



Een blik in de bol...



100% positieve energie



Introductie

Voorwoord Directeur	2
Beleidsverklaring Nucleaire Veiligheid	3

Ontwerp

KCB / Reactor / Regelstaven / Primair systeem	4
Productieproces	5
Veiligheidsbarrières	6
Voorkomen van radioactieve lozingen / Voorkomen van waterstofexplosie	7
Koeling	8
Noodstroom	10
Reserveregelzaal / Extreme externe invloeden / Recente veiligheidsinvesteringen	11

Onderhoud en inspecties

Instandhoudingsprogramma / Onderhoud en veiligheid / Uitvoering onderhoud	12
Effectiviteit van veilig onderhoud / Reservedelen beheer	13
Voorgeschreven inspecties / Stoomgeneratoren	14
Reactorvat / Onderhoud noodstroomdiesels / Trillingsmetingen / Functietests / Geluidsdetectie	15
Containment / Lekdetectie	16
Stralingsbescherming / Onderhoud aan componenten / Werkpraktijksimulator	17

Bedrijfsvoering

Regelzaal / Wachtploeg	18
Wachtingenieur / Plaatsvervangend Wing / Hoofdwerktuigkundigen / Werktuigkundigen	19

Brandweer / Procedures / Werkdiscipline	20
Alarmstaf / De 'noodstopknop' / Reserve wachtploeg / Operating experience	21
Onderhoudsstop / Maatregelen voor nog meer veiligheid / Conservative & Operational Decision Making	22
Regelzaalsimulator	23

Verouderingsbeheer

Verouderingsmanagement / AMAT Review	24
Reactorvat	25
Primair circuit / Stoomgenerator	26
Waterchemie / Apparaten en bekabeling	27

Veiligheid

Veiligheid en maatschappij / Gevaar, veiligheid en risico	28
We werken veilig of we werken niet	29
Voortdurend verbeteren van veiligheid	30
Tienjaarlijkse Veiligheids-Evaluaties (10EVA's) / Internationale kennisdeling	31
Voortdurend verbeteren door te leren van ongewone gebeurtenissen / Meldplichtige gebeurtenissen	32
Leren van ongewone gebeurtenissen bij andere centrales / Reactorveiligheidscommissies / ARBO-veiligheidskwalificatie medewerkers	33
Opleidingen	34
Voortdurend verbeteren menselijk handelen	35
Woordenboek	36

Voorwoord Directeur

Wij maken veilig, schone klimaatneutrale stroom voor ruim 1.100.000 gezinnen

De kerncentrale Borssele behoort tot de veiligste kerncentrales ter wereld. Dat klinkt misschien vreemd voor een centrale die in 1973 in bedrijf kwam. Toch zal de kerncentrale qua veiligheid in de wereldtop blijven. Dat garandeer ik als directeur van EPZ, de exploitant van de kerncentrale.

Wij werken veilig of wij werken niet!

Er zijn talrijke mechanismes en waarborgen die er voor zorgen dat zowel de installatie als de organisatie voortdurend verbeterd worden. De kerncentrale en de organisatie worden telkens als er nieuwe technieken of andere inzichten zijn, aangepast aan de laatste stand van zaken. Hierdoor hebben we de kerncentrale sinds 1973 duizend keer veiliger gemaakt.



De veiligheid van de kerncentrale wordt in stand gehouden door drie veiligheidsfuncties die hierna uitgebreid worden belicht:

1. het onder alle omstandigheden kunnen beheersen van de kettingreactie van kernsplijting.
2. het onder alle omstandigheden kunnen koelen van de splijtstof.
3. het onder alle omstandigheden kunnen insluiten van radioactiviteit en straling in de gebouwen van de kerncentrale.

Hiervoor beschikt de kerncentrale over een veelheid aan systemen. Als het ene systeem (of voorziening) faalt, neemt het andere het over. Dit noemen we redundantie: veiligheidsfuncties zijn overvloedig aanwezig.

Daarnaast onderhouden wij onze veiligheidscultuur met behulp van externe deskundigen en toezichthouders. Onze aandacht voor de veiligheid zal en mag niet verslappen. Ook onze veiligheidscultuur kent tal van waarborgen die ons alert houden.

Met de beoordelingen door onze toezichthouders en door onze deelname aan internationale kennisdeling en ervaringsuitwisseling blijven wij veilig.

Zo willen wij tot 2034 blijven bijdragen aan veilige en klimaatneutrale elektriciteitsopwekking. Deze publicatie legt uit hoe.

Carlo Wolters, directeur EPZ

Beleidsverklaring Nucleaire Veiligheid

Bij EPZ staat nucleaire veiligheid voorop!

Ons handelen is erop gericht om mens en milieu minimaal te belasten en te beschermen tegen schadelijke effecten van radioactieve lozing en straling. Om hier inhoud aan te geven hanteert EPZ daarbij drie uitgangspunten:

Nucleaire Veiligheid is onze eerste prioriteit

- Nucleaire Veiligheid heeft de hoogste prioriteit en gaat altijd voor de productie;
- Nucleaire Veiligheid is zichtbaar aanwezig in al onze werkzaamheden;
- We streven naar een hoog niveau van organisatorische kennis, kunde en techniek;
- We ontwikkelen en bevorderen voortdurend onze veiligheidscultuur;
- We zijn voorbereid om schadelijke gevolgen van ongewenste gebeurtenissen te voorkomen of te beperken.

Nucleaire Veiligheid is streven naar uitmuntendheid door voortdurend verbeteren

- We werken volgens de nieuwste inzichten en vergelijken ons veiligheidsniveau met de beste praktijken en de nieuwste internationale normen en richtlijnen;
- We leren van eerdere ervaringen. We evalueren onze eigen en internationale incidenten en voeren de verbeterpunten uit;
- In onze installatie zijn systemen maximaal beschikbaar en brengen we afwijkingen tot een minimum terug;
- We houden ons aan de regels en vergunningseisen die gelden voor onze kerncentrale.



Nucleaire Veiligheid is een pro-actieve houding

- Onze kernwaarden bepalen ons gedrag en wij spreken elkaar daarop aan;
- Tijdens ons werk denken we na over de risico's en organiseren we de werkzaamheden op dusdanige wijze dat een fout niet tot een incident leidt;
- We leggen transparant verantwoording af over de veiligheid van onze installaties en onze manier van werken;
- Onze aandacht is niet gericht op het aanwijzen van schuldigen;
- We nodigen actief uit tot inspecties zowel door de (internationale) overheid als intercollegiaal en werken daar actief aan mee.

Directie, medewerkers van EPZ en medewerkers van (onder)aannemers zijn verantwoordelijk voor de uitvoering van dit nucleair veiligheidsbeleid en worden geacht hieraan mee te werken, elkaar hierin te helpen, elkaar er op aan te spreken en omstandigheden die de uitvoering van dit beleid tegenwerken of verstoren te helpen voorkomen en oplossen.

Kerncentrale Borssele

De kerncentrale Borssele is gemaakt volgens een veilig ontwerp uit begin jaren zestig: robuust en eenvoudig. De Duitse techniek en de kwaliteit van de bij Borssele toegepaste materialen hebben de veiligheid van dit basisontwerp verder verhoogd. De kerncentrale werd in 1973 operationeel. Iedere tien jaar wordt gekeken wat de stand van techniek aan veiligheidsverbeteringen mogelijk maakt. In 1983, 1993, 2003, 2013 en 2023 is de veiligheid geëvalueerd en zijn er verbeteringen doorgevoerd. De modificaties uit 1986, 1997, 2006 en na 2013 zorgden voor grotere – achteraf ingebrachte – ontwerpveiligheid. De kerncentrale was al veilig toen zij in 1973 (10^{-3}) in bedrijf ging. Sindsdien is zij duizend keer veiliger gemaakt (10^{-6}). De Complementary Safety margin Assessment (de “stress test”), die naar aanleiding van het ongeval in Fukushima is uitgevoerd, heeft geleid tot aanvullende voorzieningen voor zeer zeldzame combinaties van gebeurtenissen.

Reactor

Een drukwaterreactor als in Borssele is een veilig ontwerp. De fysische eigenschappen van de reactor zorgen er voor dat het splijtingsproces vanzelf stabiliseert als parameters te veel afwijken. Bij een te hoog vermogen stijgt de temperatuur in de reactor waardoor, als gevolg van natuurkundige wetten, de splijtingssnelheid vermindert. Het vermogen neemt hierdoor af en de temperatuur daalt. Daar komt geen technische ingreep aan te pas. Kort gezegd komt dit doordat het water en het uranium zodanige fysische eigenschappen hebben dat het kernsplijtingsproces afremt als de temperatuur hoger wordt. Zo'n eigenschap noemt men een inherent veilige eigenschap. Het kernsplijtingsproces is daardoor zeer stabiel en eenvoudig te beheersen. Ook de bediening kan daardoor eenvoudig blijven, wat de kans op storingen verkleint. Zolang de kern onder water blijft, kan daaraan geen schade ontstaan die leidt tot een onveilige situatie. Voor koeling en afscherming is er altijd water voorhanden. Dit wordt gewaarborgd door de verderop getoonde talrijke (redundante) systemen en buffervorraden.

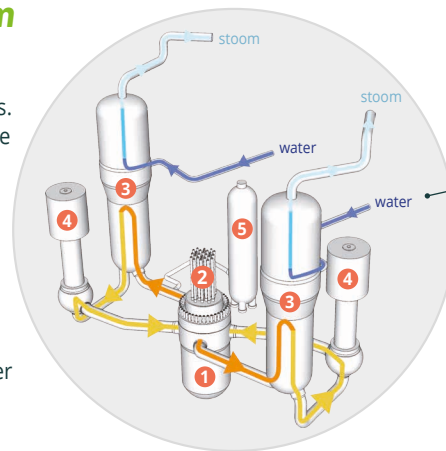
Regelstaven

Het reactorvermogen wordt geregeld door aan het water in de reactor het neutronen-absorberende borium toe te voegen. Het veranderen van de concentratie is een langzaam proces. Snelle veranderingen in het reactorvermogen gebeuren met de zogenaamde **regelstaven** 2. Deze hangen boven in de **reactor** 1 en worden door operators in de regelzaal bediend. Als ze in de kern zakken, absorbeert het staafmateriaal neutronen. Het reactorvermogen neemt dan af.

De regelstaven hangen in een constructie boven de kern. Ze worden ‘vastgehouden’ door zeer gevoelige ‘elektromagneten’. Die laten los als zij daarvoor een bevel krijgen of als parameters afwijken van wat normaal is. Zodra de ‘handen’ loslaten zorgt zwaartekracht ervoor dat de regelstaven in de kern vallen. De neutronen worden geabsorbeerd en het kernsplijtingsproces stopt onmiddellijk.

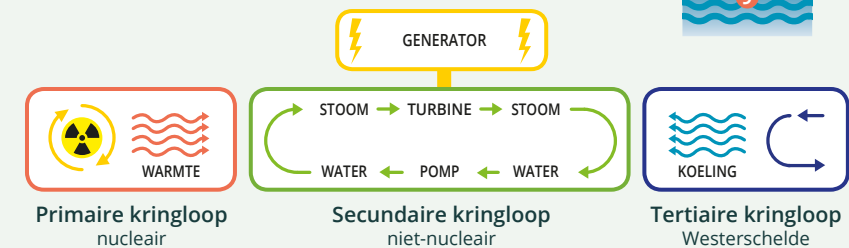
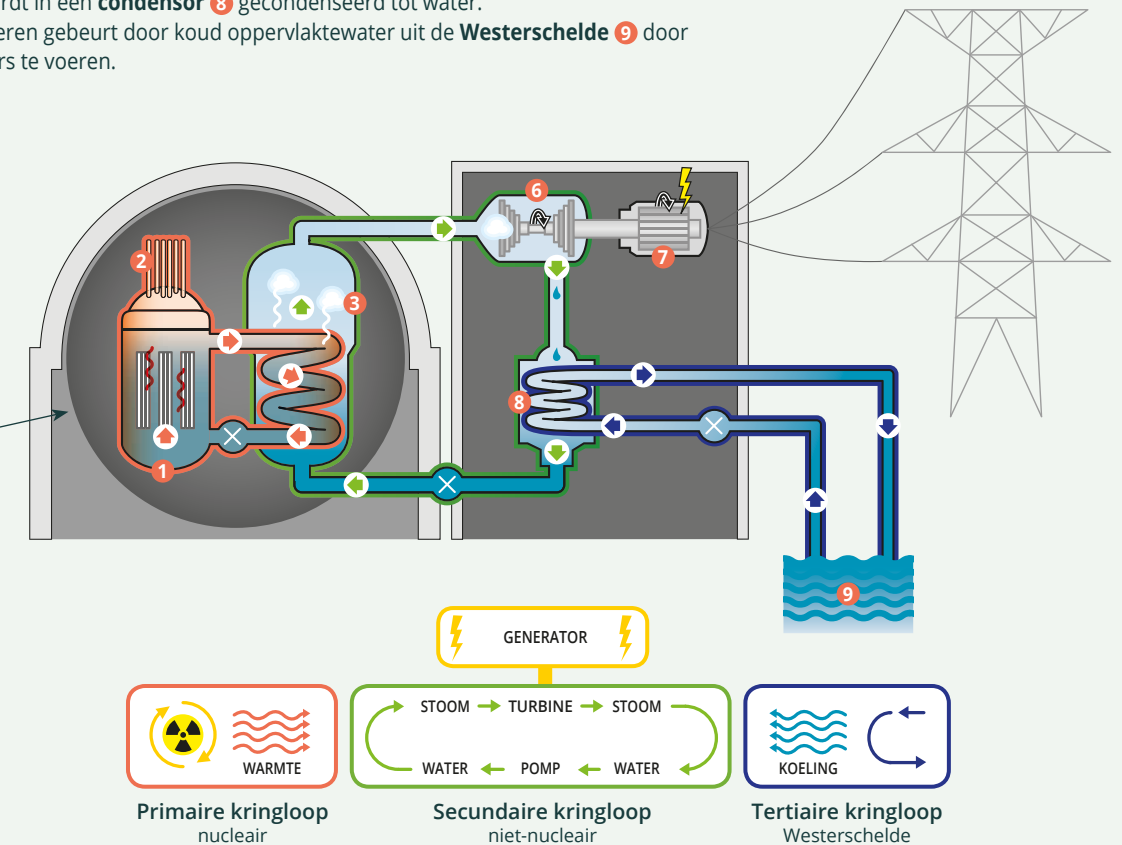
Primair systeem

In de **reactor** 1 vindt het kernsplijtingsproces plaats. Dat wordt beheerst met de **regelstaven** 2. Koelmiddel zorgt voor de afvoer van warmte naar de **stoomgenerator** 3 en keert via de **hoofd-koelmiddelpomp** 4 terug naar de reactor. Het koelmiddel staat onder hoge druk waardoor het niet gaat koken. Drukvariaties worden opgevangen door de **drukhouder** 5, vergelijkbaar met het expansievat op de c.v.-installatie thuis.



Productieproces

Veilig afgeschermd door staal en beton bevindt zich in het hart van onze kerncentrale de **kern** 1. Hierin wordt warmte geproduceerd. Die ontstaat door het splijten van uranium- of plutoniumkernen, de splijtstof. De warmte die de kern produceert wordt opgenomen door water van de primaire (nucleaire) kringloop dat onder hoge druk circuleert door het **reactorvat** 1 en de stoomgenerator. De **stoomgenerator** 3 is een grote warmtewisselaar waarin met de warmte van de primaire kringloop stoom wordt gemaakt in de secundaire (niet-nucleaire) kringloop. De stoom drijft de **turbine** 6 aan. Die zit op een as die een generator aandrijft. De stroom die de **generator** 7 opwekt wordt aan het elektriciteitsnet geleverd. De stoom wordt in een **condensator** 8 gecondenseerd tot water. Dat condenseren gebeurt door koud oppervlaktewater uit de **Westerschelde** 9 door de condensoren te voeren.



Bekijk het kernsplijtingsproces in de video op: www.blikindebol.nl/ontwerp (Reactor)

Bekijk het productieproces in de video op: www.blikindebol.nl/ontwerp (Productieproces)

Veiligheidsbarrières

De kerncentrale heeft een vijftal veiligheidsbarrières die mens en milieu beschermen tegen radioactieve straling en stoffen. In het ontwerp is alles er op gericht om onder alle procesomstandigheden radioactiviteit binnen de veiligheidsbarrières te houden.

Barrière 1: Splijtstoftablet 1

Het splijtstoftablet, gesinterd als porselein, is de eerste barrière. Ongeveer 90% van de radioactiviteit komt van vaste stoffen die opgesloten blijven in het splijtstoftablet. Alleen gasvormige en vluchtige stoffen (edelgassen, jodium, cesium) verlaten het splijtstoftablet.

