

KERNCENTRALE DOEL RAPPORT WEERSTANDSTESTEN

Bijkomende veiligheidsherziening
van de installaties
31 oktober 2011



Electrabel
GDF SUEZ

0



CONTEXT

- 0.1 Veiligheid van de Belgische kerncentrales** p. 8
- 0.2 Ongeval van Fukushima Daiichi en impact ervan op veiligheidsevaluaties in Europa** p. 9
 - 0.2.1. Positie van de Europese Raad
 - 0.2.2. WENRA- en ENSREG-specificaties voor de weerstandstesten
 - 0.2.3. Specificaties van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle voor de weerstandstesten
 - 0.2.4. Positie van Electrabel
- 0.3 Ontwerpbases en veiligheid** p. 11
 - 0.3.1. Bij het oorspronkelijke ontwerp
 - 0.3.2. Sinds het oorspronkelijke ontwerp –Tienjaarlijkse herzieningen

1



BESCHRIJVING VAN DE SITE DOEL

- 1 Algemene gegevens** p. 20
- 1.1 Hoofdkenmerken van de vestigingsplaats** p. 20
- 1.2 De uitbater** p. 21
- 1.3 Hoofdkenmerken van de installaties** p. 22
 - 1.3.1. Algemeen
 - 1.3.2. Specifiek
 - 1.3.3. Containment
 - 1.3.4. Elektrische voedingen
 - 1.3.5. Koelwatervoorzieningen
- 1.4 PSA-studies** p. 41
- 1.5 Lijst met afkortingen** p. 42

2



AARDBEVING

- 2.1 Het seismisch concept** p. 48
 - 2.1.1. Aardbeving waartegen de nucleaire eenheid bestand is
 - 2.1.2. Veiligheidsvoorzieningen
 - 2.1.3. Eenheid conform met huidige licentie
- 2.2 Evaluatie van de veiligheidsmarges** p. 67
 - 2.2.1. Aardbeving waartegen de centrale bestand is zonder schade aan de splijtstof
 - 2.2.2. Aardbeving met verlies van containment
 - 2.2.3. Aardbeving en overstroming

3



OVERSTROMING

3 Overstroming	p. 90
-----------------------	--------------

3.1 Ontwerpbasis	p. 90
-------------------------	--------------

- 3.1.1. Overstroming waartegen de site bestand is
- 3.1.2. Maatregelen ter bescherming tegen de Design Basis Flood (DBF)
- 3.1.3. Eenheid conform met huidige licentie

3.2 Evaluatie van de veiligheidsmarges	p. 97
---	--------------

- 3.2.1. Maatregelen genomen tijdens de alarmfase overstroming
- 3.2.2. Analyse van de omstandigheden waaronder overstroming van de site zou kunnen optreden
- 3.2.3. Gevolgen van overstroming voor de veiligheidsfuncties
- 3.2.4. Zwakke punten en cliff edge effecten
- 3.2.5. Combinatie van overstroming met ongunstige meteorologische omstandigheden
- 3.2.6. Bestaande maatregelen/voorzieningen om wateroverlast op te vangen
- 3.2.7. Mogelijke maatregelen om de robuustheid van de site te verbeteren

4



METEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN

3 Meteorologische omstandigheden	p. 114
---	---------------

4.1 Hevige regenval	p. 114
----------------------------	---------------

- 4.1.1. Gegevens
- 4.1.2. Ontwerpbasis
- 4.1.3. Analyse
- 4.1.4. Conclusie

4.2 Hevige wind	p. 116
------------------------	---------------

- 4.2.1. Gegevens windsnelheden
- 4.2.2. Referentiewind
- 4.2.3. Analyse
- 4.2.4. Windgolven
- 4.2.5. Conclusie

4.3 Tornado	p. 117
--------------------	---------------

- 4.3.1. Karakterisatie van tornado's
- 4.3.2. Tornado's in België
- 4.3.3. Ontwerpbasis
- 4.3.4. Analyse
- 4.3.5. Mogelijke gevolgen
- 4.3.6. Conclusie

4.4 Bliksem	p. 121
--------------------	---------------

- 4.4.1. Gegevens
- 4.4.2. Ontwerpbasis
- 4.4.3. Analyse
- 4.4.4. Conclusie

4.5 Sneeuw	p. 122
-------------------	---------------

- 4.5.1. Gegevens
- 4.5.2. Ontwerpbasis
- 4.5.3. Analyse
- 4.5.4. Conclusie

4

4.6 Hagel

p. 124

4.7 Extreme temperaturen en andere meteocondities

p. 125

- 4.7.1. Extreme temperaturen
- 4.7.2. Tropische cycloon, tyfoon, orkaan
- 4.7.3. Storm van zand of stof
- 4.7.4. Waterhoos

5

VERLIES VAN ELEKTRISCHE STROOMVOORZIENING EN VERLIES VAN ULTIEME KOUDEBRON

5.1 Voor de kerncentrales

p. 128

- 5.1.1. Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP)
- 5.1.2. Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van 1^{ste} niveau on-site back-up stroomvoorziening
- 5.1.3. Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van alle on-site back-up stroomvoorzieningen (Volledige Station Black-out)
- 5.1.4. Verlies van de primaire ultieme koudebron (LUHS)
- 5.1.5. Verlies van de primaire ultieme koudebron en de alternatieve koudebron
- 5.1.6. Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met verlies van externe stroomvoorziening en verlies van 1^{ste} niveau on-site back-up stroomvoorziening
- 5.1.7. Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met een volledige Station Black-out
- 5.1.8. Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met verlies van externe stroomvoorziening en Ontwerpbasis Aardbeving

5.2 Voor de gebruikte splijtstof in het splijtstofcontainergebouw

p. 170

6

SEVERE ACCIDENT MANAGEMENT

6 Severe accident management

p. 174

6.1 Organisatie om een ongeval en zijn gevolgen te beheren

p. 174

- 6.1.1. Geplande organisatie
- 6.1.2. Mogelijke storingen met betrekking tot maatregelen ter bestrijding van accidenten en hiermee geassocieerd management

6.2 Kernreactoren

p. 191

- 6.2.1. Verlies van kernkoeling
- 6.2.2. Maatregelen en ontwerpkenmerken ter vrijwaring van het containment nadat kernschade is opgetreden
- 6.2.3. Curatieve maatregelen bij verlies van integriteit containment
- 6.2.4. Herstel stabiele toestand

6.3 Opslag gebruikte splijtstof

p. 211

- 6.3.1. Maatregelen om de gevolgen van verlies van koeling van de splijtstofdokken te beheersen
- 6.3.2. Specifieke punten

7



DOEL – SAMENVATTING EN ACTIEPLAN

7	Inleiding	p. 220
7.1	Benadering van Electrabel	p. 221
	7.1.1. Organisatie en methodologie	
	7.1.2. Eerste verbeteringen van de installaties	
7.2	Resultaten en evaluaties	p. 222
	7.2.1. Aardbevingen	
	7.2.2. Overstroming en extreme natuurfenomenen	
	7.2.3. Verlies van de elektrische voeding en de koelbronnen	
	7.2.4. Crisisorganisatie en beheer van zware ongevallen	
7.3	Planning van de acties	p. 225

0

CONTEXT



0.1 Veiligheid van de Belgische kerncentrales p. 8

0.2 Ongeval van Fukushima Daiichi en impact ervan op veiligheidsevaluaties in Europa p. 9

0.2.1. Positie van de Europese Raad

0.2.2. WENRA- en ENSREG-specificaties voor de weerstandstesten

0.2.3. Specificaties van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle voor de weerstandstesten

0.2.4. Positie van Electrabel

0.3 Ontwerpbases en veiligheid p. 11

0.3.1. Bij het oorspronkelijke ontwerp

0.3.1.1. Eenheden 1 en 2 van Doel en eenheid 1 van Tihange

0.3.1.1.1. Meerdere barrières

0.3.1.1.2. Veiligheidsvoorzieningen

0.3.1.1.3. 'Defense in depth'

0.3.1.1.4. Dubbel containment

0.3.1.1.5. Redundantie

0.3.1.1.6. Ontwerpongevallen

0.3.1.2. Eenheden 3 en 4 van Doel en eenheden 2 en 3 van Tihange

0.3.2. Sinds het oorspronkelijke ontwerp – Tienjaarlijkse herzieningen

0.1

Veiligheid van de Belgische kerncentrales



In België werden zeven kernreactoren van het PWR-type (Pressurized Water Reactor) gebouwd. Sinds hun industriële inbedrijfstelling – de eerste in februari 1975 – worden al deze eenheden uitgebaut door Electrabel.

Het oorspronkelijke ontwerp van deze installaties was gebaseerd op de veiligheidsnormen van de 'United States Nuclear Regulatory Commission' (USNRC), die toen als de meest coherente en geschikte normen voor dit reactortype werden beschouwd.

In dit kader was (en is) het 'defense in depth'-concept (nog steeds) een van de essentiële elementen van de veiligheidsfilosofie. Dit concept, dat hierna meer in detail wordt beschreven, is een benadering van het ontwerp en de uitbating van nucleaire installaties met als doel het voorkomen van ongevallen die tot een lozing van radioactieve stoffen kunnen leiden of het beperken van de gevolgen van dergelijke ongevallen.

Conform het 'defense in depth'-concept streeft Electrabel op het gebied van de uitbating van de kerncentrales een dubbel doel op lange termijn na:

- eerst en vooral ongevallen voorkomen (preventiebeleid);
- vervolgens, in de veronderstelling dat de preventieve maatregelen niet zouden volstaan en de insluiting van de radioactieve stoffen niet langer gegarandeerd is, de lozing van deze stoffen in de omgeving beperken.

Sinds het begin van het ontwerp en de uitbating van zijn eenheden heeft Electrabel zich dan ook ingespannen om uitstekende resultaten op het gebied van de uitbating te bereiken, met bijzondere prioriteit aan de nucleaire veiligheid. Om dit objectief te bereiken, heeft Electrabel doelstellingen en actielijnen bepaald en geïntegreerd in het beheer van de centrales in het algemeen voor alle processen die een impact op het veiligheidsniveau hebben. Overigens wordt er al te vaak uit het oog verloren dat dit niveau niet alleen afhangt van het ontwerp van de installaties en systemen. De organisatie, de uitbatingsprocedures, de veiligheidscultuur en het menselijk gedrag spelen ook een cruciale rol in dit opzicht.

Gaandeweg heeft Electrabel al deze elementen verbeterd, rekening houdend met de feedback die van essentieel belang is op dit gebied. Naast deze permanente verbeteringen voert Electrabel om de tien jaar periodieke veiligheidsherzieningen uit conform de regels en richtlijnen van het Internationaal Agentschap voor Atoomenergie (IAEA) en de Belgische autoriteiten. Het is interessant hier te benadrukken dat België een van de baanbrekers was in de uitvoering van periodieke veiligheidsherzieningen voor zijn centrales.

Ongeval van Fukushima Daiichi en impact ervan op veiligheidsevaluaties in Europa



Het onderzoek naar de gevolgen van het ongeval in de kerncentrale van Fukushima Daiichi, na de aardbeving in Japan op 11 maart 2011, kan nog niet als volledig afgerond worden beschouwd. Bovendien werden alle oorzaken nog niet in detail bestudeerd. Uit dit ongeval werden dus nog niet alle lessen getrokken.

Er kan echter worden vastgesteld dat dit ongeval, zoals de zware ongevallen die eraan voorafgingen (Three Mile Island in 1979 en Tsjernobyl in 1986), zal worden opgenomen in de feedback om er zeker van te zijn dat de te trekken lessen worden bepaald en dat de nodige maatregelen worden getroffen om de nucleaire veiligheid van de in uitbating zijnde centrales nog meer te verhogen.

0.2.1. Positie van de Europese Raad

Naar aanleiding van het ongeval van Fukushima nam de Europese Raad van Staatshoofden en Regeringsleiders tijdens zijn vergadering van 24 en 25 maart 2011 het volgende besluit:



De Europese Raad benadrukt dat volledige lering moet worden getrokken uit het ongeval in Japan en dat alle nodige informatie moet worden verstrekt aan het publiek. De Europese Raad, die in herinnering bracht dat de energiemix een bevoegdheid van de lidstaten is, wil dat allereerst de volgende actie wordt ondernomen:

aan de hand van een volledige en transparante risico- en veiligheidsevaluatie ("stresstest") dient de veiligheid van alle kerncentrales in de EU te worden onderzocht; de Groep Europese regelgevers op het gebied van nucleaire veiligheid (ENSREG) en de Commissie wordt verzocht zo spoedig mogelijk in een gecoördineerd kader het bereik en de nadere details van deze stresstests vast te stellen in het licht van de uit het ongeluk in Japan getrokken lering en met de volledige betrokkenheid van de lidstaten, en daarbij ten volle gebruik te maken van de beschikbare deskundigheid (met name die van de Vereniging van West-Europese regelgevers op nucleair gebied); de evaluaties zullen worden uitgevoerd door onafhankelijke nationale instanties en door middel van collegiale toetsing; de resultaten ervan en alle in aansluiting daarop te nemen maatregelen dienen met de Commissie en met de ENSREG te worden gedeeld en moeten openbaar worden gemaakt; de Europese Raad zal de eerste bevindingen voor eind 2011 bezien aan de hand van een verslag van de Commissie...



0.2.2. WENRA- en ENSREG-specificaties voor de weerstandstesten

Tijdens de plenaire vergadering van 22 en 23 maart 2011 besloten de WENRA-leden een technische definitie van de weerstandstesten vast te leggen en te formuleren hoe deze op de Europese kerncentrales zouden moeten worden toegepast. Dit besluit leidde tot het opstellen van de 'Stress Tests Specifications' door een WENRA-taskforce. Van deze specificaties verschenen er meerdere versies. Electrabel heeft de versie van 21 april 2011 gebruikt als uitgangspunt voor de uitvoering van de weerstandstesten in afwachting van de definitieve specificaties.

In dit document worden de weerstandstesten gedefinieerd als een gerichte herevaluatie van de veiligheids-marges van de kerncentrales naar aanleiding van de gebeurtenissen in Fukushima, dit wil zeggen alle extreme natuurverschijnselen die de veiligheidsfuncties van de centrales in gevaar brengen en een zwaar ongeval veroorzaken.

De WENRA-documenten werden gebruikt als basis voor de specificaties gepubliceerd door ENSREG op 13 mei 2011. Deze laatste werden bekrachtigd door Europees Commissaris Oettinger op 24 mei 2011 en worden in Europa gebruikt als referentie voor de uitvoering van de stresstesten die op het hoogste Europese politieke niveau worden gevraagd..

0.2.3. Specificaties van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle voor de weerstandstesten

Op 4 juli 2011 publiceerde het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC, hierna het Agentschap) de definitieve versie van de specificaties voor de weerstandstesten die van toepassing zijn op de Belgische kernreactoren. Dit document werd door het Belgisch Parlement bevestigd en wordt door het Agentschap beschouwd als een aanvullend onderzoek dat aansluit bij de bovenvermelde periodieke veiligheidsherzieningen.

Het document van het Agentschap is gebaseerd op de ENSREG-specificaties, maar bevat ten opzichte van deze specificaties ook de verplichting om rekening te houden met bijkomende initiërende gebeurtenissen, met name terroristische aanslagen (vliegtuigcrashes) en andere gebeurtenissen veroorzaakt door mensen (wolken van giftige en explosieve gassen, cyberaanvallen).

0.2.4. Positie van Electrabel

Als houder van de uitbatingsvergunning is Electrabel verantwoordelijk voor de veiligheid van zijn nucleaire installaties. Bijgevolg moet de onderneming zich ervan vergewissen dat haar centrales worden geherevalueerd naar aanleiding van de gebeurtenissen in Fukushima.

De naleving van de eisen van het Agentschap, zoals geformuleerd in het document waarnaar er in § 0.2.3. wordt verwezen, is een belangrijke stap in dit opzicht.

Ontwerpbases en veiligheid

0.3.1. Bij het oorspronkelijke ontwerp

Industriële installaties kunnen niet worden gebouwd zonder dat er eerst ontwerpstudies worden uitgevoerd. Deze studies kunnen meerdere jaren duren. Deze vaststelling geldt in het bijzonder voor nucleaire eenheden, waarvan de ontwerpstudies vanaf het begin heel grondige veiligheidsanalyses omvatten. De veiligheidsstudies waarnaar er hier wordt verwezen, werden voor het Belgische nucleaire park uitgevoerd tussen de tweede helft van de jaren zestig en het begin van de jaren tachtig.

Alle kernreactoren werden dus ontworpen rekening houdend met tal van incidenten. De corrigerende voorzieningen waarmee ze werden uitgerust, zorgen ervoor dat deze incidenten de normale werking niet ernstig kunnen verstoren. De kernreactoren zijn ook bestand tegen diverse min of meer grote ongevallen die zelf door 'initiërende gebeurtenissen' worden veroorzaakt. In deze context is een initiërende gebeurtenis een onverwachte, plotse gebeurtenis die buiten de menselijke wil plaatsvindt. Ze kunnen van interne oorsprong (bijvoorbeeld een leidingbreuk) of externe oorsprong (bijvoorbeeld de ontploffing van een afdrijvende gasbel op de site) zijn. Het kan ook gaan om een natuurverschijnsel (bijvoorbeeld aardbevingen) of een gebeurtenis veroorzaakt door mensen (bijvoorbeeld vliegtuigcrashes). Als de initiërende gebeurtenis en het eruit voortvloeiende ongeval zich voordoen, kunnen de reactoren ofwel verder normaal worden uitgebaat, ofwel veilig worden stilgelegd zonder schadelijke gevolgen voor de mens of de omgeving, of alleszins met een beperking van de gevolgen. Deze ongevallen maken deel uit van de 'ontwerpbases' van de installaties. Deze maken het mogelijk het weerstandsvermogen van de installatie te testen, dit wil zeggen of ze bestand is tegen onverwachte accidentele gebeurtenissen. Gaandeweg kunnen ze evolueren omdat er rekening wordt gehouden met nieuwe ongevallen of omdat de kenmerken van de ongevallen waarmee er oorspronkelijk rekening werd gehouden, worden herzien op basis van nieuwe informatie of feedback van de andere reactoren in uitbating.

0.3.1.1. Eenheden 1 en 2 van Doel en eenheid 1 van Tihange

De goedkeurings- en controleprocedures betreffende de veiligheid van de eerste Belgische nucleaire eenheden werden gespecificeerd in het koninklijk besluit van 28 februari 1963 – in toepassing van de wet van 29 maart 1958 betreffende de bescherming van de bevolking tegen de uit ioniserende stralingen voortspruitende gevaren – houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking en de werknemers tegen het gevaar van de ioniserende stralingen en de latere wijzigingen ervan.

Dit besluit was de juridische basis voor het systeem van verplichte aangifte en vergunning voor de kerncentrales. Op technisch vlak bevat dit besluit enkel bepalingen inzake stralingsbescherming. De andere technische disciplines die betrokken zijn bij de nucleaire veiligheid, worden in het besluit uitsluitend administratief behandeld (rol van de bevoegde autoriteit, procedure voor vergunning, controle en toezicht enz.). Overigens bestond er in België geen enkele specifiek nucleaire regel, naast het Algemeen Reglement voor de Arbeidsbescherming (ARAB). Daarom werd er besloten deels te verwijzen naar bestaande buitenlandse, vooral Amerikaanse, reglementen voor kerncentrales. Alle Belgische eenheden uit die periode werden dus ontworpen volgens de Amerikaanse regels (WESTINGHOUSE of FRAMATOME, dat toen met een WESTINGHOUSE-licentie werkte).

De bestellingen van de uitrustingen van deze eerste eenheden (in december 1968 voor Doel 1 en 2 en in juli 1969 voor Tihange 1) voorzagen dus in de conformiteit van de installaties en uitrustingen met de Amerikaanse veiligheidsregels, die toen al de hoofdprincipes op dit gebied bepaalden. Deze zijn nu nog steeds van toepassing en worden hierna samengevat.

0.3.1.1.1. Meerdere barrières

De strenge veiligheidseisen, die vanaf het begin bij het ontwerp van de eenheden werden toegepast, zijn bedoeld om een optimale bescherming van de personen en goederen tegen 'nucleaire risico's' te garanderen. Deze bescherming wordt vooral geboden door opeenvolgende 'barrières' geplaatst tussen de radioactieve stoffen die tijdens de werking van de installaties worden geproduceerd (de 'splijtingsproducten') en de omgeving. Het is gebruikelijk om in de PWR-reactoren de volgende drie barrières te onderscheiden:

- de splijtstofhulzen, waarin de cilindrische splijtstoftabletten worden gestapeld;
- de uitrustingen (leidingen, pompen, afsluiters enz.) van de koelkring van de reactor, met name de kuip waarin de splijtstofelementen zich bevinden;
- het containment, waarin de koelkring van de reactor zich bevindt.

0.3.1.1.2. Veiligheidsvoorzieningen

Het bestaan van de hierboven beschreven barrières is belangrijk, maar op zich niet voldoende om de veiligheidsdoelstellingen te halen. Daarnaast moeten ook de bescherming van deze barrières en het behoud van hun fysieke integriteit zowel bij normale werking als bij een ongeval worden gegarandeerd. Daarom hebben de studiebureaus en de uitbaters van de reactoren een 'veiligheidsfilosofie' ingevoerd die geïntegreerd is in het ontwerp en de uitbating van de systemen en onderdelen van de reactor en zijn hulpvoorzieningen, en in de vervaardiging en montage van de uitrustingen. Deze filosofie maakt gebruik van verschillende beveiligingsniveaus van de barrières, bestaande uit redundante voorzieningen die het mogelijk maken de drie basisveiligheidsfuncties te garanderen, met name de controle van de reactiviteit van de reactor, de koeling van de splijtstof (om de integriteit te garanderen) en de insluiting van de radioactieve stoffen.

0.3.1.1.3. 'Defense in depth'

'Defense in depth' is een van de essentiële concepten van de veiligheidsfilosofie. Het doel van deze benadering is dubbel: enerzijds en vooral ongevallen voorkomen, en anderzijds als dit mislukt en er zich dus een ongeval voordoet, de mogelijke gevolgen van het ongeval beperken en vermijden dat het evolueert naar een ernstige situatie met onaanvaardbare gevolgen. De 'defense in depth' gebeurt op vijf niveaus zodat elk niveau zijn functie vervult bij falen van de vorige niveaus:

- Het doel van het eerste niveau is abnormale uitbatingsvoorwaarden en de faling van de systemen en onderdelen te voorkomen (geschiktheid van het ontwerp).
- Bij faling van het eerste niveau moet het tweede niveau de abnormale voorwaarden en de faling opmerken en de uitbreiding ervan voorkomen (aanwezigheid van toezichts- en controlesystemen).
- Het derde niveau bestaat in de activering van mechanische en/of elektrische veiligheidssystemen die de weerstand garanderen bij faling van de 'normale' controlevoorzieningen van het tweede niveau (aanwezigheid van actieve of passieve veiligheidssystemen).
- Het vierde niveau controleert en beperkt de evolutie van het ongeval om de lozing van radioactieve stoffen buiten de installaties te voorkomen of te beperken (beheer van het ongeval aan de hand van een intern noodplan).
- Het vijfde niveau bestaat in de beperking van de gevolgen voor de gezondheid van de lozing van radioactieve stoffen in de omgeving (extern noodplan).

Het algemene doel van de 'defense in depth' is te garanderen dat een enkelvoudige (materiële of menselijke) fout op een van de niveaus of een combinatie van fouten op meerdere niveaus de volgende niveaus niet in gevaar brengt. De onafhankelijkheid van de verschillende niveaus is van essentieel belang om dit doel te bereiken.

0.3.1.1.4. Dubbel containment

Zodra de sites van Doel en Tihange waren geselecteerd, werd er – rekening houdend met de bevolkingsdichtheid in België – vanaf het begin van de studies van de eerste eenheden besloten de centrales te voorzien van dubbele containments, gescheiden door een tussenruimte in onderdruk, voor het reactorgebouw. Dit was ook het geval voor de latere eenheden. Het doel van het dubbele containment is de uitstoot van gasvormige radioactieve stoffen die bij een ongeval in het binnenste containment zouden terechtkomen, te kunnen filteren en naar een schouw op de juiste hoogte voor de topografie van de omgeving te kunnen leiden.

