

372 BEDRIJFSSTORINGEN KERNCENTRALE BORSSELE

Herman Damveld, hdamveld@xs4all.nl

Groningen, 23 maart 2011

De overheid brengt vanaf 1980 jaarlijkse overzichten uit van storingen en ongevallen in de kerncentrales. Uit de overzichten blijkt dat zich tot eind 2009 in de kerncentrale Borssele 372 bedrijfsstoringen hebben voorgedaan. Daarbij vielen regelmatig een aantal belangrijke veiligheidsvoorzieningen uit. In 1981, 1984, 1986, 1987, 1989 en 2006 zijn er problemen geweest met de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten. Dat de noodstroomvoorziening en de dieselaggregaten niet werken, kwam dus niet alleen in Fukushima, maar ook in Borssele voor. Gelukkig is het tot nu toe niet echt fout gegaan in Borssele, maar een aantal keren zijn stappen op weg naar een ernstig ongeluk gezet.

1. DEFINITIES INCIDENTEN OF STORINGEN

De overheid brengt sinds 1980 jaarlijks een overzicht uit van de storingen in de kerncentrales Borssele en Dodewaard. Dit gebeurt vanaf 1980 omdat de Tweede Kamer er niet eerder naar had gevraagd. Eerst na het ongeluk in 1979 met de Amerikaanse kerncentrale Harrisburg wilde de Kamer de gegevens.

De gegevens komen via de Kernfysische Dienst naar de Tweede Kamer.

Vanaf augustus 1990¹ hanteert de overheid de "Internationale Nucleaire Gebeurtenissen Schaal", een initiatief van het Internationale Atoom Energie Agentschap (IAEA) en het Nucleaire Energie Agentschap van de OESO van mei 1990².

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"³.

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 kernramp bij Tsjernobyl is 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".⁴

2. 372 BEDRIJFSSTORINGEN

Hieronder volgt een overzicht van de grote bedrijfsstoringen in de kerncentrale Borssele vanaf 1980 tot en met 2009, het laatste jaar waarover gegevens beschikbaar zijn. Over de jaren daarvoor beschikken we niet over officiële gegevens. Wel is het zo dat blijkens de toelichting van de minister van Sociale Zaken bij het eerst gegeven overzicht "de opgetreden storingen in de beide kerncentrales in 1980 globaal qua aantal en ernst overeenkomen met de voorgaande jaren"⁵.

TABEL 1
OVERZICHT BEDRIJFSSTORINGEN KERNCENTRALE BORSSELE

jaar	aantal
1980	17
1981	16
1982	11
1983	7
1984	11
1985	7
1986	8
1987	17
1988	10
1989	25
1990	18
1991	23
1992	20
1993	21
1994	17
1995	8
1996	14
1997	15
1998	10
1999	8
2000	12
2001	9
2002	10
2003	6
2004	8
2005	13
2006	17
2007	5
2008	6
2009	3

TOTAAL 358

3. BELANGRIJKSTE STORINGEN

Hieronder volgt een korte beschrijving van de belangrijkste "storingen" in de kerncentrale Borssele. 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 stelde dat ongeveer 30 procent van de storingen veroorzaakt wordt door verkeerde menselijke handelingen ⁶

1973-1979: geen officiële meldingen

1980⁷

In dit jaar kwamen er een aantal lastige lekken voor in het primaire systeem - het watersysteem rond het hart van de reactor - (2 juni), bij ventilatiekleppen van het reactorin-sluitsysteem (3 december) en bij het noodkoelsysteem (16 december).

1981⁸

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 één 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 één van de drie *noodvoedingwaterpompen 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.

1982⁹

Er werden op 26 februari 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 gemeentebandweer werd de brand geblust.

1983¹⁰

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, condenseert, met koelwater uit de Westerschelde. Een los geraakte 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.

1984¹¹

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 de 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 is geweest, dat de veiligheidskleppen open hadden moeten gaan. Maar dat is niet gebeurd. Uit onderzoek kwam naar voren dat de kleppen vastzaten door corrosie (roest).

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

1985¹²

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.

1986 ¹³

Op 27 februari 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 voormalige Kamerlid Kees Zijlstra (PvdA) schreef de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid dat de storing van 27 februari internationaal is gemeld "vanwege het tijdelijk wegvallen van een aanzienlijk deel van de wisselstroomvoorziening in de centrale". Volgens de minister kwam de storing voort uit een beproeving die geen gevolgen kon hebben vanwege de genomen maatregelen, namelijk het van tevoren ontladen van de splijstofelementen uit de kern en een extra elektrische voeding vanuit de naastgelegen kolencentrale. ¹⁴ We kunnen hieruit concluderen dat het uitvallen van de betreffende transformator bij vol bedrijf (met beladen reactorkern) én in het geval de aanvoer van elektriciteit uit de kolencentrale het niet doet (of de kolencentrale stil ligt) tot een ernstig ongeval kan leiden.

