een uur uitgevoerd had moeten worden of dat men de centrale stil had moeten leggen. Geen van beide gebeurde.

2001¹⁵⁴

In de kerncentrale Borssele constateerde men op 29 september een verstopping van een aftapleiding van de ruimte rond het reactorvat. Daardoor bleef in strijd met de voorschriften geboreerd water achter. Uit evaluatie bleek dat het reactorvat niet was aangetast. Er werden maatregelen genomen om zeker te stellen dat de ontwatering goed functioneerde.

2002¹⁵⁵

Op 29 oktober viel de stroomaanvoer van buiten uit. Zo ontstond een noodstroomsituatie. De reactor schakelde daardoor af.

2003¹⁵⁶

Eind september werd duidelijk dat het kalibreren van de niveau-indicatie in de reactorput over het hoofd was gezien gedurende de jaarlijkse splijtstofwisseling. Volgens de technische specificaties had dit wel moeten. In overleg met de Kernfysische Dienst (KFD) werd dit op 18 oktober alsnog gedaan. Daarvoor moest de reactor tijdelijk uit bedrijf worden genomen. Genoemde niveau-indicator speelt een belangrijke rol als zich een ernstig ongeluk zou voordoen, waarbij koelmiddelverlies optreedt.

Oktober 2004¹⁵⁷

Er werden drie lekke splijtstofstaven gevonden. Bij een staaf trof men een gaatje aan, dat waarschijnlijk veroorzaakt was door een los metaaldeeltje dat bleef zweven, en slijtage aan de omhulling van de staaf veroorzaakt had.

September 2005¹⁵⁸

Na de jaarlijkse splijtstofwisselstop kwam de centrale weer in bedrijf. Men besloot het opwarmen van de centrale te onderbreken vanwege een kleine reparatie. Daarbij vergat men een afsluiter van een na-koelpomp dicht te doen. Daardoor ontstonden trillingen in het leidingwerk, waar niet tijdig op werd gereageerd. Daardoor brak een kleine leiding af en

kwam 3 kubieke meter reactorwater in een ruimte die ontworpen is om lekkages op te vangen. De leiding werd gelast. Bij deze storing bleek dat toepasselijke bedrijfsprocedures ontbraken.

2006¹⁵⁹

Volgens het ministerie van VROM was in 2006 het aantal storingen in de kerncentrale Borssele hoger dan in de voorgaande tien jaren. Gemiddeld waren het er tien per jaar, tegen zeventien in 2006. Het ministerie noemde dit een “ongewenste trend” en wilde daarom “verbetermaatregelen”. Dertien van deze storingen waren terug te voeren op vier gemeenschappelijke oorzaken. Twee ongevallen hadden een externe oorzaak, namelijk storingen in het elektriciteitsnet. In vier gevallen ging het om een hoog waterniveau in een stoomgenerator. *Vier gebeurtenissen waren reactorsnelafschakelingen en in drie gevallen trad een noodstroomsituatie op.* Op 8 mei was er tien seconden geen noodstroom. Op 11 juni explodeerde tijdens normaal vermogensbedrijf een stroomtransformator in het 150 kV station Borssele. Hierdoor ontstond brand in het 150 kV station, werden turbine en reactor afgeschakeld en kwamen de drie noodstroomdieselgeneratoren in bedrijf. Op 15 juli moest door een foutieve instelling van de hoofdkoelmiddelpomp de centrale op noodstroom overschakelen.

2007¹⁶⁰

15 september 2007

Wateroverlast in het koelwaterinlaatgebouw.

Tijdens het in bedrijf nemen van de centrale werd het hoofdkoelwatersysteem van KCB na een onderhoudsperiode weer bedrijfsklaar gezet. Tijdens het vullen van de hoofdkoelwaterleiding van de kerncentrale vanuit de in bedrijf zijnde kolencentrale bleek een deel van het koelwaterinlaatgebouw onder water te lopen. Door de opgeroepen alarmstaf werd besloten de hoofdkoelwaterpompen van de kolencentrale uit bedrijf te nemen en de assistentie van de regionale brandweer op te roepen voor het leegpompen van de ondergelopen pompkelders. Parallel werden, overeenkomstig de instructies, preventieve maatregelen getroffen voor het geval beide strangen van nood- en nevenkoelwatersysteem niet beschikbaar zouden zijn. Nadat de pompkelders waren leeggepompt, werd vastgesteld dat aftapafsluiters van de hoofdkoelwaterleiding nog in geopende stand stonden, waardoor de lekkage kon plaatsvinden.

2008¹⁶¹

Op 24 april 2008 bij het in bedrijf nemen van de centrale na de splijtstofwisselperiode was een geringe lekkage ontstaan onderaan een van de twee stoomgeneratoren. De installatie had op dat moment een temperatuur van 295 graden Celsius. De lekkage van het primaire water trad op in een leiding uit de bodem van de stoomgenerator. De dampvorming in de installatieruimte leidde tot het aanspreken van diverse brandmelders en het automatisch afsluiten van de ventilatie van het containment. De installatie werd daarop in een spanningsloze toestand gebracht. Voor het verwijderen en onderzoek van de leiding werd de kern ontladen uit het reactorvat en werd het primaire waterniveau in de stoomgenerator verlaagd. Uit het schadeonderzoek bleek dat de lekkage was veroorzaakt door een los materiaaldeeltje. Door de wervelingen in het dode pijpstuk was lokaal slijtage ontstaan in de 5 millimeter dikke wand.

2009¹⁶²

Op 3 april 2009, een dag voordat de centrale zou worden afgeregeld voor de jaarlijkse splijtstofwisselperiode, trad een geringe lekkage op in een olie-retourleiding van de regelkleppen van de turbine. Deze lekkage veroorzaakte een oliewalm die ter plaatse bewaakt

werd. Na enige uren ontstond een beginnende brand die snel werd geblust door de bedrijfsbrandweer, waarbij werd besloten dat de inzet van de gemeentelijke brandweer Borsele niet nodig was. De turbine werd vanuit de regelzaal handmatig afgeschakeld, waardoor het reactorvermogen gereduceerd werd tot 30% en de geproduceerde stoom via de turbineomloop-kleppen rechtstreeks werd afgevoerd naar de condensor. De centrale leverde daarbij geen elektriciteit meer aan het externe net.

Ook waren in 2009 twee vermeldenswaardige storingen: een geringe lozing van vloeibare radioactiviteit (ca. 1 MBq Co-60 en Cs-137) via het nood- en nevenkoelwatersysteem in de Westerschelde op 27 september 2009 en een kleine lekkage aan een stomp van een van de twee boorzuur-voorraadtanks op 8 december 2009.

2010¹⁶³

In 2010 traden bij KCB negen meldingsplichtige ongewone gebeurtenissen op. De belangrijkste gebeurtenissen aan het begin van het jaar, op 4 en 11 januari 2010. *De noodstroomdiesel van noodstroomnet 1 startte niet op tijdens de uitvoering van periodieke beproevingen.* De oorzaak was in beide gevallen het te traag openen van een luchtklep. “De achterliggende oorzaak is niet met zekerheid vastgesteld,” lezen we in de rapportage van de regering. Na overleg met de leverancier werd besloten de kleppen van alle drie de noodstroomdiesels te vervangen.