Barrière 2: Splijtstofstaaf 2

De splijtstoftabletten zitten opgestapeld in een hermetisch gesloten buis van zirconium: gas- en vloeistofdicht. De splijtstofstaaf houdt de gasvormige en vluchtige radioactieve stoffen binnen.

Barrière 3: Primair systeem 3

De primaire kringloop is een gesloten circuit waarin koelmiddel (geconditioneerd water) wordt rondgepompt. Dit water van circa 320°C staat onder een druk van 155 bar zodat het niet gaat koken. Vandaar de naam 'drukwaterreactor'. De primaire kringloop (reactorvat, hoofdkoelmiddelpompen, stoomgeneratoren en leidingen) bestaat uit sterk overgedimensioneerde (centimeters dikke) stalen onderdelen van de hoogste kwaliteit. Radioactieve stoffen kunnen hier niet uit.

De primaire kringloop zit in gebunkerde ruimtes. Het beton zorgt voor stralingsbescherming tijdens bedrijf en voor bescherming van de installatie tegen onheil van binnenuit en buitenaf.

Barrière 4: Containment 4

De primaire kringloop zit opgesloten in een centimeters dikke stalen bol. Die zorgt ervoor dat als de eerdere barrières falen de radioactiviteit niet naar buiten ontsnapt. De bol is een sterke luchtdichte constructie en kan interne gas- en stoomexplosies opvangen. Zo worden bij ongevallen emissies uit de primaire kringloop tegengehouden.

Barrière 5: Reactorgebouw 5

De nucleaire systemen zitten opgesloten in het reactorgebouw, van buiten herkenbaar aan de kenmerkende betonnen koepel. Het gebouw vormt de laatste fysieke barrière tussen de radioactieve stoffen in de kern en het milieu. Andersom is het betonnen gebouw de eerste barrière voor onheil van buitenaf op weg naar de kern.

De kern bestaat uit splijtstoftabletten opgesloten in splijtstofstaven. Een bundel van 205 splijtstofstaven vormt samen een splijtstofelement. Hiervan zitten er 121 in de reactor. De kern zit opgesloten in het primair systeem, een gesloten circuit van dikke stalen pijpen, buizen, pompen en drukvaten. Het primaire systeem zit in gebunkerde ruimtes binnen het containment, een luchtdichte stalen bol. Om deze totale nucleaire installatie staat een betonnen gebouw waarvan de bolvormige bovenkant het meest in het oog springt. Het is onmogelijk om van buitenaf in één gecoördineerde actie alle vijf de barrières te doorbreken om zo een nucleaire lozing te bewerkstelligen.



Splijtstoftablet

Splijtstofstaaf
205 staven in 1 splijtstofelement

Splijtstofelement
121 stuks in de kern van de reactor

Reactorvat
met kern

Reactorgebouw
met 3 veiligheidsbarrières

Voorkomen van radioactieve lozingen

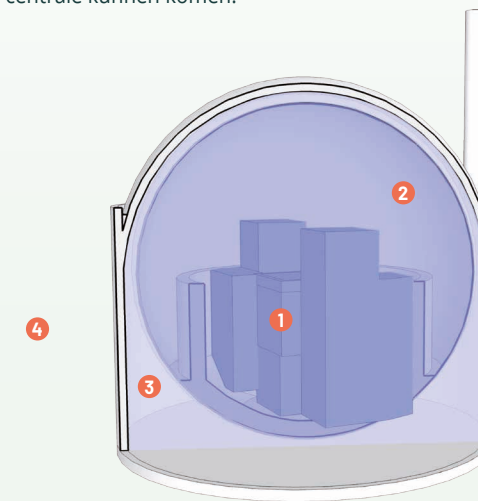
De ventilatieschacht van de kerncentrale wordt ten onrechte vaak 'schoorsteen' genoemd. Hier wordt behandelde (gefilterde) lucht uit de binnenruimte geventileerd.

Binnen het containment van de kerncentrale heerst onderdruk. Bij lekkage stroomt dus altijd lucht van buiten naar binnen. De onderdruk wordt permanent gemeten. Luchtbehandelinginstallaties zorgen voor de onderdruk en ventileren hun overtollige (gefilterde) binnenlucht op de ventilatieschacht. Deze lucht wordt voortdurend gecontroleerd op radioactiviteit.

Via een drietal luchtsluzen is betreden en verlaten van het containment mogelijk. De ruimtes rond het primaire systeem (met de grootste onderdruk) zijn hermetisch gesloten en niet toegankelijk tijdens normaal bedrijf. Zo wordt voorkomen dat eventuele radioactieve gassen en verontreinigingen ongemerkt buiten de centrale kunnen komen.

Drukstaffeling

- 1 De grootste onderdruk heerst direct rond het primair systeem.
- 2 Daarna volgt de overige ruimte binnen de stalen bol met iets minder onderdruk.
- 3 Vervolgens komt de ruimte tussen betonnen koepel en stalen bol met weer iets minder onderdruk.
- 4 Omgevingsdruk.



Voorkomen waterstofexplosie

Borssele beschikt binnen het containment (gesloten stalen bol) over een systeem dat waterstof als het ontstaat direct omzet in water. Dit systeem is passief, het heeft geen elektriciteit of aansturing nodig om te functioneren. Het werkt dus onder alle omstandigheden.

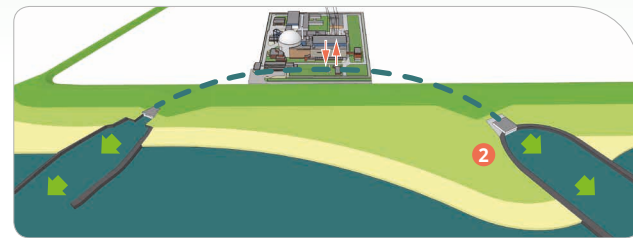
In recombinatoren zorgt een katalysator (platina) voor een beheerste chemische reactie, zodat er geen explosieve situatie kan ontstaan.

Koeling

Of een kerncentrale nu in bedrijf is of stilligt voor onderhoud: de splijtstof in een drukwaterreactor moet altijd onder water staan. Dat is nodig om de (verval-)warmte die de door kernsplijting ontstane radioactieve splijtingsproducten nog lange tijd produceren af te voeren en om hun radioactieve straling af te schermen. Als de kern is bedekt met water, is er sprake van een beheersbare situatie.

Er zijn meerdere systemen en watervoorraden die los van elkaar en onder alle omstandigheden er voor zorgen dat de kern bedekt blijft met water. Daarnaast zijn er systemen die zekerstellen dat onder alle omstandigheden de warmte van de kern kan worden afgevoerd. Deze systemen vullen elkaar aan of nemen het van elkaar over.

De kerncentrale heeft twee **hoofdkoelmiddelpompen 1**. Deze pompen laten tijdens bedrijf koelmiddel circuleren door het primair systeem. Als beide pompen uitvallen wordt de reactor automatisch afgeschakeld en komt er een proces van natuurlijke circulatie op gang met voldoende capaciteit om de vervalwarmte van de kern af te voeren. Zonder pompen, zonder technische ingrepen, gewoon op grond van fysische eigenschappen. Dit is een belangrijke passief veilige eigenschap van het ontwerp van de kerncentrale Borssele.

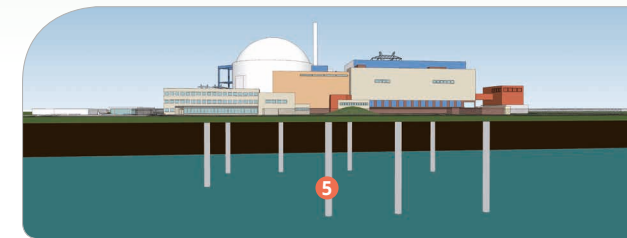


Tijdens normaal bedrijf en onderhoud:

Als de kerncentrale elektriciteit produceert, wordt de waterstoomcyclus gekoeld met water uit de Westerschelde, opgepompt in het **koelwaterinlaatgebouw 2**.

Koelen gebeurt in de **condensors 3** waarin het Westerschelde-water ervoor zorgt dat stoom weer condenseert tot water waarna de waterstoomcyclus opnieuw start. Dit koelcircuit is geen veiligheidssysteem maar nodig voor de elektriciteitsproductie.

Als de elektriciteitscentrale stilligt, moet de kern toch worden gekoeld voor de afvoer van restwarmte. De kettingreactie is gestopt, maar door radioactief verval van de splijtingsproducten produceert de kern nog altijd warmte. Het hoofdkoelmiddel voert deze warmte af naar het **tussenkoelsysteem 4** dat via een drietal warmtewisselaars wordt gekoeld door water uit de Westerschelde. Deze koelketen is dubbel uitgevoerd en voert de vervalwarmte van de reactor af naar de Westerschelde bij normale en storingssituaties. Deze twee systemen zorgen er dus



voor dat warmte uit de kern kan worden afgevoerd als dat niet meer via de waterstoom kringloop kan. Voor het (onwaarschijnlijke) geval dat Westerscheldewater niet beschikbaar is, heeft EPZ in 1997 een reservesysteem aangebracht dat gebruik maakt van **8 putten 5** naar het zoute grondwater. Met behulp van krachtige ondergrondse pompen kan zout grondwater opgepompt worden om de vervalwarmte af te voeren. Ook hier wordt het grondwater door warmtewisselaars gescheiden van de primaire kringloop.

Tijdens verlies van koelmiddel door lekkage:

Vanuit deze **tanks 6** wordt bij een lek in de primaire kringloop water aangevuld. Dit water is om de kern onder water te houden. De voorraad is 700 kubieke meter groot en kan op 2 manieren worden aangesproken: onder hoge druk (110 bar) met een klein debiet of onder lage druk (8 bar) met een groot debiet, afhankelijk van de waterbehoefte. (Groot lek groot debiet, klein lek klein debiet). Deze tanks behoren tot het oorspronkelijke ontwerp en staan al sinds begin van de productie (1973) opgesteld.

In de bol staan **4 watertanks (2x2) 7** met water onder druk opgesteld. Bij drukverlies in het primaire systeem (wat duidt op een lek) gaat dit water door het drukverschil stromen als de druk in het primaire systeem lager wordt dan de 25 bar in de tanks. In totaal bevatten de tanks 86 kubieke meter water. Ook dit systeem stamt uit 1973.

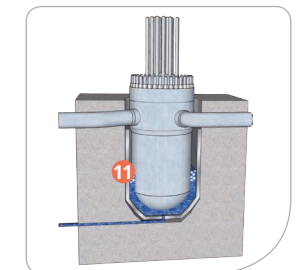
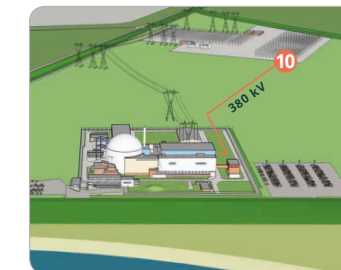
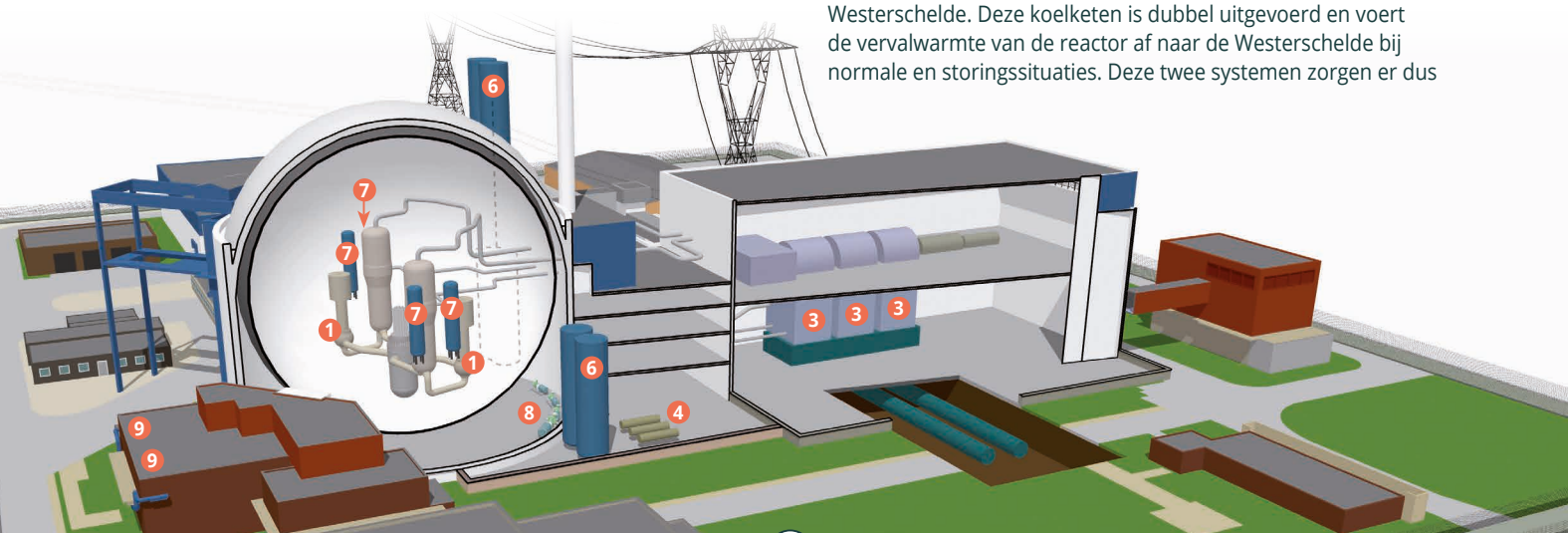
Als beide watervoorraden zijn uitgeput, betekent dit dat er 780 kubieke meter water de bol ingevoerd is. Door met **pompen 8** dit water via een warmtewisselaar terug te voeren naar de reactor kan de kern langdurig worden gekoeld.

Na het kernongeval in Harrisburg (USA, 1979) is naast het reactorgebouw een bunker gebouwd met extra watervoorraden (2 x 200 kubieke meter voor de primaire kringloop en 2 x 400 kubieke meter voor de secundaire kringloop) met **2 eigen noodstroomdiesels 9**.

Na het ongeval in Tsjernobyl kreeg de veiligheidscultuur en de bediening van het proces veel aandacht en werden tal van verbeteringen en waarborgen doorgevoerd.

Na Fukushima is er meer aandacht voor situaties van onvoorstelbare catastrofale omvang. Er wordt rekening mee gehouden dat de volledige Nederlandse infrastructuur is weggevaagd en de maatschappij is ontwricht zodat hulp van buitenaf extreem moeilijk is:

- Er is een nieuwe, extra 380 kV aansluiting gemaakt op het **landelijk elektriciteitsnet 10**.
- Er zijn extra koelmogelijkheden van het splijtstofopslagbassin gemaakt.
- Er is een mogelijkheid voor externe koeling van het reactorvat gerealiseerd. Hiermee kan water in de **loze ruimte tussen het reactorvat en de betonnen insluiting 11** worden gebracht. Externe reactorvatkoeling is nodig om te zorgen dat een smeltende kern in het reactorvat blijft.
- Er zijn extra hulpmiddelen zoals mobiele pompen en noodstroomdiesels aangeschaft die op verschillende plekken in de kerncentrale kunnen worden aangesloten.
- Door het aanleggen van grotere, verspreide en op verschillende manieren toegankelijke diesel- en watervoorraden, is de tijd dat de kerncentrale zonder het hulp van buitenaf kan stellen, verlengd tot meer dan veertien dagen.

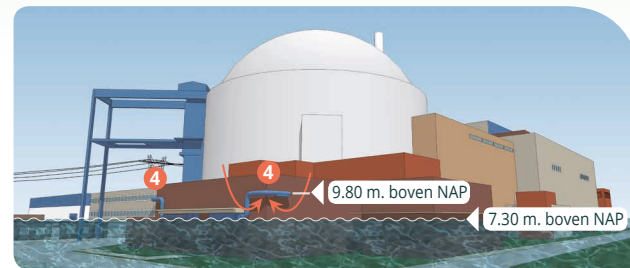


Noodstroom

De kerncentrale produceert elektriciteit en gebruikt tegelijkertijd ook zelf elektriciteit voor het bedienen van de installatie. Om zeker te stellen dat de kern te allen tijde met water bedekt blijft en de vervalwarmte wordt afgevoerd, zijn actieve componenten nodig zoals pompen die worden aangedreven met elektriciteit. Daarom zijn tal van (redundante) noodstroomvoorzieningen aangelegd.