1987 ¹⁵

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 één 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 op zou kunnen treden.*

1988 ¹⁶

Op 9 april, tijdens het uitvoeren van de jaarlijkse noodstroombeproevingen viel één van de drie noodstroomdiesels uit. Een andere noodstroomdiesel kwam wel in bedrijf. Tevens viel één 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 veiligheidstechnische gevolgen, daar de storing zich voordeed aan het einde van de splijstofwisselstop, met lage vervalwarmte van de reactorkern, meldt de minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. Mogen we daaruit concluderen dat een dergelijke storing wel veiligheidstechnische 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.

1989 ¹⁷

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 lijkt er dus op alsof tot nu toe wegens laksheid niet alles gemeld is. Geluk gehad dat het niet echt is fout gegaan?

De minister merkt op dat er maar liefst zeven storingen plaats vonden aan de noodstroomdieselgeneratoren.

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 Celcius. 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.

1990 ¹⁸

De kerncentrale werd in 1990 geplaagd door een verlengde stilstand van zo'n zes weken van de splijtstofwisselstop. Dit doordat er enkele bouten losgeraakt waren van een hulpconstructie van het reactorvat. Het ging om drie bevestigingsbouten van de kernopvangconstructie onder in het reactorvat. Na de ontdekking op 13 februari van een los stuk metaal ging men op zoek naar de drie bouten. Ze zijn gebroken door de zogeheten interkristallijne spanningscorrosie. In antwoord op vragen van het Kamerlid Kees Zijlstra schreef de minister van Sociale Zaken dat de betreffende constructie zich op 20 meter onder water bevindt ¹⁹. Alle handelingen zoals het verwijderen van de bouten, moesten daarom met op afstand bediende apparatuur worden uitgevoerd. Daarna werd de kernopvangconstructie uit het reactorvat gehesen voor inspectie.

1991 ²⁰

Borssele werd in 1992 twee keer uit bedrijf genomen voor reparaties. Bij de opstart na de splijtstofwisseling in maart bleek een afsluiter niet volledig lekdicht te zijn. Deze reparatie duurde drie weken.

Op 6 september trad een lekkage op in één 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.

1992 ²¹

Op 28, 29 en 30 mei raakten de zeven 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 er visnetten voor het inlaatkanaal gespannen. Tijdens deze gebeurtenissen trad een herhaalde storing aan de stoomafblaaskleppen van het secundaire systeem op. Na reparatie kwam de centrale op 2 juni weer in bedrijf.

1993 ²²

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 8 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.

1994²³

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

1996²⁴

Tijdens werkzaamheden binnen het containment constateerde een onderhoudsmonteur op 21 november dat er lucht naar binnen stroomde via een drukontlastleiding. 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, zodat men dacht dat de sluiters dicht waren, terwijl ze in feite open stonden. De overheid geeft niet aan hoe lang de afsluiters open hebben gestaan en beperkt zich tot de mededeling dat er alleen buitenlucht naar binnen is gestroomd. Deze storing werd beoordeeld op niveau 2. We kunnen ons dus afvragen, wat er gebeurd zou zijn als er een ongeval in de centrale had plaats gevonden: hadden vrijkomende radioactieve stoffen dan ook zonder meer naar buiten kunnen stromen?

1997²⁵

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, zouden een serie beveiligingssignalen niet automatisch in werking zijn gekomen. De beveiliging zou men dan met de hand hebben moeten inschakelen.

1998²⁶

Bij een test op 16 oktober werd vastgesteld dat meters van de noodkoeling twee keer zoveel koelwater aanwijzen als in werkelijkheid aanwezig is. Dit komt door een foute berekening bij vervanging van onderdelen in 1985, dus 13 jaar eerder. Sindsdien is 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.²⁷

1999²⁸

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

2000²⁹

Het luchtafzuigstelsel werkte op 11 augustus onvoldoende. Men ging er van 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 is gebeurd.

2001³⁰

In de kerncentrale Borssele constateerde men op 29 september een verstopping van een aftapleiding van de ruimte rond het reactorvat. Daardoor bleef er 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 functioneert.

2002³¹

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

2003³²

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

Oktober 2004³³

Er werden drie lekke slijtstofstaven gevonden. Bij één staaf trof men een gaatje aan, dat waarschijnlijk veroorzaakt is door een los metaaldeeltje dat bleef zweven en slijtage aan de omhulling van de staaf veroorzaakt heeft.

September 2005³⁴

Na de jaarlijkse slijtstofwisselstop 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 nakoelpomp 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.

2006³⁵

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 noemt 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.*

2007³⁶

15 september 2007

Wateroverlast in het koelwaterinlaatgebouw

Tijdens de inbedrijfname van de centrale wordt het hoofdkoelwatersysteem van KCB na een onderhoudsperiode weer bedrijfs gereed gezet. Tijdens het vullen van de hoofdkoelwaterleiding van de kerncentrale vanuit de in bedrijf zijnde kolencentrale blijkt een deel van het koelwaterinlaatgebouw onder water te lopen. Door de opgeroepen alarmstaf is

besloten de hoofdkoelwaterpompen van de kolencentrale uit bedrijf te nemen en de assistentie van de regionale brandweer op te roepen voor het leeg pompen van de ondergelopen pompkelders. Parallel worden, overeenkomstig de instructies, preventieve maatregelen getroffen voor het geval beide strangen van nood- en nevenkoelwatersysteem niet beschikbaar zouden raken. Nadat de pompkelders zijn leeggepompt, wordt vastgesteld dat aftapafsluiters van de hoofdkoelwaterleiding nog in geopende stand staan waardoor de lekkage kon plaats vinden.