Op 29 december werd een lek ontdekt in een ondergrondse leiding van het conventionele koelwatersysteem naar de bedrijfstransformator. Daardoor was 60 tot 65 kubieke meter koelwater weggestroomd. Het koelwater bevatte een conserveringsmiddel: de grond werd daardoor chemisch verontreinigd. Er werd een plan van aanpak opgesteld, maar of dat ook was uitgevoerd, stond niet in de rapportage.

2011¹⁶⁴

Het overzicht van de storingen over 2011 verscheen pas op 27 februari 2013. In dat jaar kwamen bij KCB acht storingen voor, waarvan drie “van enig belang” (INES-niveau 1). We staan hier stil bij een daarvan.

Op 20 juni 2011 was er een storing aan een van de drie *noodstroomdieselgeneratoren*. Tijdens onderhoudswerkzaamheden kwam deze generator in bedrijf, hoewel dat niet gepland was. Bij verder onderzoek naar deze storing werd geconstateerd dat een defecte printplaat de oorzaak was. Vervolgens werden nog drie defecte printplaten ontdekt. Deze printplaten zijn nodig voor het automatisch starten en inschakelen van de noodstroomdiesels. Handmatig starten was wel mogelijk. De defecte printplaten waren niet eerder ontdekt, omdat na onderhoud niet de juiste standaardbeproeving voor her-kwalificatie van de noodstroomdiesel werd toegepast. Als er een situatie was geweest waar noodstroom van wezenlijk belang was, hadden de drie *noodstroomdieselgeneratoren het dus niet gedaan*, luidt onze conclusie.

2012¹⁶⁵

3 februari 2012: Ongepland afschakelen van de reactor als gevolg van bevrozing van meetapparatuur. De leidingen konden bevroren doordat deze meetleidingen zich recht tegenover de toevoerkanalen van de ventilatie van het machinehuis bevonden en de buitentemperatuur in de avond tot onder de -7 °C daalde.

21 maart 2012

Een van de voorzieningen die moeten voorkomen dat bij een lek in de toevoerleiding van het koelsysteem het splijststof-opslagbassin leegloopt en de daarin aanwezige splijststofelementen onbedekt raken, werkte niet goed. Dat werd bij een inspectie vastgesteld.

In ongevalssituaties zou - indien geen gebruik zou worden gemaakt van andere mogelijkheden

om het waterniveau op peil te houden - het waterniveau zodanig zijn gezakt dat de splijtstofelementen in dat geval gedeeltelijk onbedekt zouden zijn geraakt, waarbij kans op splijtstofschade was geweest.

Gelukkig heeft zich deze situatie niet voorgedaan, want dan hadden we een kernsmelting mee kunnen maken, is onze conclusie.

29 januari 2013¹⁶⁶

Op 29 januari 2013 viel een deel van de interne noodstroomvoorziening uit, terwijl de kerncentrale in bedrijf was. De centrale werd vervolgens uit bedrijf genomen. Tijdens werkzaamheden aan het noodstroomsysteem was een beschadiging opgetreden. Bij het testen van elektrische apparatuur en het nadien inschakelen van een pomp was kortsluiting ontstaan in een schakelkast. Als gevolg van de kortsluiting was in de schakelkast hitte vrijgekomen die de schade veroorzaakte.

Herfst 2013^{167 168}

Op vrijdag 13 september werd de kerncentrale uit bedrijf genomen wegens schade aan de generatorkoelers. Uit inspectie bleek dat bij de generatorkoelers koelribben waren afgebroken, waarvan delen in de generator terecht waren gekomen. De generator werd gedemonteerd, geïnspecteerd en gereinigd, een arbeidsintensief karwei dat drie weken duurde. Er liep een onderzoek naar de oorzaak van het stukgaan van deze relatief nieuwe koelers. De kapotte koelers werden niet gerepareerd, maar vervangen door nieuwe. Deze waren niet uit voorraad leverbaar en werden nieuw geproduceerd. Door de levertijd van deze onderdelen was de kerncentrale tot eind 2013 uit bedrijf.

November 2014¹⁶⁹

Op 21 november 2014 meldde EPZ dat bij het uitvoeren van een test van een onderdeel van de noodstroominstallatie van KCB was afgeweken van eisen die zijn vastgelegd in de Technische Specificaties van de centrale. Tijdens de test werden meer spanningsbronnen losgekoppeld dan volgens de Technische Specificaties is toegestaan. De noodstroominstallatie had wel van stroom kunnen worden voorzien, als dat nodig was geweest.

20 Mei 2015¹⁷⁰

Op 20 mei 2015 meldde EPZ dat in de kerncentrale Borssele, die op dat moment buiten bedrijf was vanwege het jaarlijkse onderhoud, bij het ophijzen van het deksel van het reactorvat complicaties waren ontstaan. Het hijsblok van de hijskraan was bij het optillen scheef gaan hangen, waardoor kabels tegen het blok aanliepen. Daarop werd besloten om het deksel weer terug te plaatsen. EPZ had intussen vastgesteld dat bij de revisie van het hijsblok door de leverancier fouten waren gemaakt. Hijstesten voorafgaand aan de onderhoudsstop hadden dit defect niet aan het licht gebracht. EPZ was lang bezig met het achterhalen van de basisoorzaken van het kraandefect om maatregelen te nemen om herhaling te voorkomen.

15 juli 2016¹⁷¹

Op 15 juli 2016 meldde EPZ dat de kerncentrale Borssele gedurende een korte periode automatisch was afgeschakeld tijdens een geplande beproeving. De oorzaak van deze afschakeling bleek een omgewisselde bedrading van twee kleppen. De omwisseling van deze bedrading werd direct hersteld. Na controle van de bedrading van de andere kleppen werd de reactor volgens procedure weer opgestart.

5 december 2017¹⁷²

EPZ meldde dat een van de verbindingen waarmee de kerncentrale Borssele met het

hoogspanningsnetwerk in Nederland was verbonden, korte tijd was uitgevallen. De oorzaak daarvan lag buiten het terrein van de centrale. De centrale startte daarop automatisch de noodstroomdiesel die de betreffende stroomvoorziening vervangt. De nood- en veiligheidssystemen deden het. Na 12 minuten was de storing in het netwerk buiten de centrale verholpen.

19 februari 2018¹⁷³

EPZ meldde dat een deel van het noodstroomnet van de kerncentrale kortstondig niet beschikbaar was. De voedingskabel naar dat deel van het noodstroomnet was bij graafwerkzaamheden beschadigd geraakt. De centrale startte daarop automatisch de noodstroomdiesel die de betreffende stroomvoorziening overneemt. De centrale was voorbereid op dit soort situaties. Binnen 10 seconden was de voeding van het noodstroomnet weer in werking. Na 50 minuten was de reguliere aansluiting op het elektriciteitsnet weer hersteld.