De kerncentrale betreft elektriciteit van het **landelijk elektriciteitsnet** ① voor de bediening van haar eigen systemen. Omdat de elektriciteitsvoorziening kan wegvallen, zijn er meerdere aansluitingen. Hoogspanningsmasten verbinden de kerncentrale met het openbare 150 kV elektriciteitsnet. Ondergrondse kabels verbinden de kerncentrale met het 380 kV landelijk koppelnet. Er kan van twee verschillende landelijke elektriciteitsnetten stroom worden betrokken.

Rond de kerncentrale staan drie identieke **noodstroomdiesels** ② van 5 MW. Elk van deze drie diesels is sterk overgedimensioneerd en kan in zijn eentje voorzien in de elektriciteitsbehoefte voor het afvoeren van de vervalwarmte. De drie diesels uit het oorspronkelijke ontwerp zijn in 1997 vervangen door drie grotere diesels die in twee verschillende gebouwen staan.



In 1986 zijn twee extra **noodstroomdiesels** ③ in een gebunkerd gebouw geplaatst. Deze diesels van 1 MW kunnen elk afzonderlijk de kerncentrale in een veilige toestand houden.

In 2006 zijn de luchtinlaten van 'snorkels' ④ voorzien. Hiermee is de overstromingsbestendigheid van de kerncentrale van 7.30 naar 9.80 meter boven NAP gebracht.

Als extra noodstroommaatregel heeft EPZ een mobiele noodstroomdiesel van 1 MW voor de bediening van de centrale en verschillende kleinere mobiele nood-stroomgeneratoren voor het voeden van kleinere hulpsystemen.



Reserveregelzaal

De kerncentrale gaat door de automatische bediening bij incidenten altijd veilig uit bedrijf en naar een veilige toestand. Als de hoofdregelzaal (met wachtploeg) niet meer beschikbaar is, kan vanuit de reserveregelzaal (1997) de reactor worden stilgelegd en gekoeld. Een reserve wachtploeg controleert de automatische bediening van de kerncentrale en bewaakt de veilige toestand. Zonodig kan worden ingegrepen.

Extreme externe invloeden

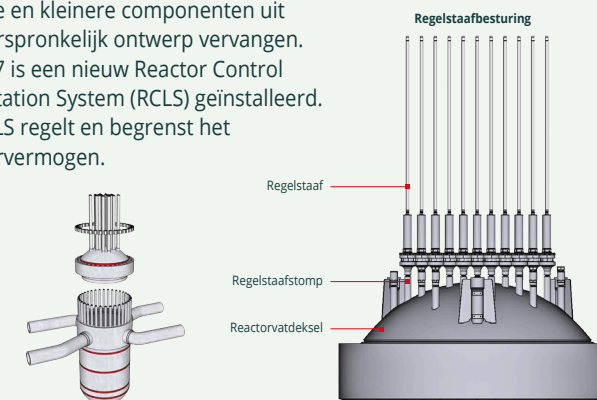
De kerncentrale beschikt over technische hulpmiddelen en voorzieningen die beschermen tegen extreme omstandigheden:

- Het overstromingspeil van gebouwen met vitale systemen is 9.80 meter boven NAP (overstroming 1953: 4.55 meter boven NAP);
- Gaswolk-detectie en -ontsteking buitendijks tegen ontsnapte gaswolken (LPG) afkomstig van de scheepvaart;
- Aantoonbare aardbevingsbestendigheid van vitale installatieonderdelen;
- Vliegtuigbestendigheid door een veelheid aan barrières en geografische spreiding van vitale installatie-onderdelen;
- Aanwezigheid van de EPZ crashtender (brandweerwagen) voor het bestrijden van grote vloeistofbranden.

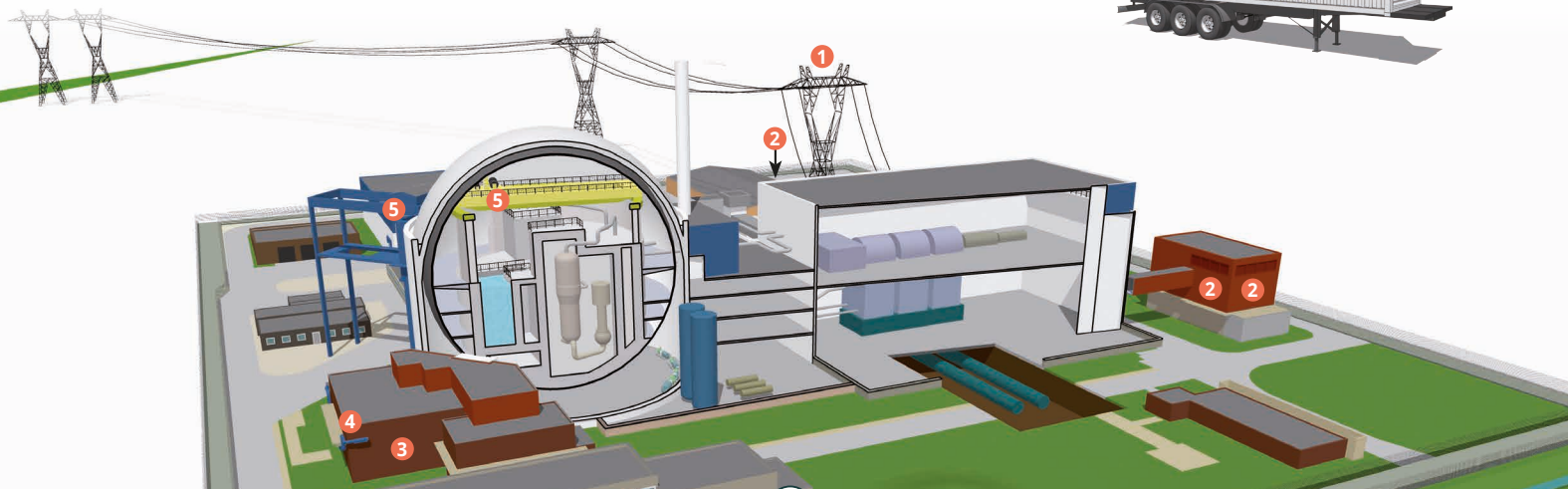
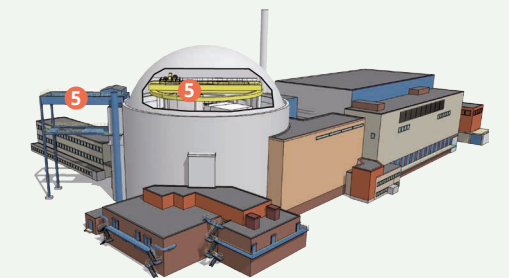


Recente veiligheidsinvesteringen

In de afgelopen jaren zijn allerlei grotere en kleinere componenten uit het oorspronkelijk ontwerp vervangen. In 2017 is een nieuw Reactor Control & Limitation System (RCLS) geïnstalleerd. Dit RCLS regelt en begrenst het reactorvermogen.



De hijsveiligheid is verder verbeterd. Binnen en buiten de centrale zorgen **overgedimensioneerde kranen** ⑤ voor de afvoer van de zware transportcontainers die gebruikte (radioactieve) splijtstofelementen bevatten. Om de kans op hijsongevallen verder te verkleinen, zijn extra veiligheidsvoorzieningen aangebracht.



Instandhoudingsprogramma

Dagelijks verrichten in de kerncentrale meer dan honderd mensen onderhoudswerk en inspecties. Het 'onderhoudsboekje' en het 'inspectieboekje' zijn opgesteld op basis van nucleaire regels, leveranciersvoorschriften, bedrijfservaring en een methode die mogelijke faalwijzen en hun effecten analyseert: Failure Mode & Effect Analysis (FMEA).

Omdat de kerncentrale sinds 1973 in bedrijf is, is er veel bekend over het gedrag van de installatie. Ook is vanaf het begin van de productie de conditie van vitale componenten gemonitord. Op basis van deze kennis en ervaring kan EPZ uitspraken doen over de wenselijkheid van preventieve onderhoudswerkzaamheden. De veiligheid van de kerncentrale is leidend bij onderhoudsbeslissingen, economische overwegingen zijn daaraan ondergeschikt.

De onderhoudsactiviteiten worden aangestuurd vanuit een geautomatiseerd onderhoudsbeheersysteem. Dit genereert het plan voor preventief onderhoud. Daarnaast worden correctief onderhoud en modificaties ingepland.

Onderhoud en veiligheid

Per veiligheidsrelevante component is bekeken welke vormen van falen er zijn en wat de effecten daarvan zijn op de veiligheid (FMEA). De kans op falen maal het gevolg daarvan levert het risico op. Op basis van dit risico worden onderhoudsmaatregelen bepaald.

EPZ maakt daarbij actief gebruik van de techniek van de Probabilistische Safety Analysis (PSA). Via deze 'living PSA' wordt het effect bepaald van onderhoudshandelingen op de kernsmelt-frequentie (een maat voor de kans dat een ongewenste gebeurtenis leidt tot ernstige schade aan de kern). Als er (meerdere) veiligheidsrelevante componenten uit bedrijf worden genomen, neemt de kernsmeltfrequentie toe. EPZ hanteert een strenge bedrijfslimiet voor de toename bij het plannen van preventief onderhoud. Op deze manier blijft de organisatie doordrongen van de veiligheidsconsequenties van onderhoud.

Bedrijfstoestand	Kernsmelt-frequentie	Bedrijfslimiet
theoretisch haalbare kernsmelt-frequentie tijdens vermogensbedrijf	1 keer per 435.000 jaar	
theoretisch haalbare kernsmelt-frequentie incl. gepland onderhoud	1 keer per 415.000 jaar	3% verhoging ten opzichte van theoretisch haalbare kernsmeltfrequentie
1 productiejaar met alle praktische bedrijfstoestanden	1 keer per 400.000 jaar	7% verhoging ten opzichte van theoretisch haalbare kernsmeltfrequentie

Uitvoering onderhoud

Uitvoering van onderhoud is met waarborgen omgeven. Het geautomatiseerde onderhoudsbeheersysteem stuurt preventief onderhoud en inspecties aan via een weekplanning. Operators die storingen of afwijkingen signaleren tijdens bediening of rondgangen melden correctief onderhoud aan in dit systeem. Van voorgenomen onderhoud wordt een werkmap aangelegd. In deze werkmap zijn alle aspecten om dat onderhoud goed en veilig uit te voeren in kaart gebracht. Belangrijk onderdeel is de risico-inventarisatie waarbij gekeken is naar procesrisico's en naar ARBO- en omgevingsrisico's (milieu). Bij werkzaamheden met radioactieve straling gelden de stralingsbeschermingsregels: rechtvaardiging, het ALARA-principe: de opgelopen dosis moet *As Low As Reasonably Achievable* zijn, en wettelijke dosislimieten. De kwaliteit en de veiligheid worden geborgd door (wettelijke) voorschriften en procedures. Er is een 'vergunningstelsel' waarmee de uitvoering wordt vrijgegeven zodat er veilig gewerkt kan worden. Werkzaamheden worden volgens procedures uitgevoerd, gecontroleerd en geëvalueerd. Tijdens de jaarlijkse 'stop', waarbij de centrale uit bedrijf gaat om splijtstof te wisselen, wordt 'stopgebonden' onderhoud uitgevoerd. Dit werk wordt gedurende het productiejaar voorbereid en binnen enkele weken door honderden (interne en externe) technici uitgevoerd.

Voordat een onderhoudsklus wordt uitgevoerd, wordt een StartWerkBespreking gehouden waarin alle betrokkenen het werk nog een keer doornemen. Dit is het moment om kritische vragen te stellen en eventuele onduidelijkheden weg te nemen. De werkvergunning, verstrekt door de chef van de wacht, wordt gecontroleerd.

Tenslotte wordt op de werkplek nog een last-minute risico check gehouden om te controleren of alle omstandigheden kloppen met de werkmap. Daarna gaan de onderhoudsmensen aan de slag op basis van een werkinstructie. Daarin zijn vaste controlemomenten opgenomen. Soms is expliciete controle of toestemming van een verantwoordelijke nodig voor er verder gewerkt mag worden.

Effectiviteit van veilig onderhoud

Voor onderhoudswerk wordt opgeleverd wordt gecontroleerd of het component of systeem weer helemaal in orde is. Werkplek opgeruimd, geen vreemde delen achtergelaten, een 'statische' herkwalificatie aan de hand van visuele inspectie of metingen. Uiteindelijk volgt een functionele test door het component gecontroleerd in bedrijf te nemen. Via analyse en evaluaties werkt EPZ aan continue verbetering van de onderhoudsprestatie.

Maintenance engineers voeren analyses uit op prestatie-indicatoren zoals:

- Mean Time between Failure, gemiddelde tijd tussen falen, een methode om de betrouwbaarheid van onderdelen te vergelijken;
- Toename kernsmeltfrequentie, het effect van onderhoud op de veiligheid;
- Mean Time to Repair, de gemiddelde duur van een reparatie, inclusief oproeptijden en aanlevertijden van reserveonderdelen.

Evaluaties gaan aan de hand van vragen als: Wat ging goed en wat kon beter? Wat is er aangetroffen en wordt er vervolgonderhoud verwacht? De bevindingen worden vastgelegd en bijzonderheden door gecommuniceerd naar de verantwoordelijken. Door deze gestructureerde aanpak ontstaat overzicht van aspecten waar verbetering mogelijk is, daarna volgen maatregelen, zoals:

- aanpassing van bedieningsinstructies;
- aanpassing werkwijze bij onderhoud;
- aanpassing van de installatie;
- verbeteren van vaardigheden van medewerkers.

Reservegedelen beheer

EPZ houdt voor kritische installatiedelen reserveonderdelen op voorraad. Cruciale onderdelen van veiligheidsvoorzieningen, pompen, bedieningsinstallaties worden gecontroleerd beheerd. Ook de verouderingsprocessen worden beheerst. EPZ weet dus niet alleen wat aanwezig is, maar ook wat de conditie van het reservegedeelte is.

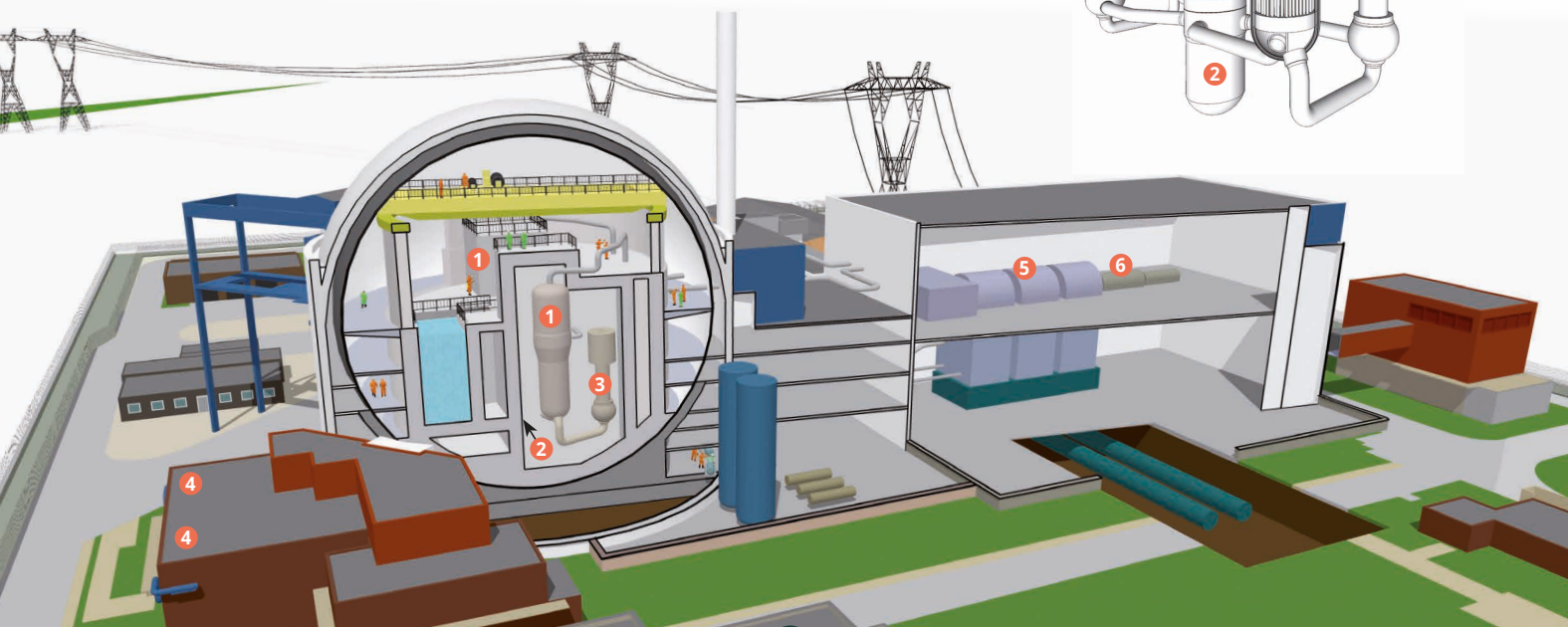
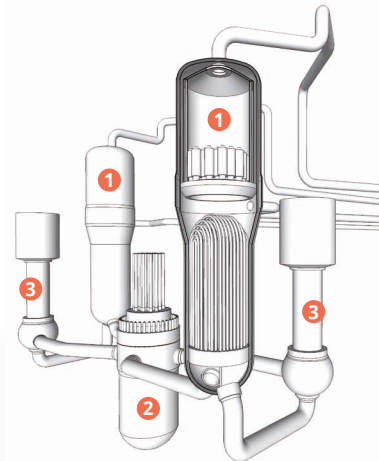


Voorgeschreven inspecties

De kerncentrale Borssele wordt tot 2034 in bedrijf gehouden. EPZ heeft aangetoond dat dit veilig kan, waarna de overheid vergunning heeft verleend. Daarin was een dertigtal extra inspecties voorgeschreven, die naast het reguliere inspectieprogramma voor drukvoerende componenten. Zo zijn het reactorvat en het deksel nauwkeurig onderzocht op haarscheurtjes, dit wordt periodiek herhaald. Ook worden las- en boutverbindingen en zwaar belaste onderdelen in het primaire (nucleaire) systeem periodiek geïnspecteerd. Dat gebeurt visueel, bijvoorbeeld met onderwatercamera's, en met wervelstroom- of ultrasoonstechniek. De inspecties worden uitgevoerd door een gespecialiseerde firma. De resultaten worden beoordeeld door de overheid.