0.3.1.1.5. Redundantie

Bij het ontwerp van de beveiligings- en veiligheidssystemen moet er rekening worden gehouden met een enkelvoudige fout van een veiligheidsuitrusting en moeten de systemen operationeel en doeltreffend blijven. Hieruit vloeit het principe van redundantie voort. Om aan dit criterium te voldoen, moeten alle veiligheidsuitrustingen minstens worden verdubbeld. Volgens de configuratie die bij het ontwerp van de eenheden werd gebruikt, kunnen de beveiligings- en veiligheidssystemen uit drie onafhankelijke gescheiden gehelen (zogenoemde treinen) (D34) bestaan of twee gekoppelde gehelen (D12). Het principe van redundantie betekent immers dat de uitrustingen die een veiligheidsfunctie kunnen vervullen, moeten worden verdubbeld of verdrievoudigd als ze onafhankelijk van elkaar moeten werken. Deze redundantie, die voor een bepaalde uitrusting moet worden gegarandeerd, moet ook worden toegepast op alle voorzieningen die deze uitrusting doen werken, de voeding van deze uitrusting, alle bijbehorende afsluiters, leidingen enz.

0.3.1.1.6. Ontwerpongevallen

Omdat er rekening werd gehouden met de Amerikaanse regels, werden er in de veiligheidsrapporten van de eenheden ongevallen geanalyseerd die zich in de installaties konden voordoen en werd er in deze rapporten gecontroleerd of de eenheden bestand waren tegen deze ongevallen dankzij de veiligheidssystemen, waarvan het ontwerp voortvloeit uit de toepassing van de veiligheidsregels. Er werd nagegaan of deze systemen het mogelijk maakten de reactor veilig stil te leggen en elke onaanvaardbare lozing van radioactiviteit in de omgeving te vermijden.

Voor de eenheden waarnaar er hier wordt verwezen, worden enkele voorbeelden van deze ontwerp-ongevallen hierna gegeven.

a) Ongevallen van interne oorsprong

- Ontijdig uitlopen van de regelstaven van de reactor bij de start
- Ontijdig uitlopen van de regelstaven van de reactor op vermogen
- Ontijdige inbrenging van koud water in de reactorkern
- Inbrenging van reactiviteit als gevolg van een daling van de temperatuur van het koelwater aan de secundaire zijde van de stoomgeneratoren
- Faling van de kring voor chemische en volumetrische controle
- Accidentele lozing van boor
- Val van regelbundels, bundelgroepen of foute uitlijning van bundels
- Accidentele verplaatsing van de kern
- Verlies van het primaire debiet
- Verlies van de elektrische voeding
- Incidenten op de secundaire kring
- Ontijdige opening van een veiligheidsklep van het drukregelvat
- Overgangen zonder noodstop van de reactor
- Ongeval bij de splijtstofbehandeling
- Accidentele lozing van vloeibare radioactieve effluenten
- Accidentele uitstoot van gasvormige radioactieve effluenten
- Lekken in een stoomgenerator
- Breuk in een stoomgeneratorpijp
- Breuk in een stoomleiding
- Uitstoting van een regelbundel
- Blokkering van een primaire pomp
- Verlies van het primaire koelmiddel

b) Ongevallen van natuurlijke oorsprong

- Aardbevingen
- Overstromingen

0.3.1.2. Eenheden 3 en 4 van Doel en eenheden 2 en 3 van Tihange

Voor de Belgische nucleaire eenheden van de tweede generatie werd er in 1975 besloten de Amerikaanse veiligheidsregels voor het ontwerp te blijven gebruiken. Dit was enerzijds gerechtvaardigd omdat de vier nieuwe centrales ook met Amerikaanse technologie (ontwikkeld door WESTINGHOUSE) werden uitgerust, en anderzijds omdat deze regels sinds 1968 aanzienlijk werden versterkt en in die periode veel verder ontwikkeld waren dan de regels van alle andere landen of internationale instellingen.

Sinds de periode van het ontwerp van de drie eerste eenheden (in 1974 werd er een grootscheepse campagne van de USNRC¹ gelanceerd om nieuwe veiligheidsregels vast te leggen) werden de regels uitgebreid. Op 6 juni 1978 sloten de USNRC en de Belgische regering een overeenkomst betreffende de uitwisseling van informatie over de reglementering en onderzoeken naar de veiligheid, en betreffende de samenwerking in het kader van de bepaling van de regels. Beide partijen kwamen regelmatig samen. Dankzij deze bepalingen konden de betrokken Belgische actoren verduidelijken hoe de Amerikaanse regels moesten worden geïnterpreteerd.

Uit het voorgaande vloeit voort dat alle basisprincipes die in § 0.3.1.1. werden uiteengezet, ook van toepassing zijn op deze reactoren. De principes van redundantie en fysieke scheiding werden hier strikt toegepast.

In april 1975 verduidelijkten de Belgische autoriteiten dat er in het ontwerp van de eenheden rekening moest worden gehouden met meerdere ongevallen, ongeacht de Amerikaanse regels. Het ging om de volgende ongevallen van interne of externe oorsprong:

- vliegtuigcrashes;
- grote brand;
- ontploffingen, ook gasontploffingen;
- kwaadwillige daden;
- ongevallen waardoor de controlezaal ontoegankelijk wordt.

Deze bijzondere eis van de Belgische autoriteiten had een grote impact op het ontwerp van de veiligheid van de eenheden in kwestie. Door deze eis kwam er naast het dubbele containment en de installatie van de 'gebruikelijke' veiligheidssystemen (die als systemen van het eerste veiligheidsniveau kunnen worden gekwalificeerd) een tweede 'gebunkerd' beveiligingsniveau.

Het doel van dit tweede niveau is alle grote bronnen van radioactiviteit in de centrale (de reactor, de desactiveringsbekkens en de splijtstofopslagbekkens) te beschermen tegen ongevallen van externe oorsprong, zoals vliegtuigcrashes en grote ontploffingen. Deze bescherming wordt geboden door dikke wanden van gewapend beton. Voor de reactor heeft dit betrekking op het buitenste containment, dat 1,2/1,3 m dik is voor de laatste 4 reactoren. Deze structuren zijn bestand tegen aardbevingen.

Daarnaast zorgt een tweede controlesysteem, dat ook wordt beschermd en volledig onafhankelijk is van de normale controlesystemen, voor de automatische stillegging en controle van de centrale tijdens de eerste uren na een ongeval dat leidt tot een volledige of totale vernieling van de normale controlevoorzieningen van de centrale, zoals het elektrisch gebouw en de controlezaal. Door de redundantie die het tweede beveiligingsniveau garandeert en de ligging ervan in versterkte gebouwen waartoe de toegang strikt beperkt is, biedt dit niveau bovendien een goede beveiliging tegen kwaadwillige daden die de centrale zouden kunnen beschadigen.

Het eerste beveiligingsniveau wordt bediend vanuit de hoofdcontrolezaal van de eenheid en het tweede niveau vanaf andere bedieningsborden gelegen in een gebunkerd gebouw dat bestand is tegen externe aanvallen.

1. Toen nog de 'United States Atomic Energy Commission' (USAEC)

Het tweede beveiligingsniveau is trouwens volledig onafhankelijk van het eerste, in het bijzonder betreffende de elektrische voeding en de watervoorziening ervan.

0.3.2. Sinds het oorspronkelijke ontwerp – Tienjaarlijkse herzieningen

Het Koninklijk Besluit van 25 januari 1974 dat de vergunning verleent voor eenheden 1 en 2 van de centrale van Doel, is geamendeerd geweest door het Koninklijk Besluit van 8 februari 2010 (8658/AM-4-P). Men kan er het volgende lezen:

« Tenminste om de tien jaar gaat de exploitant over tot een herziening van de veiligheid van alle installaties. Deze herziening wordt uitgevoerd volgens de richtlijnen van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle.

Een dergelijke herziening wordt eveneens uitgevoerd op vraag van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle.

Over elke herziening wordt een verslag opgesteld waarin een globale evaluatie van de veiligheid van de installaties wordt gemaakt en eveneens de te nemen maatregelen en hun planning beschreven worden. Dit verslag wordt overgemaakt aan Bel V en het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle.

De Wetenschappelijke Raad brengt een advies uit over de resultaten en de conclusies van deze herzieningen. »

In de vergunningen van alle Belgische nucleaire eenheden staat een vergelijkbare bepaling.

Elke tienjaarlijkse herziening geeft dus aanleiding tot een herziening van de veiligheid en de uitvoering van de nodige verbeteringsacties.

In dat verband moet er toelichting worden gegeven bij het bijzondere geval van de eerste tienjaarlijkse herziening van eenheden 1 en 2 van Doel en eenheid 1 van Tihange. Bij deze herzieningen (in 1985/1986) werd er voor analysedoeleinden een lijst opgesteld van de punten die verband hielden met de veiligheid van de installaties. Deze lijst hield rekening met:

- de ervaringen die zich hadden voorgedaan in de eerste tien jaar van de uitbating van de eenheden;
- de veiligheidsprincipes die werden besproken of opgelegd bij het ontwerp van de laatste 4 eenheden;
- de feedback van buitenlandse centrales, met name de Franse centrales (ook ontworpen volgens de Amerikaanse regels);
- de belangrijke veiligheidsthema's die werden beklemtoond in de technische analyses van de PWR-centrales in uitbating.

Deze punten lagen aan de basis van een herevaluatie van de veiligheid van de drie eerste eenheden, een gelijkstelling op hetzelfde veiligheidsniveau als de internationale normen en een aanpassing van hun systemen en onderdelen aan de laatste vier eenheden.

Voor de laatste eenheden werd er trouwens op verzoek van de Belgische autoriteiten vanaf het ontwerp rekening gehouden met de specifieke ongevallen (zie § 0.3.1.2). Dit leidde tot de invoering van een tweede beveiligingsniveau. Bij de eerste tienjaarlijkse herziening van de drie eerste eenheden werden er specifieke veiligheidsvoorzieningen geïnstalleerd om de ontwerpverschillen met die van de volgende eenheden te beperken.

Zo werd in eenheid 1 van de centrale van Tihange een 'système d'ultime repli' (SUR) of noodstelsel geïnstalleerd. Dankzij dit systeem is de eenheid bestand tegen bepaalde ongevallen waarmee er oorspronkelijk geen rekening werd gehouden. Het systeem bestaat onder andere uit elektrische installaties en een volledig onafhankelijke instrumentatie, een onafhankelijk persluchtsysteem, een bijkomende pomp voor de injectie van water naar de dichtingen van de primaire pompen en een noodbedieningsbord. Oorspronkelijk was het SUR niet berekend op aardbevingen, hoewel veel onderdelen er wel al op berekend waren. Intussen werden de resterende verschillen weggewerkt en is het SUR bestand tegen 'Safe Shutdown Earthquakes' (SSE's). Zie verder in de tekst.

In eenheden 1 en 2 van Doel werd er (bij de eerste tienjaarlijkse herziening) een proces ingevoerd voor een gelijkschakeling met het niveau van eenheid 1 van Tihange om rekening te houden met de veiligheidseisen van de Belgische autoriteiten voor de nieuwere eenheden. Zo werden er veiligheidssystemen van het tweede niveau toegevoegd om aan deze eisen te voldoen. Deze systemen werden gegroepeerd in een « Gebouw voor de Noodsystemen » (GNS). Ze zijn berekend op aardbevingen en zijn volledig onafhankelijk van de systemen van het eerste niveau. Ze vervullen dezelfde functies als de overeenkomstige systemen van eenheid 1 van Tihange.

1

BESCHRIJVING VAN DE SITE DOEL



1	Algemene gegevens	p. 20
1.1	Hoofdkenmerken van de vestigingsplaats	p. 20
1.2	De uitbater	p. 21
1.3	Hoofdkenmerken van de installaties	p. 22
	1.3.1. Algemeen	
	1.3.2. Specifiek	
	1.3.2.1 Reactoreenheden	
	1.3.2.2 Spleijststofopslag	
	1.3.3. Containment	
	1.3.4. Elektrische voedingen	
	1.3.4.1. Algemeen	
	1.3.4.2. Doel 1&2	
	1.3.4.3. Doel 3&4	
	1.3.5. Koelwatervoorzieningen	
	1.3.5.1. Doel 1&2	
	1.3.5.2. Doel 3&4	
1.4	PSA-studies	p. 31
1.5	Lijst met afkortingen	p. 32

1

Algemene gegevens

1.1

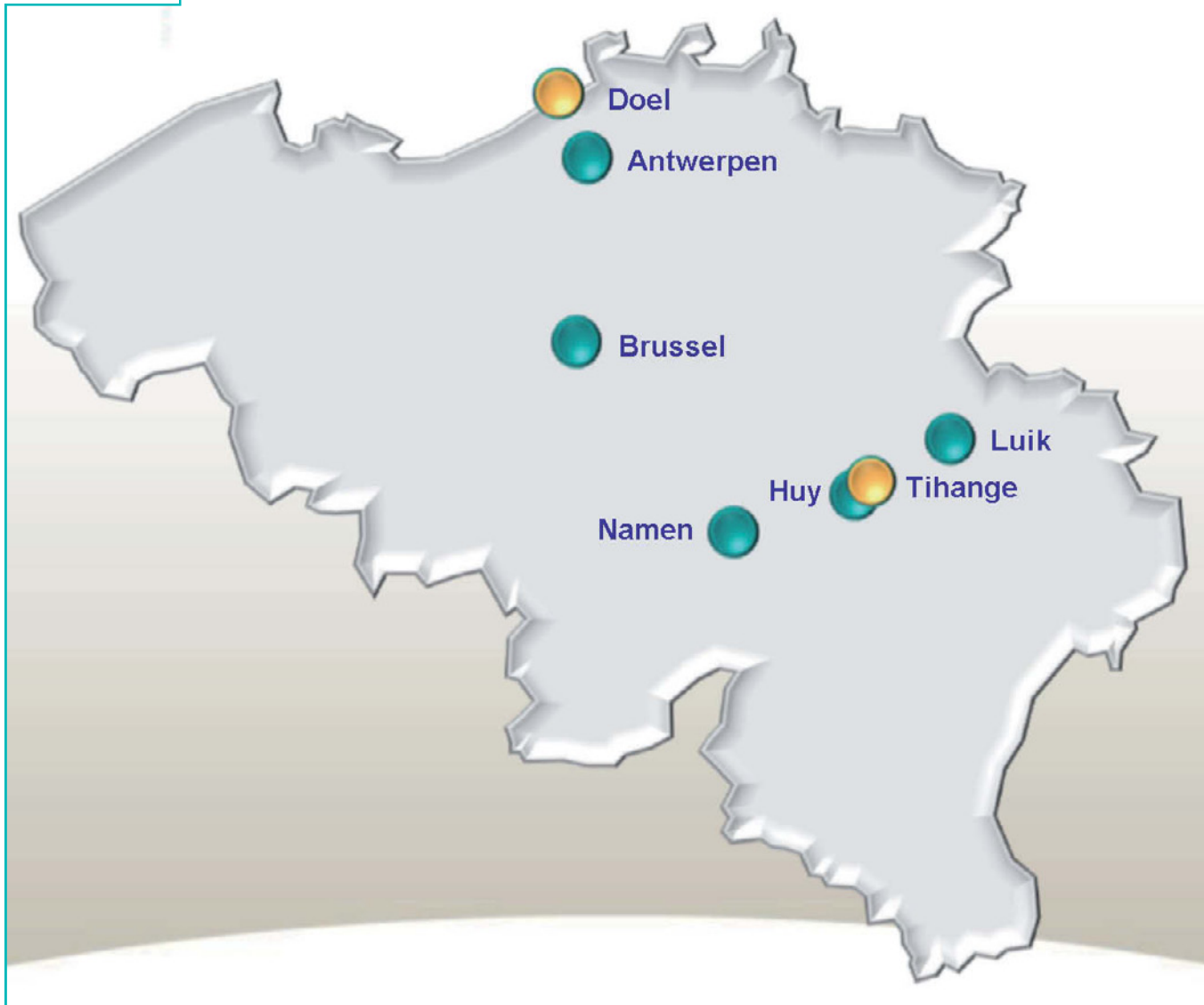
Hoofdkenmerken van de vestigingsplaats

De kerncentrale Doel (Doel NPP) is gelegen in de haven van Antwerpen, aan de linkeroever van de Schelde, op 15 kilometer ten noordwesten van Antwerpen en op 3 kilometer van de grens tussen België en Nederland.

Binnen een straal van 15 km rond de centrale is de streek reliëfvrij: de hoogte schommelt tussen de +5 en +15 m boven de zeespiegel.

De volledige site bevindt zich op een platform dat initieel hydraulisch werd opgehoogd tot +8.86 m TAW (Tweede Algemene Waterpassing). De dijken langs de site werden initieel verhoogd tot +12,08 m TAW, tegenover een hoogte van +11,00 m TAW van de Scheludedijken in de omgeving.

Figuur 1 ↘



1.2

De uitbater

De kerncentrale Doel (Doel NPP) wordt uitgbaat door Electrabel, dat op zijn beurt behoort tot de groep GDF SUEZ.

1.3 Hoofdkenmerken van de installaties

1.3.1. Algemeen

De site bestaat uit de volgende installaties:

- de nucleaire tweelingcentrale Doel 1&2 (A);
- de nucleaire centrale Doel 3 (B);
- de nucleaire centrale Doel 4 (C);
- het splijfstofcontainergebouw voor de droge stockage van splijstofelementen SCG (D).

Figuur 2



Tabel 1 

De hoofdkenmerken van de reactoren en van het splijtstofcontainergebouw (SCG) worden in onderstaande tabel weergegeven.

	Type	Thermisch vermogen (MWth)	Eerste kritikaliteit	Reactorgebouw	Stoom-generator vervanging	Opslag van bestraalde splijtstof	Ontwerper
Doel 1	PWR (2 lussen)	1312	1974	Dubbel omhulsel (staal en beton)	2009	664 posities	Westinghouse
Doel 2	PWR (2 lussen)	1312	1975	Dubbel omhulsel (staal en beton)	2004		Westinghouse
Doel 3	PWR (3 lussen)	3064	1982	Dubbel omhulsel (beton met liner en beton)	1993	672 posities	Framatome
Doel 4	PWR (3 lussen)	3000	1985	Dubbel omhulsel (beton met liner en beton)	1997	628 posities	Westinghouse
SCG	-	-	-	-	-	165 containers	Tractebel Engineering

Alle eenheden beschikken over twee gescheiden niveaus van beveiligingssystemen, respectievelijk de veiligheidssystemen (1ste niveau) en de noodsystemen (2^{de} niveau). De 1ste niveau-systemen worden bestuurd vanuit de hoofdcontrolezaal, de 2^{de} niveau-systemen vanuit een aparte controlezaal. Belangrijk om te vermelden is dat het 2^{de} niveau geheel onafhankelijk is van het 1ste niveau. Dit geldt in het bijzonder voor de elektrische dieselveedingen, controlezaal, watervoorraden, instrumentatie, perslucht, injectie naar de dichtingen van de primaire pompen,voeding van de stoomgeneratoren, koeling van de shutdownkring,...

Voor wat betreft de geprogrammeerde revisies (stop van de nucleaire centrales voor herlading, dus met geopende reactorkuip),baseert Electrabel zich op de volgende basiscriteria:

1. Geen gelijktijdige revisies van twee eenheden op dezelfde site ;
2. Een interval van twee weken tussen het einde van de revisie van een eenheid en het begin van de revisie van de volgende eenheid ;
3. Voor zover als mogelijk, geen simultane revisies van 1000 MW eenheden van het productiepark (dit wil zeggen een revisie in Doel en een revisie in Tihange).

Deze criteria zijn gebaseerd op overwegingen op vlak van optimalisatie van de basis productiecapaciteit,de stabiliteit van het net (reserve) en de beschikbaarheid van interne en externe middelen.

Gezien het cyclusbeheer van de eenheden,is criterium 2 alleen beperkend voor Doel (3 eenheden met 12 maandcyclus),terwijlTihange slechts twee revisies heeft per jaar met een interval van 6 maanden.

Dit sluit niet uit dat een tweede eenheid koud gestopt zou kunnen worden gedurende de revisie van een andere eenheid op de site,bijvoorbeeld als gevolg van een technisch incident of gedurende de jaarlijkse gemeenschappelijke stop van de eenheden Doel 1 & 2,maar waarbij de eenheid die niet in revisie is altijd in een situatie verkeert met " stoomgeneratoren beschikbaar.

1.3.2. Specifiek

1.3.2.1. Reactoreenheden

Specifieke kenmerken van het ontwerp

Vanuit het oogpunt van de beschouwde ontwerpgebeurtenissen zijn de kenmerken van de vier eenheden:

- Doel 1&2 heeft twee primaire lussen, Doel 3&4 heeft drie primaire lussen.
- Er zijn een aantal gemeenschappelijke systemen voor de reactoren van Doel 1&2.
- Er is een strikte fysieke scheiding tussen de redundante veiligheidssystemen van Doel 3&4.
- Bij het initieel ontwerp van Doel 3&4 werden onder meer volgende ongevallen of gebeurtenissen (intern of extern) in rekening gebracht:
 - het neerstorten van een vliegtuig,
 - een zware brand,
 - een ontploffing (met inbegrip van een gasontploffing),
 - kwaad opzet, en
 - ongevallen die de hoofdcontrolezaal ontoegankelijk maken of buiten gebruik stellen.

De ongevallen of gebeurtenissen (zie hierboven) werden in beschouwing genomen in het kader van de tienjaarlijkse herziening, en hebben bij Doel 1&2 geleid tot het oprichten van specifieke beveiligingssystemen, zijnde het Gebouw voor de Noodsystemen (GNS), dat seismisch gekwalificeerd is.

Tabel 2 

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de gebeurtenissen die in het huidige ontwerp in beschouwing werden genomen, en vermeldt voor elke centrale (Doel 1&2, Doel 3 en Doel 4) ook het beveiligingsniveau dat de respectieve gebeurtenis opvangt.

Gebeurtenissen familie	Omschrijving	Doel 1&2	Doel 3&4
Ongevallen van inwendige oorsprong	Ongevallen Veiligheidsrapport hoofdstuk 15 ¹	1ste niveau	1ste niveau
	Grote brand in het gebouw van de elektrische hulpdiensten of de machinezaal	2de niveau	1ste niveau
	Breuk van hoge energie leidingen in de machinezaal (impact op het gebouw van de elektrische hulpdiensten of het gebouw van de mechanische hulpdiensten (diesels))	2de niveau	1ste niveau
	ATWS (Anticipated Transient Without Scram)	2de niveau	1ste niveau
Totaal verlies elektrische voedingen	Station Black-Out: verlies van de uitwendige en inwendige (1 ^{ste} niveau) elektrische voedingen	2de niveau	2de niveau
Ongevallen van Uitwendige Oorsprong	Vliegtuigval (vliegtuig algemeen)	zie specifiek rapport	zie specifiek rapport
	Vliegtuigval (commerciële vliegtuig)	zie specifiek rapport	zie specifiek rapport
	Volledige onbeschikbaarheid hoofdcontrolezaal	2de niveau	2de niveau
	Externe ontploffing	2de niveau	2de niveau
	Toxische gassen	1ste niveau	1ste niveau
	Aardbeving SSE	2de niveau	1ste niveau

1- Dit zijn de ontwerpgebeurtenissen die standaard bestudeerd worden volgens de Amerikaanse regelgeving.

Specifieke kenmerken van de veiligheids- en noodsystemen

1ste niveau-systemen

Voor de ongevallen met een inwendige oorzaak en in het bijzonder de ontwerpongevallen, zoals besproken in hoofdstuk 15 van het veiligheidsrapport, bestaan een aantal verschillen ter hoogte van de 1ste niveau-systemen.