4 augustus 2018^{174 175 176 177 178}

Op 4 augustus 2018 ging in de loop van de middag de kerncentrale Borssele automatisch uit bedrijf na de ontdekking van een elektronische storing in het reactorbeveiligingssysteem. Het reactorbeveiligingssysteem zorgt ervoor dat bij afwijkingen de reactor automatisch wordt afgeschakeld. Het onderzoek naar de storing wees uit dat een tweetal elektronica-modules vervangen moest worden. Dat gebeurde op 17 augustus en het reactorbeveiligingssysteem werd na testen in orde bevonden.

Bij deze storing kwamen enkele ongewone combinaties van aan- en afgeschakelde componenten voor en dat leidde tot schade, die de exploitant EPZ omschreef als ‘nevenschade.’ Een van de twee hoofdkoelmiddelpompen werd namelijk niet afgeschakeld, terwijl het reactorbeveiligingssysteem wel de bijbehorende smeerolietoevoer afsloot.

Daardoor werd een van de lagers van deze pomp beschadigd. Tijdens het demonteren bleek dat ook andere onderdelen van deze pomp te lijden hadden gehad. Een onderdeel werd naar de leverancier opgestuurd om weer ‘als nieuw’ te worden gemaakt. Als deze niet gereviseerd zou kunnen worden, moest er misschien een ander exemplaar worden vervaardigd. Daarom kon EPZ op 17 augustus niet zeggen wanneer de kerncentrale weer in bedrijf kwam. Terwijl EPZ aanvankelijk uitging van 2 weken werd de opstartdatum 16 september.¹⁷⁹

De ANVS schreef hierover op 3 juni 2019: “Naast het onderzoek dat EPZ uitvoert naar de automatische afschakeling door storing in het reactorbeveiligingssysteem (4 augustus 2018), voert ook de ANVS zelf een aanvullend onderzoek uit naar de achterliggende oorzaken van deze ongewone gebeurtenis. De ANVS wil met dit onderzoek inzicht krijgen in het proces en de achtergronden die gerelateerd zijn aan deze gebeurtenis, met als doel ook zelf veiligheidsrelevante lessen uit de gebeurtenis te trekken. De resultaten van beide onderzoeken zullen in gezamenlijkheid worden besproken.”¹⁸⁰

In het Jaarverslag van de ANVS over 2019 stond dat in 2019 vanuit de ANVS veel aandacht geweest was voor de afhandeling van de storing in het reactorbeveiligingssysteem die op 4 augustus 2018 was opgetreden en het onderzoek naar de oorzaak en achtergrond van het ontstaan van deze storing. Op basis van deze onderzoeken had de ANVS de voorlopige INES-0 inschaling van het incident opgehoogd naar een INES-1 inschaling. Daarmee werd aangegeven dat deze storing weliswaar niet veiligheidsrelevant was, maar wel dat de gevolgschade beperkt had kunnen worden, indien de zwakte in het systeem eerder was aangepakt. EPZ had in 2019 de benodigde aanpassingen aan het systeem grotendeels uitgevoerd en zou in 2020 de laatste aanpassingen doen. Hierdoor zou de gevolgschade bij een eventuele latere storing geminimaliseerd worden.¹⁸¹

29 juli 2019¹⁸²

De kerncentrale Borssele staakte de elektriciteitslevering na een transformatorstoring. De kernreactor werd in een veilige toestand gebracht, totdat de storing was verholpen.

21 december 2020¹⁸³

In 2020 werd een gebeurtenis bij de kerncentrale Borssele in eerste instantie ingeschaald als INES-0. Dit betrof de besluitvorming bij de afhandeling van een technische storing aan een personensluis. Uit het onderzoek van vergunninghouder EPZ bleek dat bij afhandeling van de technische storing de besluitvorming niet goed was verlopen. De storing en de afhandeling hadden geen gevolgen voor de nucleaire veiligheid of voor mens en milieu. In een andere situatie had dit mogelijk wel tot nadelige gevolgen kunnen leiden. Daarom verhoogde de ANVS de inschaling van de gebeurtenis achteraf naar INES-1, een afwijking.

8 juni 2021¹⁸⁴

Tijdelijke niet-beschikbaarheid reserve-noodstroomschakelaars tijdens onderhoud.

Op 8 juni bleek een 400V back-upschakelaar in Noodstroomnet 1 niet te functioneren. Deze werd daarop losgemaakt voor reparatie. Omdat de kerncentrale in onderhoud was, stond op 9 juni preventief onderhoud gepland aan spanning-voerende delen. Om dat veilig te kunnen doen, werd dat deel spanningsloos gemaakt door de reserve 400V back-upschakelaar ook niet beschikbaar te maken. Daarmee waren dus beide back-upschakelaars tegelijkertijd niet beschikbaar. De Technische Specificaties van de kerncentrale schrijven voor dat een van beide altijd beschikbaar moet zijn.

De kerncentrale heeft twee onafhankelijke noodstroomnetten. Noodstroomnet 1 heeft drie noodstroomdiesels en Noodstroomnet 2 heeft er twee. Als het externe net spanningsloos raakt, dan moet een noodstroomdiesel binnen enkele seconden de stroomvoorziening overnemen.

27 juni 2021¹⁸⁵

De vergunninghouder van de kerncentrale Borssele (EPZ) deed op 27 juni 2021 een melding. EPZ gaf aan dat tijdens het opstarten van de hoofdkoelmiddelpomp twee dieselgeneratoren waren opgestart. De hoofdkoelmiddelpomp pompt het water rond dat door de reactor stroomt. Het opstarten van de hoofdkoelmiddelpomp maakt onderdeel uit van het opstarten van de kerncentrale. Maar het automatisch starten van twee dieselgeneratoren hoorde niet te gebeuren tijdens het opstarten van de hoofdkoelmiddelpomp. De gebeurtenis had geen gevolgen voor de nucleaire veiligheid en had geen gevolgen voor mens en milieu.

20 april 2022¹⁸⁶

Tijdens het in bedrijf nemen van een oliepomp bij EPZ in Borssele liep deze warm. Hierdoor ontstond rook, daardoor ging een brandalarm af. De brandweer in Borssele en de bedrijfsbrandweer werden vervolgens opgeroepen. Ter plekke bleek echter dat het slechts ging om rookontwikkeling, waardoor direct kon worden afgeschaald. De rook trok weg via het ventilatiesysteem. Er waren geen gevolgen voor de veiligheid van de omgeving of van medewerkers geweest. De pomp werd uit bedrijf genomen voor nader onderzoek naar de oorzaak. Toezichthouder ANVS volgde de afhandeling van het onderzoek.

2.4 Toelichting: werking kerncentrale Borssele

De kerncentrale Borssele is een drukwaterreactor. De centrale is in grote lijnen als volgt opgebouwd.¹⁸⁷ Het reactorvat met daarin de uraniumstaven vormt tezamen met de verbindende leidingen een aparte kringloop. Men noemt dit het primaire circuit. Het water in

het primaire circuit wordt onder een hoge druk gezet. Daarom gaat het water niet koken. Dit water, ook hoofdkoelmiddel genoemd, draagt zijn warmte in de stoomgenerator over aan een tweede water- en stoomkringloop, het secundaire circuit. In dit tweede circuit ontstaat wel stoom. Die drijft een turbine aan. De turbine-as is met de as van een generator verbonden. In de generator ontstaat door het ronddraaien van een rotor elektriciteit.