Stoomgeneratoren

De twee **stoomgeneratoren** 1 zijn immense warmtewisselaars die duizenden pijpen bevatten. Hier wordt warmte uit de primaire kringloop overgedragen aan de water-stoomkringloop. De conditie van de stoomgeneratoren wordt permanent gemonitord op lekkage van de primaire naar de secundaire kringloop. Eén keer in de drie jaar worden alle pijpen in de stoomgenerator met wervelstroommetingen gecontroleerd op wanddikte en scheurvorming. Als een pijp niet aan de norm voldoet, wordt hij afgedopt. In de afgelopen jaren is circa 2 procent afgedopt. De stoomgeneratoren zijn 15 procent overgedimensioneerd, de afgestopte pijpen hebben dus geen invloed op het rendement of de veiligheid.



Reactorvat

Het **reactorvat** 2 is de enige component van de kerncentrale die vrijwel niet te vervangen is. Al eind jaren 70 is EPZ overgegaan op een 'low leakage' kernbelading, waardoor de stralingsbelasting van het reactorvat drastisch wordt verminderd. Door het gebruikte materiaal, de vrijwel onafgebroken productie (constante temperatuur) en de lage stralingsbelasting is dit vat in optimale conditie. Elke vijf jaar wordt het vat met camera's visueel geïnspecteerd. Lasnaden, materiaalovergangen en aansluitingen van het primaire systeem worden met ultrasoon- en röntgentechniek nauwkeurig onderzocht op onvolkomenheden, zoals een beginnend scheurtje of wanddikte-afname. Afhankelijk van belangrijkheid en belasting zijn de inspectie-intervallen van installatiedelen vastgesteld, maar elke tien jaar is het volledige systeem ten minste één keer geïnspecteerd. Dit In-Service Inspectieprogramma wordt periodiek geëvalueerd en met de toezichthouder Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) afgestemd.

Onderhoud noodstroomdiesels

De drie grote 5 MW **noodstroomdiesels** 4 die in 1997 werden geplaatst, zijn vanaf 2017 gereviseerd. Twee van deze diesels moeten beschikbaar zijn, de derde is onderhoudsreserve. Omdat een revisie maanden duurt is er één nieuwe aangeschaft, waarna de drie oude om de beurt zijn gereviseerd. Daardoor heeft de kerncentrale toch permanent over alle drie de noodstroomdiesels kunnen beschikken.

Trillingsmetingen

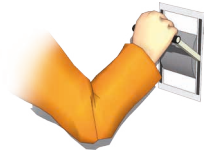
De twee **hoofdcoolmiddelpompen** 3 zijn preventief voorzien van trillingsmetingapparatuur. Als het trillingspatroon verandert, duidt dat op lagerspeling of onbalans en wordt alarm gegeven. Ook de **turbine** 5 en de **generator** 6 zijn uitgerust met trillingsmeetapparatuur, dit zijn voor de nucleaire veiligheid geen direct relevante componenten. In de installatie worden op vitale



onderdelen ook handmatige trillingsmetingen uitgevoerd. De gemeten karakteristieken worden vergeleken met opgeslagen referentiegegevens. Als de resultaten daarvoor aanleiding geven, wordt er preventief onderhoud gepleegd.

Functietests

Dagelijks, wekelijks, jaarlijks of driejaarlijks worden (redundante) systemen gecontroleerd op hun functioneren. Hiervoor zijn draiboeken en procedures opgesteld. Als er afwijkingen worden ontdekt, worden systemen gekalibreerd, gerepareerd, gereviseerd of vervangen. Denk bij deze inspecties aan temperatuurmeters, regelingen, kleppen en pompen. Kloppen de gemeten waarden en corresponderen ze met de doorgegeven signalen, openen en sluiten de kleppen snel genoeg, leveren de pompen nog wel wat ze moeten leveren?



Geluidsdetectie

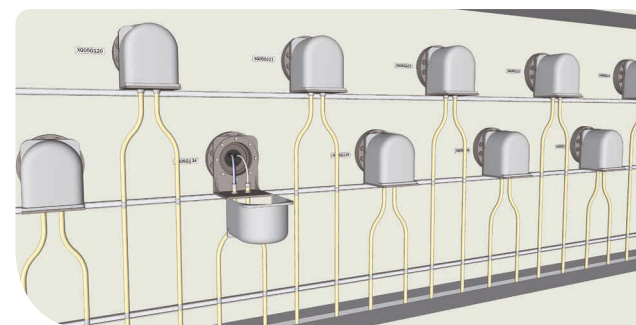
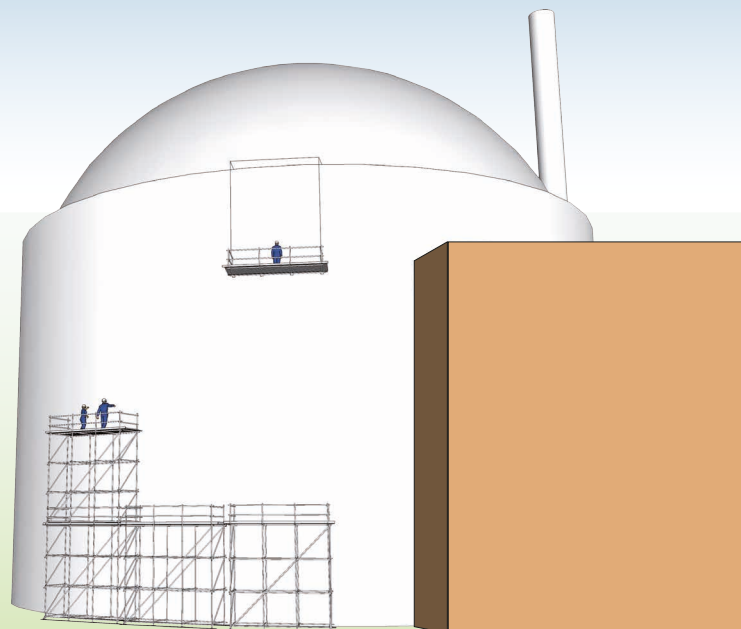
Op verschillende strategische plekken op de primaire kringloop is geluidsdetectie aangebracht. Hiermee kan EPZ onder meer losse delen in de kringloop detecteren. Sensoren zitten op of in de buurt van drukvaten, leidingen en bewegende componenten. Zodra een afwijkend geluid wordt waargenomen, wordt uitgezocht wat dit veroorzaakt en wat dit betekent voor de veilige productie. Alarmering is real time: gemeten geluid wordt meteen geanalyseerd en vergeleken met referentiewaarden.



Containment

De stalen bol waarin het primaire systeem van de kerncentrale zit opgesloten, wordt iedere tien jaar op lektheid beproefd. De bol wordt op 1 bar overdruk gebracht en gedurende vele uren wordt het drukverloop gemonitord. De drukproef is voor het laatst in 2016 met succes uitgevoerd.

Ook de betonnen koepel wordt periodiek geïnspecteerd, iedere vijftien jaar volgt groot onderhoud. Dat is voor het laatst in 2016 uitgevoerd.



Lekdetectie

Periodiek worden de doorvoeringen van meet- en regelapparatuur in de bolwand getest op dichtheid. Dit gebeurt met heliumdetectie. Helium, een klein atoom, wordt in een apparaat of component gebracht. Aan de buitenzijde controleert apparatuur of helium naar buiten lekt.

De drie luchtsluizen worden elk kwartaal op overdruk gezet om op lektheid te controleren.

Stralingsbescherming

EPZ heeft in de loop der jaren stap voor stap de bedrijfsinterne dosislimiet verlaagd. Hierdoor worden radiologische medewerkers gedwongen bij alle werkzaamheden stelselmatig na te denken over het terugdringen van hun stralingsbelasting. Door effectieve planning en voorbereiding en met behulp van de afdeling Stralingsbescherming is de gangbare stralingsdaglimiet van 500 microSievert met een factor 10 verlaagd naar 50 microSievert.

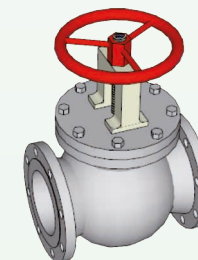
De wettelijke jaarlimiet is 20 milliSievert. EPZ houdt zich aan een bijna 7 keer lagere bedrijfslimiet van 3 milliSievert gemiddeld over vijf jaar.



Onderhoud aan componenten

De kerncentrale bevat ongeveer 900 kleppen waarmee processen, zoals injectiesystemen en (veiligheids)koelsystemen, geregeld worden.

De kwaliteitseisen ten aanzien van het onderhoud aan deze kleppen zijn rechtevenredig met de veiligheidsrelevantie. Met andere woorden: voor onderhoud aan kleppen aan de nucleaire kringloop gelden strengere eisen dan voor kleppen in niet-nucleaire hulpsystemen.

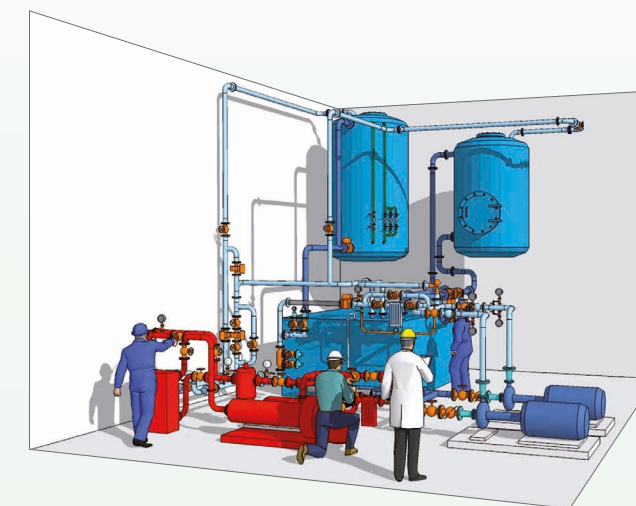


Werkpraktijksimulator

In de werkpraktijksimulator is een deel van de installatie nagebouwd als trainingsomgeving waarin verschillende situaties geoefend worden. Door de gesimuleerde installatie wordt water rondgepompt, er zitten filters, afsluiters, pompen, warmtewisselaars en het nodige aan meet- en regeltechniek in. De installatie heeft dezelfde onderdelen, kleuren en kenmerken als in de kerncentrale.

In de werkpraktijksimulator kan de hele werkpraktijk getraind worden van de werkvoorbereiding tot en met de uitvoering en de nabespreking. De trainingsmogelijkheden zijn enorm. Van het lopen van een eenvoudige controleronde tot het ontdekken van een stralingshotspot of het uitvoeren van allerlei werkzaamheden. In plaats dat operators in een klaslokaal aanhoren wat je doet als je een olie lekkage tegenkomt, worden zij geconfronteerd met een 'echte' olie lekkage. Er zijn ongeveer tachtig van dit soort variabelen ingebouwd die in verschillende combinaties getraind kunnen worden.

De werkpraktijksimulator levert een bijdrage aan het verminderen van het aantal storingen die het gevolg zijn van menselijk handelen gerelateerd aan de werkpraktijk.



Regelzaal

Op de regelzaal heerst rust en orde zodat het regelzaalpersoneel de volledige aandacht op het proces kan richten. Vergaderingen (wachtoverdracht, teambesprekingen) zijn functioneel.

Voor een onder alle omstandigheden veilige bediening zijn hier vier wachtmedewerkers aanwezig:

- één Wachtingenieur
- één Plaatsvervangend Wachtingenieur
- twee Hoofdwerktuigkundigen.

Deze vier hebben specifieke taken. Daarom is de ruimte verdeeld in kwadranten, elk bemenst door een regelzaalmedewerker met eigen taken en verantwoordelijkheden. Bij deze verantwoordelijkheden horen eigen bedieningspanelen, beeldschermen en documenten. Alles wat hij nodig heeft, vindt de betreffende medewerker in zijn kwadrant. Dat voorkomt geloop en bevordert de rust en het overzicht. De overige documenten zijn geconcentreerd bij de Plaatsvervangend Wachtingenieur. Alle benodigde informatie zoals procedures en technische informatie staat op papier maar is ook digitaal beschikbaar.

Wachtploeg

De kerncentrale is een continubedrijf, de bediening vindt plaats door de wachtploeg die in ploegendiensten wordt bemenst. EPZ stelt hoge eisen aan de wachtmedewerkers die vanuit de regelzaal de kerncentrale bedienen. Zij zijn geschoold op minimaal HBO-niveau en geselecteerd op eigenschappen als stressbestendigheid en het werken in teamverband.

Vanaf het moment van indiensttreding krijgt het regelzaalpersoneel een fulltime opleiding van 1,5 jaar. Daarvan worden tien weken doorgebracht op de simulator. Op deze simulator worden allerlei gewone en ongewone bedrijfsomstandigheden nagebootst. Verder krijgen deze medewerkers nog eens vier weken theoretisch onderwijs in kernfysica bij NRG in Petten.

Ook is er praktijkonderwijs in de vorm van stages bij verschillende bedrijfsonderdelen. Na anderhalf jaar volgt een examen onder toezicht van de toezichthouder Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS). Wie slaagt, krijgt een bevoegdheid voor twee jaar, dan volgt een herbeoordeling.

Gedurende hun hele carrière worden de medewerkers doorlopend geschoold. Vier weken per jaar volgen ze een 'opfris-training' waar-van er twee worden doorgebracht op de simulator. Bij promotie volgt bij iedere carrièrestap opnieuw een fulltime opleiding die tot een jaar kan duren.

Buiten de regelzaal, in de installatie, zijn Werktuigkundigen aan het werk. Zij worden aangestuurd vanuit de regelzaal. Zij werken in de installatie, hebben een afgeronde technische MBO-opleiding gevolgd en een fulltime bedrijfsopleiding van zes maanden.

Alle wachtploegmedewerkers (op de regelzaal en in de installatie) beschikken over de benodigde skills & tools, vastgelegd in documenten zoals 'Human Performance Tools' en de 'Management Verwachtingen'. Deze worden voortdurend aangepast aan nieuwe inzichten, er is controle op het onderhouden van kennis en vaardigheden.

Wachingenieur (Wing)

Houdt overzicht op de (procedurele) gang van zaken rond de bedrijfsvoering. Is verantwoordelijk voor de (nucleair) veilige en economische bedrijfsvoering tijdens zijn wacht. Bij storingen en bijzondere omstandigheden neemt de **Wachingenieur 1** de juiste maatregelen met betrekking tot de reactorveiligheid en coördineert de acties in en rond de installatie.

Plaatsvervangend Wing

Neemt een onafhankelijke positie in en toetst de dagelijkse gang van zaken aan de hand van de procedures. Achter de **Plaatsvervangend Wachtingenieur 2** staat een bibliotheek met alle procedures. Die beschrijven de normale gang van zaken. Plus de procedures die gelden onder bijzondere omstandigheden. Op een speciaal paneel volgt de Plaatsvervangend Wachtingenieur, onafhankelijk van zijn collega's, de belangrijkste veiligheidsfuncties van de kerncentrale. Denk hierbij aan de condities in de primaire kringloop, de functionaliteit van het containment en de omstandigheden in de reactor.