Tabel 3

Onderstaande tabel somt de belangrijkste specificiteiten op van Doel 1&2 en Doel 3&4

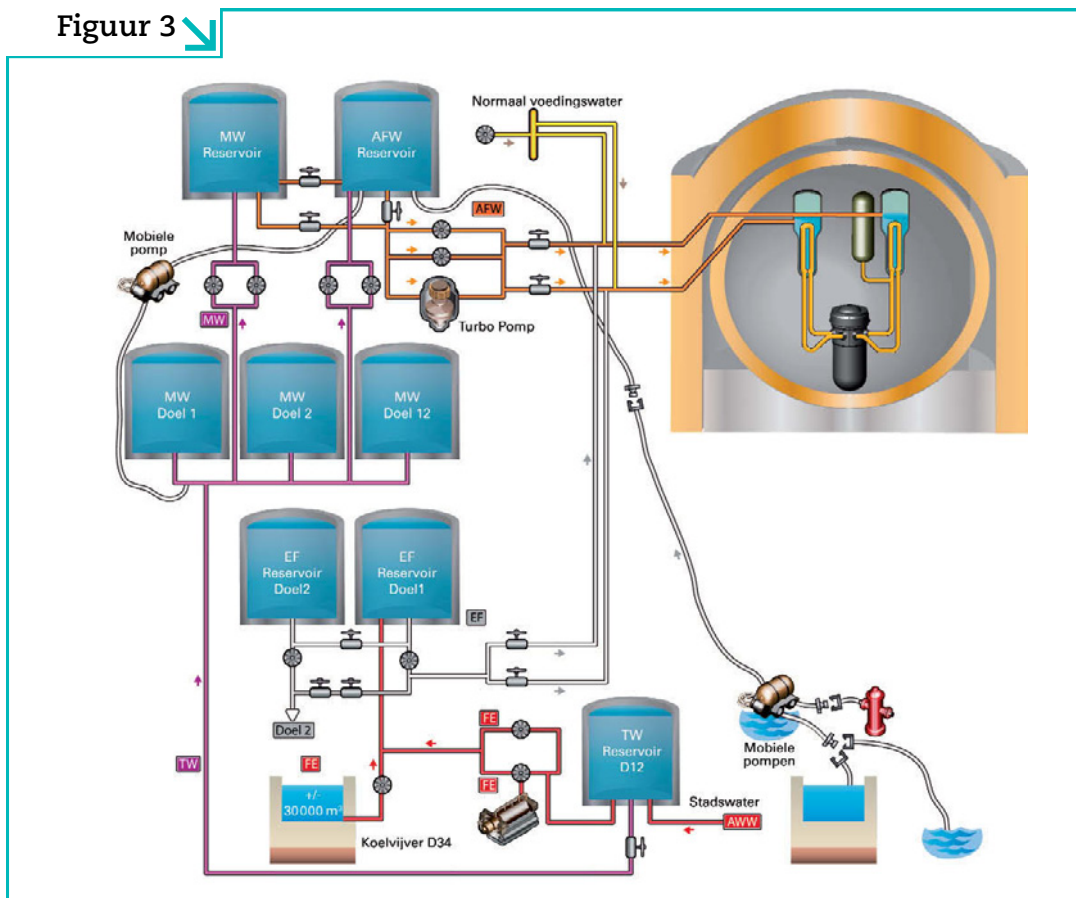
Specifieke kenmerken	Doel 1&2	Doel 3&4
Fysieke scheiding	De 1 ^{ste} niveau-systemen zijn niet alle fysiek gescheiden, wel zijn alle systemen onderzocht op onderlinge interacties (bijv. high energy line break) zodat interne ongevallen geen impact hebben op deze systemen. De ongevallen die meerdere veiligheidstuigen onbeschikbaar kunnen maken, worden vanuit het fysiek gescheiden GNS (gebouw 2de niveau-systemen) opgevangen.	De 1 ^{ste} niveau-systemen zijn in de regel fysiek gescheiden.
Seismisch ontwerp	De 1 ^{ste} niveau-systemen zijn niet alle bestand tegen de Design Basis Earthquake (DBE). Wel zijn alle systemen noodzakelijk na DBE, seismisch ontworpen voor de DBE. De niet-gegarandeerde functies worden vervuld vanuit het 2de niveau (GNS).	De 1 ^{ste} niveau-systemen zijn in de regel seismisch ontworpen voor de DBE.
Treinontwerp	De 1 ^{ste} niveau-systemen zijn in de regel treinmatig uitgevoerd voor elektrische voeding en instrumentatie. Mechanisch zijn de treinen in de regel onderling verbonden.	De 1 ^{ste} niveau-systemen zijn in de regel ontworpen per trein, er zijn dus in de regel geen verbindingen tussen de treinen.
Gemeenschappelijke systemen	Veel 1 ^{ste} niveau-systemen zijn gemeenschappelijk voor beide eenheden. De capaciteit/redundantiegraad van deze systemen is voldoende groot om dit toe te laten.	Voor de 1 ^{ste} niveau-systemen is bovenop de bestaande veiligheidsdiesels een extra reservediesel (phi-diesel), gemeenschappelijk voor Doel 3&4.

Tabel 4 

Wat de systemen betreft zijn de belangrijkste specifieke kenmerken hieronder opgelijst:

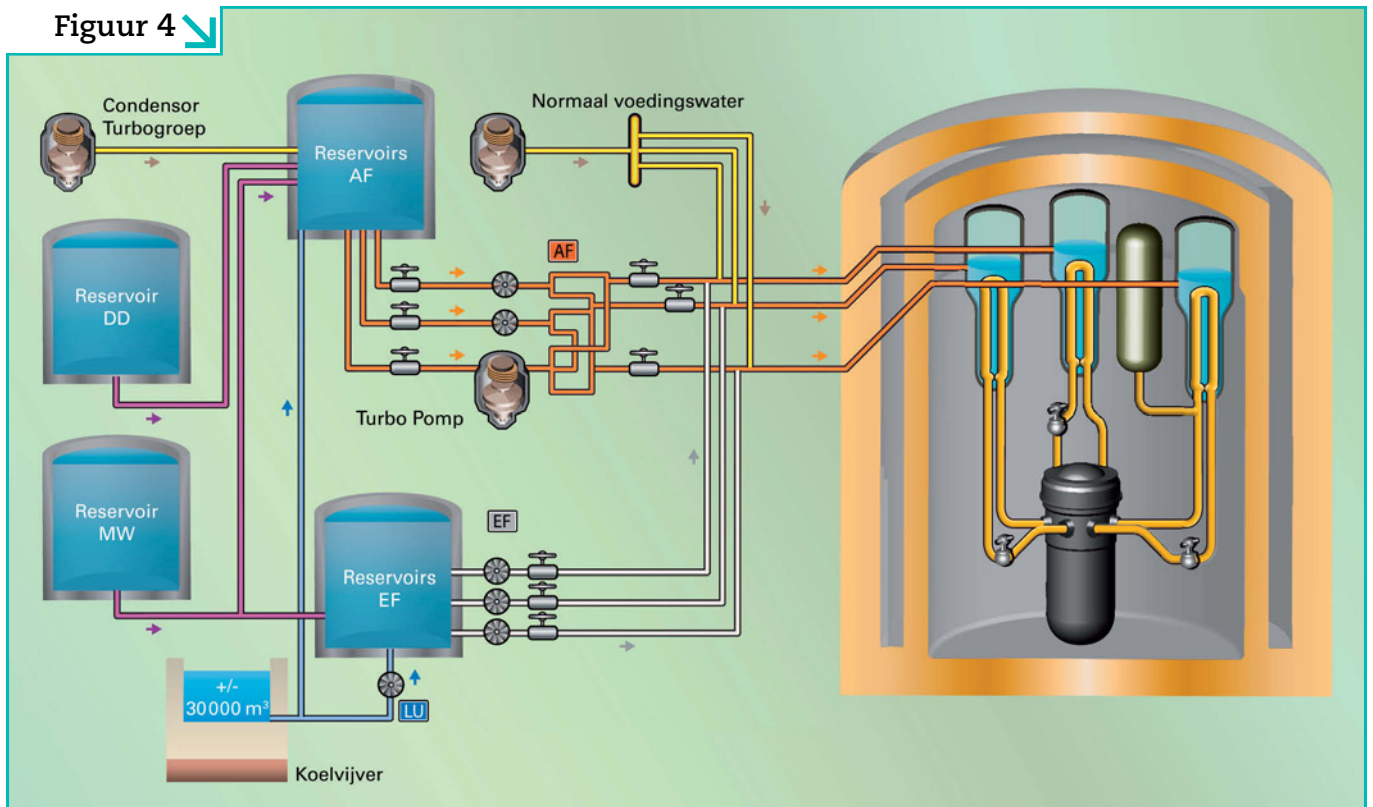
	Doel 1&2	Doel 3&4
Veiligheidsinjectie (SI) Hoge druk	4 hogedrukinjectiepompen gemeenschappelijk voor de twee reactoren 4 injectiepaden per eenheid: 2 injectiewegen op de koude benen, en 2 injectiewegen aan de bovenkant van de reactorkuip 2 SI-reservoirs voor hoge en lage druk SI (1 SI-reservoir per eenheid) 2 accu's per eenheid (1 op elk koud been) 3 lagedruk-injectiepompen per eenheid. Dezelfde pompen staan in voor de stilstandkoeling van de eenheid.	3 onafhankelijke treinen met: 3 hogedrukinjectiepompen, 6 injectiewegen per eenheid: 2 per trein, 1 op elk warm been en 1 op elk koud been. 3 SI-reservoirs voor hoge en lage druk SI (1 SI-reservoir per trein) 3 accu's per eenheid (1 op elk koud been) 3 (afzonderlijke) lagedruk-injectiepompen per eenheid.
Containmentsproei (SP)	4 gemeenschappelijke sproeipompen (voor directe injectie) Sproeifunctie mogelijk via de lagedrukinjectiekring (tijdens recirculatie)	3 onafhankelijke treinen met 3 sproeipompen
Stilstandkoelkring (SC)	3 fysiek gescheiden en onafhankelijk gevoede pompen per eenheid, die ook de lagedrukinjectiefunctie vervullen 2 fysiek gescheiden stilstandkoelers per eenheid, met interconnectie mogelijk naar elk van de 3 pompen	3 onafhankelijke treinen met: 3 stilstandskoelingpompen 3 stilstandkoelers per eenheid die tevens zorgen voor afvoer warmte tijdens recirculatiefase.
Tussenkoelkring (CC)	Gemeenschappelijke CC-kring bestaat uit vier pompen en vier warmtewisselaars, verdeeld in twee groepen	3 onafhankelijke treinen met: 3 parallelle en identieke koelkringen, elk met een eigen pomp en warmtewisselaar
Elektrische voeding en instrumentatie	Er zijn 4 onafhankelijke elektrische polariteiten, 2 per eenheid. Voor veiligheidsfuncties met 3 tuigen wordt gebruik gemaakt van een polariteit van de andere eenheid. Bij het onbeschikbaar zijn van een diesel, neemt een diesel van de andere eenheid deze polariteit automatisch over, zodat er maximaal onafhankelijkheid blijft bestaan tussen de polariteiten. Er is beperkte fysieke scheiding van bekabeling van elektrische voeding en instrumentatie.	Er zijn 3 onafhankelijke, fysiek gescheiden elektrische polariteiten, 1 per trein. Elke trein heeft eigen instrumentatie die onafhankelijk en fysiek gescheiden is van de andere treinen. Er is tevens manuele overname mogelijk door de reservediesel bij falen van een diesel 1^{ste} niveau.
FE kring (Fire Water System)	2 pompen : één elektrisch gevoede en één met dieselaandrijving. Niet-seismisch ontwerp, met uitzondering van de bijvulling van het 2de niveau-voedingswater.	3 onafhankelijke treinen met: seismisch ontworpen en elektrisch aangedreven pompen gevoed door de 2^{de} niveau-diesels
Hulpvoedingswater van de stoomgeneratoren (AF)	3 pompen : een turbopomp en twee motorpompen. De hoeveelheid AFW is voldoende om beide eenheden naar koude stilstand te brengen, waar de koeling verder verloopt via de nakoelkring.	3 onafhankelijke treinen met: een turbopomp en twee motorpompen
Veiligheidsgebonden ventilatie	Voor veel veiligheidssystemen is ventilatie gemeenschappelijk voor beide eenheden en de 4 treinen, in dit geval is de ventilatie bestand tegen enkelvoudige fout.	3 onafhankelijke treinen met: treingebonden ventilatie voor de veiligheidssystemen

Figuur 3



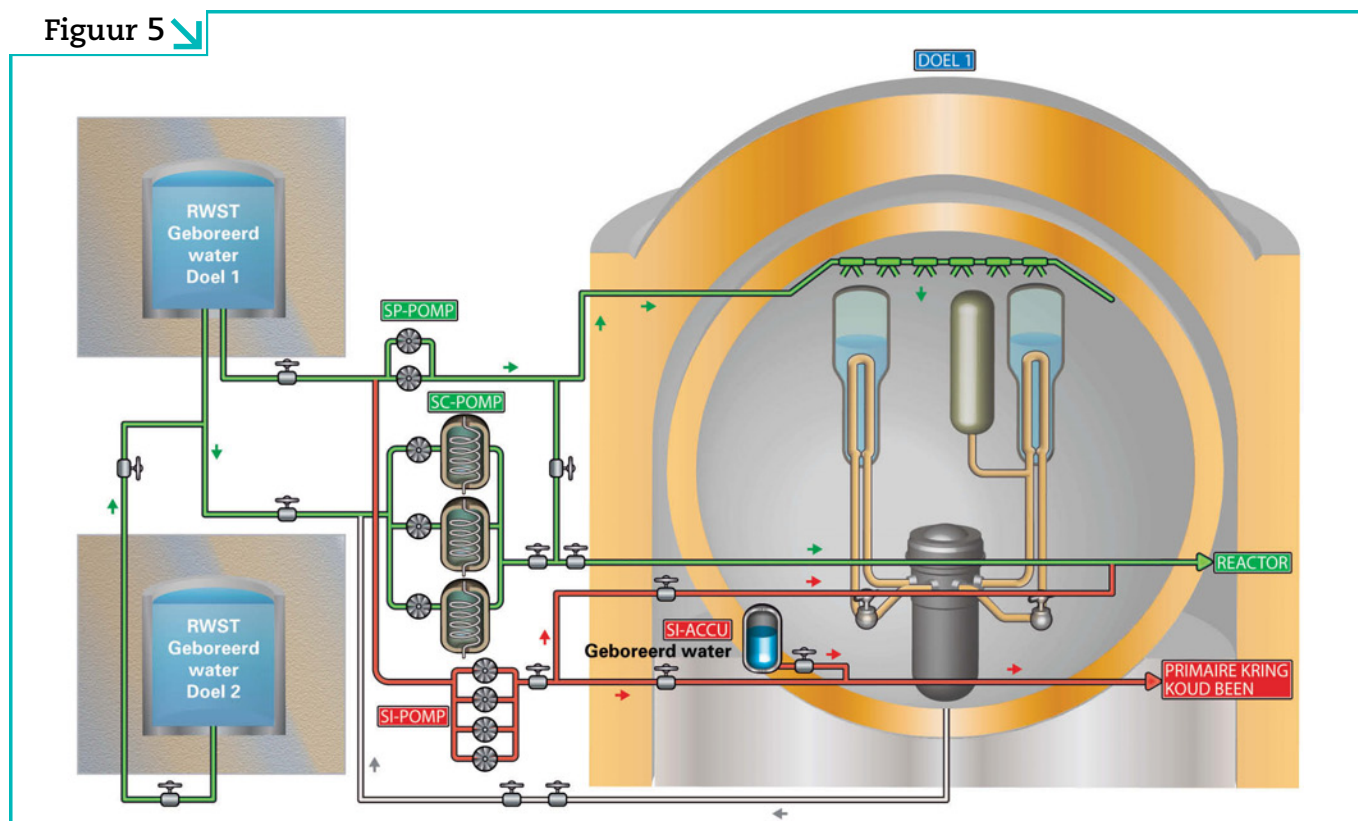
Principeschema voedingen stoomgeneratoren D12

Figuur 4



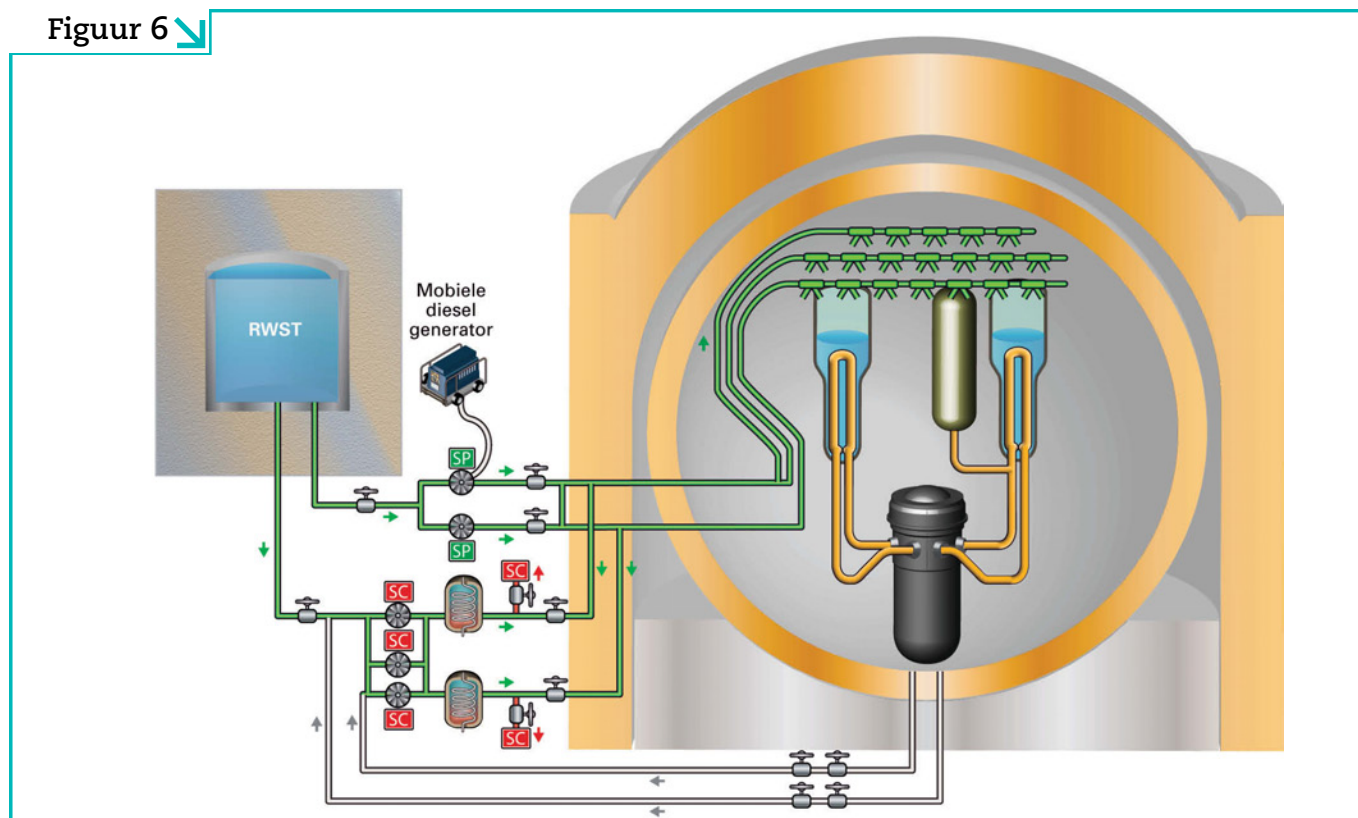
Principeschema voedingen stoomgeneratoren D34

Figuur 5



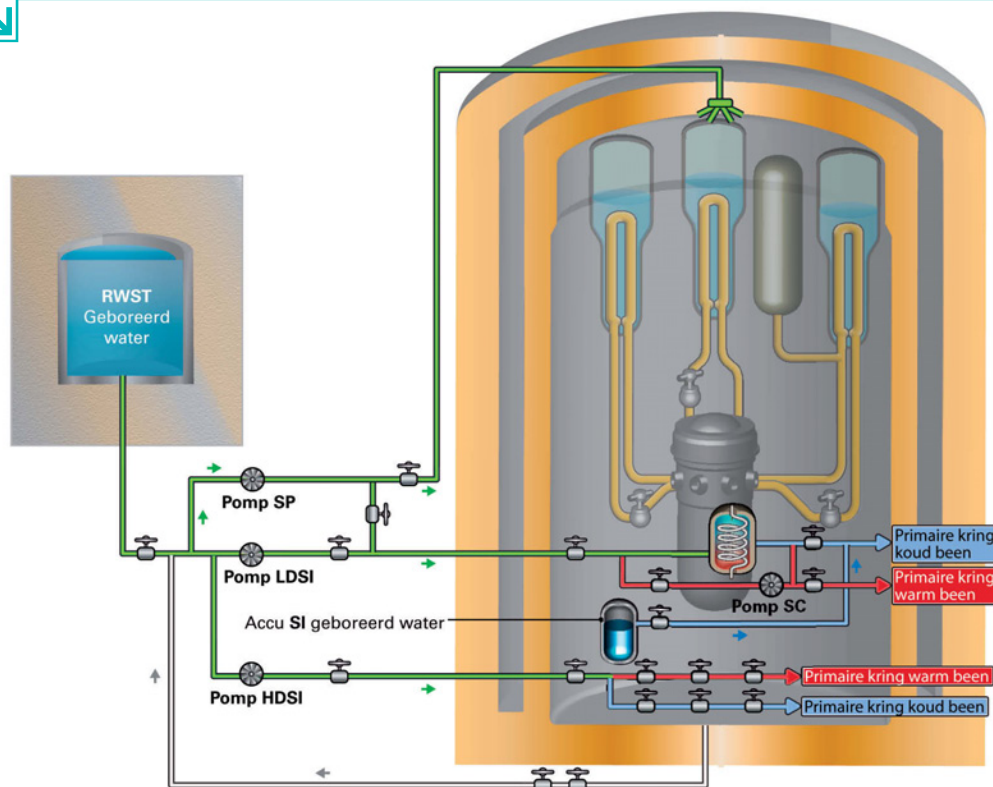
Principeschema veiligheidsinjectie D12

Figuur 6



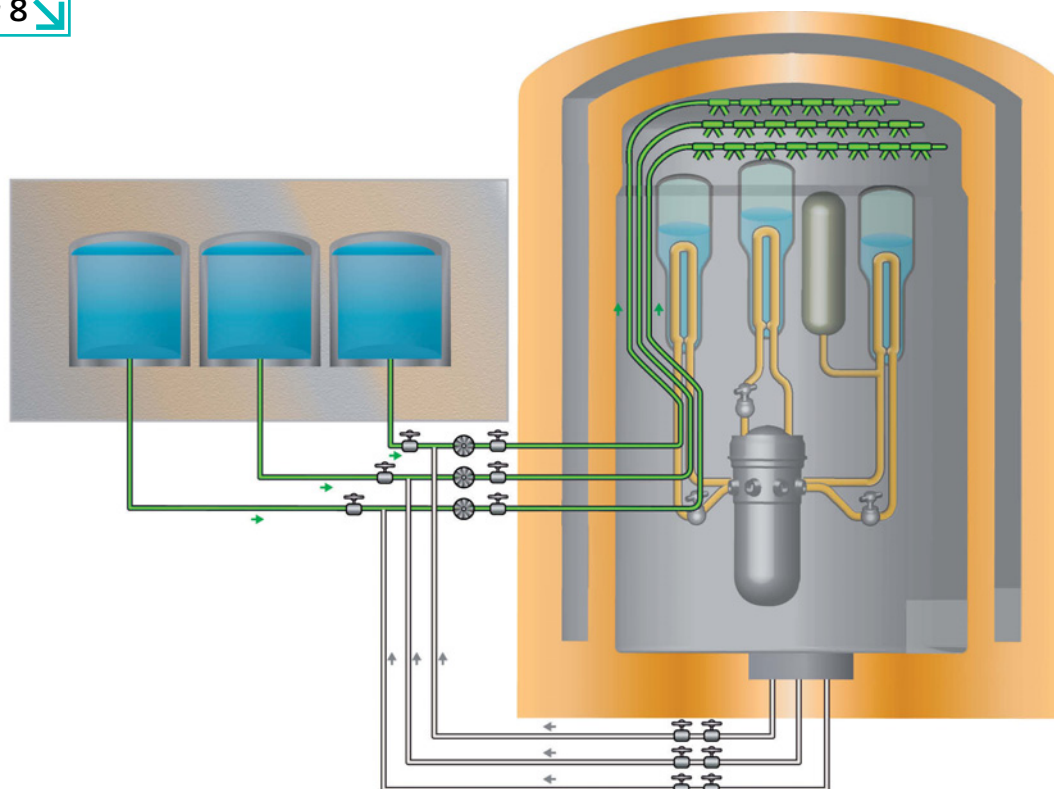
Principeschema sproei reactorgebouw D12

Figuur 7



Principeschema veiligheidsinjectie 1 trein D3

Figuur 8



Principeschema sproei containment D3

2^{de} niveau-systemen

Voor de ongevallen die door de noodsystemen of 2de niveau-systemen worden opgevangen, zijn volgende verschillen vermeldenswaardig:

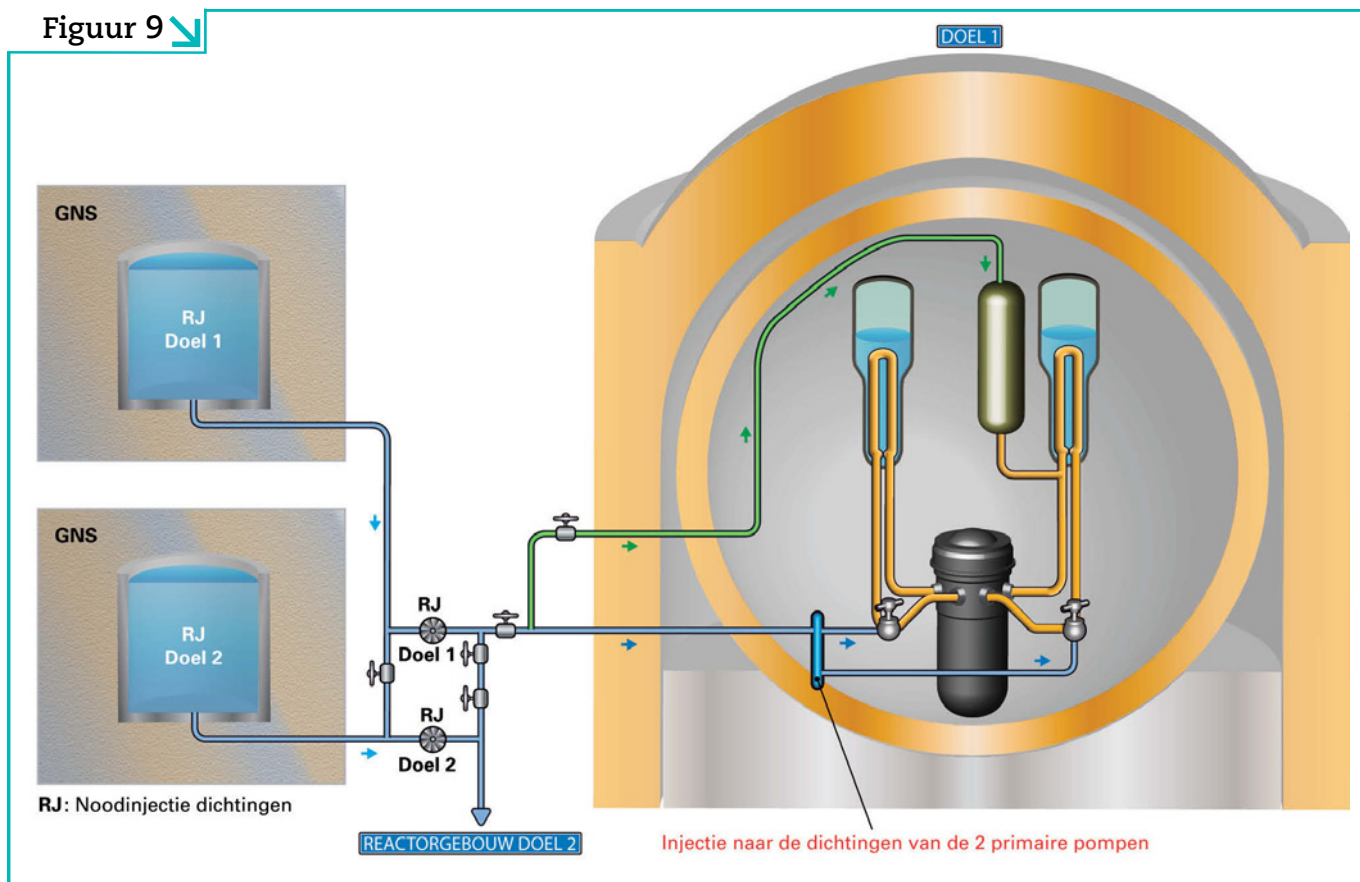
- De 2^{de} niveau-systemen van Doel 1&2 zijn niet ondergebracht in gebunkerde gebouwen. Er is een fysieke scheiding tussen de 1^{ste} en 2^{de} niveau-systemen van Doel 1&2. Aangezien beide voldoende van elkaar verwijderd zijn, kunnen ze niet gelijktijdig door een initiërende gebeurtenis beschadigd geraken.
- De 2^{de} niveau-systemen van Doel 1&2 zijn volgens het monotrein-principe geconcepieerd: wanneer een enkelvoudige fout optreedt, kan het noodstelsel van één eenheid instaan voor het stabiliseren van beide eenheden. In zo'n geval kan er minder snel afgekoeld worden of duurt het langer voor op stilstandskoeling kan worden overgegaan. Bij het ontwerp van Doel 3&4 werd rekening gehouden met een enkelvoudige falings.
- De noodsystemen van Doel 1&2 worden hoofdzakelijk manueel vanuit de noodcontrolezaal van het GNS in werking gesteld, terwijl Doel 3 en Doel 4 over een automatische (onbemande) fase van drie uur beschikken.

Tabel 5

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de noodsystemen van Doel 1&2 en Doel 3&4.

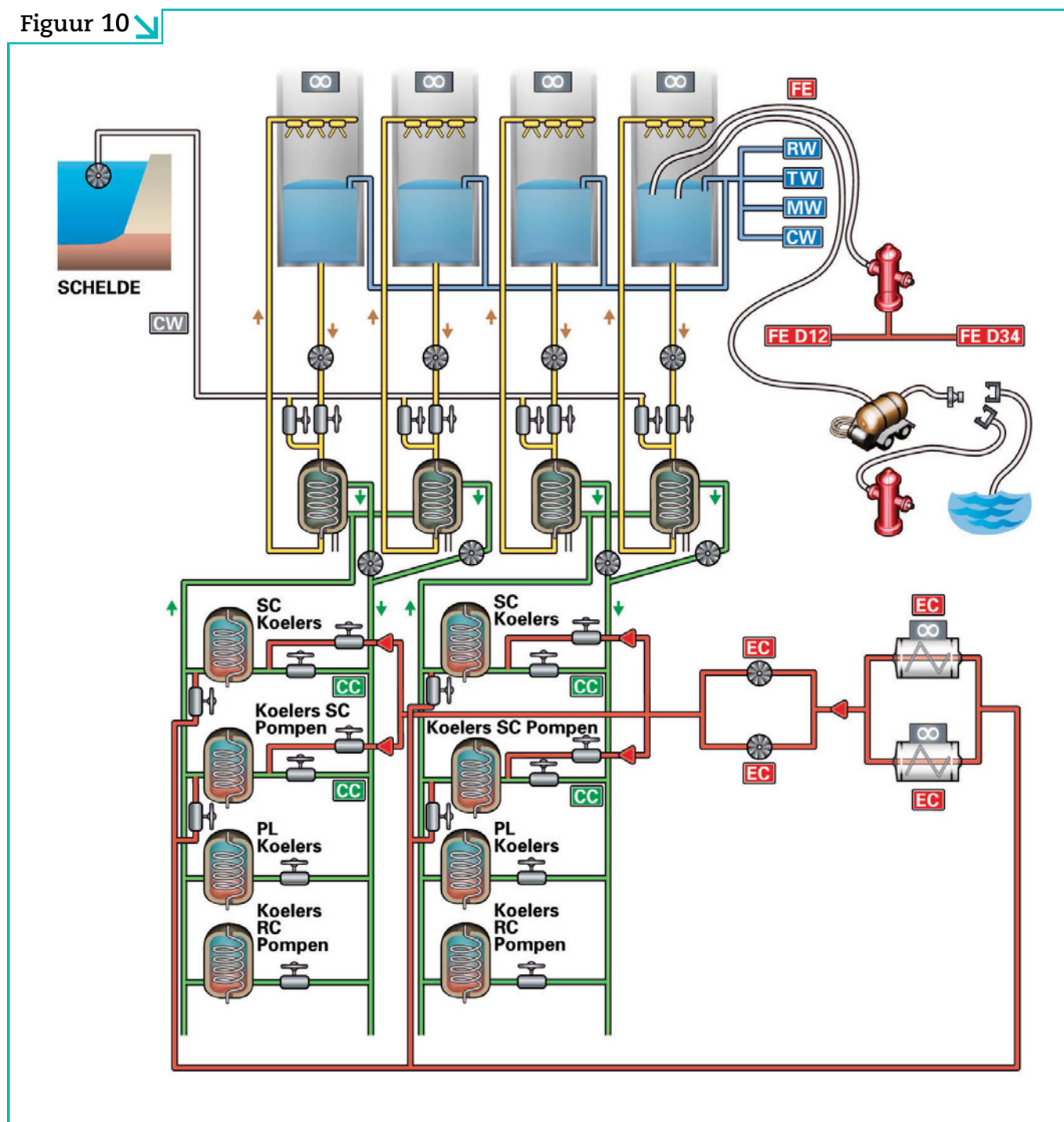
Verschillen	Doel 1&2	Doel 3&4
Noodvoedingswater van de stoomgeneratoren: EF-kring (Emergency Feed Water)	Eén EF kring per eenheid die beide stoomgeneratoren van elke eenheid voedt. Het is mogelijk om beide eenheden te voeden vanuit één EF-circuit van één eenheid.	Hebben één EF-kring voor elk van de drie stoomgeneratoren
EC- (Emergency component Cooling) en LU-kring (Nood-koelvijvers)	De EC-kring neemt gedeeltelijk de functies over van de RW- en CC-kringen. Twee luchtkoelers parallel met elkaar verbonden, worden in verbinding gebracht met de SC-koelers en de SC-motoren via twee circulatiepompen.	Er is een LU-kring per eenheid bestaande uit een grote koelvijver en drie onafhankelijke circulatiepompen. Er is ook nog een reservekoelvijver gemeenschappelijk voor Doel 3 en Doel 4. De warmte wordt afgevoerd door natuurlijke verdamping van het aanwezige water in deze koelvijvers
El- en IAK-kring (Noodperslucht)	In geval de normale persluchttoevoer onbeschikbaar is, voorziet de El-kring perslucht naar de belangrijkste afsluiters zodat de reactoreenheid naar koude stilstand kan worden gebracht.	Het IAK-circuit bestaat uit 3 onafhankelijke noodcompressoren met bijbehorend verdeelnet
EA-kring en RJ-kring (noodboorzuur injectiekring)	De RJ-kring regelt ook de waterinventaris van de primaire kring RC. De kring zorgt voor de toevoeging van voldoende geboreerd water ter compensatie van de inkrimping bij afkoeling en bij een mogelijk lek. De RJ-kring is sterk geboreerd en voegt boorzuur toe teneinde de toegevoegde reactiviteit te compenseren als gevolg van de afkoeling van de RC-kring.	De EA-kring regelt de waterinventaris van de primaire kring RC. De kring zorgt voor de toevoeging van voldoende geboreerd water ter compensatie van de inkrimping bij afkoeling. De EA-kring is sterk geboreerd en voegt boorzuur toe teneinde de toegevoegde reactiviteit te compenseren als gevolg van de afkoeling van de RC-kring Het systeem heeft 3 onafhankelijke pompen op Doel 3 en 2 onafhankelijke pompen op Doel 4.
RJ-kring (de noodinjectie van de dichtingen van de primaire pompen)	Er is een onafhankelijke RJ-kring per eenheid. Met manuele acties kan de RJ-kring van één eenheid instaan voor de injectie van de dichtingen van de pompen op beide eenheden. Er zijn verbindingen met manueel bediende afsluiters op elk van de twee RJ-kringen. De kring heeft 1 pomp en 1 boorzuurtank	Per eenheid zijn er 2 volumetrische pompen die elk aanzuigen uit een noodboorzuurtank met gemeenschappelijke filter. De leidingen zijn redundant tot aan het containment

Figuur 9



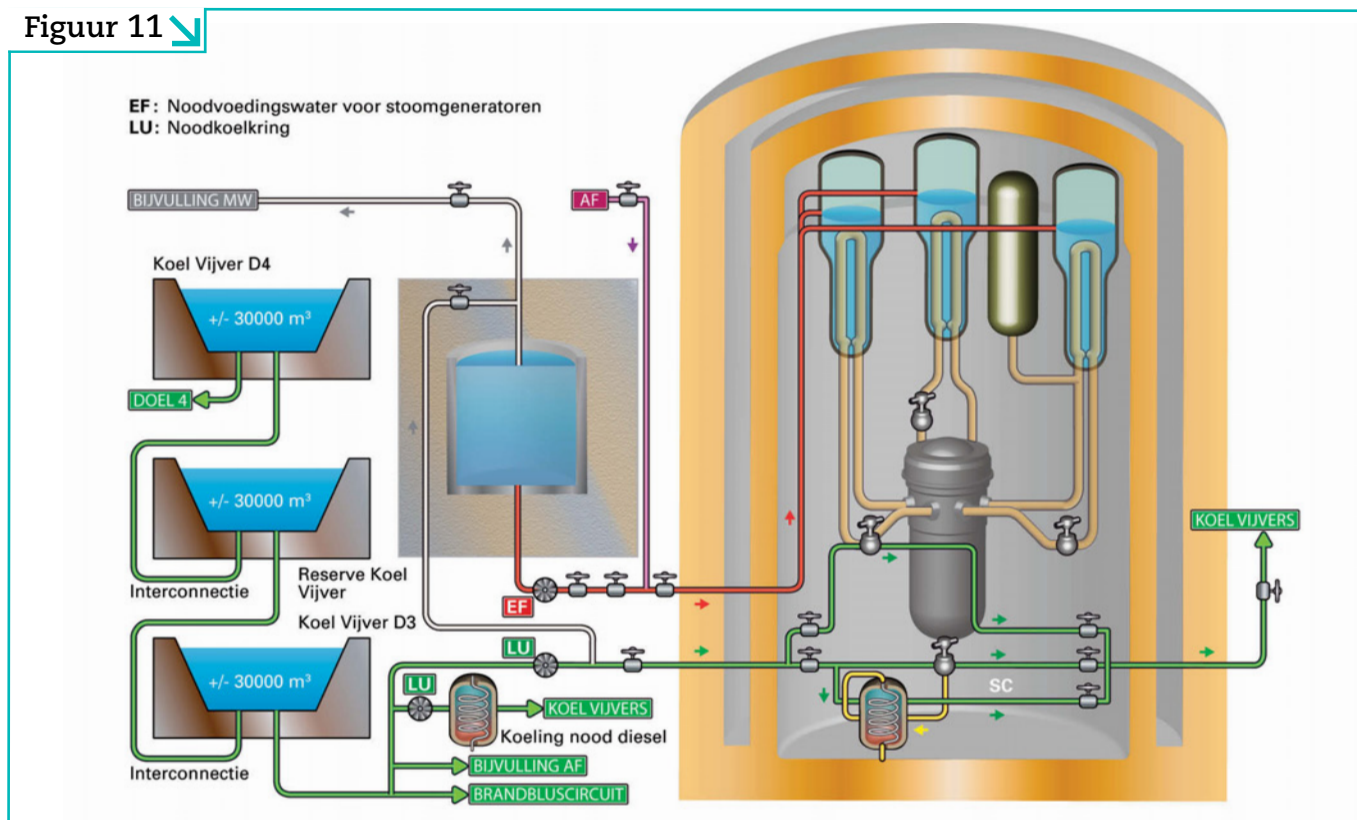
Principeschema RJ D12

Figuur 10



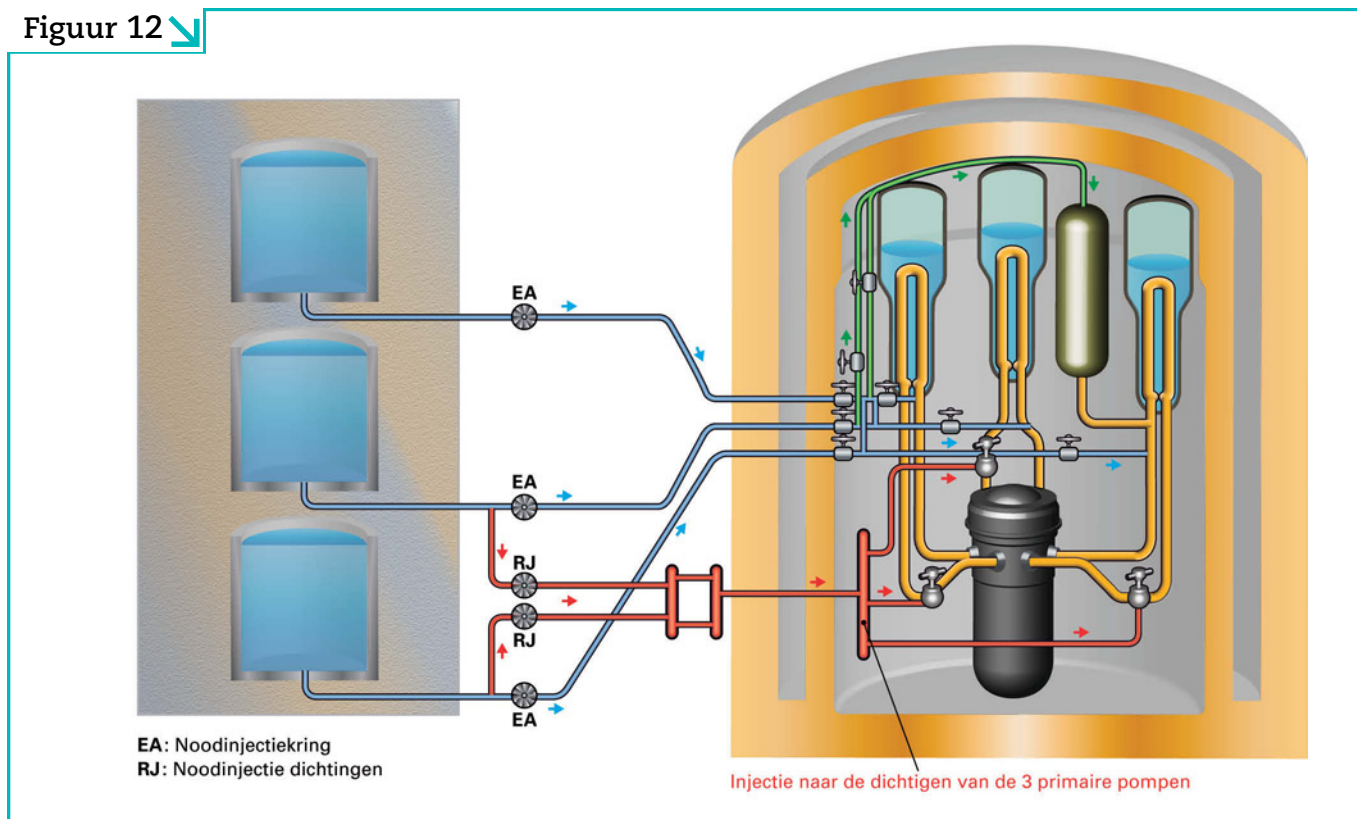
Principeschema ultieme koude
bron+alternatieve koude
bronnen D12

Figuur 11



Principeschema EF en LU 1 trein D3

Figuur 12



Principeschema EA en RJ D3

1.3.2.2 Splijtstofopslag

Opslag op de eenheden

De splijtstof van Doel 1&2 wordt in gemeenschappelijke dokken opgeslagen, in afwachting van transport naar het splijtstofcontainergebouw (SCG). De dokken bevinden zich in het gebouw van de nucleaire hulpdiensten (GNH). De hoofdkoelkring van de splijtstofdokken wordt door de tussenkoelkring Component Cooling (1ste niveau-CC) gekoeld. Er bestaat een alternatieve koelkring vanuit het 2de veiligheidsniveau (aerokoeler). De koeling van de splijtstofdokken wordt dus als volgt verzekerd:

- drie circulatiepompen, elk met een verzekerde elektrische voeding;
- drie koelers waarvan twee gekoeld door de Component Cooling (1ste niveau-CC) en één koeler met luchtkoeling (2de niveau);
- twee bijkomende pompen kunnen worden ingezet voor koeling over de CC-gekoelde en luchtgekoelde koelers.

Bijvulmogelijkheden voor de splijtstofdokken zijn voorzien vanuit de MW-kring (gedemineraliseerd water) in normale uitbating en vanuit de seismische FE-kring (brandweering) in geval van noodwerking op GNS.

De splijtstof van Doel 3&4 wordt op elke eenheid in dokken opgeslagen. De dokken bevinden zich in het (gebunkerd) Splijtstofgebouw (SPG). De koelkring bevindt zich ook in het SPG.

Per eenheid zijn er verschillende bijvulmogelijkheden voor de splijtstofdokken voorzien:

- RWST (Refueling Water Storage Tank),
- MW (gedemineraliseerd water),
- DW (ontgast gedemineraliseerd water),
- WAB (water- en afvalbehandelingsgebouw),
- FE (brandweering).

Per eenheid is de koeling van de splijtstofdokken als volgt voorzien:

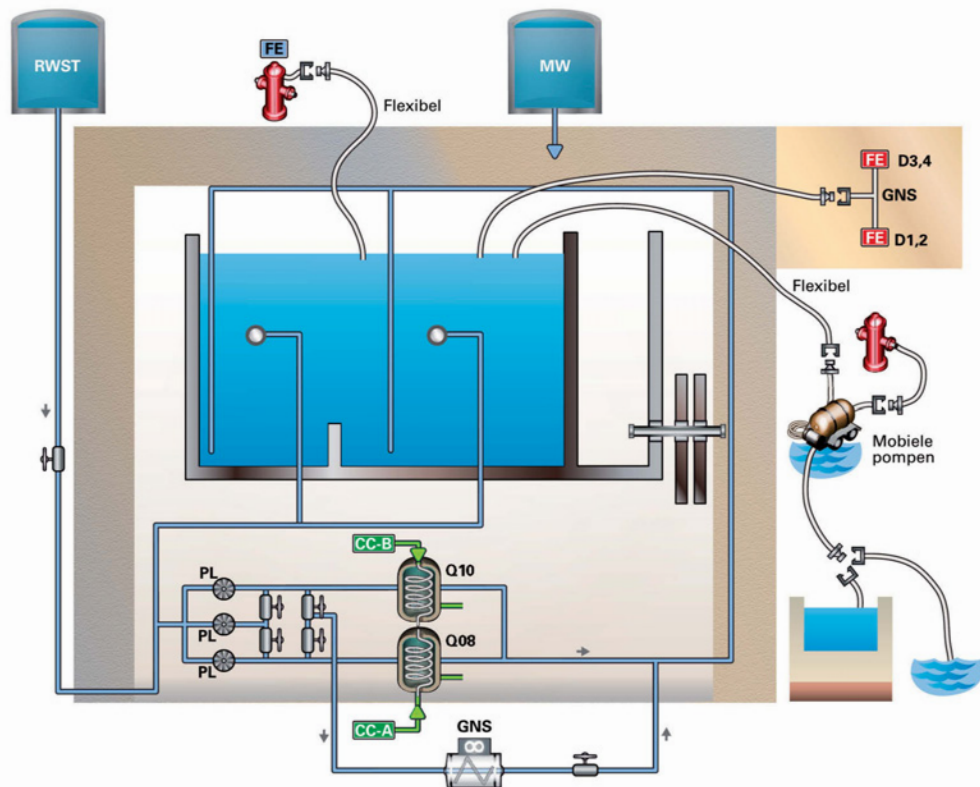
- twee circulatiepompen, elk met een verzekerde elektrische bunkervoeding;
- twee koelers die worden gekoeld door de CC (1ste niveau) of de LU (2de niveau);
- het nodige materieel is ter plaatse voorhanden om de ene circulatiepomp elektrisch te voeden vanaf het elektrisch bord van de andere circulatiepomp, en vice versa; er staat ook een reservepomp klaar mocht zich een mechanisch defect aan een circulatiepomp voordoen.

Splijtstofcontainergebouw

Het splijtstofcontainergebouw, dat in gewapend beton is opgetrokken, fungeert als opslagruimte voor de afgewerkte splijtstofelementen afkomstig van Doel 1&2 en Doel 3&4.

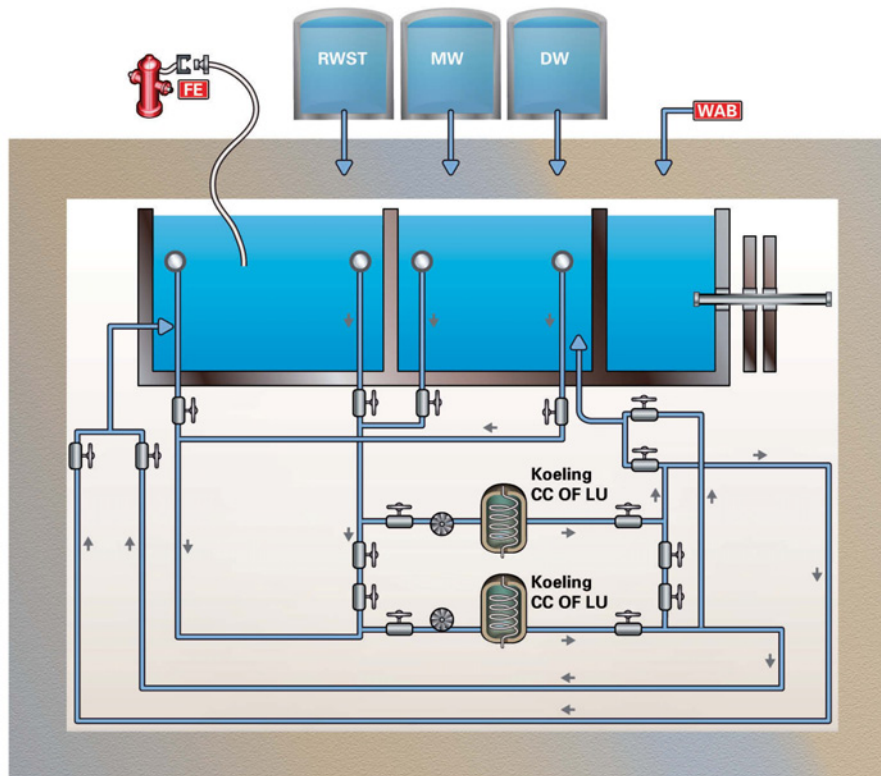
Zodra ze weg zijn uit het deactiveringsbekken, worden de afgewerkte splijtstofelementen in speciale afgeschermd containers en onder inert gas opgeslagen. De restwarmte wordt afgevoerd via natuurlijke convectie. De structuur van het gebouw biedt een biologische barrière tegen de straling van de containers. Die barrière ontstaat deels door de betonnen constructie, die beschermt tegen gammastraling en neutronen, en deels door het dak, waarvan het beton boor bevat, wat extra beschermt tegen neutronen. De containers zijn erop berekend om weerstand te bieden tegen zware ongevallen (vliegtuigcrash, brand en aardbeving).