De stoom die door de turbine is gegaan moet weer tot water worden gecondenseerd. Dat gebeurt in de condensor. Het water uit de condensor gaat terug naar de stoomketel om daarna opnieuw in stoom te worden omgezet.

Borssele heeft vanuit het reactorvat twee gelijke en parallel geschakelde hoofdkoelmiddelkringlopen. Elk van deze twee kringlopen van het primaire circuit heeft een stoomgenerator en een circulatiepomp met de daarbij behorende leidingen. Op een van deze twee kringlopen is de drukhouder aangesloten, waarmee ervoor gezorgd wordt dat de druk zoveel mogelijk constant blijft.

De turbine bestaat uit vier gedeelten: een hoge-drukhuys en drie lage-drukhuizen. De condensatie-installatie bestaat uit drie condensoren. De voor de condensoren benodigde hoeveelheid koelwater van 63.000 kubieke meter per uur komt uit de Westerschelde.

2.5 Conclusie

De overheid brengt vanaf 1980 jaarlijkse overzichten uit van storingen in de kerncentrales, terwijl sommige gegevens bekend zijn uit de jaren daarvoor. Uit de overzichten blijkt dat zich in de kerncentrale Borssele 457 bedrijfsstoringen hebben voorgedaan. Daarbij viel regelmatig een aantal belangrijke veiligheidsvoorzieningen uit. Gelukkig is het tot nu toe niet echt fout gegaan, maar meerdere keren zijn stappen op weg naar een ernstig ongeluk gezet.

De bedrijfsstoringen werden onder meer veroorzaakt door problemen met de noodstroomvoorziening, de brandbeveiliging, de diverse koelsystemen, de inname van koelwater uit de Westerschelde en door een open verbinding tussen de reactor en de buitenlucht.

Hoofdstuk 3

Jodiumtabletten en rampenplannen

Dat de regering jodiumtabletten uitdeelt en rampenplannen heeft, laat zien dat we terdege rekening moeten houden met een ernstig ongeval met de kerncentrale Borssele. Het gaat hier om een gebied tot op 100 kilometer afstand. Maar als kernenergie veilig zou zijn, dan zijn jodiumtabletten en rampenplannen niet nodig. Jodiumtabletten uitdelen betekent dat de regering aanvaardt dat kernenergie onveilig is. Jodiumtabletten en rampenplannen geven schijnveiligheid.

3.1 Jodiumtabletten als hulp in nood bij kernongevallen

De regering heeft na 10 oktober 2017 jodiumtabletten per post verzonden aan 1,2 miljoen huishoudens met 3 miljoen mensen.¹⁸⁸ Of u daarbij hoorde, kwam u te weten door uw adres in te vullen op een door de regering beschikbaar gestelde kaart.¹⁸⁹ 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."¹⁹⁰ Het is de bedoeling dat mensen die tabletten innemen voordat bij een ongeval met een kerncentrale een radioactieve wolk overtrekt. Het is niet de bedoeling om ze meteen na ontvangst in te nemen en het gaat ook niet om radioactiviteit die vrijkomt bij een kernbom.

De 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.

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, grote onrust gaat ontstaan bij de distributie van jodiumtabletten. De veiligheid van kerncentrales zal wederom ter discussie komen en de onrust die in sommige regio's hierover is, zal worden versterkt."¹⁹¹

3.3 Overheid bepaalt tijdstip innemen jodiumtabletten

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)."¹⁹²

3.4 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.”¹⁹³

3.5 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.”^{194 195}

3.6 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 3.1).¹⁹⁶ Waarom dat zo is, legt de minister niet uit.

Op 2 juli 2014 maakte minister Kamp de plannen concreet. De ring rond een kerncentrale waarvoor maatregelen gelden, wordt ongeveer twee keer zo groot als eerst. Bij een kernongeval met de kerncentrales Borssele, Doel, Tihange of Lingen moet tot op 10 kilometer geëvacueerd worden, waarbij de 5 kilometer het dichtst bij de kerncentrale de voorrang krijgt. Jodiumtabletten worden gestuurd aan mensen tot en met 40 jaar die binnen 0 tot 20 kilometer van een kernreactor wonen.¹⁹⁷ Kinderen tot 18 jaar en zwangere vrouwen moeten tot op 100 kilometer jodiumtabletten slikken.¹⁹⁸

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.”¹⁹⁹

In de praktijk gaat het om meer dan 100 kilometer (zie figuur 3). Volgens een woordvoerder van het ministerie van VWS is ervoor gekozen om alle postcodes van een gemeente waar de cirkel doorheen loopt, te voorzien van jodiumtabletten: “Met het doel te voorkomen dat in een 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.”²⁰⁰

Of de 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.²⁰¹

Tabel 3.1

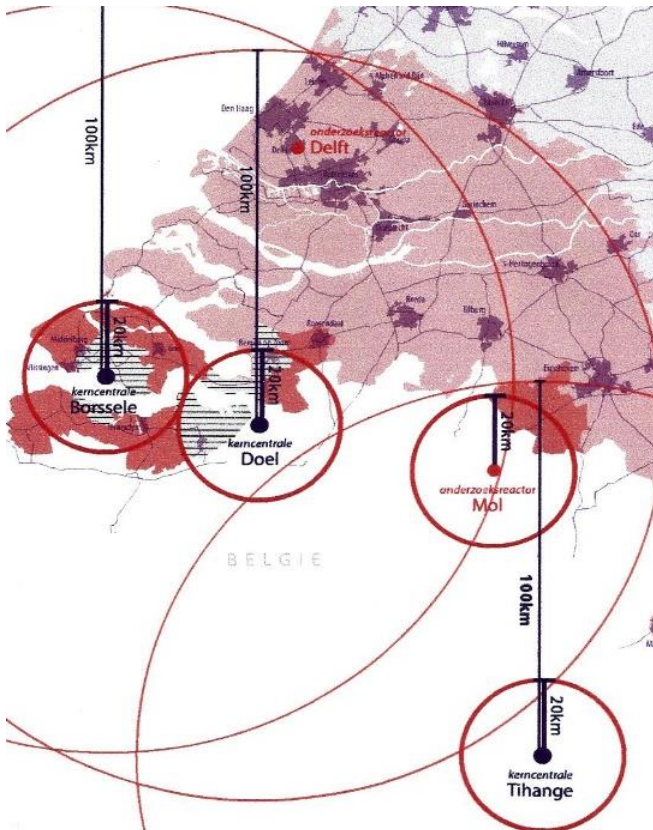
Maatregelen na een kernongeval, afstanden in kilometers

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

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

Figuur 3.1

Straal rond kerncentrale Borssele waar maatregelen gepland zijn



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

3.7 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 1.200 kilometer van Tsjernobyl naar Zweden af.²⁰² Waarom de regering gekozen heeft voor het uitdelen van jodiumtabletten tot op 100 kilometer van een kerncentrale, is onbekend.