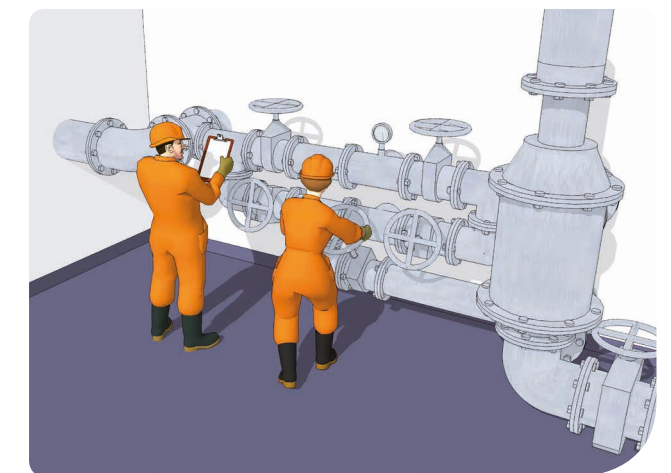
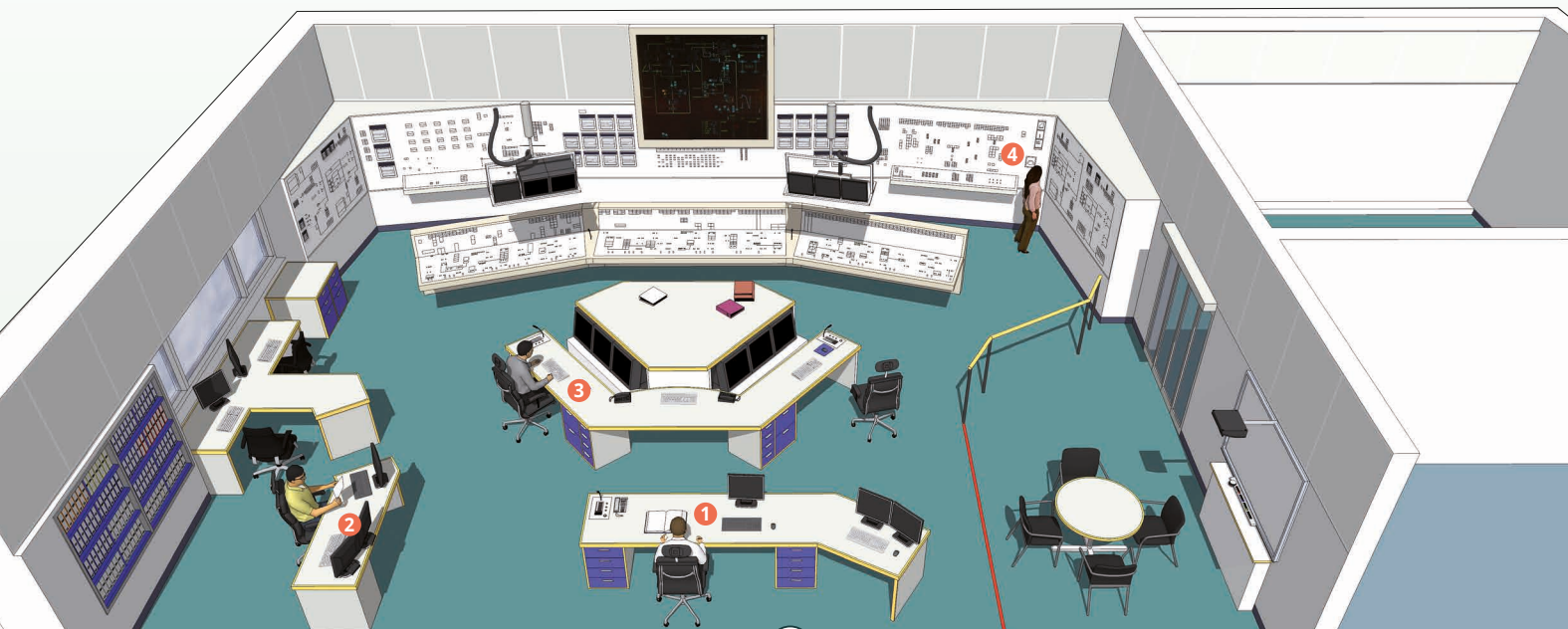
Hoofdwerktuigkundigen

Een **Hoofdwerktuigkundige 3** houdt in zijn kwadrant toezicht op het reactorbedrijf van de kerncentrale. Hij controleert de automatische bediening tijdens normaal bedrijf. Tijdens storingen handelt hij volgens voorgeschreven procedures en controleert het verloop van de afwikkeling van de storing. Als dat nodig is (en wordt voorgeschreven), grijpt hij in.

Een tweede **Hoofdwerktuigkundige 4** houdt vanuit zijn kwadrant toezicht op het niet-nucleaire deel van de centrale, waaronder de elektriciteitsproductie met de turbine en de generator van de kerncentrale. Tijdens storingen handelt hij volgens de voorgeschreven procedures en controleert het verloop van de afwikkeling van de storing. Als dat nodig is (en wordt voorgeschreven) grijpt hij in.

Werktuigkundigen

De Werktuigkundigen worden aangestuurd vanuit de regelzaal. De Werktuigkundigen controleren de installatie en voeren (bedienings-)instructies, tests en inspecties uit.



Brandweer

De bevelvoerder is een fulltime professioneel en gediplomeerd brandweerman. Uit de wachtploeg van de kerncentrale en de beveiligingsorganisatie is een eerste aanvalsploeg samengesteld met medewerkers die Rijksgediplomeerd brandweerman zijn. Na maximaal tien minuten is ook de brandweer van de veiligheidsregio aanwezig.

Voor extreme branden beschikt EPZ over een crashtender, een schuimblusvoertuig zoals dat ook op vliegvelden wordt gebruikt.



Procedures

EPZ heeft het beste van twee werelden:

- De kerncentrale is van Duitse makelij en het beste dat op het gebied van ontwerp en technologie te krijgen was. Het Duitse ontwerp gaat uit van geautomatiseerde bediening en beheersing van (ver)storingen, waardoor de noodzaak van snel menselijk ingrijpen niet nodig is.
- De procedures voor de beheersing van (ver)storingen zijn van Amerikaanse origine. De Amerikaanse filosofie gaat er vanuit dat de mens altijd moet kunnen ingrijpen als de situatie dat vereist. Wanneer en hoe is nauwgezet vastgelegd in procedures. Kern van de zaak is dat de medewerkers altijd over de juiste informatie beschikken, de automatische acties voortdurend controleren en in kunnen grijpen als automatische acties falen of het verloop afwijkt van het ontwerp.

Kortom: de kerncentrale kan zonder menselijk ingrijpen veilig worden afgeschakeld, maar als het nodig is, kan en zal de mens ingrijpen. Voor elke situatie geldt dat de kerncentrale altijd in een veilige toestand zal worden gebracht: automatisch of handmatig.

Werkdiscipline

De wachtploeg werkt met:

1. **Het vier ogen principe**
Beslissingen of acties onderneem je nooit alleen.
2. **Specifieke communicatietechnieken**
Hoe en wanneer geef je een instructie, hoe communiceer je hierop terug.
3. **StartWerkBesprekingen**
Voor je iets besluit of uitvoert, neem je vooraf door wat de bedoeling is en wat het resultaat moet zijn. Dit is het moment om onduidelijkheden weg te nemen of kritische vragen te stellen.
4. **Zelfcontrole**
Je controleert altijd het resultaat van je eigen werk en communiceert hierover met je collega's.
5. **Situatiebewustzijn**
Medewerkers zijn getraind om zich voortdurend bewust te zijn van het resultaat van handelingen of beslissingen.
6. **Rust op de regelzaal**
De Wachtingenieur ziet erop toe dat er rust en orde heerst op de regelzaal.

Alarmstaf

Met één knop kan de Wachtingenieur de alarmstaf bij elkaar roepen. Negentien functionarissen met uiteenlopende disciplines zijn volgens een schema van consignatiediensten direct oproepbaar.

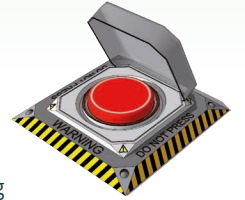
Na een alarm komt de alarmstaf bijeen onder leiding van de geconsigneerde Site Emergency Director (SED). Die trekt op dat moment alle verantwoordelijkheden en bevoegdheden van de bedrijfsleiding naar zich toe voor de acties die nodig zijn. De bediening van de kerncentrale blijft de verantwoordelijkheid van de Wachtingenieur die hierover met de Site Emergency Director communiceert. De SED zorgt voor de afwikkeling van het alarmplan.

De alarmstaf heeft een duidelijke taakverdeling. Er wordt een beleidsteam geformeerd en er wordt een contactpersoon bij de overheid geplaatst. Aan de hand van draaiboeken, procedures en informatiestromen wordt een indeling gemaakt: hoe ernstig is de betreffende storing en welke maatregelen horen daarbij? Er wordt via het nationaal noodnet contact gelegd met de hulpdiensten en de overheid. Voor de afhandeling van ernstige incidenten zijn goede afspraken gemaakt met de overheid. Er wordt regelmatig geoefend, ook op het gebied van terreurbestrijding.



De 'noodstop-knop'

Het kernsplijtingsproces is altijd met één druk op de knop te stoppen. De regelstaven vallen dan in de reactor, de neutronen die de kernsplijting op gang houden worden geabsorbeerd en de kettingreactie stopt onmiddellijk.



Ook de automatische bediening kan besluiten tot een REaktorSchnell-Abschaltung (RESA) als bepaalde parameters of gebeurtenissen dat nodig maken. Handmatige bediening van de 'noodstop' is dus niet noodzakelijk.

Reserve wachtploeg

In extreme gevallen kan een reserve wachtploeg worden opgeroepen. Er is een reserve regelzaal van waaruit de bediening van de kerncentrale kan worden overgenomen als de normale regelzaal niet meer beschikbaar is.

Operating experience

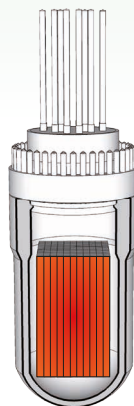
De collega's in de wachtploegen worden bijgestaan door een ondersteunende afdeling die elders op het complex is gehuisvest. Die biedt ondersteuning bij operationele vragen.

Medewerkers zijn fulltime bezig met het verbeteren van processen, procedures en storingsanalyses. Eigen storingen worden geanalyseerd en gedocumenteerd. Ook storingen bij collega-kerncentrales worden bekeken op hun relevantie voor de eigen bedrijfsvoering en vervolgens geanalyseerd. Zo worden de eigen en internationale bedrijfservaringen gebruikt om voortdurend te verbeteren. Zo kan op storingen worden geanticipeerd en hun aantal geminimaliseerd.

Als er toch een storing optreedt wordt ervan geleerd. De opgedane kennis wordt vervolgens weer internationaal gedeeld.

Onderhoudsstop

Een reactorkern blijft altijd restwarmte produceren, ook als de reactor uit bedrijf wordt genomen. De splijtingsproducten in de reactor blijven door hun radioactief verval toch warmte maken, ook als de kettingreactie (kernsplijting) is gestopt.



De kern moet dus ook tijdens een 'stop' worden gekoeld. Aan de ene kant dient koelwater om straling af te schermen, aan de andere kant wordt de overtollige warmte ermee afgevoerd. Dus ook als de hoofdsystemen worden opengemaakt, zijn er hulpsystemen in bedrijf die worden bediend vanuit de regelzaal.

De kerncentrale heeft meerdere koelsystemen (zie ontwerp, pagina 8) die los van elkaar functioneren. Deze koelsystemen gaan nooit gelijktijdig uit bedrijf. Welke koel- of andere hulpsystemen op welk moment beschikbaar moeten zijn, ligt vast in de technische specificaties van de centrale.

Een 'stop' wordt altijd zorgvuldig voorbereid. Dat is economisch voordelig (zo kort mogelijk) maar ook een veiligheidskwestie omdat een balans moet worden gevonden tussen onderhouds- en bedrijfsvoeringseisen. De afdeling Splijtstofwisselmanagement is verantwoordelijk voor de voorbereiding van de onderhoudsstop en de kwaliteit en veiligheid van het uitgevoerde werk.

Maatregelen voor nog meer veiligheid

Er wordt permanent gekeken naar internationale veiligheidsinzichten en de stand van de techniek bij collega-kerncentrales. Elke tien jaar voert EPZ een groot onderzoek uit om te bezien welke mogelijkheden er zijn om de veiligheid van de centrale nog verder te vergroten. Dergelijke onderzoeken in 1983, 1993, 2003 en 2013 hebben geleid tot aanpassingen die de kerncentrale telkens zo'n tien keer veiliger maakten. De kerncentrale anno 2022 is zo'n duizend keer veiliger dan in 1973.

Op basis van uitkomsten van de audits door het IAEA en de internationale vakorganisatie voor kerncentrales WANO, wordt de organisatie voortdurend verbeterd. De nieuwste inzichten op het gebied van Human Performance (menselijk handelen) worden ingebracht en toegepast zodat de veiligheidscultuur permanent wordt onderhouden en getoetst. *Lessons learned* en *best practices* uit de hele wereld worden getoetst op meerwaarde voor Borssele en daarna overgenomen.

Conservative & Operational Decision Making

In de nucleaire bedrijfsvoering geldt dat besluiten 'in de veilige richting' worden genomen. Regelzaalmedewerkers zullen bij afwijkingen de kerncentrale door het volgen van vaste procedures altijd terugbrengen naar een bekende, veilige toestand. Bij bijzondere bedrijfsomstandigheden maakt EPZ gebruik van speciale besluitvormingstechnieken.

Bij storingen of afwijkingen bij onderhoud komt een vaste groep specialisten (of hun plaatsvervangers) bij elkaar om op een goed controleerbare wijze besluiten te nemen. Zij onderzoeken en vergelijken gegevens vanuit verschillende invalshoeken. Vervolgens leggen zij oorzaak-gevolg relaties en identificeren oplossingen en alternatieve oplossingen. Daarna wordt een afgewogen besluit genomen.



Regelzaalsimulator

Naast de werkpraktijksimulator voor onderhoudsmedewerkers, heeft EPZ ook een eigen regelzaalsimulator op het terrein waar regelzaalmedewerkers de bediening van de kerncentrale trainen. De regelzaalsimulator bevat nauwkeurige kopieën van de hoofd- en reserveregelzalen van de kerncentrale Borssele. Alle gewone en ongewone procesomstandigheden komen aan de orde zodat de regelzaalmedewerkers goed voorbereid zijn. Simulatortrainingen zijn niet vrijblijvend, een operator kan zijn kwalificatie verspelen bij onvoldoende prestaties.

De regelzaalsimulator speelt een cruciale rol bij de opleiding van het regelzaalpersoneel van de kerncentrale. Naast normale bedrijfsvoering wordt in de simulator vooral geoefend als voorbereiding op ongewenste gebeurtenissen door storingen en incidenten. De regelzaalsimulator brengt op elk moment iedere gewenste praktijksituatie binnen bereik en – minstens zo belangrijk – ook ongewenste. De regelzaalsimulator werd vanaf 1997 operationeel. Na de oplevering zijn steeds kleinere en grote modificaties uitgevoerd. Hierdoor wordt steeds zo goed mogelijk de actuele toestand van de kerncentrale gesimuleerd. Zo is bijvoorbeeld de turbineregeling gewijzigd bij de installatie van een nieuwe turbine in 2007.

De regelzaalsimulator wordt ook ingezet voor het opleiden van andere medewerkers en wordt tevens gebruikt voor het testen van procedures en installatiewijzigingen.

Verouderingsmanagement

Wereldwijd zijn meer dan 100 kerncentrales langer in bedrijf dan oorspronkelijk geplande tijd. Meestal van 40 naar 60 jaar, maar ook 80 jaar is al vergund. Ook de bedrijfstijd van Borssele is van 40 naar 60 jaar gebracht, langer dan tijdens de bouw werd beoogd. Voor deze bedrijfsduurverlenging is conform internationale richtlijnen aangetoond dat dit veilig kan. Deze richtlijnen zijn opgesteld door het Internationaal Atoomagentschap in Wenen (IAEA). Ook de Nederlandse ANVS was daarbij betrokken. De richtlijnen schrijven voor wat en hoe moet worden gedaan om aan te tonen dat de centrale ook gedurende de extra tijd veilig bedreven kan worden. Het IAEA organiseerde speciale 'peer reviews' gericht op centrales die bezig zijn met bedrijfsduurverlenging. Borssele werd in dit kader geregeld beoordeeld. In 2013 is de vergunning om door te mogen produceren tot 2034 definitief geworden.