Figuur 13



Principeschema koeling splijtstof opslagdokken D12

Figuur 14



Principeschema splijtstofdokken D3

1.3.3. Containment

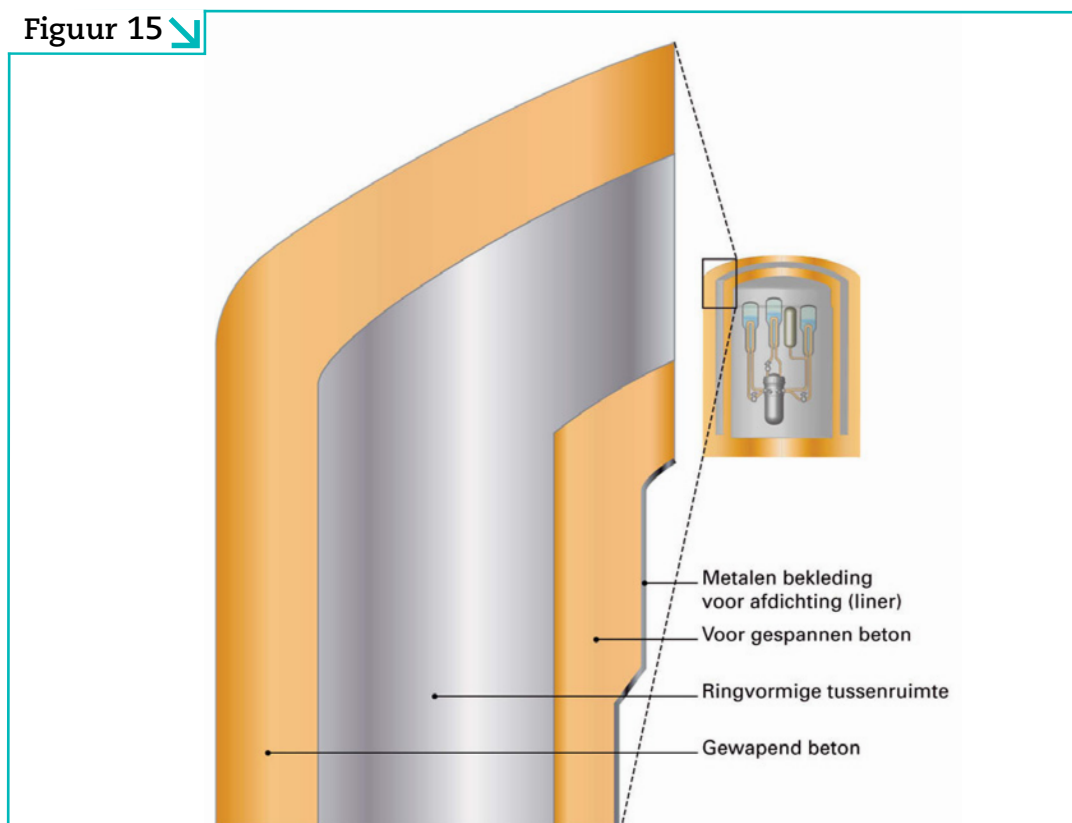
De vier eenheden in Doel zijn uitgerust met een dubbel containment. Bij Doel 1&2 bestaat het primair (binnenste) containment uit een stalen bol. Het secundair (buitenste) containment bestaat uit een cilindervorm in gewapend beton waarop een halfronde koepel rust, eveneens in gewapend beton. Het secundair containment omhult het primair containment dat daardoor beveiligd is tegen ongevallen.

Bij Doel 3&4 bestaat het primair containment uit een cilinder waarop een koepel in de vorm van een bolkap is opgetrokken. Beide structuren zijn vervaardigd uit spanbeton. Dit containment is bekleed met een 'liner' in staal die de dichtheid garandeert. Het secundair containment van Doel 3&4 bestaat eveneens uit een structuur in gewapend beton, die rond het primair containment loopt en zo het primair containment beschermt tegen externe ongevallen.

Het primair containment is ontworpen om de druk te weerstaan die ontstaat door een hypothetische grote breuk in de primaire kring of door de breuk van een stoomleiding.

De ruimte tussen het binnenste en buitenste containment wordt in onderdruk gehouden door een ventilatiesysteem dat is uitgerust met onder meer actieve koolfilters.

Figuur 15



Principeschema dubbel containment

1.3.4. Elektrische voedingen

1.3.4.1. Algemeen

De site van Doel is verbonden met het externe net via verschillende externe elektrische voedingen. De externe hoofdvoeding wordt verzekerd door vijf 400 kV-hoogspanningslijnen (drie afkomstig van het station Mercator, één van het station Avelgem en één van het station Zandvliet), die gekoppeld zijn aan het 400 kV-station van Doel waarmee de vier eenheden via verschillende railstellen verbonden zijn.

De tweede externe voedingsbron van de vier eenheden wordt gevormd door een 150 kV-hoogspanningsstation met een dubbel railstel dat op de site van Doel is geïnstalleerd en zelf gevoed

wordt door twee hoogspanningslijnen, één afkomstig van het station Kallo en één van het station Zandvliet. Elk van deze verbindingen heeft op zich voldoende capaciteit om alle hulpsystemen te voeden die nodig zijn voor de gelijktijdige stop van de vier eenheden.

Bij een volledig verlies van het externe net (loss of off site power of LOOP), wat neerkomt op het gelijktijdig verlies van de externe 400 kV- en 150 kV-netten, wordt de turbogeneratorgroep via de elektrische beveiligingen automatisch in eilandbedrijf geschakeld. Hierbij voedt de turbogeneratorgroep de eigen hulpsystemen. Dit is het eerste beschermingsmechanisme om de voeding van de hulpsystemen van de eenheid te garanderen.

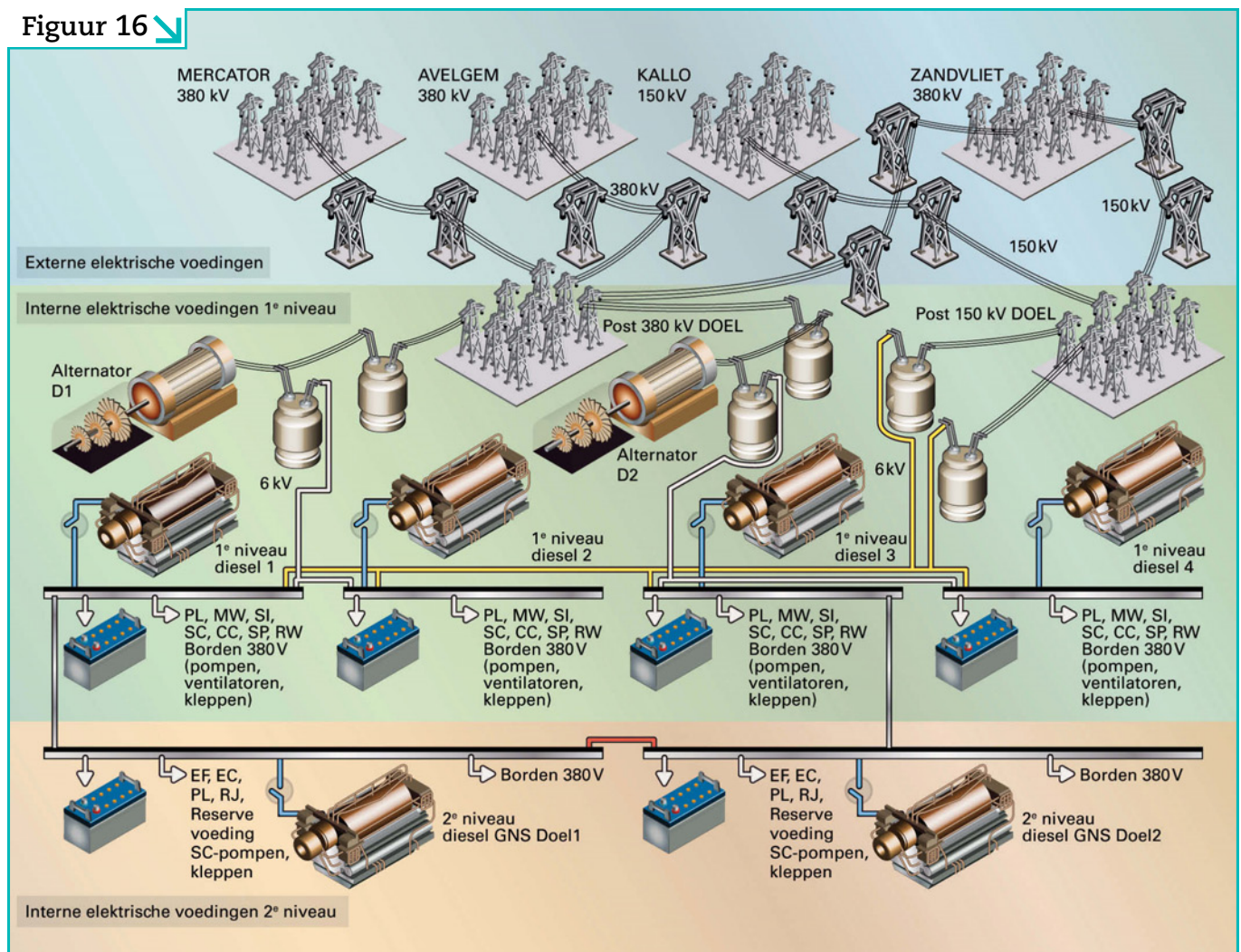
Wanneer minstens één van de vier eenheden in Doel met succes in eilandbedrijf is geschakeld, bestaat de mogelijkheid om deze eenheid via het 400 kV-station van Doel aan de andere eenheden te koppelen. Doel 3&4 beschikken over een koppelschakelaar en kunnen ogenblikkelijk alle hulpsystemen van deze twee centrales opnieuw van elektriciteit voorzien via het 400 kV-station. Doel 1&2 moeten eerst de alternator loskoppelen alvorens het intern net vanaf het 400 kV-net kan worden gevoed.

1.3.4.2. Doel 1&2

Wanneer de eenheid niet in eilandbedrijf kan worden geschakeld, zijn een aantal middelen beschikbaar die de voeding garanderen van die hulpsystemen met een nucleaire veiligheidsfunctie bij de stop van de centrale en bij het handhaven van een veilige toestand. Een overzicht.

Principeschema elektrische voedingen D12

Figuur 16



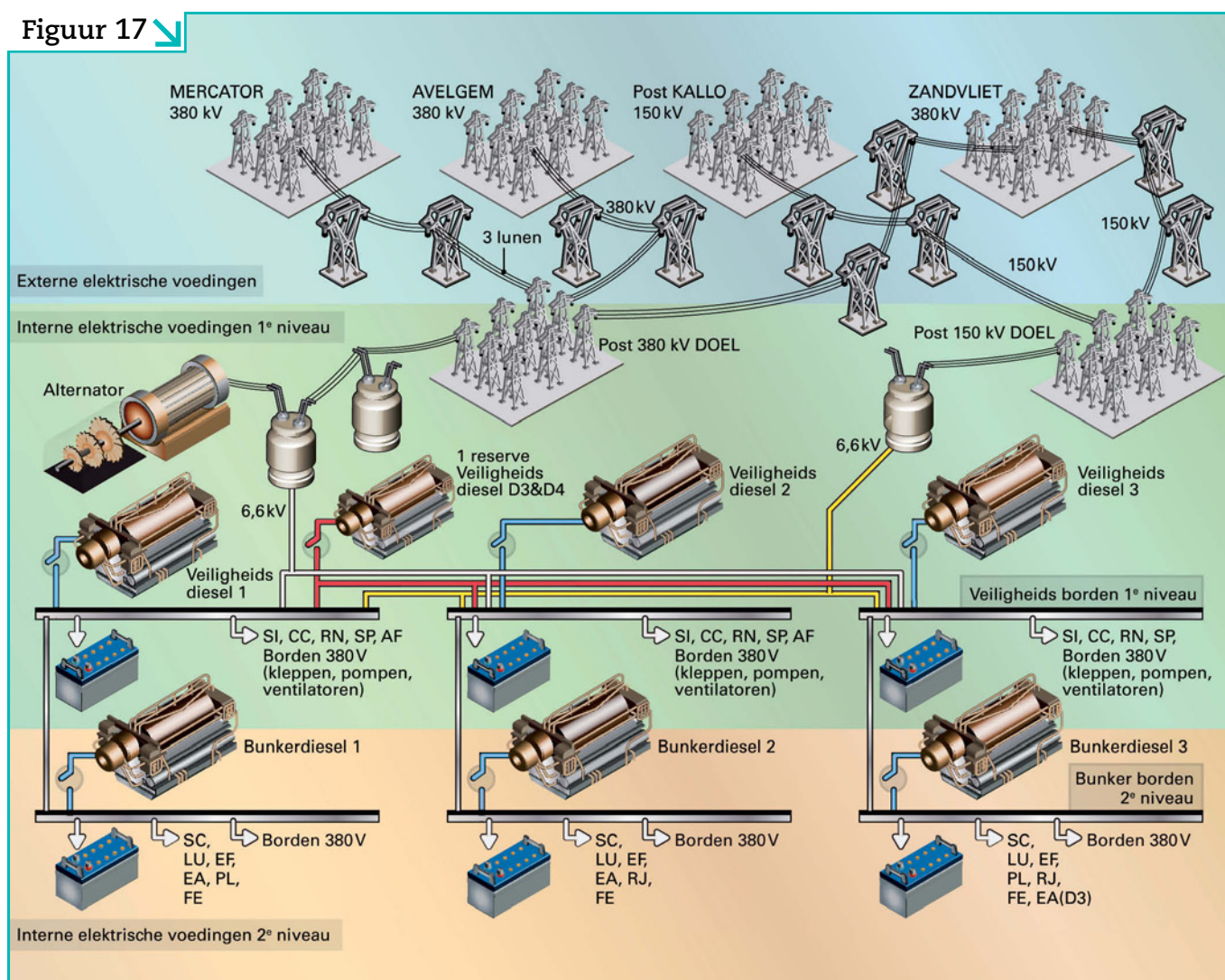
- Vier 1ste niveau-diesels voor beide eenheden, gekoeld door luchtkoelers. Deze nooddiesels beschikken over voldoende brandstof om bij een referentie-ongeval de stop van de eenheid gedurende 7 dagen te verzekeren, of gedurende 15 dagen zonder intern incident (en zonder externe voeding).
- Twee 2de niveau-diesels voor beide eenheden, gekoeld door luchtkoelers. Deze nooddiesels behoren tot het GNS-systeem en hebben een autonomie van 7 dagen. Ze zijn ontworpen om de voeding te garanderen van alle hulpsystemen die vereist zijn voor een veilige stop en het handhaven van een veilige toestand bij uitval van alle externe voedingsbronnen en 1ste niveau-diesels. Deze 2de niveau-diesels en de systemen die ze voeden, zijn onafhankelijk van de 1ste niveau-diesels.
- Twee bijkomende hulpdiesels staan in voor de voeding van de systemen die bestemd zijn voor het waarborgen van de veiligheid van de personen en uitrustingen die niet aan nucleaire veiligheid zijn gerelateerd.
- Een specifiek dieselaggregaat is gekoppeld aan één van de twee brandbluspompen.

1.3.4.3. Doel 3&4

Wanneer de eenheid niet in eilandbedrijf kan worden geschakeld, zijn een aantal middelen beschikbaar die de voeding garanderen van die hulpsystemen met een nucleaire veiligheidsfunctie bij de stop van de centrale en bij het handhaven van een veilige toestand. Een overzicht.

Principeschema elektrische voedingen D34

Figuur 17

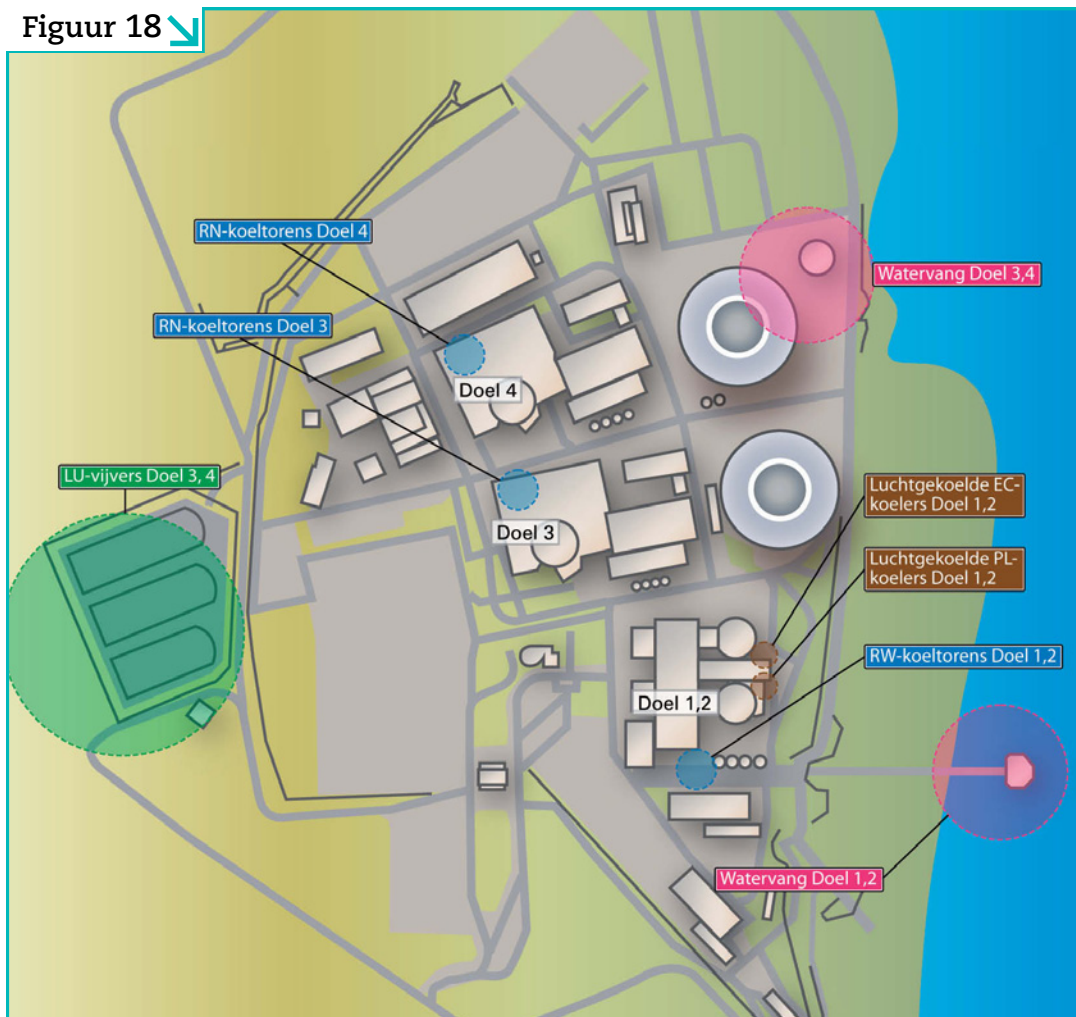


- Drie 1^{ste} niveau-diesels per eenheid en gekoeld door luchtkoelers. Deze nooddiesels hebben een autonomie van 7 dagen en zijn ontworpen om de stop van de eenheid te verzekeren bij een referentie-ongeval. Zonder intern incident bedraagt de autonomie meer dan 20 dagen, zonder externe hulpvoeding.
- Een reserve 1^{ste} niveau-diesel (op de site van Doel 3) is gemeenschappelijk voor Doel 3 en Doel 4. Deze diesel heeft een autonomie van 7 dagen, in het geval van het referentieongeval, en kan in minder dan een uur worden aangesloten om een 1ste niveau-diesels van Doel 3 of Doel 4 te vervangen.
- Drie 2^{de} niveau-diesels, per eenheid, watergekoeld en geïnstalleerd in de bunker van de eenheid. Deze nooddiesels hebben een autonomie van 7 dagen en zijn ontworpen om de voeding te verzekeren van alle hulpsystemen in de bunker die vereist zijn voor een veilige stop.
- Twee bijkomende hulp diesels staan in voor de voeding van de systemen die bestemd zijn voor het waarborgen van de veiligheid van de personen en uitrustingen die niet aan nucleaire veiligheid zijn gerelateerd.

Bij verlies van alle externe en interne elektrische voedingen zijn er de batterijen die voor instrumentatie en bediening kunnen gebruikt worden.

Deze meervoudige veiligheidsniveaus geven aan in welke mate de site in Doel beschermd is tegenover het totale verlies van elektrische voedingen. Wat erop wijst dat dit scenario zich met een uitermate kleine waarschijnlijkheid kan voordoen.

Figuur 18



Principeschema met koudebronnen

1.3.5. Koelwatervoorzieningen

1.3.5.1. Doel 1&2

De primaire koudebron voor Doel 1&2 is de Schelde. Het Scheldewater wordt door de circulatie Water kring (CW) opgepompt voor koeling van de CC-koelers (Component Cooling).

Bij verlies van de primaire koudebron (Schelde via CW-kring) wordt de koeling van de CC verzekerd door de gesloten RW-kring (Ruwwaterkring), die gekoeld wordt via koeltorens. Om het waterverlies door de verdamping van de koeltorens te compenseren, dient water toegevoegd aan de RW-kring. Er bestaan verschillende alternatieven om deze watertoevoer te realiseren. De RW-kring is een veiligheidskring bestaande uit vier treinen.

Indien de RW-kring niet werkt, wordt er een beroep gedaan op de EC-kring (Emergency Cooling) en de PL-kringen (Pool Loops) van het tweede niveau GNS.

De EC-kring is gemeenschappelijk voor Doel 1 en Doel 2. Hij bestaat uit twee pompen en twee lucht-koelers die in parallel op één enkele lus zijn geplaatst. De PL-koelers zijn de noodkoelers op het seismische gebouw GNS voor de koeling van de splijtstofdokken.

1.3.5.2. Doel 3&4

De primaire koudebron voor Doel 3&4 is de RN-kring. Dit is een gesloten kring die de uitrustingen koelt en die de warmte naar de atmosfeer afvoert via koeltorens.

De RN-kring is een veiligheidskring en bestaat uit drie koelingslussen. Elke RN-lus beschikt over een stel van twee koeltorens met geforceerde trek.

Om het waterverlies door de verdamping van de koeltorens te compenseren, dient water toegevoegd aan de RN-kring. Er bestaan verschillende alternatieven om deze watertoevoer te realiseren.

Bij verlies van de RN-kring kan de noodkoelkring (LU-kring) de koeling verzekeren die nodig is om de centrale naar een koude stop te brengen en ze in die toestand te houden. De LU-kring bestaat uit drie onafhankelijke treinen die koelwater aanvoeren vanuit de kunstmatig aangelegde LU-vijvers net buiten de site. Het LU is een 2^{de} niveau-systeem.

1.4

PSA-studies

De probabilistische veiligheidsstudies werden opgestart op het initiatief van Electrabel alvorens te worden geïntegreerd in de tienjaarlijkse herziening. De PSA-studies bevatten:

- Level 1 PSA, die de kans op kernsmelt bepaalt (CDF of Core Damage Frequency);
- 2 PSA, die de kans op lozing naar de omgeving berekent (Release Frequency).

De studies dekken de volgende toestanden van de centrale:

- vermogenwerking,
- stilstand (SC verbonden met RC),
- werking met verlaagde waterinventaris (half-been werking).

De PSA-studies behandelen de gebeurtenissen van interne oorsprong. De beschouwde groepen van initiërende gebeurtenissen zijn:

- het verlies van primair water;
- de secundaire leidingbreuken (binnen en buiten containment);
- het verlies van elektrische borden (veiligheid en niet-veiligheid, AC en DC);
- het verlies van het externe net (korte tijd en lange tijd);
- het verlies van instrumentatielucht;
- de stoomgeneratorpijpbreuk, al dan niet gecombineerd met secundaire leidingbreuken;
- de primaire transiënten met onder meer verlies van veiligheidskoelkringen (CC-RN of CC/RW);
- de secundaire transiënten met onder meer verlies normaal (FW) en hulpvoedingswater (AF-AFW);
- het niet-tijdig opkomen van bepaalde signalen (signaal S, U1, Ual,...).
- het totaal verlies van het koelingssysteem CC/RN is beschouwd als een initiërende gebeurtenis voor de eenheden Doel 3&4.
- het verlies van één CC/RW-lus is beschouwd voor de eenheid Doel 1&2.