3.8 Evacuatie en schuilen na kernongeval

In het Responsplan Nationaal crisisplan stralingsincidenten dat minister Schultz van Haegen van Infrastructuur en Milieu op 18 april 2017 heeft gepubliceerd, legde ze uit wat ze bedoelt met evacuatie en schuilen. Hieronder volgen enkele 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.”²⁰³

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.

3.9 Rampenplannen kerncentrale Borssele

De overheden gaan uit van een mogelijke ramp met een 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 is het rampenplan voor Borssele verschenen.²⁰⁴ Het rampenplan is gemaakt op basis van een ongeval waarbij 3% van het in de reactorkern aanwezige jodium vrijkomt. 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).²⁰⁵

Volgens het rampenplan moeten mensen tot op 10 kilometer van de kerncentrale jodiumtabletten innemen en tot op 20 kilometer binnen blijven 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.²⁰⁶ We nemen aan dat dit ook geldt voor Borssele. Hieronder volgen enkele passages om de sfeer van het deel (rapport 5B) over ontsmetting van 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, kunnen we stellen, dan is veel voorbereiding en oefening nodig. Maar een daadwerkelijke ramp is nooit met de bevolking geoefend.

3.10 Ongeluk kerncentrale Tsjernobyl een daadwerkelijke ramp

We lezen vaak dat de gevolgen van het ongeluk in april 1986 met de kerncentrale in Tsjernobyl in Oekraïne wel meevallen. Maar 200.000 vierkante kilometer land werd radioactief besmet; 350.000 mensen werden geëvacueerd; het totaal aantal doden door dit ongeval liep in de duizenden, maar is niet exact bekend. De economische schade was zo’n 650 miljard euro.²⁰⁷

In 2005 berekende het IAEA dat 4.000 mensen gestorven zijn door de stralingsbelasting van Tsjernobyl.²⁰⁸ De Duitse afdeling van Artsen voor Vrede noemde in 2006 zo'n 10.000 tot 25.000 extra doden door kanker.²⁰⁹ Dr. Ian Fairlie, consultant Radioactiviteit en Milieu, rekende in 2016 voor dat het om 40.000 extra doden zou gaan.²¹⁰ In januari 2018 hadden 1,8 miljoen mensen in Oekraïne de status van stralingsslachtoffer, waarvan 377.589 kinderen. De regering van Oekraïne betaalde in 2019 een uitkering aan 36.000 weduwen van mannen die gestorven zijn als gevolg van het ongeluk in Tsjernobyl.²¹¹ Van de 830.000 jonge mensen die ingezet werden bij opruimwerkzaamheden, de zogeheten liquidatoren, waren er in 2011 al 112.000 tot 125.000 mensen overleden: het sterftcijfer lag vijf keer zo hoog als bij leeftijdsgenoten, blijkt uit gegevens uit 2020.²¹²

Op 20 kilometer vanaf de kerncentrale zijn er zones waar in april 2022 de cesium-concentratie nog 20.000 tot 100.000 Kilobequerel per vierkante meter bedroeg in de bovenste 15 centimeter aarde. Op plekken met de hoogste stralingsdosis lopen mensen in acht dagen een stralingsdosis op van 20 milliSievert: dat is de maximaal toegestane jaarlijkse dosis voor stralingswerkers.²¹³

Voor een gedetailleerde bespreking van het verloop van het kernongeval en de gevolgen daarvan zie: <http://houdgroningenovereind.nl/Kernenergie2022-1.html>, 4 april 2022, hoofdstuk 16.

Eindnoten

¹ <https://www.kernvisie.com/actueel/nieuws/borssele-is-straks-vijftig-en-had-in-2022-een-uitmuntend-jaar.html>, januari 2023.

² <https://www.epz.nl/app/uploads/2021/02/LTO-bedrijfsduurverlenging.pdf>, jaartal waarschijnlijk 2013.

³ www.nu.nl, 15 februari 2005.

⁴ <http://epz.nl/kernenergie>.

⁵ <http://kernenergieinnederland.nl/node/745>.

⁶ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/vergunningen/2012/10/24/inspraak-verlenging-bedrijfsduur-kerncentrale-borssele.html>, 20 maart 2013.

⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-economische-zaken-en-klimaat/documenten/convenanten/2022/12/09/intentieverklaring-onderzoek-bedrijfsduurverlenging-kerncentrale-borssele>, 9 december 2022.

⁸ <https://www.worldnuclearreport.org/-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2019-.html>, 27 september 2019.

⁹ <https://www.worldnuclearreport.org/>, februari 2020.

¹⁰ www.nu.nl, 15 februari 2005.

¹¹ <https://www.epz.nl/app/uploads/2021/02/LTO-bedrijfsduurverlenging.pdf>, jaartal waarschijnlijk 2013.

¹² <https://www.worldnuclearreport.org/-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2019-.html>, 27 september 2019.

¹³ <https://www.worldnuclearreport.org/>, februari 2020.

¹⁴ <https://www.dnwg.nl/het-bedrijf/nieuws-en-publicaties/nieuwsarchief/bericht:delta-netwerkgroep-verder-als-onderdeel-stedin-groep.htm>, 31 maart 2017.

¹⁵ <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/verslagen/detail?id=2016D51314&did=2016D51314>, 22 december 2016.

¹⁶ <https://www.autoriteitnvs.nl/onderwerpen/kerncentrale-borssele-epz>.

¹⁷ <http://www.erhbnv.nl/>.

¹⁸ <https://www.pzem.nl/over-pzem/corporate/jaarcijfers>, Jaarbericht 2019.

¹⁹ Instituut voor Maatschappelijk Gericht Onderzoek, De Splitsen en de Smelter, Middelburg, 26 juni 1981, bijlage 1.

²⁰ Commissie Borssele ad hoc, "Hoe stevig zit dit deksel op de radioactieve kookpan van Borssele?", 10 november 1973.

²¹ Directie N.V. Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij, Kernenergiecentrale Borssele, voorjaar 1983, p 21.

²² Energie Komitee Zeeland, Zwartboek Kerncentrale Borssele, Middelburg, 11 december 1979, p 6.

²³ Directie N.V. Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij, Kernenergiecentrale Borssele, voorjaar 1983.

²⁴ C. Uitham e.a., Kernenergie in Nederland, Groningen, 1977, p 30 en 31; H. Ramaer, De dans om het nucleaire kalf, 1975, p 82.