2008³⁷

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

2009³⁸

Op 3 april 2009, een dag voordat de centrale zou worden afgeregeld voor de jaarlijkse splijtstofwisselperiode, treedt een geringe lekkage op in een olie-retourleiding van de regelkleppen van de turbine. Deze lekkage veroorzaakt een oliewalm die ter plaatse bewaakt wordt. Na enige uren ontstaat er een beginnende brand die snel wordt geblust door de bedrijfsbrandweer, waarbij wordt besloten dat de inzet van de gemeentelijke brandweer Borsele niet nodig is. De turbine wordt vanuit de regelzaal handmatig afgeschakeld, waardoor het reactorvermogen gereduceerd wordt tot 30% en de geproduceerde stoom via de turbineomloop kleppen rechtstreeks wordt afgevoerd naar de condensor. De centrale levert daarbij geen elektriciteit meer aan het externe net.

Ook waren er in 2009 twee meldenswaardige storingen: een geringe lozing van vloeibare activiteit (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 boorzuurvoorraadtanks op 8 december 2009.

4. CONCLUSIE

De overheid brengt vanaf 1980 jaarlijkse overzichten uit van storingen en ongevallen in de kerncentrales. Uit de overzichten blijkt dat zich sinds 1980 in de kerncentrale Borssele 374 bedrijfsstoringen hebben voorgedaan. Daarbij vielen regelmatig een aantal belangrijke veiligheidsvoorzieningen uit. Gelukkig is het tot nu toe niet echt fout gegaan, maar een aantal 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.

TOELICHTING: WERKING KERNCENTRALE BORSSELE

De kerncentrale Borssele is een drukwaterreactor. De centrale is, in grote lijnen als volgt opgebouwd³⁹. 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 één van deze twee kringlopen is de drukhouder aangesloten, waarmee er voor gezorgd wordt dat de druk zoveel mogelijk constant blijft.

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

-
1. Tweede Kamer, 16226, nr 10.
 2. Persbericht NEA, 18 mei 1990.
 3. Tweede Kamer, 21800, XV, nr 18, p 29, 7 november 1991.
 4. Persbericht NEA, 18 mei 1990.
 5. zie noot 3, inleiding.
 6. Tweede Kamer, 16226, nr. 6.
 7. Tweede Kamer, 16226, nr 10.
 8. Tweede Kamer, 17100, XV, nr 55.
 9. Tweede Kamer, 17600, XV, nr 121.
 10. Tweede Kamer, 16226, nr. 5.
 11. Tweede Kamer, 16226, nr 6.
 12. Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief DGA/KFD/86/7287, 11 juli 1986.
 13. Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief DGA/KFD/87/10660/GrJ, 4 augustus 1987.
 14. Tweede Kamer, 20800, XV, nr 21, p 46.
 15. Tweede Kamer, 16226, nr. 8.
 16. Tweede Kamer, 16226, nr 9.

-
17. Tweede Kamer, 16226, nr. 10.
 18. Tweede Kamer, 16226, nr. 11.
 19. Tweede Kamer, Vergaderjaar 1989-1990, Aanhangsel 500, 30 maart 1990.
 20. Tweede Kamer, 16226, nr. 13.
 21. Tweede Kamer, 16226, nr. 14.
 22. VGB Kraftwerkstechnik 74 (1994), Heft 4, p 303; Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, brief SZW/KFD/94/0080/RoA, 10 oktober 1994.
 23. atomwirtschaft, oktober 1994, p 657.
 24. Ministerie VROM, DGM/SVS/97110075.
 25. Ministerie SZW, RT98-347.256.
 26. Ministerie van SZW, RT99-224.256.
 27. VGB KraftwerksTEchnik, 7/99, p. 26.
 28. Inspectie Milieuhygiëne, RT00-240.256.
 29. Inspectie Milieuhygiëne, RT01-170.256.
 30. Inspectie VROM, RT02-415.256.
 31. Ministerie VROM, 23 september 2003, RT03-308.256.
 32. Ministerie VROM, september 2004, RT04-200.256.
 - ³³ Inspectie VROM RT05-120.256
 - ³⁴ Inspectie VROM, RT06-025.256
 - ³⁵ Inspectie VROM , RT07-135.256
 - ³⁶ Ministerie van VROM, Storingsrapportage 2007, Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire installaties in 2007.
 - ³⁷ Ministerie van VROM, Rapportage van ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire inrichtingen in 2008, 31 augustus 2009
 - ³⁸ http://www.vrominspectie.nl/Images/VI-2010-14%20Rapportage%20nucleaire%20inrichtingen%202009_tcm293-287519.pdf, 30 augustus 2010.
 - 39.C. Andriess, "Kernenergie in beweging", Amsterdam, 1982, hoofdstuk 4.