Al deze gebeurtenissen zijn gescreend op hun toepasselijkheid in de specifieke uitbatingstoestanden van de eenheden.

Het ongeval 'Verlies van het uitwendig net' is beschouwd via de initiërende gebeurtenis LOOP (loss of off-site power). Hierbij wordt rekening gehouden met de mogelijke faling van de 1ste en 2^{de} niveau-diesels.

Geen enkele groep van initiërende gebeurtenissen is in het totaal resultaat van de eenheid overheersend. Als algemene standaard geldt dat een 'groep van gebeurtenissen' maximaal voor 60 % mag bijdragen aan de totale CDF.

Voor de eenheid Doel 3 zijn de dominante scenario's bij vermogenwerking:

- klein lek primair met een aandeel van 18 % in de totale kans op kernsmelt;
- verlies CC/RN met een aandeel van 12 % in de totale kernsmelt.

Alle andere beschouwde initiërende gebeurtenissen in alle uitbatingstoestanden van de eenheid hebben een aandeel dat lager is dan 5 % in de totale kernsmelt.

1.5

Lijst met afkortingen

Afkorting	Verklaring	Informatie
10CFR19	Code of Federal Regulations Part 10 – Chapter 50: Notices, Instructions and Reports to Workers; Inspections	Amerikaanse wetgeving betreffende nucleaire energie. Toepasselijke delen ervan werden vertaald en opgenomen in de Veiligheidsrapporten, die deel uitmaken van de exploitatievergunningen. Zo bevat 10 CFR50 Appendix A 'Ontwerpcriteria voor kerncentrales' en Appendix B beschrijft het 'Kwaliteitsbeheersysteem (QA) voor kerncentrales'
10CFR20	Code of Federal Regulations – Part 10 – Chapter 50: Standards for Protection against Radiation	
10CFR50	Code of Federal Regulations Part 10 – Chapter 50: Domestic Licensing of Production and Utilisation Facilities	
1E	Class 1E material	Kwaliteitsgroep gedefinieerd in 10CFR50.49: veiligheidsgebonden elektrische uitrusting die moet blijven functioneren tijdens en/of na de in het ontwerp voorziene voorvallen. Zie ook N1E en PAMS.
AC	Alternating Current	
ADG	Administratief gebouw	
AF	Auxiliary Feed	Hulpvoedingswater
AFW	Auxiliary Feed Water	Hulpvoedingswater
ATWS	Anticipated Transient Without Scram	
AWW	Antwerpse Waterwerken	
BAR		Gebouw reactorhulpdiensten
BK	Bunker / Bedrijfskamer	
BKR	Bunker	
BKZ	Bunker Controlezaal	
CD	Cooling Diesels	Toevoeging RN koeltorens vanuit LU bij onbeschikbaarheid CW
CF		Gekoeld Water
CGCCR	Centre Gouvernemental de Coordination et de Crise	Coördinatie- en crisiscentrum van de federale overheid
CMCPB	Crisis Management Center Productie België-Luxemburg	
CRDM	Control Rod Drive Mechanism	Aandrijving van de controlestaven van de reactor
CRDS	Control Rod Drive Shaft	
CV	Chemische en volumetrische controle	
CW	Circulatie water	
DBE	Design Basis Earthquake	Ontwerpbasis Aardbeving
DBF	Design Basis Flood	Ontwerpbasis Overstroming
DC	Direct Current	Wordt ook gebruikt voor de Elektrische Hulpdiensten Gelijkspanning
DD		Ontgast gedemineraliseerd water (secundair)
DG		Dieselmotoren (niet GNS)
DW		Ontgast Gedemineraliseerd Water (primaire)

EA		Nood-boorzuur injectiekring
EC	Emergency Cooling	Backup voor de CC-koelkring: noodtussenkoeling primair vanuit het GNS
ECOS	Emergency Call Out System	
ED	Emergency Dieselgroepen	Redundante dieselaggregaten
EF	Emergency Feedwater	Noodvoedingswater
EI	Emergency Instrument air	Noodperslucht
EPRI	Electric Power Research Institute	
ERF	Emergency Response Facility	
ERG	Emergency Response Guidelines	Procedures bedrijf
EUR	Europese gids voor nieuwe kerncentrales	
EV	Emergency Ventilation	In het GNS
EW	Extractie water	
FE	Fire Water System	Brandweerkring
FR		Filter
GMH	Gebouw Mechanische Hulpdiensten	
GNH	Gebouw Nucleaire Hulpdiensten	
GNS	Gebouw voor Noodsystemen	
GSG	Gebouw Stoomgeneratoren	
GVD	Gebouw volledige Demineralisatie	
HC		Waterstofrecombinatoren
HCLPF	High Confidence in Low Probability of Failure	
HKZ	Hoofdcontrolezaal	
HSK	Hulpstoomketels (gebouw)	
IA-IAK	Instrumentation Air	Regelperslucht en noodperslucht
IDF	Intensiteit-Duur-Frequentie	
ISLOCA	Interfacing Systems Loss of Coolant Accident	
KCD	Kerncentrale Doel	
KD		Bunker/Gelijkstroomnet
KE		Elektrische voeding bij onbeschikbaarheid uitwendig net en nooddiesels
KR		Bunker/Net geregelde spanning
KS		Bunker/Commandozaal
KSB	Koninklijke Sterrenwacht van België	
KVR	Koelvijver	
KZ	Controlezaal	
LDSI	Lage Druk Safety Injection	Lage Druk Veiligheidsinjectie
LN		Vloeibare effluenten niet primair/gebaroteerd + secundaire afvalwaters (WAB)
LOCA	Loss Of Coolant Accident	
LOOP	Loss of off-site power	
LU		Koelvijvers
LUHS		Verlies van de primaire ultieme koelbron
MAH		Magazijn
MAZ	Machinezaal	
MORV	Motorised Operated Relief Valve	Gemotoriseerde ontlastingsklep, zie ook PORV
MS	Middenspanning	Hoofdstroom
MSK-schaal	Medvedev-Sponheuer-Kamik-schaal	Geeft een indicatie van de vernietiging van voorwerpen en gebouwen en van de veranderingen in de omgeving van de aardbeving, maar ook van de psychologische gevolgen voor de bevolking, van angst en paniek tot algemene paniek.
MV	Meetkringen Vormverandering reactorgebouw	Hoofdschouw-noodschouw
MW		Niet-ontgast gedemineraliseerd water
MWP		Gebouw pompenkelder

1 ALGEMENE GEGEVENS

NKZ	Noodcontrolezaal	
NP	Noodplan	
NPK	Noodplankamer	
NPP	Nuclear Power Plant	
NRC	Nuclear Regulatory Commission	
OBE	Operating Basis Earthquake	
OIO	Ongeval Inwendige Oorsprong	Vb. Loca, SGTR, etc.
OTSC	On-site Technical Support Center	Noodcentrum
OVG	Ondergrondse Verbindings-Galerij	
PAMS	Post-Accident Monitoring System	
PAR		Passieve Autocatalytische recombinateuren
PB		Boorzuurbereidingskring
PGA	Peak Ground Acceleration	Max. versnelling op grondniveau
PL	Pool Loop	Splijststofopslag- en transferkring
PORV	Pressurized Operated Relief Valve	Pneumatische ontlastingsklep, zie ook MORV
PP	Pump	
PR	Pressurizer	Drukregelvast (primaire kring)
PS	Primaire Staalnaam	
PSA	Probability Safety Assessment	
PSHA	Probabilistic Seismic Hazard Analysis	
PU		Zuivering primaire kring
PWR	Pressurized Water Reactor	
RC		Reactorkoeling
RGB	Reactorgebouw	
RJ		Noodkoelsysteem dichtingen primaire
(RC-) pompen		
RM	Radioactivity Monitoring	Radioactiviteitsmetingen en stralingscontrole
RN		Koeling CCW-kring (WAB)
RR		Reservoir
RW	Ruw-Waterkring	
RWST	Refueling Water Storage Tank	
SAM	Severe Accident Management	
SAMG	Severe Accident Management Guidance	
SB	Stralingsbescherming	
SBO	Station Black-out	
SC		Stilstandskoeling
SCG	Splijststof Container Gebouw	
SCK	Studiecentrum voor Kernenergie in Mol	
SD-kelder		Secundair rioolwater en afval regeneratie-effluenten
SEBIM		Type gepiloteerde veiligheidsklep
SFP	Single Failure Proof	Systeem dat bestand moet zijn tegen enkelvoudig falen (door redundantie,...)
SG	Steam Generators	Stoomgeneratoren
SI		Veiligheidsinjectie
SMA	Seismic Margin Assessment	
SMR	SMR-analyse	Analyse n.a.v. Fukushima
SP	Sproeikring reactorgebouw	
SPG	Splijststofgebouw	
SQUG	Seismic Qualification Utility Group	
SSC	Structuren, Systemen en Componenten	
SSE	Safe Shutdown Earthquake	

TAW	Tweede Algemene Waterpassing	
TE	Tractebel Engineering	
TJH	Tienjaarlijkse Herziening	
TS	Technical Specifications	Technische specificaties
TSAR	Topical Safety Analysis Report	
TUR	Tussenruimte Reactorgebouw	
TW		Stadswater
VAN	Ventilatie gebouw nucleaire hulpdiensten (GNH) – niet-veiligheidsdeel	
VAS	Ventilatie gebouw nucleaire hulpdiensten (GNH) - veiligheidsdeel	
VBa	Stoomontlastingsklep	
VC	Ventilatie reactorgebouw (RGB)	
VDA	Atmosferische ontlastingsafsluiters	
VE	Ventilatie Elektrische hulpdiensten	
VEN	Ventilatie gebouw Elektrische hulpdiensten (GEH) – Niet-veiligheidsdeel	
VES	Ventilatie gebouw elektrische hulpdiensten (GEH) - Veiligheidsdeel	
VF	Ventilatie splijtstofgebouw (SPG)	
VH	Ventilatie gebouw mechanische Hulpdiensten (GMH)	
VI	Ventilatie tussenruimte en waterbekkens reactorgebouw	
VK	Ventilatie bunker	
VP	Ventilatie controlezaal	
WAB	Water- en Afval-Behandelingsinstallatie	
WANO	World Association of Nuclear Operators	
WOG	Westinghouse Owners Group	
WR	Wachtrol	Onderscheid tussen WR2, WR STA en WR WAB/Site
WVP	Watervang Pompstation Doel 3&4	

2

AARDBEVING



2.1 Het seismisch concept

p. 48

2.1.1. Aardbeving waartegen de nucleaire eenheid bestand is

- 2.1.1.1. Kenmerken van de Design Basis Earthquake (DBE)
- 2.1.1.2. Evaluatie Design Basis Earthquake (DBE)
- 2.1.2.3. Toereikendheid seismisch concept

2.1.2. Veiligheidsvoorzieningen

- 2.1.2.1. Structuren, systemen en componenten (SSC)
- 2.1.2.2. Operationele voorzieningen
- 2.1.2.3. Onrechtstreekse gevolgen van de referentie-aardbeving

2.1.3. Eenheid conform met huidige licentie

- 2.1.3.1. Licentie verzekeren
- 2.1.3.2. Organisatie van mobiele uitrustingen
- 2.1.3.3. Mogelijke afwijkingen
- 2.1.3.4. Controle conformiteit

2.2 Evaluatie van de veiligheidsmarges

p. 67

2.2.1. Aardbeving waartegen de centrale bestand is zonder schade aan de splijtstof

- 2.2.1.1. Veiligheidsmarges in het ontwerp van nucleaire centrales
- 2.2.1.2. Zwakke punten en cliff edge effects
- 2.2.1.3. Verbeteringen

2.2.2. Aardbeving met verlies van containment

2.2.3. Aardbeving en overstroming

- 2.2.3.1. Tsoenami en seiche
- 2.2.3.2. Vloedgolf van 0,5 m
- 2.2.3.3. Overstroming van de site
- 2.2.3.4. Besluit overstroming als gevolg van aardbeving

2.1

Het seismisch concept

Met welke aardschokken werd rekening gehouden bij het basisontwerp van de vier nucleaire centrales in Doel? Dit is de centrale vraag in dit hoofdstuk.

De centrales in Doel zijn dusdanig ontworpen dat ze bestand zijn tegen een aardbeving met een magnitude die minstens 5,6 op de schaal van Richter bedraagt. De structuren, systemen en componenten (SSC) die nodig zijn om de centrales veilig te kunnen stilleggen, zijn gekwalificeerd voor een site specifiek spectrum, dat overeenkomt met een maximale versnelling op grondniveau van 0,058 g. Voor Doel 3&4 werd deze waarde afgerond naar een maximale versnelling van 0,1 g. Tegenover dit ontwerp werden geen afwijkingen vastgesteld.

De Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB) maakte in dit verband een studie op basis van de meest recente seismische gegevens. Uit deze studie blijkt – ook rekening houdend met de specifieke eigenschappen van de bodem in Doel – dat een aardbeving die eens om de 10.000 jaar voorkomt (gemiddelde waarde), alsook een aardbeving die eens om de 100.000 jaar voorkomt (mediaan waarde), nog steeds in overeenstemming zijn met de aardbeving die in het ontwerp is opgenomen.

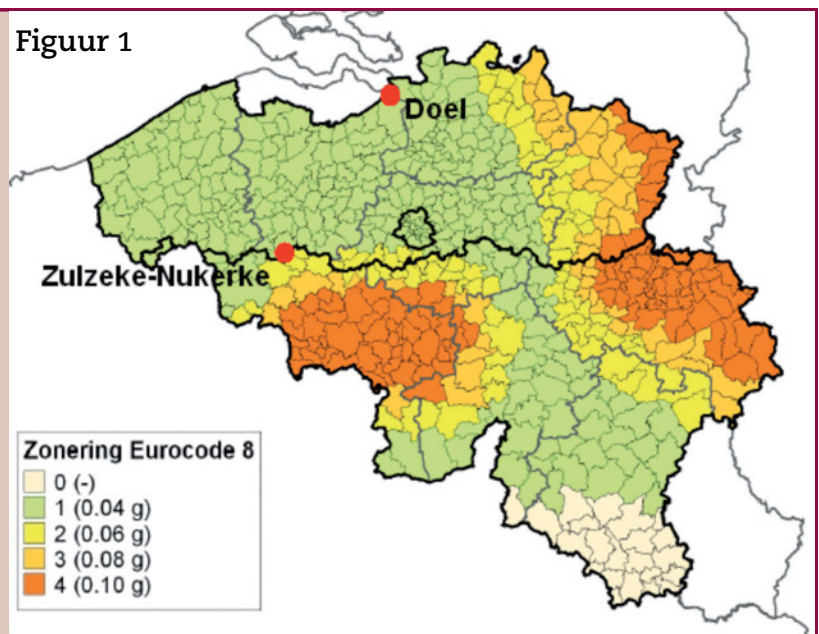
We kunnen bijgevolg besluiten dat het ontwerp van Doel 1&2 en Doel 3&4 met betrekking tot de weerstand tegen aardbevingen, nog steeds voldoende is.

Het is een algemene vaststelling dat in het noord-oostelijk deel van Europa de seismische activiteit lager is dan in de rest van de wereld. Niettemin werden de installaties van de site in Doel ontworpen om een aardbeving te weerstaan die zwaarder is dan degene die je in Doel zou kunnen verwachten. Doel maakt deel uit van het Londen-Brabant Massief. Het Brabant Massief is in het noorden, oosten en zuiden begrensd door een kolenscherm. Dit scherm scheidt het massief in het noorden af van de graben van de Beneden-Rijn, in het zuid-oosten van het Ardeens Massief, in het zuiden en zuid-westen van het Bekken van Parijs.

Seismisch risico

Het seismisch risico van een gebied – gemeten over een bepaalde periode – geeft de graad van waarschijnlijkheid aan waarmee zich in dat gebied aardschokken kunnen voordoen. Om dit seismisch risico te berekenen beschikken we over twee methoden: de probabilistische methode, of Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA), en de deterministische methode. Om het seismisch risico van een gebied te berekenen is het noodzakelijk het optreden van aardbevingen in tijd en ruimte te kennen. De kaart geeft de seismische zones in België weer. Ze toont de zonering volgens de Belgische nationale bijlage bij Eurocode 8.

Figuur 1



Bij een aardbeving maken we onderscheid tussen de sterkte (of de magnitude) en de intensiteit. De magnitude is een maat voor de energie die vrijkomt in het epicentrum van de aardbeving. De intensiteit is een maat voor de schade die de aardbevingen aan de oppervlakte teweegbrengen.

De schaal van Richter is de meest gebruikte meetschaal waarop de magnitude van een aardbeving in een getal wordt uitgedrukt. Dit getal is dus een maat voor de energie die bij een aardbeving vrijkomt.

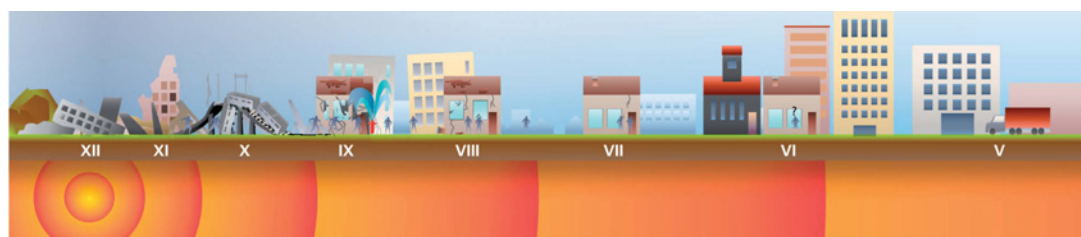
De Medvedev-Sponheuer-Karnik-schaal, ook MSK of MSK-64 (uit 1964) genoemd, is een macroseismische intensiteitsschaal. Ze geeft een indicatie van de vernietiging van voorwerpen en gebouwen en van de veranderingen in de omgeving van de aardbeving, maar ook van de psychologische gevolgen voor de bevolking, van angst en paniek tot algemene paniek.

Ter illustratie: de aardbeving in Zulzeke-Nukerke op 11 juni 1938 had een kracht van 5,6 (vrij krachtig) op de schaal van Richter en had in het epicentrum een intensiteit VII (zeer sterk) op de MSK-schaal.

Tabel 1 ↘

Onderstaande tabel geeft een beschrijving van de MSK-schaal:

Sterkte	Uitwerking / gevolgen
I	Niet gevoeld, slechts door seismometers geregistreerd
II	Nauwelijks gevoeld, alleen onder gunstige omstandigheden gevoeld.
III	Zwak, door enkele personen gevoeld. Trilling als van voorbijrijdend verkeer.
IV	Vrij sterk, door velen gevoeld. Trillingen als van zwaar verkeer. Rammelen van ramen en deuren.
V	Sterk, algemeen gevoeld. Opgehangen voorwerpen slingeren. Slapende mensen worden wakker.
VI	Lichte schade. Schrikreacties. Voorwerpen in huis vallen om. Lichte schade aan minder solide huizen.
VII	Behoorlijke schade. Schade aan veel gebouwen. Schoorstenen breken af. Golven in vijvers. Kerkklokken geven geluid.
VIII	Zware schade. Algemene paniek. Algemene schade aan gebouwen. Zwakke bouwwerken gedeeltelijk vernield.
IX	Verwoestend. Veel gebouwen zwaar beschadigd. Schade aan funderingen. Ondergrondse pijpleidingen breken.
X	Buitengewoon verwoestend en extreme schade. Verwoesting van vele gebouwen. Schade aan dammen en dijken. Grondverplaatsing en scheuren in de aarde.
XI	Catastrofaal. Algemene verwoesting van gebouwen. Rails worden verbogen. Ondergrondse leidingen vernield.
XII	Buitengewoon catastrofaal. Algemene verwoesting. Verandering in het landschap. Scheuren in rotsen. Talloze vernielingen.



Illustratie van de MSK-schaal



SSE (Safety Shutdown Earthquake): de kracht van de aardbeving waaraan de site maximaal kan worden blootgesteld, zonder dat er schade kan optreden aan de veiligheidsfuncties van de reactor en de opslagbekkens voor de gebruikte splijtstof. Zolang dit SSE niet overschreden wordt, kan de reactor met zekerheid in veilige omstandigheden worden stilgelegd (Safe Shutdown).

DBE (Design Basis Earthquake): de maximale kracht van de aardbeving die verrekend werd in de dimensionering van de installatie (structuren, systemen en componenten). DBE is groter dan of gelijk aan SSE.

OBE (Operating Basis Earthquake): de maximale kracht van de aardbeving waarbij het verder functioneren van de centrale geen enkel risico voor het publiek inhoudt. Bij overschrijding van deze grens dient de reactor stilgelegd voor inspectie.

Breuklijn

Een breuklijn is de plaats waar in een geologisch recente periode een breuk of verschuiving in de aardkorst voorkwam, en waarvan men veronderstelt dat een nieuwe breuk tot een aardbeving zou kunnen leiden.

Seismische zone

Een seismische zone is de geografische zone waarin de waarschijnlijkheid van voorkomen van een welbepaalde aardbeving (magnitude, diepte) overal vergelijkbaar is. Seismische zones zijn meestal gesitueerd rond een bepaalde breuklijn of rond eenzelfde tectonische structuur. Het Belgisch grondgebied is opgedeeld in verschillende zones in functie van de waarschijnlijkheid van het voorkomen van aardbevingen, op basis van de historisch waargenomen aardbevingen.

2.1.1. Aardbeving waartegen de nucleaire eenheid bestand is

Bij de bouw van de vier eenheden, Doel 1&2 en Doel 3&4, werd tenvolle rekening gehouden met het (zij het in deze contreien heel kleine) risico op een aardstok – bij Doel 1&2 weliswaar pas vanaf 1985. We sommen hieronder de kenmerken op van deze Design Basis Earthquake (DBE). Nadien leggen we uit hoe deze DBE tot stand is gekomen. We beschrijven welke veiligheidsvoorzieningen zijn ingebouwd, en besluiten dat de eenheid nog steeds conform is met de basislicentie.

2.1.1.1 Kenmerken van de Design Basis Earthquake (DBE)

Het niveau van de Design Basis Earthquake (DBE) wordt uitgedrukt in termen van de Peak Ground Acceleration (PGA). We maken een onderscheid tussen Doel 1&2 enerzijds en Doel 3&4 anderzijds.

De Peak Ground Acceleration (PGA) voor de site in Doel bedraagt 0,058 g. Voor de DBE van Doel 1&2 werd deze waarde genomen. Voor Doel 3&4 werd in het ontwerp rekening gehouden met een naar boven afgeronde waarde van 0,1 g.

Doel 1&2

Bij de bouw en ingebruikname (1975) van Doel 1&2 werd de Nucleaire Productiezone Doel algemeen beschouwd als 'aardbevingsvrij'. Bij het oorspronkelijk ontwerp van de twee eenheden werd geen rekening gehouden met het risico op een aardbeving.

Bij de eerste tienjaarlijkse herziening (1TJH) werd beslist om het risico op een aardbeving alsnog in te bouwen. De Peak Ground Acceleration (PGA) van de Design Basis Earthquake (DBE) werd daarbij vastgelegd op 0,058 g. Deze waarde is het resultaat van seismisch onderzoek waarvan de gevolgde methodologie hierna aan bod komt.

Voor het veilig stoppen van de eenheden bij een aardbeving van die intensiteit werd een nieuw gebouw met extra veiligheidssystemen opgericht en kregen bestaande structuren en uitrustingen een upgrade.

Doel 3&4

Zoals hierboven aangegeven blijft de maximale PGA die de site in Doel zou kunnen bedreigen, ver onder 0,1 g. Niettemin werd bij de bouw van Doel 3 en 4 uitgegaan van een PGA van 0,1 g als ondergrens, zoals ook bepaald in Appendix A van 10 CFR 100.

Naar aanleiding van de vervanging van de stoomgeneratoren van Doel 3 werd een gedetailleerde studie van versterking-damping door de bodem uitgevoerd. Zo werd aangetoond dat een seismisch niveau van 0,1 g – onderaan de Boomse kleilaag – niet leidde tot een versnelling (PGA) op grondniveau groter dan 0,056 g.

2.1.1.2. Evaluatie Design Basis Earthquake (DBE)

Welke methodologie werd gevolgd om de DBE te bepalen?