-
- ²⁵ A. Lagaaij en G. Verbong, "Kerntechnik in Nederland 1945-1974", Den Haag, 1998, pp. 86-92.
- ²⁶ C.D. Andriess, "De republiek der kerneleerden", Bergen, 2000, p. 101.
- ²⁷ 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.
- ²⁸ J.G. Kim, Wirtschaftlichkeitsanalyse der in der Bundesrepublik Deutschland gebauten Kernkraftwerke und Vergleich mit Steinkohlenkraftwerken, Essen, februari 1991, p 50.
- ²⁹ J.G. Kim, Wirtschaftlichkeitsanalyse der in der Bundesrepublik Deutschland gebauten Kernkraftwerke und Vergleich mit Steinkohlenkraftwerken, Essen, februari 1991, p 14.
- ³⁰ Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, Aangangs 700, 3 augustus 1994.
- ³¹ Instituut voor Maatschappelijk Gericht Onderzoek, De Slijter en de Smelter, Middelburg, 26 juni 1981, bijlage 1.
- ³² <https://encyclopedievanzeeland.nl/Pechiney> ; <https://zalco.nl/>
- ³³ Commissie Borssele ad hoc, p 1.8.
- ³⁴ Commissie Borssele ad hoc, p 1.8.
- ³⁵ Directie Provinciale Zeeuwse Energie Maatschappij, Kernenergiecentrale Borssele, voorjaar 1983, p 21.
- ³⁶ <https://www.kernvisie.com/actueel/nieuws/borssele-is-straks-vijftig-en-had-in-2022-een-uitmuntend-jaar.html>, januari 2023.
- ³⁷ <https://www.nationaalarchief.nl/onderzoeken/fotocollectie/acc7b910-d0b4-102d-bcf8-003048976d84>
- ³⁸ 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.
- ³⁹ 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.
- ⁴⁰ Verslag Commissie Milieubeheer Provinciale Staten Zeeland van 26 oktober, 1979, p 1.
- ⁴¹ <https://www.kernenergieinnederland.nl/node/183>, 15 december 1979.
- ⁴² Staatscourant 17 mei 1982.
- ⁴³ Commissie Bestaande Kerncentrales, 12 januari 1983.
- ⁴⁴ 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.
- ⁴⁵ Tweede Kamer, 17740 en 17600-XIII, nrs 79, 131 en 138.
- ⁴⁶ Handelingen Tweede Kamer, 19 oktober 1983, p 562-591.
- ⁴⁷ <https://www.kernenergieinnederland.nl/files/19870401-magazine.pdf>, april 1987.
- ⁴⁸ 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.
- ⁴⁹ Tweede Kamer, vergaderjaar 1987-1987, 19700, hoofdstuk XV, nr 57.
- ⁵⁰ Handelingen Tweede Kamer, 25 februari 1987, p 2891-2916.
- ⁵¹ Tweede Kamer, 19700, XV, nr 63.
- ⁵² SEP, Elektriciteitsplan 1987/88, januari 1983, (goedgekeurd door de minister van Economische Zaken op 7 maart 1983), p 38.
- ⁵³ Gesellschaft für Reaktorsicherheit, Beratungsstudie zu Accident Management Massnahmen für die KKW Borssele und Dodewaard; Project Herbezinning Kernenergie, SPH-03-09.
- ⁵⁴ Tweede Kamer, 21800-XV, nr 59.
- ⁵⁵ Piet Boomsma, De kosten van kernenergie in Nederland, Wetenschapswinkel voor Economie, Rijksuniversiteit Groningen, maart 1992, EC 76.
- ⁵⁶ Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21300 XIII, nr 31 en vergaderjaar 1991-1992, 22300 XIII, nr 14.
- ⁵⁷ SEP, beantwoording van de gestelde vragen door de Vaste Commissie voor Economische Zaken van de Tweede Kamer betreffende het Elektriciteitsplan 1993-2002, augustus 1992.
- ⁵⁸ SEP, Agenda voor de 126e Algemene Vergadering van Aandeelhouders, donderdag 24 oktober 1991, agendapunt 3, financieel-economisch beleidsplan 1992-1994.
- ⁵⁹ C. Kalverboer, 20 jaar KCB, Project Modificaties, lezing van 20 oktober 1993 ter gelegenheid van 20 jaar Borssele.
- ⁶⁰ Tweede Kamer, 22598, nr 4.
- ⁶¹ Brief van de minister van Economische Zaken aan EPZ, kenmerk E/EE/KK/94053428.
- ⁶² Stichting Natuur en Milieu, brief GK/IR/9409.034, 15 september 1994.
- ⁶³ SEP, Financieel-economisch beleidsplan 1994-1996, agendapunt 4 van de 132ste Aandeelhoudersvergadering van 30 september 1993.
- ⁶⁴ Elektriciteitsplan 1995-2004, Kamerstuk 23758.
- ⁶⁵ Tweede Kamer, 23758, nr 3.
- ⁶⁶ Handelingen Tweede Kamer, 30 juni 1994, p 5751-5757.
- ⁶⁷ Tweede Kamer, 23758, nr 5.

-
- ⁶⁸ Handelingen Tweede Kamer, 30 juni 1994, p 5756.
- ⁶⁹ Handelingen Tweede Kamer, 30 juni 1994, p 5779.
- ⁷⁰ Tweede Kamer, vergaderjaar 1994-1995, 16226, nr. 18.
- ⁷¹ EPZ, persbericht, 2 maart 1998.
- ⁷² VGB KraftwerksTechnik, 7/99, p. 25.
- ⁷³ Tweede Kamer, vergaderjaar 2001-2002, Aangangsel 1305.
- ⁷⁴ Energie Nederland, 29 augustus 2000, p. 5.
- ⁷⁵ “Meedoen, meer werk, minder regels”, Hoofdlijnenakkoord, 16 mei 2003, p. 12.
- ⁷⁶ Tweede Kamer, vergaderjaar 2003-2004, 29200 XIII, nr. 44, 31 maart 2004.
- ⁷⁷ Nucleonics Week, 17 februari 2005.
- ⁷⁸ https://www.laka.org/docu/catalogus/publicatie/1.01.8.20/64_the-safety-of-borssele-nuclear-power-station
- ⁷⁹ <http://epz.nl/actueel/epz-voert-veiligheidsverbeterende-maatregelen-door>, 13 april 2016.
- ⁸⁰ <https://www.wisenederland.nl/openhouden-borssele-kan-belastingbetaler-half-miljard-kosten>, 4 oktober 2016.
- ⁸¹ <https://www.laka.org/nieuws/2016/openhouden-borssele-kan-belastingbetaler-half-miljard-kosten-5730#more-5730>, 4 oktober 2016.
- ⁸² <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.
- ⁸³ <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/verslagen/detail?id=2016D51314&did=2016D51314>, 22 december 2016.
- ⁸⁴ <https://www.pzc.nl/zeeuws-nieuws/energiebedrijf-pzem-voorziet-70-miljoen-verlies-in-2018~a671f513/>, 13 december 2017.
- ⁸⁵ <https://www.laka.org/nieuws/2019/pzem-lijdt-opnieuw-verlies-aan-kerncentrale-borssele-11935>, 23 december 2019.
- ⁸⁶ https://www.laka.org/bijlagen/2020/04/epz_geeft_openheid_over_langer_openhouden_kerncentrale_borssele.pdf, 9 maart 2020.
- ⁸⁷ <https://www.laka.org/bijlagen/2020/04/brief-wise-laka-ps-zeeland.pdf>, 2 april 2020.
- ⁸⁸ <https://www.stormsmith.nl/nuclearco2.html>.
- ⁸⁹ <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.
- ⁹⁰ <https://www.wisenederland.nl/oproep-aandeelhouders-pzem-onderzoek-sluiting-van-verlieslijdende-kerncentrale-borssele/>, 17 september 2020.
- ⁹¹ <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/123204/WISE-Verliesgevende-kerncentrale-al-in-2023-sluiten>, 16 oktober 2020.
- ⁹² <https://www.energiemarktinformatie.nl/beurzen/elektra/>
- ⁹³ <https://www.epzjaarverslag.nl/productie>.
- ⁹⁴ <https://www.group.rwe/-/media/RWE/documents/05-investor-relations/2019-Q4/20-03-12-RWE-annual-report-2019.pdf>, pag 177.
- ⁹⁵ 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.
- ⁹⁶ <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-1b94eccd-4055-4b06-aca5-3c28e7ab7776/pdf>, 7 juli 2021.
- ⁹⁷ <https://www.klimaatakkoord.nl/actueel/nieuws/2022/06/02/hoofdlijnen-klimaatbeleid-voor-elektriciteit>, 2 juni 2022.
- ⁹⁸ <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.
- 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/bedrijfshistorie/historie-kerncentrale>.
- ¹⁰¹ <http://laka.org/info/publicaties/anderen/2015-07-KCB-storingen.pdf>, 13 juli 2015.
- ¹⁰² <https://www.wisenederland.nl/overzicht-ongelukken-Borssele>, 26 april 2016.
- ¹⁰³ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/04/18/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2016>, 18 april 2017.
- ¹⁰⁴ <http://epz.nl/actueel/onderhoudsstop-kerncentrale-borssele-vervroegd>, 12 mei 2015.
- ¹⁰⁵ http://www.onjo.nl/Item.2569.0.html?no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=41568, 25 maart 2011.
- ¹⁰⁶ <http://epz.nl/sites/default/files/files/20160405%20Toelichting%20verbeteringen-vergunning.pdf>, 6 april 2016.
- ¹⁰⁷ https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2016Z10010&did=2016D20711, 23 mei 2016.