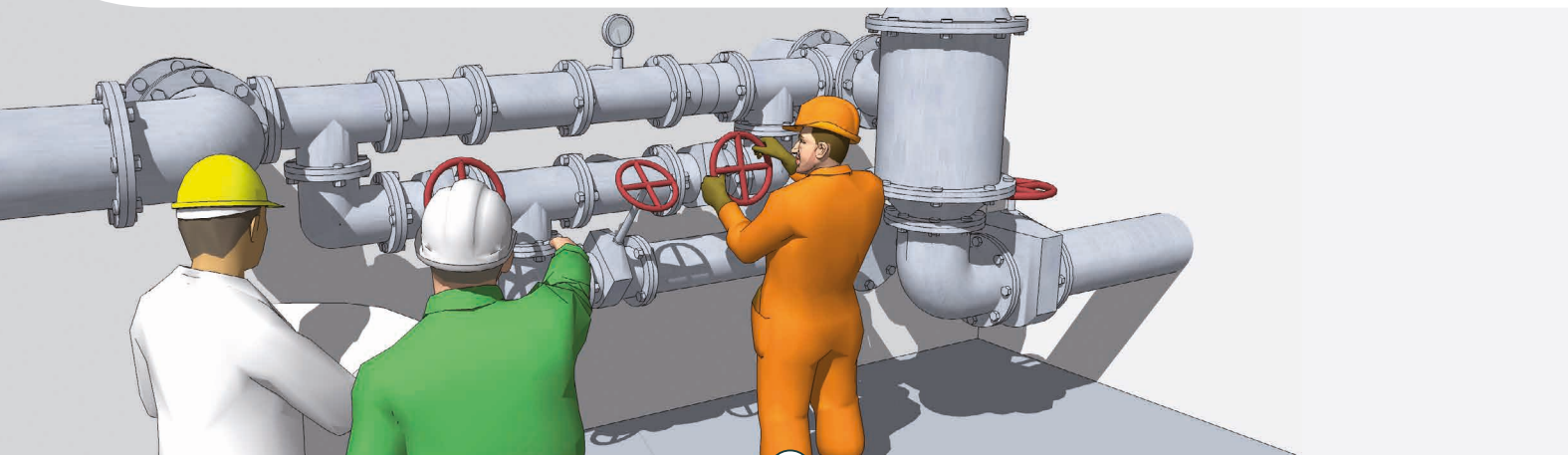
Verouderingsbeheersing bij EPZ concentreert zich zowel op technologische veroudering als op fysieke veroudering. Na verloop van tijd treedt materiaaldegradatie op door het langdurig gebruik (fysieke veroudering). Daarnaast evolueert technologie waardoor 'oude' technologie niet meer verkrijgbaar is en op scholen en universiteiten niet meer wordt onderwezen. Beide fenomenen kunnen reden zijn om te moderniseren. Nu de centrale twintig jaar langer in bedrijf blijft, is opnieuw

bewezen dat de veroudering met alle waarborgen ook tot 2034 wordt beheerst. In veel gevallen was dit relatief eenvoudig: het ontwerp gaat van meer en veel zwaardere belastingen uit dan in de praktijk optreden. In andere gevallen waren metingen of berekeningen nodig. In alle gevallen is met zekerheid aangetoond dat de integriteit van de componenten ook tot minstens 2034 gewaarborgd is.

Verouderingsproblemen voorkomt EPZ door beheersmaatregelen te nemen: preventief onderhoud, het uitvoeren van inspecties om de status van een component te bepalen en vooral ook de installatie zodanig bedrijven dat verouderingsoorzaken, zoals temperatuurswisselingen, zo beperkt mogelijk worden gehouden. Waar nodig worden verouderende componenten tijdig vervangen.

AMAT Review

Op verzoek van de toezichthouder Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) kan een Ageing Management Assessment Team (AMAT) van het IAEA bij EPZ langs komen voor een beoordeling van de stand van zaken. AMAT levert zo nodig suggesties waarmee de verouderingsbeheersing verder verbeterd kan worden. In 2003 heeft een AMAT verouderingsbeheersing bij EPZ, onderdeel van de toen lopende 10-jarlijkse veiligheids-evaluatie, beoordeeld.



Reactorvat

Omdat het reactorvat vrijwel niet te vervangen is, bepaalt de kwaliteit ervan de levensduur van de hele kerncentrale. Het vat van Borssele is van gemiddeld twintig centimeter dik, hoogwaardig staal en bestaat uit ringvormige segmenten zonder verticale lassen. Het behoort daardoor tot de beste ter wereld.

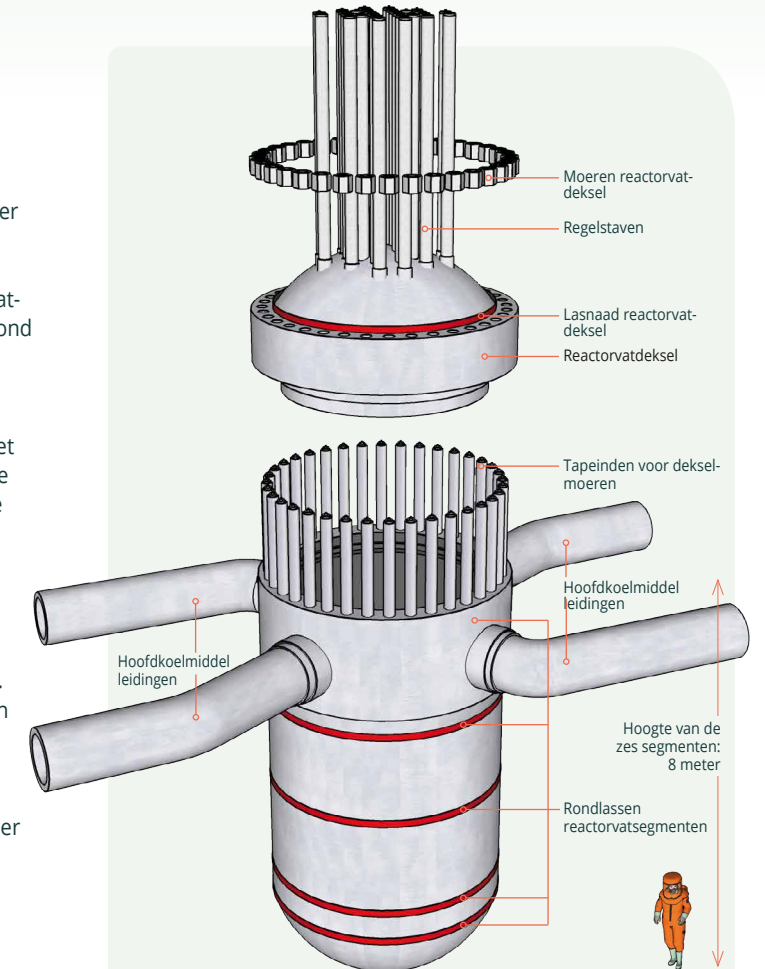
Door de inwerking van neutronenstraling verliest een reactorvatstaal zijn taaiheid (breukgevaar). Vooraf moet worden aangetoond dat de taaiheid aan het einde van de vergunde bedrijfstijd nog voldoende zal zijn. Tijdens de onderhoudsstop in 2010 zijn er staalmonsters van het reactorvat genomen. Met de analyse-resultaten is nauwkeurig bepaald hoeveel neutronenstraling het vat tot 2010 had opgelopen. Door slim beheer van de kern is de neutronenstraling op het reactorvat minder geweest dan bij de bouw werd verondersteld.

In 2007 zijn voor de bedrijfsduurverlenging opnieuw onbestraalde proefstukken van het reactorvatstaal rondom de kern geplaatst. Op deze plek zorgt de extra hoge neutronenstraling voor versnelling van dit verouderingsproces. Zo kan in de toekomst gekeken worden. De proefstukken zijn in 2018 verwijderd en met metingen is bevestigd dat de taaiheid van het reactorvatstaal in 2034 ruim voldoende zal zijn.

De centrale is voortdurend op vol vermogen ingezet, met minder productieverstoringen dan in het ontwerp was aangenomen. Daardoor zijn in het Borssele-vat veel minder temperatuurswisselingen opgetreden dan voorzien, waardoor er nauwelijks sprake is van vermoeiingseffecten in het staal.

In 2012 is door problemen in een tweetal Belgische kerncentrales een uitgebreid onderzoek geweest naar de kwaliteit van het Borssele-reactorvat. Die is na veertig jaar productie nog steeds beter dan van een nieuw reactorvat wordt geëist.

De onderzoeken hebben uitgewezen dat bij gelijkblijvende wijze van bedrijfsvoeren het reactorvat meer dan honderd jaar mee moet kunnen.



Technische specificaties

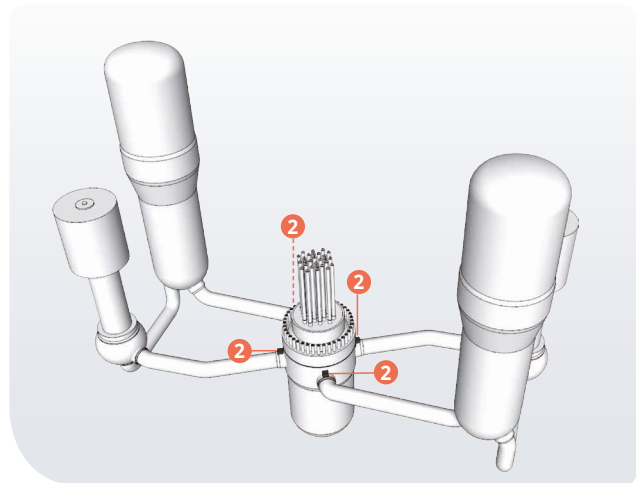
Volume	: 72 m ³
Gewicht deksel	: 45.000 kg
Totaal gewicht	: 230.000 kg
Hoogte zonder deksel	: 8 m
Hoogte met deksel	: 10 m
Binnendiameter	: 3,81 m
Wanddikte	: 18 tot 36,5 cm

Primair circuit

Het koelmiddel in de primaire kringloop koelt de kern. Als er een leidingbreuk optreedt, valt de kernkoeling weg. Om dit te voorkomen wordt er jaarlijks geïnspecteerd met ultrasoon en röntgenonderzoek aan lasnaden en materiaalovergangen.

In 1997 zijn er 'lek-voor-breek-maatregelen' genomen. In geval van degradatie van een leiding zal er lekkage optreden die gedetecteerd wordt met lekdetectiesystemen. De centrale kan in dat geval veilig uit bedrijf genomen worden ruim voordat het tot een leidingbreuk kan leiden. De centrale is overigens zodanig ontworpen dat zelfs als een leiding breekt, de afschakeling en kernkoeling zekergesteld zijn.

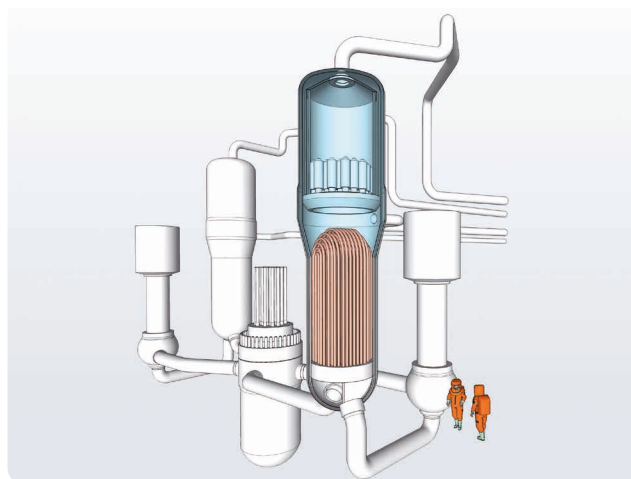
Vitale plekken in het primaire circuit zijn vanaf 2010 voorzien van **thermokoppels** 2 die belastingswisselingen ten gevolge van temperatuurveranderingen registreren. Met deze gegevens kunnen 'real time' uitspraken worden gedaan over vermoeiing van het primaire circuit.



Stoomgenerator

In de twee stoomgeneratoren wordt de warmte uit de primaire kringloop overgedragen op de water/stoom-kringloop waarmee de turbine wordt aangedreven. Via duizenden pijpjes wordt warmte van het primair systeem overgedragen aan het secundaire systeem. Elke drie jaar wordt een groot deel van de pijpjes één voor één geïnspecteerd. Bij te grote afwijkingen worden pijpjes afgestopt om te voorkomen dat deze gaan lekken. De stoomgeneratoren van Borssele zijn overgedimensioneerd, de marge is ruim voldoende voor productie tot 2034.

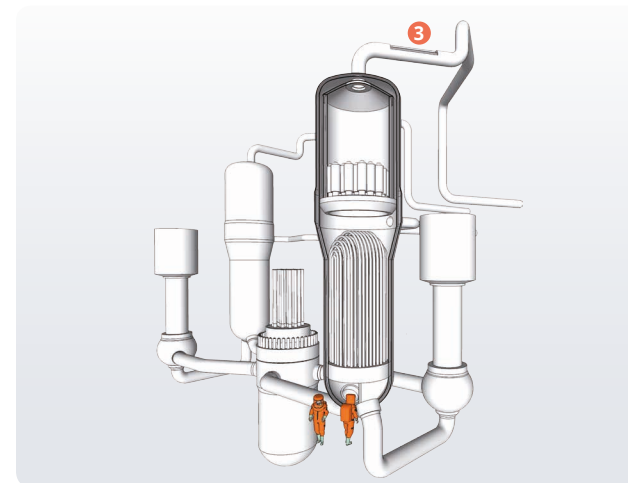
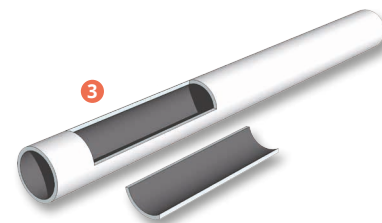
Ook de beide stoomgeneratoren behoren tot de wereldtop. Bij veel drukwatercentrales zijn of zullen de stoomgeneratoren vervangen worden vanwege scheurvorming door spanningscorrosie. Deze scheurvorming ontstaat door de inwerking van het primaire water op de stoomgeneratorpijpen die gemaakt zijn van een Nickel-legering. Bij de meeste centrales zijn de pijpen gemaakt van inconel 600 waarvan gebleken is dat het gevoelig is voor spanningscorrosie. De stoomgeneratoren van Borssele zijn gemaakt van incalloy 800 dat niet gevoelig is voor spanningscorrosie.



Waterchemie

Om corrosie in de secundaire (niet-nucleaire) systemen te voorkomen, wordt in de water/stoom-kringloop deminwater met chemische toevoeging gebruikt. Aanvankelijk werd fosfaatchemie gebruikt, maar dat leidde tot een verhoogde kans op schade aan de **stoomgeneratorpijpjes** 3.

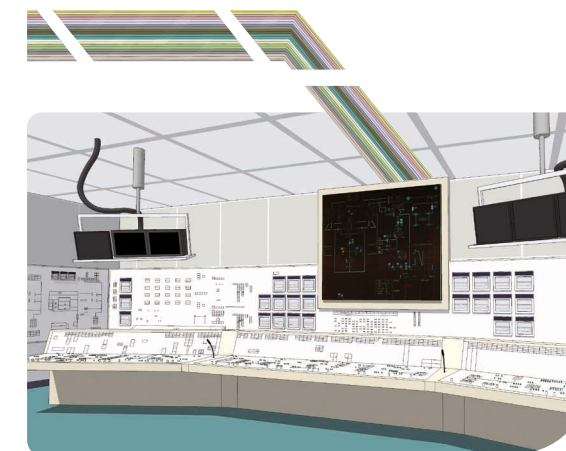
Na de vervanging van de koperhoudende condensors door titaniumexemplaren werd het mogelijk over te stappen op AVT-chemie (All Volatile Treatment). Door deze maatregel is de kans op schade aan de stoomgeneratorpijpjes sterk afgenomen. Door de inspecties van de pijpjes hebben we dit kunnen bevestigen.



Apparaten en bekabeling

Ongevalsbestendige elektronica, meet- en regelcomponenten (EMR-componenten) zijn gekwalificeerd om ook in ongevallensituaties (hoge temperatuur, grote stralingsbelasting, hoge relatieve vochtigheid) goed te functioneren. In de loop der tijd kan de ongevallensbestendigheid minder worden. Zo kan door langdurige blootstelling aan straling en temperatuur isolatiemateriaal verbrossen, wat de kans op storing in een ongevallensituatie verhoogt.