Via de deterministische methode verplaatsen we de zwaarste aardbeving die zich ooit in de buurt heeft voorgedaan, zo dicht mogelijk bij de site. De Safe Shutdown Earthquake (SSE) geldt als referentie-aardbeving. De zwaarste beving van de 20ste eeuw in België, met Zulzeke-Nukerke als epicentrum, had een kracht van 5,6 op de schaal van Richter.

Volgens de deterministische methode wordt eerst nagekeken welke de zwaarste aardbeving was die zich ooit in de buurt van de nucleaire site heeft voorgedaan. Vervolgens wordt uitgegaan van de veronderstelling dat die aardbeving, met die magnitude, zich zou voordoen op de site zelf of in de onmiddellijke omgeving van de site, rekening houdend met de gekende **breuklijnen** in de aardkorst. Het epicentrum wordt dus, voor de berekening, verplaatst tot vlak bij de centrale. Anders gezegd:

- van een beving die zich heeft voorgedaan in de **seismische zone** waartoe de site behoort, wordt verondersteld dat ze zich op de site zelf zou kunnen voordoen; en
- van een beving in de andere zones wordt verondersteld dat ze zich in de nabije omgeving van de site of op dezelfde breuklijn zou kunnen voordoen.

De intensiteit van de Safe Shutdown Earthquake (SSE) wordt dan bepaald rekening houdend met de verzwakking (of: afname van intensiteit) in de bodem.

Een alternatieve methode bestaat erin de maximale intensiteit te bepalen die ooit ter hoogte van de site werd waargenomen als gevolg van een aardbeving. Vervolgens wordt een veiligheidsmarge toegevoegd die overeenkomt met één graad van intensiteit op de MSK-schaal. Tenslotte wordt de maximale versnelling op grondniveau (PGA) afgeleid uit de correlatiecurves intensiteit-maximale versnelling op de grond, en dit voor alle trillingsfrequenties. Dit wordt het spectrum genoemd. Onderstaande aardbevingen (tabel 2) werden voor deze studie van de site in Doel in beschouwing genomen:

Tabel 2

Benaming	Intensiteit (MSK)	Diepte (km)	Magnitude (Richter)	Minimum afstand tot de site (km)
Massief Ardennen-Rijnland				
• Streek van Luik	VII	3-10	4.9	115
• Bekken van de Haine	VII	3-6	4.4	95
Massief Londen-Brabant				
• Breuken boven Jeker	VII	20-30	6.0	80
• WNW-OZO gerichte breuk	VII	10-24	5.6	60
Bekken van Parijs-Engeland				
• N-Z breuken	VIII	30	6.5	165
Bekken Noordzee-Nederland en Noord-Duitsland				
• Doggerbank	VIII		6.3	220
Rijn-Graben structuren				
• Boven-Rijn	VIII	8-16	6.0	165
• Graben-Roermond	VI	2-15	4.5	50

De beving met de grootste impact op Doel tot nog toe is de aardbeving van Zulzeke-Nukerke (1938): het epicentrum bevond zich op een afstand van ongeveer 75 km van de site. Deze aardbeving is historisch gezien de meest relevante: ze bereikte de hoogste intensiteit en fungeerde dan ook als referentiepunt bij de conceptfase. De beving had een magnitude van 5,6 op de schaal van Richter en werd in Doel waargenomen met een intensiteit V op de MSK-schaal.

Uitgaande van deze aardbeving werden beide deterministische methodes op de site in Doel toegepast. Beide gaven ongeveer hetzelfde resultaat. De hoogste waarde voor de PGA werd uiteindelijk voor de site weerhouden. De overeenstemmende horizontale versnelling op grondniveau voor frequenties ≥ 33 Hz bedraagt 0,058 g.

Het volledige **trillingsspectrum** werd vervolgens bepaald rekening houdend met de specifieke eigenschappen van de ondergrond in Doel. Het aldus bekomen specifiek bouwplaats-afhankelijk spectrum werd voor Doel 1&2 als basisgegevens aangenomen voor het nazicht van de weerstand van de gebouwen tegen aardbevingen. Zoals hoger reeds vermeld werden voor Doel 3&4 hogere versnellingen in rekening gebracht dan nodig volgens dit spectrum.

PGA (Peak Ground Acceleration) of de maximale versnelling op grondniveau, is de belangrijkste parameter die een aardbeving kenmerkt. De PGA wordt meestal uitgedrukt in g, zijnde een eenheid die gelijk is aan de valversnelling of zwaartekracht op aarde ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$). Vermits de vorm van het frequentiespectrum karakteristiek is voor een bepaalde lokatie, en onafhankelijk is van de grootte van de versnelling, wordt de PGA bij hoge frequenties meestal als referentie gebruikt. Voor sterkteberekeningen van gebouwen en uitrustingen gebruikt men dan uiteraard het volledige spectrum. Dit spectrum is immers een weergave van de respons van gebouwen en uitrustingen in functie van hun natuurlijke eigenfrequenties. De lage frequenties (0 tot enkele Hz) zijn karakteristiek voor de respons van gebouwen, terwijl de hogere frequenties (vanaf 10 Hz) over het algemeen bepalend zijn voor de respons van mechanische en elektrische uitrustingen. Het bepalen van de PGA tijdens een aardbeving is dus een manier om het seismisch risico op een bepaalde lokatie te kwantificeren. Meestal wordt daarbij de maximale horizontale versnelling gebruikt als referentie bij sterkteberekeningen, aangezien deze de meest destructieve is. In seismisch actieve gebieden, zoals Japan en Turkije, zal de PGA dikwijls hoger zijn dan 0,5 g. In seismisch inactieve gebieden, zoals België, ligt de PGA tussen 0 en 0,1 g.

Trillingsspectrum

Het trillingsspectrum dat voor het nazicht van de sterkte van gebouwen en uitrustingen wordt gebruikt, is het horizontaal responsspectrum voor de SSE. Dit spectrum is kenmerkend voor de site. De grafische voorstelling hiervan wordt punt per punt berekend door een massa-veersysteem te solliciteren met variërende frequentie. De frequentie wordt uitgezet in absis en de maximale respons van het systeem (voor de gegeven aardbeving) in ordinaat.

Analyse van de seismische activiteit en van de aardshokken uit het verleden tonen voldoende aan dat Doel zich buiten elke gevarezone bevindt.

2.1.1.3. Toereikendheid seismisch concept

Gevraagd naar een conclusie over de toereikendheid van de 'design basis'.

Uit een probalistische studie uitgevoerd door de Koninklijke Sterrenwacht van België blijkt dat een aardbeving die leidt tot een maximale versnelling aan de oppervlakte van 0,081 g op de site in Doel, zich slechts eens om de 10.000 jaar voordoet. Deze waarde blijft zonder gevolg voor de seismische weerstand van de centrale zoals die voorzien is in de ontwerpbasis.

Vroeger was de deterministische methode de algemeen gangbare aanpak bij een seismische studie. Tegenwoordig is dat niet meer zo, en wordt veeleer de probabilistische methode (PSHA) toegepast. Bedoeling van die methode is na te gaan wat de ergst denkbare aardbeving is voor de seismische zone waartoe de nucleaire site behoort.

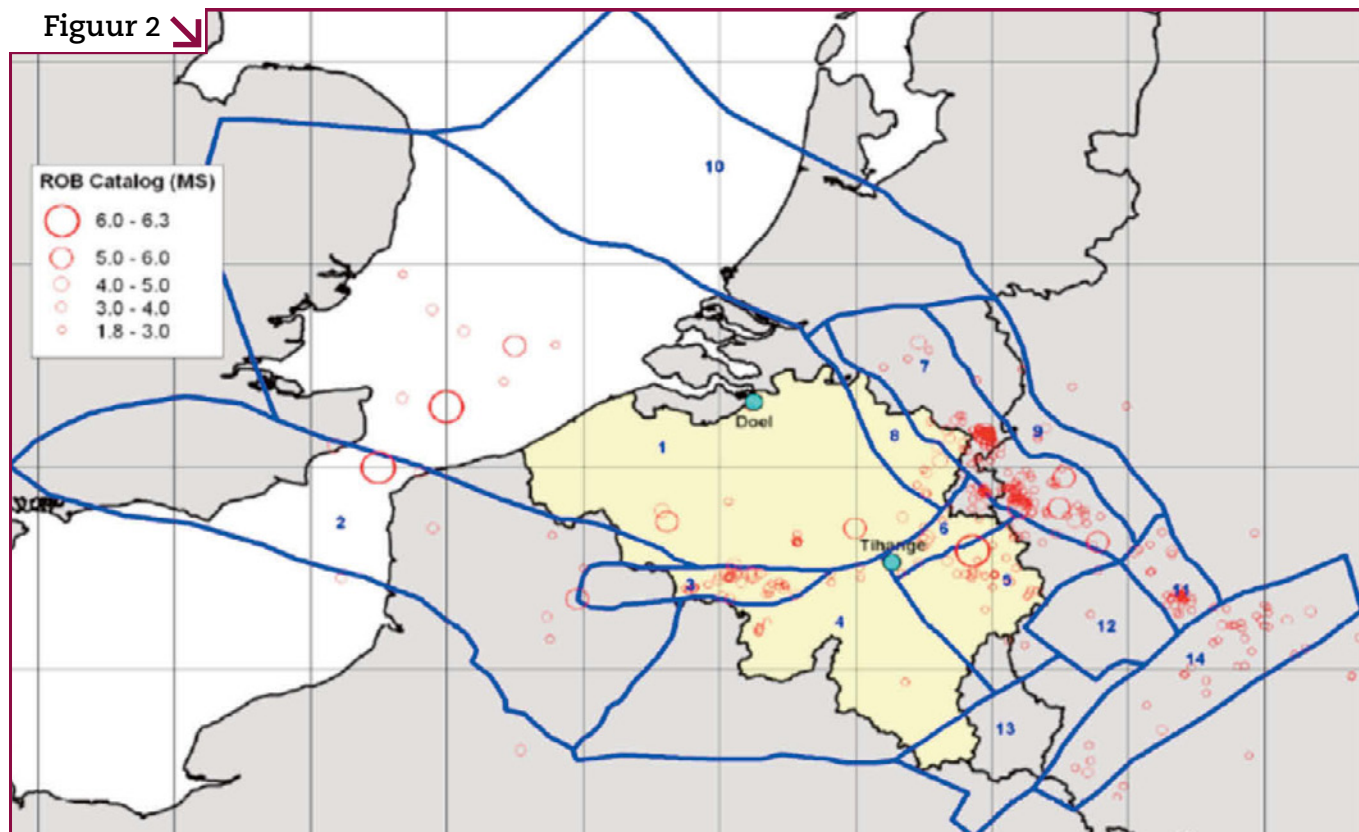
Een dergelijke studie lieten we uitvoeren door de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB). Er werd uiteraard rekening gehouden met de meest recente aardbevingen in België, maar de centrale vraag was toch: zijn de seismische gegevens van toen, bij de ingebruikname van de vier eenheden in Doel, nog wel geldig. En, tegen welke aardbeving dient de site nu minimaal bestand te zijn?

De afgelopen jaren zijn er twee markante evoluties geweest met betrekking tot het definiëren van het seismisch risico:

- wat betreft de kennis van het seismisch risico in België, werd de aardbeving in Verviers (1692) beter onderzocht en in kaart gebracht;
- wat betreft de gebruikte methode voor het vastleggen van het seismisch risico, wordt meer en meer de probabilistische methode gebruikt, die over het algemeen strengere criteria oplegt dan de oudere, deterministische methode. Hierbij worden alle historisch gekende aardbevingen in beschouwing genomen, die van enige betekenis kunnen zijn voor de site. Men gebruikt hierbij de meest recente kennis over de seismische zones in en rond België.

De kaart toont de seismische zones in en rond België.

Figuur 2



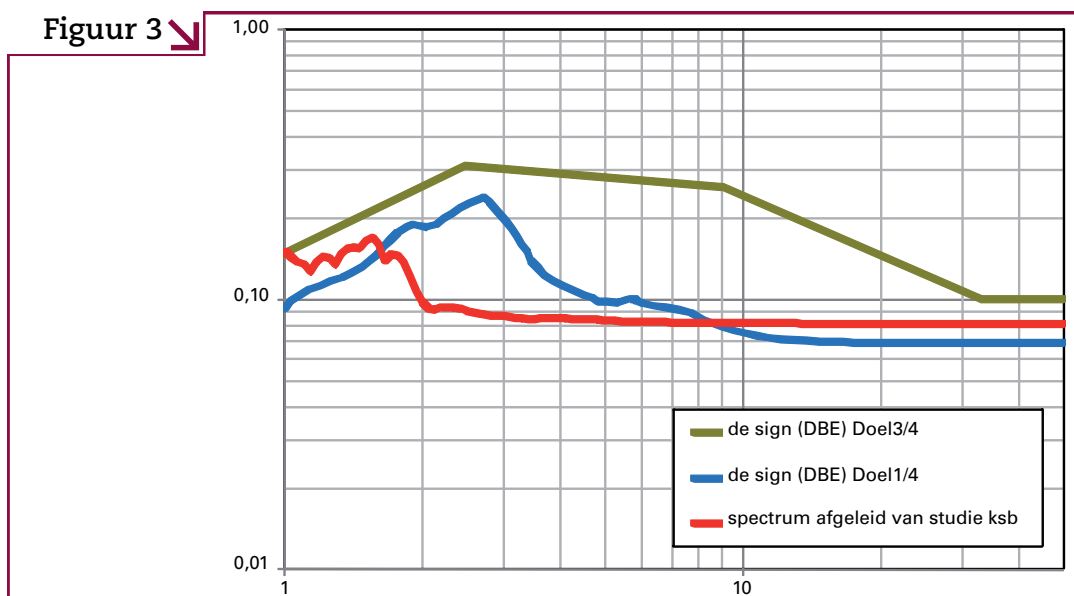
De seismische gegevens van het ontwerp (Design Basis) van Doel 1&2 en Doel 3&4 werden getoetst aan de recente probabilistische studie zoals hierboven uiteengezet. De vergelijking werd gemaakt rekening houdend met de maximale versnelling en het spectrum op grondniveau. Het seismisch concept is met andere woorden niet alleen gebaseerd op de maximale versnelling (Peak Acceleration) maar ook op het responspectrum aan de oppervlakte, dat een indicatie is voor de mate waarin structuren en uitrustingen reageren op trillingen van de bodem.

Uit de studies is gebleken hoe groot het seismisch niveau is uitgedrukt in termen van maximale versnelling en spectrum op ongeveer 600 m diepte (rotsgesteente). Op deze diepte bedragen de maximale versnellingen:

- 0,053 g voor een aardbeving die om de 1.000 jaar (gemiddelde waarde) wordt verwacht,
- 0,146 g voor een aardbeving die om de 10.000 jaar (gemiddelde waarde) wordt verwacht.

De maximale versnellingen van de aardbeving waarvan we met 84 % zekerheid kunnen zeggen dat ze zich slechts eens om de 10.000 jaar voordoet, alsook van de 'mediaan' waarden voor 100.000 jaar, zijn beide kleiner dan 0,146 g. Deze laatste begrippen worden dikwijls als referentie gebruikt.

De meest penaliserende waarde van de maximale versnelling op de rotslaag, zijnde de gemiddelde waarde voor 10.000 jaar, werd naar boven afgerond naar 0,15 g en werd vervolgens vertaald naar de situatie aan de oppervlakte in Doel, rekening houdend met de specifieke kenmerken van de bodem. Hierbij werd gebruik gemaakt van het spectrum dat de Regulatory Guide 1.60 voorschrijft. Deze werkwijze wordt voor alle centrales in de Verenigde Staten gebruikt en kan als conservatief beschouwd worden. Dit laat ons vervolgens toe een vergelijking te maken met de corresponderende waarden in de ontwerpbasis. Onderstaande figuur laat de resultaten zien:



- De frequenties die te beschouwen zijn om de weerstand van de gebouwen te evalueren, liggen tussen 1,5 en 5 Hz. In deze zone geeft de nieuwe evaluatie een beduidend lagere waarde voor de versnelling op grondniveau dan deze waarmee rekening gehouden werd in het ontwerp van Doel 1&2 en van Doel 3&4.
- Voor de uitrustingen die zich in de gebouwen bevinden, zijn doorgaans de hogere frequenties van belang. In deze zone geeft de nieuwe evaluatie een waarde voor de maximale versnelling op grondniveau (PGA) van 0,081 g. Deze waarde is lichtjes hoger dan deze waarmee rekening gehouden werd in het design van Doel 1&2, en is lager dan de ontwerpwaarden van Doel 3&4. Dit kleine verschil blijft verder zonder noemenswaardige betekenis voor de reële seismische weerstand van de uitrustingen bij een dergelijke beving.

Alle seismisch gekwalificeerde uitrustingen worden immers ontworpen en gebouwd met in acht name van ruime veiligheidsfactoren. Dit werd bevestigd door de SMR studie, waarbij de integriteit van de relevante uitrustingen werd geëvalueerd bij een versnelling van 0,3g (zie verder).

Merk op dat een studie uitgevoerd naar aanleiding van de vervanging van de stoomgeneratoren van Doel 3 reeds had aangetoond dat er een daling van de hoge frequenties optreedt doorheen de verschillende aardlagen.

Als conclusie kunnen we gerust stellen dat het seismisch concept van Doel 1&2 en 3&4 op geen enkel vlak in vraag wordt gesteld door de recentere seismische studies. Het oppervlaktespectrum dat werd afgeleid uit de PGA-studie van de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB), komt nog steeds overeen met de ontwerpbasis.

2.1.2. Veiligheidsvoorzieningen

2.1.2.1. Structuren, systemen en componenten (SSC)

Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste structuren, systemen en componenten (SSC), die van essentieel belang zijn bij een Safe Shutdown, en die ook na de Design Basis Earthquake (DBE) performant blijven.

De functies die vereist zijn om Doel 1&2 naar een veilige stilstand (of safe shutdown) te brengen, worden opgelijst. Wat Doel 3&4 betreft staan twee niveau's van veiligheidssystemen standby, die in werking treden afhankelijk van de interne of externe oorzaak van het incident. Zowel bij Doel 1&2 als bij Doel 3&4 behoren de vereiste structuren, systemen en componenten (SSC's) tot de seismische categorie I. In een apart hoofdstuk gaat het tenslotte over de uiterst strenge veiligheidscriteria waaraan de containers in het Spleetstof Container Gebouw (SCG) voldoen.

Doel 1&2

Principes

Het General Design Criterium 2 van 10 CFR 50 (appendix A) vereist dat structuren, systemen en componenten die van belang zijn voor de veiligheid, zo ontworpen worden dat ze weerstand bieden tegen natuurlijke verschijnselen. Hun veiligheidsfunctie mag in geen geval in het gedrang komen.

Deze structuren, systemen en componenten behoren tot de seismische categorie I en worden ontworpen in overeenstemming met de seismische criteria die voor deze categorie van toepassing zijn. Bij het ontwerp van Doel 1 en 2 werd de seismiteit van de streek als te laag beschouwd om er bij het ontwerp rekening mee te moeten houden.

Naar aanleiding van de eerste tienjaarlijkse herziening (1TJH, 1985) werd het risico op aardbevingen opnieuw onder de loep genomen. We namen toen de beslissing om, één, een referentieaardbeving (Safe Shutdown Earthquake, SSE) in acht te nemen en, twee, om de nodige middelen te voorzien zodat de kritische veiligheidsfuncties konden worden gewaarborgd indien een dergelijke aardbeving toch zou plaatsvinden.

Bouwstructuren

De weerstand tegen de SSE van het Reactorgebouw (RGB), het Gebouw Reactorhulpdiensten (BAR) en het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten (GNH) werd heel precies berekend, uitgaande van een mathematisch model van de gebouwen. De berekeningen hebben aangetoond dat de gebouwen de aardbevingen van de SSE kunnen weerstaan.

Veiligheidssystemen

De veiligheidssystemen die vereist zijn om Doel 1&2 naar een veilige stilstand (of safe shutdown) te brengen, garanderen het behoud van volgende functies:

- de afvoer van de restwarmte, met inbegrip van de afkoeling van de primaire door de secundaire kring;
- het behoud van een onderkritische toestand van de reactor, ook bij de overgang naar en tijdens de koude stilstand;
- de controle van het waterbilan in de primaire kring;
- de controle van de druk in de primaire kring.

Deze functies maken het mogelijk om de reactor onmiddellijk in warme stilstand te brengen, en zo te houden. Op langere termijn wordt de overgang naar en het behoud van de koude stilstand

Seismische categorie 1

SSC die functioneel moeten blijven na een SSE aardbeving worden door de NRC in de RG 1.29 aangeduid als seismische categorie 1.

mogelijk. Deze functies laten eveneens het afvoeren van de warmte toe van een eenheid die zich op het ogenblik van de aardbeving reeds in koud gestopte toestand bevindt en waarbij de warmte afgevoerd wordt via de nakoelkring.

Een bijkomende veiligheidsfunctie betreft de koeling van de splijtstofopslagdokken in het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten (GNH).

Voor elke eenheid bevat het Gebouw voor Noodsystemen (GNS) een aantal extra tuigen, die het mogelijk maken de eenheden in een veilige gestopte toestand te brengen na een aardbeving (SSE). Deze noodsystemen omvatten, per eenheid:

- een noodvoedingswaterkring (EF);
- een noodinjectiesysteem voor de dichtingen (RJ) van de primaire pompen, dat eveneens toelaat het waterbilan in de primaire kring en de reactiviteit van de reactor te controleren;
- een aantal ondersteuningssystemen: perslucht (EI), ventilatie (EV), koeling van de uitrustingen (EC-kring die de functie van de CC-kring kan overnemen), elektrische voeding door diesels (ED) en batterijen, instrumentatie;
- een noodcontrolezaal (NKZ) die de controle van het geheel van de noodsystemen mogelijk maakt;
- een noodkoeling voor de splijtstofdokken (PL-kring).

Om de eenheden bij een aardbeving naar de warme stilstand en vervolgens naar de koude stilstand te kunnen brengen, en om de koeling van de dokken met gebruikte splijtstof te kunnen garanderen, werd tevens een aantal van de bestaande systemen seismisch gekwalificeerd. Deze systemen zijn:

- de primaire kring, tot en met het tweede actieve isolatie-element of het eerste passieve, normaal gesloten isolatie-element – de integriteit van de primaire kring blijft daardoor intact;
- de secundaire kring, vanaf de stoomgeneratoren tot en met het eerste isolatie-element, met het oog op het behoud van de integriteit van dit deel van de kring;
- de nakoelkring (SC) – voor de afvoer van de restwarmte op langere termijn;
- de koelkring van de splijtstofdokken (PL) – voor de afvoer van de restwarmte in de dokken;
- (de delen van) systemen en uitrustingen waarvan de val, ten gevolge van een aardbeving, schade kan veroorzaken aan de hoger vermelde systemen en uitrustingen.

Zowel het op peil houden van de waterinventaris van de primaire kring als de afkoeling en de afvoer van de restwarmte kunnen dus verzekerd worden door seismisch gekwalificeerde systemen en uitrustingen. Deze systemen en uitrustingen werden in het kader van de 1TJH gekwalificeerd tegen de SSE. Bij de 2TJH (1995) werden alle SSE-gekwalificeerde mechanische uitrustingen onderzocht op mogelijke interacties met naburige uitrustingen.

Daarnaast werd nog een tweede – volledig onafhankelijke – mogelijkheid voor het afvoeren van de restwarmte van de reactor door de stoomgeneratoren seismisch gekwalificeerd. Dit systeem omvat een opslagtank voor gedemineraliseerd water (1500 m³), een mobiele dieselpomp voor de transfer van water, en per eenheid een kleinere watervoorraadtank (95 m³) die de vereiste opvoerhoogte garandeert voor de aanzuig van de AFW-turbopomp. Opmerking: geen enkele van de benodigde pompen heeft een elektrische voeding nodig – dit systeem is bijgevolg volledig autonoom.

Elektrische uitrustingen

De elektrische uitrustingen die voor een veiligheidsfunctie vereist zijn, zijn zodanig vervaardigd dat ze correct blijven werken in alle te verwachten omstandigheden – zowel de normale, de incidentele als de ongevalsomstandigheden.

De elektrische uitrustingen van klasse 1E (volgens de definitie van de norm IEEE 323-1974), die nodig zijn ter ondersteuning van alle hoger genoemde systemen, zijn bestand tegen aardbevingen.

De seismische vereisten (opgemaakt door de structurele analyse) worden overgenomen in de uitrustingsspecificaties. De gekozen uitrustingen beantwoorden minstens aan deze minimale vereisten. Het bewijs hiervan wordt geleverd door analyse, door testen of door een combinatie van beide. Bij een gunstig resultaat wordt de uitrusting als seismisch gekwalificeerd beschouwd.

Overzicht

In onderstaande tabel worden de belangrijkste, seismisch gekwalificeerde systemen opgesomd, gegroepeerd per gebouw.