- ¹⁰⁸ <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.
- ¹⁰⁹ <http://epz.nl/sites/default/files/files/20160405%20Toelichting%20verbeteringen-vergunning.pdf>, 6 april 2016.
- ¹¹⁰ <http://epz.nl/actueel/epz-voert-veiligheidsverbeterende-maatregelen-door>, 6 april 2016.
- ¹¹¹ <http://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2016/04/07/ontwerp-revisievergunning-epz>, 6 april 2016.
- ¹¹² <http://www.greenpeace.nl/Global/nederland/report/2016/klimaat%20en%20energie/Handhavingsverzoek%20Borssele%20noodstroomvoorziening.pdf>.
- ¹¹³ https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2016Z10010&did=2016D20711, 23 mei 2016.
- ¹¹⁴ Tweede Kamer, 16226, nr 10.
- ¹¹⁵ Persbericht NEA, 18 mei 1990.
- ¹¹⁶ Tweede Kamer, 21800, XV, nr 18, p 29, 7 november 1991.
- ¹¹⁷ Persbericht NEA, 18 mei 1990.
- ¹¹⁸ Tweede Kamer, 16226, nr 10.
- ¹¹⁹ <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/19801231-kfd.pdf>, 8 mei 1981.
- ¹²⁰ Tweede Kamer, 16226, nr. 6.
- ¹²¹ <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/19841231-kfd.pdf>, 10 mei 1985.
- ¹²² <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/19731231-ongelukken.pdf>.
- ¹²³ <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/19741231-ongelukken.pdf>.
- ¹²⁴ <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/19751231-ongelukken.pdf>.
- ¹²⁵ <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/19761231-ongelukken.pdf>.
- ¹²⁶ <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/19771231-ongelukken.pdf>.
- ¹²⁷ <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/19781231-ongelukken.pdf>.
- ¹²⁸ <http://www.kernenergieinnederland.nl/node/152>.
- ¹²⁹ http://www.kernenergieinnederland.nl/faceted_search/results/taxonomy%3A211.212%2C134.
- ¹³⁰ <http://www.kernenergieinnederland.nl/files/19791223-vn.pdf>, 8 oktober 1982.
- ¹³¹ Tweede Kamer, 16226, nr 10.
- ¹³² Tweede Kamer, 17100, XV, nr 55.
- ¹³³ Tweede Kamer, 17600, XV, nr 121.
- ¹³⁴ Tweede Kamer, 16226, nr. 5.
- ¹³⁵ Tweede Kamer, 16226, nr 6.
- ¹³⁶ Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief DGA/KFD/86/7287, 11 juli 1986.
- ¹³⁷ Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief DGA/KFD/87/10660/GrJ, 4 augustus 1987.
- ¹³⁸ Tweede Kamer, 20800, XV, nr 21, p 46.
- ¹³⁹ Tweede Kamer, 16226, nr. 8.
- ¹⁴⁰ Tweede Kamer, 16226, nr 9.
- ¹⁴¹ Tweede Kamer, 16226, nr. 10.
- ¹⁴² Tweede Kamer, 16226, nr. 11.
- ¹⁴³ Tweede Kamer, Vergaderjaar 1989-1990, Aanhangsel 500, 30 maart 1990.
- ¹⁴⁴ Tweede Kamer, 16226, nr. 13.
- ¹⁴⁵ Tweede Kamer, 16226, nr. 14.
- ¹⁴⁶ VGB Kraftwerkstechnik 74 (1994), Heft 4, p 303; Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief SZW/KFD/94/0080/RoA, 10 oktober 1994.
- ¹⁴⁷ atomwirtschaft, oktober 1994, p 657.
- ¹⁴⁸ Ministerie VROM, DGM/SVS/97110075.
- ¹⁴⁹ Ministerie SZW, RT98-347.256.
- ¹⁵⁰ Ministerie van SZW, RT99-224.256.
- ¹⁵¹ VGB KraftwerksTechnik, 7/99, p. 26.
- ¹⁵² Inspectie Milieuhygiëne, RT00-240.256.
- ¹⁵³ Inspectie Milieuhygiëne, RT01-170.256.
- ¹⁵⁴ Inspectie VROM, RT02-415.256.
- ¹⁵⁵ Ministerie VROM, 23 september 2003, RT03-308.256.
- ¹⁵⁶ Ministerie VROM, september 2004, RT04-200.256.
- ¹⁵⁷ Inspectie VROM RT05-120.256
- ¹⁵⁸ Inspectie VROM, RT06-025.256
- ¹⁵⁹ Inspectie VROM , RT07-135.256
- ¹⁶⁰ Ministerie van VROM, Storingsrapportage 2007, Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire installaties in 2007.