Er is meetapparatuur aangebracht die gedurende meerdere jaren de omgevingscondities meet. Met deze informatie kan vanuit een 'restlevensduur-database' de restlevensduur van de EMR-componenten worden bepaald. Componenten en kabels die niet meer tot 2034 voldoen, zijn of worden in de komende jaren vervangen. Zo wordt ook de ongevallensbestendigheid van deze componenten beheerst.



Veiligheid en maatschappij

Een kerncentrale is een installatie die werkt met een proces dat grote gevolgen kan hebben als het niet wordt beheerst. Het besef hiervan is bij de exploitant alom aanwezig, het leidt tot een speciale verantwoordelijkheid: het garanderen van optimale bescherming van mens en milieu tegen de mogelijk schadelijke gevolgen van kernsplijting. Deze verantwoordelijkheid wordt samengevat in het begrip Nucleaire Veiligheid.

Gevaar, veiligheid en risico

Centraal staan de begrippen gevaar en veiligheid. Het gevaar bij een kerncentrale is gezondheidsschade (in het uiterste geval leidend tot overlijden) als gevolg van een ongewenste blootstelling aan ioniserende straling ('radioactieve straling'). Veiligheid is het voorkomen van gezondheidsschade door een ongewenste blootstelling. Het risico zegt iets over hoe het met de veiligheid is gesteld, door de hoeveelheid gezondheidsschade en de kans daarop samen te nemen.

Hoe met een risico wordt omgegaan wordt bepaald door risicotolerantie (welk risico is acceptabel) en risicoperceptie (hoe kijk je tegen het risico aan, hoe beleef je het risico). Het zijn dynamische fenomenen, ze veranderen voortdurend.

Kijk voor verandering van risicotolerantie bijvoorbeeld naar het verkeer: grote risico's die we vroeger heel gewoon vonden, worden nu niet meer geaccepteerd. In 1972 bedroeg het aantal verkeersslachtoffers 3.000 per jaar. Nu zijn er ongeveer 650 verkeersslachtoffers per jaar, terwijl het verkeer vele malen intensiever is geworden. Afgenomen risicotolerantie is de motor geweest voor het nemen van maatregelen om de risico's voortdurend te verminderen.

Veiligheid kan door technische ontwikkelingen positief worden beïnvloed. Zo maken geavanceerde sensoren en datacommunicatie het autoverkeer steeds veiliger. Zaken als gordels, airbags, bewegingssensoren, constructieve aanpassingen, GPS en andere communicatievormen hebben

afgelopen decennia voor steeds meer verkeersveiligheid gezorgd. Omdat onze risicotolerantie mee verandert, voelen we ons tegenwoordig niet veilig meer in een auto uit de zestiger jaren die deze voorzieningen niet heeft. Net als in het verkeer is de risicotolerantie met betrekking tot de nucleaire industrie voortdurend afgenomen. De veiligheid van de kerncentrale groeide op dezelfde manier mee met het (maatschappelijk) belang dat aan risicovermindering werd toegekend en nog steeds is dit de motor voor het voortdurend veiliger maken van onze kerncentrale. In de hoofdstukken Ontwerp, Instandhouding en Bedrijfsvoering zijn diverse veiligheidsverbeteringen genoemd.

Ook risicoperceptie, ofwel de beleving van veiligheid, is dynamisch. De risicoperceptie van alcoholgebruik op jonge leeftijd is nu anders dan 25 jaar geleden. Zo is de samenleving in de loop der jaren ook anders gaan kijken naar de veiligheid van een kerncentrale. Niet alleen individuele gezondheidsschade als basis voor de beleving van het risico, maar ook de schadelijke effecten voor de maatschappij als geheel. Net als in het verkeer wordt 1 ongeval met 100 slachtoffers als erger beleefd dan 100 ongevallen met 1 slachtoffer. Een ongeval in een kerncentrale mag de maatschappij niet ontwrichten, mag niet leiden tot veel slachtoffers of onaanvaardbare economische en milieugevolgen.

Nederland kent strenge risiconormen om de veiligheid van omwonenden te waarborgen en maatschappelijke ontwrichting te voorkomen. Daarbij wordt een risicowaarde berekend door het schadelijk effect (gezondheidsschade) te vermenigvuldigen met de kans daarop.

Het vergunde risico van de kerncentrale Borssele voldoet ruimschoots aan deze normen. Toch werken we voortdurend aan het nog verder verminderen van de kans op blootstelling aan straling, zowel voor de omwonenden als voor de eigen medewerkers. Daarvoor verrichten de nucleaire industrie, de overheid en de wetenschap samen een enorme inspanning. Dit gebeurt met een gamma aan maatregelen: wettelijke, technische, infrastructurele en gedragsbeïnvloeding.

We werken veilig of we werken niet

De veiligheid van een kerncentrale wordt mede bepaald door de veiligheidscultuur in de organisatie. De manier waarop mensen zich (veilig) gedragen is van invloed op het minimaliseren van veiligheidsrisico's. Binnen en buiten de organisatie zijn er waarborgen die veilig werken mogelijk maken, stimuleren en aansporen tot een proces van continu verbeteren. In- en extern is er toezicht, binnen de organisatie zijn medewerkers gewend om elkaar aan te spreken op veilig werken.

De veiligheidsprincipes in de kerncentrale zijn gebaseerd op de IAEA Safety Standards. Alles is daarbij ondergeschikt gemaakt aan de bescherming van mens en milieu tegen nucleaire risico's. Dit geldt ten aanzien van de installaties, gebruik van materialen en de processen. Alle maatregelen zijn gericht op het voorkomen dat een ongewenste gebeurtenis leidt tot een ongecontroleerde situatie, escalatie van een situatie of tot een radioactieve lozing.

Veiligheid is bij Borssele gesystematiseerd:

- Er wordt gewerkt op basis van internationale normen;
- Deze regels zijn in procedures uitgewerkt en vastgelegd;
- Er wordt praktisch getraind op gedrag en het juist hanteren van de regels;
- Er wordt bij (internationale) collega's gekeken naar best practices, kennis wordt uitgewisseld;
- Er is op de werkvloer toezicht (zowel intern als extern) op de naleving en de prestaties. Geregeld komen toezichthouders en internationale auditteams naar Borssele;
- Deze inspecties zijn niet vrijblijvend. De regels en werkwijze worden verbeterd als inzichten veranderen of tekortkomingen worden gesignaleerd.

Verder is ook de 'zachte' kant van de veiligheidscultuur zoveel mogelijk tastbaar gemaakt door 'Management Expectations' vast te leggen. Voor iedereen is toegankelijk (en begrijpelijk) gemaakt wat wordt verwacht. Elke medewerker is aanspreekbaar op zijn of haar verantwoordelijkheid ten aanzien van de nucleaire veiligheid. Er wordt hierop geschoold en gecoacht, individueel en in teamverband.

Nucleaire veiligheid bij EPZ

Nucleaire veiligheid is het beschermen van mens en milieu tegen schadelijke effecten van radioactieve lozing en straling.

Bij EPZ doen wij dat door het voortdurend verbeteren van techniek, organisatie en cultuur.



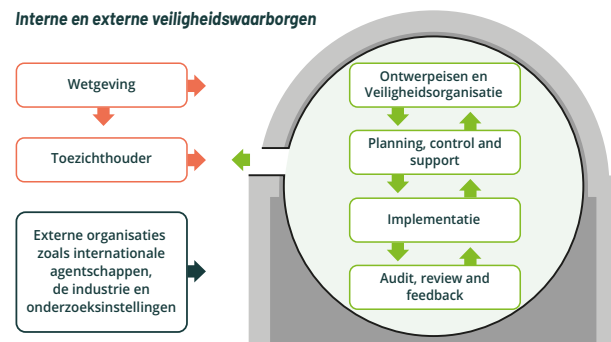
Voortdurend verbeteren van veiligheid

Onder druk van het almaar dominanter worden van het risico-denken worden verbeterde techniek en opgedane ervaring al decennialang gedeeld en gebruikt om het veiligheidsniveau van kerncentrales te verhogen. Daardoor zijn risico's stap voor stap kleiner gemaakt. Veiligheid was en is dus nooit 'af' en kan altijd beter. Bij EPZ heet dit proces 'voortdurend verbeteren'. Het resultaat van dit proces is concreet terug te zien in de ontwikkeling van de EPZ-organisatie en de lay-out van de kerncentrale Borssele. Zo nam op alle niveaus de veiligheid toe. De organisatie groeide van circa 130 medewerkers in 1973 naar circa 400 medewerkers nu. Veel van deze extra medewerkers werken aan de veiligheid van de kerncentrale: meer analisten, meer ondersteuning door technische specialisten, meer brandweermensen, grotere wachtploegen, etc. Al deze medewerkers moeten aan veel strengere opleidings- en kwalificatie-eisen voldoen dan in de jaren zeventig.

Ook de lay-out van de installatie is door de decennia heen ingrijpend gewijzigd door het aanbrengen van redundancies, nieuwe veiligheids-systemen en vergroten van marges. Als het ene veiligheidssysteem faalt, neemt een andere extra veiligheidsvoorziening het over.

Door alle fysieke en organisatorische maatregelen is de kans dat een ongewenste gebeurtenis leidt tot schadelijke effecten voor mens en milieu de afgelopen veertig jaar zo'n 1.000 keer kleiner geworden.

Interne en externe veiligheidswaarborgen

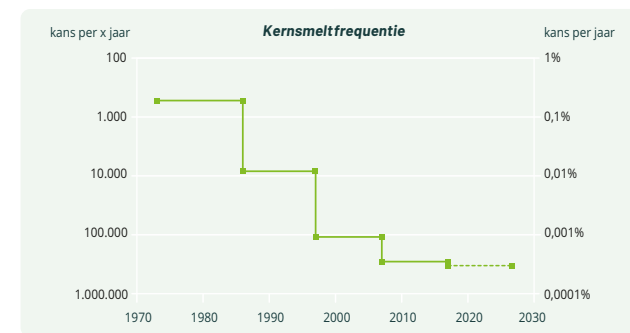


Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS)

De ANVS ziet er op toe dat de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming in Nederland voldoen aan de hoogste eisen. De ANVS stelt daarvoor regels op, verleent vergunningen, ziet toe op de naleving daarvan en kan handhavend optreden. Door de vorming van de ANVS in 2015 zijn kennis en expertise gebundeld die nodig is om deze taken uit te voeren. De ANVS rapporteert aan de minister van Infrastructuur en Milieu die ieder jaar verslag doet aan de Tweede Kamer. Bij normale bedrijfsvoering is er gemiddeld twee dagen per week een inspecteur van de ANVS aanwezig voor haar toezichthoudende taak. Tijdens de 'stop' is dat dagelijks. De ANVS houdt veelal ter plekke toezicht en controleert het werk. De ANVS kijkt of vergunningen worden nageleefd, of technische specificaties en werkwijzen kloppen en of wijzigingen aan installaties wel mogen worden uitgevoerd. Naast dit technische werk houdt de ANVS ook toezicht op de organisatiestructuren en processen, veiligheidsmanagement, menselijk gedrag, verbetermanagement en de veiligheidscultuur. Ook bij de aan- en afvoer van radioactieve stoffen houdt de ANVS scherp toezicht.

Internationaal Atoomenergieagentschap (IAEA)

Het internationaal toezicht op de kerncentrale is in handen van het IAEA. Er zijn 175 landen lid van het IAEA (stand juli 2022). Deze autonome organisatie is onderdeel van de Verenigde Naties en ziet toe op veilig en vreedzaam gebruik van kernenergie. Het bureau heeft het recht om inspecties te doen bij nucleaire installaties van de lidstaten. Het IAEA kan ook door de ANVS uitgenodigd worden voor inspecties of een second opinion.



World Association of Nuclear Operators (WANO)

De WANO uit Parijs is de internationale 'brancheorganisatie' van kerncentrales die toeziet op de continue verbetering van de veiligheid in de sector. Bij de WANO zijn alle elektriciteit-producerende kerncentrales in de wereld aangesloten. Door het organiseren van veiligheidsonderzoeken (Peer Reviews) kijken deskundigen van kernenergiecentrales uit de hele wereld in elkaars installaties. Het doel is om van elkaar te leren door elkaar te beoordelen. Medewerkers van EPZ worden aangemoedigd om zelf ook aan de WANO-missies mee te doen. Geregeld zijn medewerkers van EPZ voor Peer Reviews bij andere kerncentrales. De deskundigen baseren hun oordeel vooral op waarnemingen in de kerncentrale en interviews met medewerkers. Zij doen aanbevelingen voor verbeteringen. Een Peer Review is een interne aangelegenheid. De 'teamleader' rapporteert de eindconclusie aan het management van de betreffende kerncentrale. Na twee jaar komt er een vervolgonderzoek om te beoordelen wat er met verbeterpunten is gedaan.

Tienjaarlijkse Veiligheids-Evaluaties (10EVA's)

Eén van de verplichtingen uit de Kernenergiewetvergunning van Borssele is het houden van tienjaarlijkse veiligheidsevaluaties. Overigens is dit ook een internationaal gebruik. Iedere tien jaar worden EPZ en de kerncentrale volledig doorgelicht en beoordeeld aan de hand van State of the Art op het gebied van veiligheid en stralingsbescherming. Voor Borssele geldt dat er inmiddels vijf 10EVA's gehouden zijn: in 1983, 1993, 2003, 2013 en 2023. Iedere 10EVA wordt na evaluatie en besluitvorming opgevolgd door een modificatieproject. Daarmee blijft de centrale op (internationaal) hoog niveau. 10EVA23 is in 2021 gestart. Inmiddels is het globaal beoordelingsrapport ingeleverd, waarmee 10EVA23 formeel is afgerond. Hierna volgt het Conceptueel Verbeterplan met uit te voeren maatregelen. Die moeten eind 2027 zijn uitgevoerd.

De trend die ook internationaal zichtbaar is in de vijf 10EVA's is dat het accent is verschoven van hardwarematige verbeteringen via procedurele en personele verbeteringen naar organisatorische verbeteringen. Iedere 10EVA maakt de centrale veiliger, Borssele is nu veel veiliger dan bij de start in 1973. Een 10EVA is een vorm van zelfevaluatie waarvan het resultaat wordt beoordeeld door de ANVS die aanvullende onderzoeksvragen kan stellen. Er wordt beoordeeld aan de hand van de geldende (en toekomstige) regelgeving en de (best) beschikbare techniek en organisatie-inzichten. De bevindingen worden vertaald in mogelijke verbeteringen die worden getoetst op hun relevantie en uitvoerbaarheid.

Als hierover overeenstemming is tussen overheid en EPZ, wordt een modificatieproject gestart. Het meest ingrijpende was dat van 1997: de kerncentrale is toen zodanig gemoderniseerd en voorzien van extra veiligheid, dat latere hardwarematige verbeteringen steeds minder ingrijpend zijn geworden. Winst is nu vooral nog te boeken op het gebied van Human Performance.

Internationale Kennisdeling

De internationale nucleaire gemeenschap is zeer gericht op kennisdeling. De filosofie is om zoveel mogelijk te leren van elkaars ervaringen. Zowel best practices als storingen en incidenten worden inhoudelijk met elkaar gedeeld. Er zijn nieuwsservices die hierin een belangrijke rol spelen en tal van kernenergie-deskundigen bezoeken internationale conferenties op hun vakgebied.

EPZ doet aan alle initiatieven mee. Ook de bekende organisaties (IAEA, WANO, Europese Commissie) spelen een belangrijke rol in het verzamelen en beschikbaar stellen van kennis en ervaring. De verzamelde 'operating experience' wordt door de EPZ-organisatie geanalyseerd en beoordeeld op de toepasbaarheid ervan voor de eigen bedrijfsvoering. Als bijvoorbeeld in Japan een aardbeving plaatsvindt, stellen Japanse kerncentrales hun ervaring zo snel mogelijk beschikbaar. Vervolgens wordt in Borssele onderzocht wat de effecten op de plaatselijke kerncentrales waren en wat daarvan geleerd kan worden voor de eigen situatie.

Voortdurend verbeteren door te leren van ongewone gebeurtenissen

Bij EPZ richten alle werkprocessen zich op het voorkomen van onveilige situaties. Zoals in iedere fabriek treden er ook in de kerncentrale soms ongewone gebeurtenissen op. Volgens internationale standaards registreert en analyseert EPZ alle bedrijfs-ervaringen en dus ook alle ongewone gebeurtenissen. Intern worden medewerkers aangemoedigd om deze gebeurtenissen te rapporteren, ook al zijn ze nog zo onbetekenend. Het doel van deze systematische en integrale aanpak is helder: het voortdurend verbeteren van de veiligheid. Want van fouten kun je leren.