- ¹⁶¹ Ministerie van VROM, Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire inrichtingen in 2008, 31 augustus 2009
- ¹⁶² http://www.vrominspectie.nl/Images/VI-2010-14%20Rapportage%20nucleaire%20inrichtingen%202009_tcm293-287519.pdf, 30 augustus 2010.
- ¹⁶³ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2011/11/14/storingsrapportage-2010.html>, 14 november 2011, p 7 en 11.
- ¹⁶⁴ <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.
- ¹⁶⁵ <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.
- ¹⁶⁶ http://www.ilent.nl/onderwerpen/leefomgeving/nucleaire-veiligheid/ongewone_gebeurtenissen_2013/kerncentrale_borssele_kcb/index.aspx.
- ¹⁶⁷ <http://epz.nl/actueel/kerncentrale-uit-bedrijf-na-schade-generatorkoelers>, 19 september 2013.
- ¹⁶⁸ <http://epz.nl/actueel/update-defecte-generatorkoelers-kerncentrale>, 9 oktober 2013.
- ¹⁶⁹ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2015/06/30/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2014.html>, 29 juni 2015.
- ¹⁷⁰ <https://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2016/06/29/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2015>, 29 juni 2016.
- ¹⁷¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/04/18/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2016>, 18 april 2017.
- ¹⁷² <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele>
- ¹⁷³ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele>.
- ¹⁷⁴ <https://epz.nl/actueel/update-automatische-afschakeling-kerncentrale-borssele>, 5 augustus 2018.
- ¹⁷⁵ <https://epz.nl/actueel/update-automatische-afschakeling-kcb>, 7 augustus 2018.
- ¹⁷⁶ <https://epz.nl/actueel/update-automatische-afschakeling-kcb-1>, 17 augustus 2018.
- ¹⁷⁷ <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/107835/Opstarten-kerncentrale-op-zijn-vroegst-in-oktober>, 27 augustus 2018.
- ¹⁷⁸ <https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/rapporten/2019/06/03/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2018>, 3 juni 2019.
- ¹⁷⁹ <https://epz.nl/actueel/kerncentrale-borssele-weer-bedrijf>, 16 september 2018.
- ¹⁸⁰ <https://www.autoriteitnvs.nl/documenten/rapporten/2019/06/03/rapportage-ongewone-gebeurtenissen-in-nederlandse-nucleaire-inrichtingen-in-2018>, 3 juni 2019.
- ¹⁸¹ <https://magazines.autoriteitnvs.nl/anvs-jaarverslag/2020/01/toezicht-en-handhaving>, 22 mei 2020.
- ¹⁸² <https://www.autoriteitnvs.nl/actueel/nieuws/2020/06/29/nucleaire-inrichtingen-melden-11-ongewone-gebeurtenissen-in-2019>, 29 juni 2020.
- ¹⁸³ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/nieuws/2021/07/01/nucleaire-installaties-melden-13-ongewone-gebeurtenissen-in-2020>, 1 juli 2021.
- ¹⁸⁴ <https://www.epz.nl/actueel/meldingen-aan-de-overheid/>, 15 juli 2021.
- ¹⁸⁵ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele#timeline-minor-event-143051767819380141>, 27 juni 2021.
- ¹⁸⁶ <https://www.autoriteitnvs.nl/ongewone-gebeurtenissen/kerncentrale-borssele#timeline-minor-event-1430516832133510205>, 20 april 2022.
- ⁷⁸ C. Andriesse, "Kernenergie in beweging", Amsterdam, 1982, hoofdstuk 4.
- ¹⁸⁸ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-volksgezondheid-welzijn-en-sport/documenten/kamerstukken/2017/09/29/kamerbrief-over-distributie-jodiumtabletten>, 29 september 2017.
- ¹⁸⁹ <https://ez.maps.arcgis.com/apps/Minimalist/index.html?appid=8e5d97c8faaa49948fe57eccd439e822>.
- ¹⁹⁰ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-32645-87.html>, 1 september 2017.
- ¹⁹¹ <https://nos.nl/artikel/2182805-verspreiding-jodiumtabletten-uitgesteld-na-brief-veiligheidsregio.html>, 12 juli 2017.
- ¹⁹² <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/04/18/responsplan-nationaal-crisisplan-stralingsincidenten>, 18 april 2017.
- ¹⁹³ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2016/03/10/q-a-jodiumprofylaxe>, 10 maart 2016.
- ¹⁹⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-volksgezondheid-welzijn-en-sport/documenten/kamerstukken/2017/04/21/kamerbrief-over-uitvoering-distributie-jodiumtabletten>, 21 april 2017.
- ¹⁹⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-volksgezondheid-welzijn-en-sport/documenten/rapporten/2017/04/21/factsheet-jodiumprofylaxe>, 21 april 2017.
- ¹⁹⁶ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-32645-55.html>, 30 september 2013.

-
- ¹⁹⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/ministeries/ministerie-van-volksgesondheid-welzijn-en-sport/nieuws/2017/09/29/vooraankondiging-verspreiding-jodiumtabletten>, 29 september 2017.
- ¹⁹⁸ <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.
- ¹⁹⁹ <https://www.veiligheidsregiogroningen.nl/verspreiding-van-jodiumtabletten>.
- ²⁰⁰ Email aan Herman Damveld van Directie communicatie Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, 4 oktober 2017 om 11:03.
- ²⁰¹ 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.
- ²⁰² 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.
- ²⁰³ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/04/18/responsplan-nationaal-crisisplan-stralingsincidenten>, 18 april 2017.
- ²⁰⁴ Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding, Implementatie Kernenergiecentrale Borssele; Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21015. nr. 7.
- ²⁰⁵ Stichting Natuur en Milieu, brief van 19 februari 1990.
- ²⁰⁶ Nationaal Plan voor de Kernongevallenbestrijding, Implementatie Kernenergiecentrale Dodewaard, februari 1991.
- ²⁰⁷ Astrid Sahm, <https://www.owep.de/artikel/25-25-jahre-nach-tschernobyl-umweltbewusstsein-und-umweltpolitik-im-heutigen-weissrussland>, maart 2011.
- <https://www.wiseinternational.org/nuclear-monitor/chernobyl-chronology-disaster>, 11 maart 2011.
- <http://www.chernobylcongress.org/home.html>, februari 2016, met uitgebreide documentatie.
- <http://www.chernobylgallery.com/chernobyl-disaster/timeline/>, gegevens tot en met 2018.
- <http://www.chernobylgallery.com/chernobyl-disaster/news/>, gegevens tot eind 2019.
- Chernobyl: History of a Tragedy, Serhii Plokh, Penguin (2019), 432 pages, 30 december 2019, in: <http://balticworlds.com/the-chernobyl-disaster-from-the-explosion-to-the-closing-of-the-plant/>.
- https://www.greenpeace-energy.de/fileadmin/docs/pressematerial/Hinkley_Point/200424_FOES_Kosten_Tschernobyl.pdf, 24 april 2020.
- Voor een overzicht van de neerslag door Tsjernobyl, zie <https://www.nature.com/articles/s41598-020-68736-2#Abs1>, 16 juli 2020.
- ²⁰⁸ <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/chernobyl-true-scale-accident>, 5 september 2005.
- ²⁰⁹ https://www.ippnw.de/no_cache/startseite/artikel/de/nur-50-tote-durch-tschernobyl.html, 6 april 2006.
- ²¹⁰ http://www.tschernobylkongress.de/fileadmin/user_upload/T30F5/F1_Fairlie_web_final.pdf, 26 februari 2016.
- ²¹¹ Kate Brown, Manual for Survival, <https://www.penguin.co.uk/books/309/309235/manual-for-survival/9780241352069.html>, 12 maart 2019.
- ²¹² <https://www.ippnw.eu/en/nuclear-energy-and-security/artikel/637453f95eb4c7fbb68bdd74b0a7b729/chernobyl-is-burning.html>, 24 april 2020.
- ²¹³ <https://www.bfs.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BfS/DE/2022/006.html>, 20 april 2022.