Meldplichtige gebeurtenissen

KCB heeft een gedetailleerde lijst met ongewone gebeurtenissen die dienen te worden gemeld aan de ANVS. Om de ernst van de ongewone gebeurtenissen te kunnen wegen, wordt gebruik gemaakt van de INES-schaal van IAEA.

Zoals de schaal van Richter wordt gebruikt om aardbevingen in te schalen, zo wordt in de nucleaire sector de INES-schaal internationaal gehanteerd. Sinds 1990 duidt de INES-schaal de ernst van incidenten en ongevallen in nucleaire installaties, tijdens nucleaire transporten en met radioactieve bronnen in bijvoorbeeld ziekenhuizen. De INES-schaal kent zeven niveau's, van één tot zeven. Daarnaast wordt voor ongewone gebeurtenissen zonder radiologische veiligheidssignificantie de aanduiding 'below-scale', of INES=0, gebruikt.

INES-waardenniveaus

- De waarde-0 staat voor 'below-scale' en heeft betrekking op een ongewone gebeurtenis zonder veiligheidssignificantie.
- De waarden 1, 2 en 3 worden incidenten genoemd. Daarbij zijn er geen radiologische gevolgen voor de werknemers of de omgeving.
- Vanaf schaal 4 is er sprake van een ongeval en kunnen er radiologische gevolgen zijn binnen de centrale, bijvoorbeeld door het vrijkomen van radioactieve stoffen binnen de gebouwen. Bij schaal 5 kunnen er radiologische gevolgen zijn voor de directe omgeving van de centrale. Schaal 7 is een zeer ernstig ongeval met een grote uitstoot van radioactieve stoffen naar de omgeving van de kerncentrale. De ongevallen in Fukushima en Tsjernobyl zijn ingedeeld in schaal 7.



Verantwoordelijkheden van EPZ en de overheid

EPZ onderzoekt zelf bij elke aan de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) gemelde ongewone gebeurtenis wat de oorzaak is. Ook stelt EPZ vast wat de ernst van het gevolg is en welke verbetermaatregelen moeten worden genomen. EPZ stuurt het resultaat van het onderzoek en een voorstel voor een voorlopige INES-indeling aan de ANVS en publiceert een samenvatting.

De ANVS beoordeelt de EPZ-rapportage en stelt op basis van eigen onderzoek de definitieve INES-indeling vast. De ANVS ziet er ook op toe, dat de verbeteringsmaatregelen worden uitgevoerd. Jaarlijks rapporteert de ANVS aan de Tweede Kamer over de opgetreden ongewone gebeurtenissen in de Nederlandse nucleaire installaties.

Leren van ongewone gebeurtenissen bij andere centrales

EPZ participeert in de World Association of Nuclear Operators (WANO), een organisatie waar vrijwel alle kerncentrales in de wereld bij zijn aangesloten. Binnen WANO wordt informatie over ongewone gebeurtenissen gedeeld en centraal geanalyseerd. Jaarlijks ontvangt EPZ zo honderden rapporten die allemaal beoordeeld worden op relevantie voor Borssele. Geregeld zendt EPZ zelf ook rapportages aan dit wereldwijde netwerk.

ARBO-veiligheidskwalificatie medewerkers

Zowel interne als externe medewerkers van EPZ moeten gekwalificeerd zijn voor het uitvoeren van werkzaamheden in de kerncentrale. EPZ ziet er streng op toe dat ook contractors over de juiste papieren beschikken: een geldig VCA-certificaat of een ander voorgeschreven vakdiploma, aangevuld met specifieke opleidingen voor het werken in een kerncentrale.

Reactorveiligheidscommissies

Nucleaire veiligheid heeft binnen KCB de allerhoogste prioriteit. Besluiten die invloed hebben op de nucleaire veiligheid moeten daarom met de grootst mogelijke zorgvuldigheid worden genomen. Twee commissies hebben tot taak hier toezicht op te houden.

De (interne) Reactor BedrijfsVeiligheids Commissie (RBVC) bestaat uit specialisten en managers uit de eigen organisatie van EPZ. Voor het nemen van besluiten die invloed hebben op de nucleaire veiligheid moet de plantmanager vooraf advies vragen aan de RBVC.

Daarnaast kan de RBVC ongevraagd dwingende adviezen met betrekking tot nucleaire veiligheid geven aan de plantmanager. De Externe Reactor BedrijfsVeiligheids Commissie (ERBVC) bestaat uit specialisten van buiten de organisatie van EPZ. De ERBVC houdt het functioneren van de RBVC in de gaten en adviseert de directeur EPZ hierover.

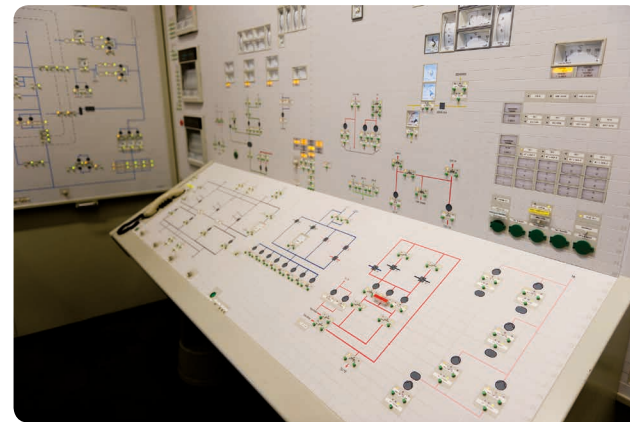
Opleidingen

Iemand op de kerncentrale besteedt gemiddeld 18 dagen per jaar aan onderwijs. Het gaat bij EPZ om het opleiden van haar medewerkers én het ontwikkelen van kennis en persoonlijke vaardigheden. Niet alleen voor wat nodig is voor de huidige functie maar ook voor de toekomst. Enkele tientallen medewerkers (nieuw of nieuw in een functie) volgen jaarlijks een praktische opleiding voor de benodigde installatiekennis. Daarnaast worden er jaarlijks meer dan tien 'opfriscursussen' georganiseerd om bestaande kennis op te frissen en nieuwe zaken bij te leren. Bij de opfriscursus zet EPZ ook externe cursusleiders in, bijvoorbeeld van Tractebel, de Nuclear Research & consultancy Group (NRG) en het Reactor Instituut Delft (RID).

De wachtmedewerkers van de kerncentrale trainen twee keer per jaar één week op de simulator. Hier worden alle mogelijke praktijksituaties nagebootst die in een centrale kunnen

plaatsvinden. Voor de kerncentrale zijn de simulatortrainingen vanuit de vergunning verplicht. Naast vakinhoudelijke en procedurele kennis, worden ook andere kwaliteiten getest. Gedragscompetenties zoals analytisch vermogen in stressvolle situaties, samenwerken in groepsverband en communicatieve vaardigheden zijn onderdeel van het lesprogramma.

Tijdens de simulatortraining bekwamen de wachtmedewerkers zich extra in de procedures voor in- en uitbedrijfsname. Dit gebeurt normaal alleen tijdens de splijststofwissel. Dat betekent dat dit dus maar één wacht mee kan maken. Dat is te weinig om routine op te bouwen. Daarnaast oefent de wacht allerlei grotere en kleinere storingen en scenario's in het kader van ernstige ongevallen. Met name het trainen van procedures en de werkdiscipline worden geoefend op de simulator.



Bekijk een video van de training op de simulator: www.blikindebol.nl/veiligheidscultuur (Opleidingen)

Voortdurend verbeteren menselijk handelen

Niet alleen techniek bepaalt de veiligheid. Ook de manier waarop de mens met de techniek omgaat, beïnvloedt de veiligheid. EPZ kan op het gebied van Human Performance nog meer veiligheidswinst boeken.

Hieronder de belangrijkste aandachtsvelden waarop EPZ zich op dit moment concentreert:

Versterken dienend leiderschap dat niet is gebaseerd op hiërarchie en macht, maar op de bewustwording en ontwikkeling van werknemers. Een dienend leider creëert een (sociaal) veilige leeromgeving waarin medewerkers groeien en optimaal functioneren. Het bijbehorend Human Performance programma laat medewerkers effectief presteren zodat de organisatie betere resultaten behaalt. Dat leidt tot betere overeenstemming tussen management-verwachtingen en prestaties van medewerkers.

En verder:

- Borgen dat de hoge standaards voor onderhoud van kritieke systemen ook worden toegepast op niet-kritieke systemen.
- Borgen dat tijdelijke modificaties in de installatie goed worden gecontroleerd op veiligheid.
- Het verhogen van de snelheid en efficiëntie van de analyse van afwijkende gebeurtenissen in de installatie.
- Het verder versterken van het verantwoordelijkheidsgevoel van het lijnmanagement voor de stralingsveiligheid van hun medewerkers.
- Verdere verbetering van de voorbereiding op stralingsveiligheid van medewerkers in ongevalsomstandigheden en verdere verbetering van de ongevalsprocedures.

10EVA

Tienjaarlijkse veiligheidsevaluatie van de volledige kerncentrale, een (internationale) vergunningsverplichting voor kerncentrales.

ALARA

As Low As Reasonably Achievable, geldt de verlaging van opgelopen stralingsdosis door medewerkers.

AMAT

Het Ageing Management Assessment Team van de IAEA.

ANVS

Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming.

AVT

All Volatile Treatment, een vorm van bescherming tegen corrosie waarbij alleen vluchtige chemicaliën worden gebruikt.

Benchmark Commissie

Door de Nederlandse regering ingestelde onafhankelijke internationale commissie van deskundigen die beoordeelt of de kerncentrale Borssele tot de 25 procent veiligste westerse kerncentrales behoort.

Consignatiedienst, geconsigneerden

Direct oproepbaar personeel, uitgerust met communicatieapparatuur, op korte afstand van de kerncentrale.

CSA

Complementary Safety margin Assessment, ook bekend als de "stress test" naar aanleiding van het ongeval in Fukushima. Deze beoordeling was vooral gericht op het vaststellen en eventueel vergroten van de marges in het ontwerp tussen verwachte en onverwachte gebeurtenissen.

ERBVC

Externe Reactor Bedrijfs Veiligheids Commissie, een externe groep deskundigen. Deze (internationale) groep van deskundigen houdt toezicht en moet voorkomen dat de interne deskundigen een tunnelvisie ontwikkelen.

Failure Mode & Effect Analysis

Een methode die mogelijke faalwijzen en hun effecten analyseert.

GRS

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit.

IAEA

Het Internationaal Atoom Energie Agentschap van de Verenigde Naties in Wenen.

INES

International Nuclear Event Scale.

IVC

Industriële Veiligheidscommissie.

In-Service Inspectie (ISI) programma

Dit is een programma met voorgeschreven inspecties van drukvoerende componenten die onder de nucleaire regelgeving vallen. Een ISI-programma bestrijkt tien jaar, waarna de resultaten worden gebruikt voor het vaststellen van het volgende 10-jaarsprogramma.

Ioniserende straling

Straling die ontstaat bij veranderingen van atomen, zoals kernsplijting en het 'vervallen' naar een stabielere atoom. Wordt ook wel radioactieve straling genoemd.

Kernsmeltfrequentie

Een maat voor de kans dat de kern ernstig beschadigd raakt. Wordt berekend met probabilistische methoden (PSA).

Kernsplijting

Het proces waarbij een atoomkern uiteenvalt in splijtingsproducten als dat atoom een kerndeeltje, meestal een neutron, opneemt.

Kwartiel

Kwart, vijfentwintig procent van een omschreven hoeveelheid.

Matrix

Geordend systeem van atomen, materiaal.

Mean Time between Failure

Gemiddelde tijd tussen falen, een methode om de betrouwbaarheid van onderdelen te vergelijken.

Mean Time to Repair

De gemiddelde duur van een reparatie, inclusief oproeptijden en aanlevertijden van reserveonderdelen.

Probabilistisch Safety Analysis (PSA)

De probabilistische veiligheidsanalyse gaat er van uit dat zelfs onwaarschijnlijke gebeurtenissen (en combinaties daarvan) kunnen voorkomen. Enkel- of meervoudig falen en menselijke fouten worden in relatie gebracht met hun (realistische) kans op optreden.

Radioactief verval

Radioactief verval is het proces waarbij instabiele atomen veranderen in stabiele(re) atomen onder uitzending van radioactieve straling. Wordt vaak ingekort tot 'verval'.

Radioactieve straling

Zie ioniserende straling.

RBVC

De Reactor Bedrijfsveiligheids Commissie, bestaat uit specialisten en middle-managers uit de eigen organisatie van EPZ. Houdt toezicht op de veiligheid.

Redundant, redundantie

Overvloedig, meervoudig uitgevoerd.

RESA

ReaktorSchnellAbschaltung.

SALTO

Safe Long Term Operation Peer Review team van de IAEA.

SED

Site Emergency Director, leider van de alarmstaf.

(micro)Sievert

Eénheid voor het meten van de stralingsdosis waaraan een mens in een bepaalde periode is blootgesteld.

Splijtingsproduct

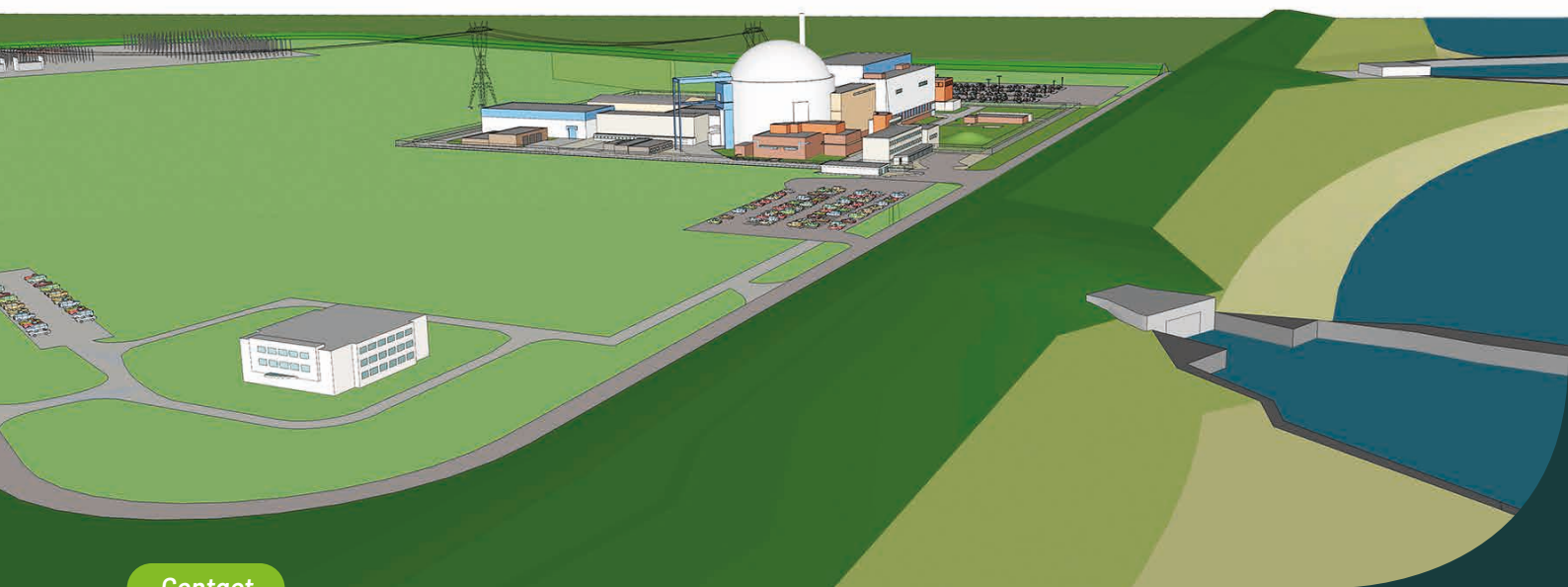
Bij een kernsplijting ontstaan twee 'willekeurige' kleinere atomen. Deze splijtingsproducten zijn instabiel, hetgeen betekent dat deze in de loop der tijd veranderen naar een stabiele versie. Dit zogenaamde radioactief verval gaat in stappen, waarbij bij elke stap radioactieve straling en energie vrijkomt.

State of the Art

De actuele stand der techniek en kennis.

WANO

World Association of Nuclear Operators, internationale vakorganisatie, gericht op kennisuitwisseling en verbetering van (veiligheids)prestaties.



Contact

N.V. EPZ
Zeedijk 32, 4454 PM Borssele
T 0113 356 000
info@epz.nl