Tabel 3 

Gebouw	Kring	Naam	Functie
RGB Reactorgebouw en tussenruimte	RC	Primaire kring	Afvoer nakomende warmte reactor
	PR	Drukregelvat	Controle primaire druk Tweede barrière (spleijstofhuls – primaire kring- reactorgebouw)
	SC	Stilstandskoelkring	Afvoer nakomende warmte bij gestopte reactor
	CV	Chemische en volumetrische controle	Controle reactiviteit RC Controle waterinventaris RC-PR Injectie dichtingen RC-pompen
	RJ	Noodinjectie RC-pompen	Controle primaire druk (hulpsproei)
	EI	Noodperslucht	Sturing pneumatische afsluiters
	MS	Hoofdstoom	Afvoer nakomende warmte reactor
	FW	Voedingswater SG	Afvoer nakomende warmte reactor
BAR Reactor hulpgebouw	MS	Hoofdstoom	Afvoer nakomende warmte reactor
	AFW/EF/ FW	Noodvoedingswater stoomgeneratoren	Afvoer nakomende warmte reactor
GNS Gebouw Noodsystemen	EF	Noodvoedingswater stoomgeneratoren	Afvoer nakomende warmte reactor
	RJ	Noodinjectie RC-pompen	Noodinjectiewater dichtingen RC-pompen Controle waterinventaris RC-PR Controle van de reactiviteit RC Controle van de druk RC-PR
	EC	Noodkoelkring	Afvoer nakomende warmte bij gestopte reactor (SC in dienst)
	PL	Koeling dokken	Afvoer warmte gebruikte spleijstof
	EI	Noodperslucht	Sturing pneumatische afsluiters
	VE	Ventilatie GNS	Koeling en integriteit lokalen GNS Verbrandingslucht ED-diesels
	ED	Nooddiesels	Elektrische voeding bij onbeschikbaarheid uitwendig net en veiligheidsdiesels
		Controlezaal	Sturing GNS-uitrustingen
GNH Gebouw Nucleaire Hulpdiensten	CV/RJ	Zie hoger	
	SC	Zie hoger	
	EC	Zie hoger	
	PL	Zie hoger	
	EI	Zie hoger	

Doel 3&4

Principes

Afhankelijk van de oorzaak van een incident – intern of extern – treedt een ander veiligheidsniveau in werking.

- Een eerste niveau beschermt het milieu tegen elk incident waarvan de oorzaak binnen de installaties ligt.
- Een tweede niveau beschermt het milieu tegen elk incident waarvan de oorzaak buiten de installaties ligt.

De structuren, systemen en componenten van beide niveau's zijn zo ontworpen dat hun veiligheidsfunctie intact blijft na een eventuele aardstok. Deze SSC's zijn bestand tegen de gevolgen van een SSE, en voldoen dan ook aan de normen van seismische categorie I volgens de RG 1.29.

Bouwstructuren

- Aan de bouwstructuren van het eerste veiligheidsniveau zijn specifieke veiligheidsfuncties toegekend: lektheid, biologische afscherming, bescherming tegen projectielen van interne oorsprong,... Hun veiligheidsfunctie kan ook onrechtstreeks zijn, afhankelijk van de mate waarin hun integriteit is vereist om de goede werking van de systemen en uitrustingen veilig te stellen.
- De bouwstructuren van het tweede veiligheidsniveau bieden bescherming aan de primaire kring, aan de splijtstof die is opgeslagen in de centrale en aan de andere systemen van het tweede niveau.

Al deze structuren behoren tot de seismische categorie I. Een gedetailleerde beschrijving vindt men in § 3.8 van het veiligheidsrapport.

Veiligheidsniveau 1

De systemen van het eerste veiligheidsniveau hebben de volgende functies:

- koeling van de kern (ECCS),
- boring (injectie met boorzuur) van de primaire kring,
- vrijwaren van de integriteit van het containment,
- behoud van de bewoonbaarheid van de controlezaal.

Onderstaande kringen bevatten uitrustingen die voldoen aan de normen van de seismische categorie I.

Tabel 4



Kring	Primaire kring
RC	Primaire kring
PR	Drukregelvat
SC	Nakoelkring
CV	Kring voor chemische en volumetrische controle
PU	Zuiveringskring
PB	Boorbereidingskring
SI	Veiligheidsinjectiekring
AF	Hulpvoedingswaterkring
CC	Nucleaire tussenkoelkring
IA	Regelperslucht
MS	Hoofdstoomkring
PL	Kring van de dokken
RN	Koelkring van de CC
SP	Sproeikring RGB
VAN/VAS	Ventilatie GNH
VC	Ventilatie RGB
VEN/VES	Ventilatie GEH
VF	Ventilatie SPG
VI	Ventilatie tussenruimte
VP	Ventilatie controlezaal
	Containment isolatie afsluiters
	Elektrische voedingen (diesels)

Veiligheidsniveau 2

Bij een incident met een externe oorzaak zorgen de systemen van het tweede veiligheidsniveau ervoor dat de koeling van de kern gewaarborgd blijft. Een overzicht.

Tabel 5 

Kring	Primaire kring
Noodstopstelsysteem	Dit nieuwe systeem omvat een instrumentatie en een logica die gescheiden zijn van de instrumentatie en de logica van het noodstopstelsysteem van het eerste veiligheidsniveau. Opmerking: de zes automatische noodstopschakelaars zijn welgemeenschappelijk aan beide systemen.
Elektrisch noodvoedingssysteem	Bestaat uit drie nooddieselgroepen en hun distributienetten.
Noodboricatiekring (EA)	
Noodvoedingswaterkring van de stoomgeneratoren (EF)	
Noodinjectiekring aan de dichtingen van de primaire pompen (RJ)	
Noodkoelkring van de warmtewisselaars van de nakoelkring en het desactiveringsbekken (LU)	Kan eventueel gebruikt worden om de thermische barrières van de primaire pompen te koelen bij de overgang naar de koude stop van de centrales.
Voedingskring van water voor: • de noodvoedingswaterkring van de stoomgeneratoren (EF), • de noodkoelkring van de warmtewisselaars van de nakoelkring en het desactiveringsbekken (LU).	• Zuigt water uit de kunstmatige vijver d.m.v. de pompen in de Bunker (BKR). • Levert het koelwater voor de nooddiesels.
Luchtaanvoersysteem voor de nooddiesels	Omvat twee fysiek gescheiden luchtinlaten: de ene in de nabijheid van de gebouwen, de andere naast de vijver.
Drie of zes noodafsluiters voor stoomontlasting in de atmosfeer	Eén afsluiter per stoomgenerator voor Doel 4; twee afsluiters per stoomgenerator voor Doel 3.
De isolatieafsluiters van de stoomleidingen werden verdubbeld (zes afsluiters in totaal).	

Elektrische uitrustingen

De elektrische uitrustingen die voor een veiligheidsfunctie vereist zijn, zijn zodanig vervaardigd dat ze correct blijven werken in alle te verwachten omstandigheden – zowel de normale, de incidentele als de ongevalsomstandigheden.

De elektrische uitrustingen van klasse 1E worden onderworpen aan een kwalificatie-programma, waarbij de seismische eigenschappen en omgevingsfactoren onder de loep worden genomen.

Overzicht

In onderstaande tabel worden de belangrijkste, seismisch gekwalificeerde systemen opgesomd, gegroepeerd per gebouw.

Tabel 6 

Gebouw	Kring	Naam	Functie
Reactorgebouw en tussenruimte (RGB)	RC	Primaire kring	Afvoer nakomende warmte
	PR	Controle primaire druk Drukregelvat primaire kring- reactorgebouw)	Tweede barrière (splitsstofhuls –
	SC	Stilstandskoelkring gestopte reactor	Afvoer nakomende warmte bij
	CV	Chemische en volumetrische controle Injectie dichtingen RC-pompen	Controle reactiviteit RC Controle waterinventaris RC-PR
	EA	Noodinjectie Controle reactiviteit RC	Controle waterinventaris RC-PR
	RJ	Noodinjectie RC-pompen	Noodinjectiewater dichtingen RC-pompen
	DW	Ontgast en gedemineraliseerd water	
	SI	Veiligheidsinjectie bij inwendig ongeval	Controle waterinventaris en druk RC
	SP	Sproei RGB Integriteit RGB	Koeling RGB bij ongeval
	IA-IAK	Regelperslucht en noodperslucht	Sturing pneumatische afsluiters
	MS	Hoofdstoom	Afvoer nakomende warmte reactor
	FW	Normaal voedingswater SG	Afvoer nakomende warmte reactor
	VC	Ventilatie RGB Koeling RGB bij ongeval en afvoer nakomende warmte Integriteit RGB	Koeling RGB bij normale uitbating
	VI	Ventilatie tussenruimte	Onderdruk tussenruimte
	CC	Tussenkoelkring nucleair Afvoer nakomende warmte	Koeling hulpkringen
	LU	Tussenkoelkring nucleair nood	Afvoer nakomende warmte
	AF	Hulpvoedingswater stoomgeneratoren	Afvoer nakomende warmte
	EF	Noodvoedingswater stoomgeneratoren	Afvoer nakomende warmte
	PL	Koeling dokken	Afvoer nakomende warmte bij herlading
Splitsstof Gebouw (SPG)	PL	Koeling dokken	Afvoer warmte gebruikte splitsstof
	CC	Tussenkoelkring nucleair	Afvoer warmte gebruikte splitsstof
	LU	Tussenkoelkring nucleair nood	Afvoer warmte gebruikte splitsstof
	VF	Ventilatie SPG	
	IA-IAK	Zie hoger	

Gebouw	Kring	Naam	Functie
Gebouw Nucleaire Hulpdiensten (GNH)	CV	Zie hoger	
	PU	Zuiveringskring	Zuivering primair water
	PB	Boorzuurkring	Controle reactiviteit RC
	DW	Zie hoger	
	CC	Zie hoger	
	SI	Zie hoger	
	SP	Zie hoger	
	IA	Zie hoger	
	PS	Primaire staalname	Controle chemische parameters RC-PR
	RN	Koeling CC	Afvoer nakomende warmte en koeling hulpdiensten via CC
	VAN-VAS	Ventilatie GNH	Koeling GNH
	MV-EV	Hoofdschouw Noodschouw	
Gebouw Mechanische Hulpdiensten (GMH)	ES	Veiligheidsdiesels	Elektrische voeding bij verlies uitwendig net (inclusief phi-diesel KCD3)
	VH	Koeling diesels	Koeling diesels
	IA	Zie hoger	
Gebouw Electrische Hulpdiensten (GEH)	VEN-VES	Ventilatie GEH	Koeling gebouwen
	VP	Ventilatie controlezaal	Koeling en integriteit hoofdcontrolezaal
Hulpkoeltorens (HUK)	RN	Koeling CC	Zie hoger
	IA	Zie hoger	
	CD	Toevoeging RN	Toevoeging RN koeltorens vanuit LU bij onbeschikbaarheid CW
Bunker (BKR)	EF	Noodvoedingswater stoomgeneratoren	Afvoer nakomende warmte
	EA	Noodinjectie	Waterinventaris RC-PR Controle reactiviteit RC
	RJ	Noodinjectie RC-pompen	Noodinjectiewater dichtingen RC-pompen
	IAK	Noodperslucht	
	VK	Ventilatie BKR	Koeling en integriteit lokalen BKR Verbrandingslucht KE-diesels
	LU	Tussenkoelkring nood	Koeling hulpkringen Afvoer nakomende warmte bij stilstand
	KE	Nooddiesels	Elektrische voeding bij onbeschikbaarheid uitwendig net en veiligheidsdiesels
	MS	Hoofdstoom	Afvoer nakomende warmte Integriteit SG
	FW	Normaal voedingswater SG	Isolatie stoomgeneratoren (integriteit)
		Controlezaal	Sturing BKR-uitrustingen

Splijststof Container Gebouw (SCG)

De gebruikte splijststof wordt in lekdichte containers opgeslagen in het Splijststof Container Gebouw (SCG). De containers vervullen belangrijke veiligheidsfuncties, zowel tijdens de opslag, als tijdens het transport op de site, de diverse manipulaties tussendoor en de verladingsoperaties. De veiligheidsfuncties gelden evenzeer in normale omstandigheden als in het geval zich een incident zou voordoen. De functies zijn:

- de radiologische materialen isoleren van de omgeving;
- samen met het SCG zorgen voor de biologische bescherming tegen de ioniserende stralingen afkomstig van de gebruikte splijststofelementen;
- ervoor zorgen dat de splijtbare materialen onderkritisch blijven;
- de restwarmte van de splijststofelementen afvoeren.

De containers zijn ontworpen volgens de vereisten van de IAEA Safety Series n°6 of de recentere Safety Standard Series No TS-R-1. In transportconfiguratie voldoen ze aan de vereisten voor een container type B(U), fissile class I packaging. De in rekening gebrachte seismische spectra zijn die van de site van Tihange, zodat de containers ook daar inzetbaar zijn. De geldende waarden – 0,17 g horizontale versnelling, 0,11 g verticale versnelling voor de hoge frequenties – zijn hoger dan noodzakelijk voor de site van Doel.

Sommige containers worden rechtstreeks op de betonplaat geplaatst, andere worden eerst op een ‘stoel’ gezet. Deze stoel is een lage metalen structuur die aan de onderste tappen van de container bevestigd wordt. Een dergelijke stoel maakt het contactoppervlak tussen de container en het beton kleiner. Ook het dynamisch gedrag bij een eventuele aardbeving is daardoor anders. Deze facetten – contact en gedrag – doen echter geen afbreuk aan de opgelegde veiligheidscriteria.

De containers zijn volledig autonoom: er zijn geen systemen of uitrustingen nodig om hun integriteit te vrijwaren.

2.1.2.2. Operationele voorzieningen

Een overzicht van de belangrijkste operationele voorzieningen om de nucleaire site te beschermen tegen de gevolgen van een eventuele aardschok.

Doel 1&2 en Doel 3&4 beschikken over een procedure ‘acties na aardbeving’. Wanneer nodig treedt daarenboven een intern noodplan in werking. En te allen tijde kan een Safe Shutdown Earthquake (SSE) opgevangen worden zonder gebruik te maken van mobiele hulpmiddelen. De tijdens de uitbating gebruikte werkwijzen zorgen ervoor dat de seismische kwalificatie van uitrustingen niet in het gedrang kan komen door externe invloeden.

Acties na aardbeving

De richtlijnen van EPRI (Electric Power Research Institute), die internationaal erkend zijn als code van goede praktijk, worden gevolgd om te bepalen onder welke omstandigheden de eenheden dienen gestopt te worden, welke de voorwaarden zijn om een eenheid opnieuw te mogen starten en welke stappen we moeten zetten indien zich een nieuwe aardbeving of een naschok zou voordoen. 10CFR100 (uit de Amerikaanse wetgeving) schrijft bovendien voor dat de nucleaire site dient te beschikken over voldoende seismische instrumentatie. Die instrumentatie moet toelaten om snel een evaluatie te maken van de ernst van de aardbeving in relatie tot het design van de centrale om aldus een trapsgewijze reactie mogelijk te maken. Zo is het dan ook voorzien in de uitbatingsprocedures.

Doel 1&2 en Doel 3&4 beschikken over een procedure ‘acties na aardbeving’, gebaseerd op 10CFR50, app.S (92) en de EPRI richtlijnen.

Voor de procedure ‘acties na aardbeving’ in werking treedt, zijn er andere procedures die prioritair zijn. De te volgen procedure is afhankelijk van de concrete toestand waarin de eenheid zich bevindt en de mogelijke complicaties als gevolg van de aardbeving. Er zijn procedures voor het geval de eenheid nog in werking of warm gestopt is, en voor het geval de eenheid koud gestopt is – nakoekring verbonden met de primaire kring, en primaire kring al dan niet geopend.

Indien de centrale niet meer bestuurd kan worden vanuit de normale controlezaal en met behulp van de eerste-niveau-systemen, zijn er procedures voorhanden om de centrale in veilige stop te brengen en te houden, vanuit de noodcontrolezaal en met behulp van de tweede-niveau-systemen (GNS of bunker-systemen). Het gaat hier over:

- stabilisatie in warme toestand vanuit GNS/bunker,
- afkoeling vanuit GNS/bunker.

Intern noodplan

Er bestaat een intern noodplan dat flexibel genoeg is om elk incident op te vangen dat de veiligheid van de installaties of personen bedreigt of een impact op het milieu zou kunnen hebben. De bedrijfsploegen en het personeel bevoegd voor de stralingsbescherming zijn verantwoordelijk voor de eerste interventies. Naargelang de ernst van de situatie wordt bijkomend personeel opgeroepen.

Er zijn verschillende wachttrollen van kaderleden, die elk binnen een relatief beperkte tijd op de site aanwezig kunnen zijn. Op die manier beschikken we heel snel over de nodige specialisten in de verschillende competentiedomeinen. De kaderleden kunnen indien nodig extra personeel oproepen.

Mobiele hulpmiddelen

Doel 1&2 en Doel 3&4 zijn erop voorzien de referentieaardbeving (SSE) te kunnen opvangen zonder gebruik te moeten maken van mobiele hulpmiddelen. Niettemin houden we een aantal van die hulpmiddelen standby teneinde het restrisico te beheersen voor het zeer onwaarschijnlijke geval dat zowel de veiligheidssystemen van de eerste groep als die van de tweede groep het zouden laten afweten.

Voor bepaalde handelingen in de BK-procedures (beyond design) wordt gebruik gemaakt van speciale hulpuitrustingen, zoals elektrische voedingskabels. De uitrustingen zijn er; hun beschikbaarheid wordt periodiek gecontroleerd.

Bij een peildaling in de splijtstof opslagdokken kunnen de dokken uit de FE-kring bijgevuld worden. In dat geval wordt een slang aangesloten op een seismisch gekwalificeerd gedeelte van de FE-kring – in Doel 1&2 is er om die reden een deur aangebracht tussen het GNS en het GNH. Hiervoor zijn steeds voldoende brandweerslangen aanwezig.

Voor Doel 1&2 kan perslucht voor de noodsystemen geleverd worden door middel van een mobiele compressor, dit in het geval de twee vaste compressoren (EI) zouden falen.

De reactor in Doel 1&2 kan desnoods gekoeld worden door de AFW-turbopomp. Voor het aanvullen van de watervoorraad is een mobiele dieselpomp voorzien. Op die manier is er geen enkele elektrische voeding nodig voor de koeling van de reactor.

Operationele procedures

In een kerncentrale zijn er tal van veiligheidsuitrustingen. Dit zijn tuigen die belangrijk zijn voor de nucleaire veiligheid. Ze moeten er bij een ongeval voor zorgen dat de centrale op een veilige manier kan worden stilgelegd. Veel van deze tuigen zijn seismisch gekwalificeerd. Ze zijn erop berekend hun functie te verzekeren tijdens en na een aardbeving. Tijdens de exploitatie of het onderhoud kan de kwalificatie en/of de werking van deze uitrustingen door externe invloeden – tijdelijk of permanent – in het gedrang komen:

- tijdelijk, door het opstellen van hulpmiddelen voor de uitvoering van onze taken (stellingen, ladders, opstapjes, karren, tools,...);
- permanent, door het achterlaten van niet-verankerde voorwerpen in de nabijheid van de veiligheidsuitrustingen (kasten, takels, materiaal of gereedschapskarren).

Deze voorwerpen kunnen door een aardbeving ongewenst interageren met de installatie (al vallend, kantelend of glijdend) en de normale werking of integriteit van de veiligheidsuitrusting verstoren. Men spreekt hier over een seismische interactie tussen deze voorwerpen en de veiligheidsuitrusting.

De procedure INST/72 'Seismische praktijken KCD' beschrijft de organisatie en de verantwoordelijkheden, en geeft richtlijnen voor het beheersen en elimineren van seismische interacties. Permanente interacties die een wijziging van de installatie vragen, dienen het onderwerp te zijn van een onderzoek uitgevoerd door een expert in het kader van een wijzigingsfiche. De procedure INST/25 beschrijft de organisatie en verantwoordelijkheden en de praktische modaliteiten voor het onafhankelijk toezicht op het naleven van bovenstaande richtlijnen.

2.1.2.3. Onrechtstreekse gevolgen van de referentie-aardbeving

Werden de mogelijke onrechtstreekse gevolgen van de referentie-aardbeving in voldoende mate in rekening gebracht?

Het gaat hier met name over de structuren, systemen en componenten (SSC) die het na de Design Basis Earthquake (DBE) laten afweten en die de veiligheidsgebonden systemen zouden kunnen beschadigen, een mogelijke overstroming, een mogelijke uitval van de externe elektriciteitsvoorziening en de situatie op de site na de DBE.

Interacties tussen structuren, systemen en componenten (SSC)

Structuren, systemen en componenten (SSC), die niet bestand zijn tegen de Design Basis Earthquake (DBE), zouden kunnen schade berokkenen aan andere SSC met een veiligheidsfunctie. Daarom werden bij de tienjaarlijkse herzieningen van de vier eenheden SQUG-inspecties georganiseerd in alle gebouwen waar veiligheidsuitrustingen aanwezig zijn. Waar nodig werden uitrustingen die niet bestand zijn tegen de DBE verwijderd of SSE gekwalificeerd. De gevolgen voor de containers die met brokstukken van het SCG-gebouw worden bedekt, werden onderzocht en gedocumenteerd in het TSAR.

Doel 1&2 en 3&4

De uitrustingen die door hun val de SSE-gekwalificeerde uitrustingen zouden kunnen beschadigen, werden geïdentificeerd en ofwel verwijderd, ofwel SSE-gekwalificeerd. De behandelingswerktuigen die niet seismisch geclassificeerd zijn, hebben geen veiligheidsfunctie maar zijn dermate goed verankerd dat ze geen schade kunnen berokkenen aan andere uitrustingen met een veiligheidsfunctie. Ook de SSE-gekwalificeerde uitrustingen werden onderzocht op hun eventuele interactie met naburige uitrustingen; desgewenst werden die naburige uitrustingen eveneens SSE-gekwalificeerd.

Bij het plaatsen van mobiele uitrustingen, zoals stellingen en karren, wordt eveneens een evaluatie van het seismisch risico gemaakt.

Splijstof Container Gebouw (SCG)

Aangezien het SCG-gebouw waarin de containers met de gebruikte splijstof worden opgeslagen, niet bestand is tegen aardbevingen, zullen de containers gedeeltelijk met brokstukken bedolven worden. Ook dit werd nader bekeken.

De gevolgen van een bedekking tot 75 % van het containeroppervlak worden geanalyseerd in het TSAR van de betrokken container. Aangetoond wordt dat de lekdichtheid niet aangetast wordt, en dat de temperatuurlimieten geldig in ongevalsomstandigheden gerespecteerd blijven. Enkel de maximumtemperatuur voor de harsverbinding wordt overschreden vanaf 50 % bedekking met brokstukken.

De radiologische gevolgen blijven echter steeds binnen de limieten in ongevalsomstandigheden, zelfs indien de harsverbinding volledig verdwenen is.

Voor sommige containers wordt bij een bedekking van 75 % de maximale splijstofhulstemperatuur overschreden (394 °C voor SH, 383,5 °C voor DH). Voor deze overschrijding werd aangetoond dat de bedekking van de containers hoogstens 50 % kan bedragen. Aangezien ook hier de lekdichtheid van de container niet aangetast wordt, zijn er geen radiologische gevolgen.

We merken op dat de temperatuurstijging meerdere dagen in beslag neemt, zodat er normaliter voldoende tijd is om de containers vrij te maken van brokstukken.



Seismic Qualification Utility Group (SQUG)

Seismic Qualification Utility Group (SQUG) staat voor de 'groep' die Amerikaanse en Europese 'utilities' samenbrengt, en die onder leiding staat van het Electric Power Research Institute (EPRI). De 'groep' heeft – via de consultants EQE, MPR e.a. – z'n naam gegeven aan een internationaal erkende methode, de zogenaamde SQUG-methode. SQUG is een methode om te controleren in hoeverre elektromechanische uitrustingen – pompen, ventilatoren, gestuurde kleppen, generatoren, accu's, schakelkasten,... – een aardbeving kunnen doorstaan. Er wordt gewerkt met gegevens uit de praktijk, met feedback die wordt verzameld na echte aardbevingen, geen simulaties. Bij de methode zijn volgende elementen of acties essentieel:

- een vergelijking tussen de referentie-aardbeving uit de SQUG-databank en het seismisch concept van de nucleaire eenheid;
- een gelijkenisanalyse met de referentie-uitrustingen die hun integriteit of functie niet kwijtgespeeld zijn na een krachtige aardshok;
- een berekening ter controle van de verankering;
- een onderzoek van wat zich rond de uitrusting bevindt, om er zeker van te zijn dat de uitrusting niet beschadigd kan geraken door een defect, uitval of verplaatsing van een naburige uitrusting.

Overstroming

Bij de laatste tienjaarlijkse herziening – van de vier eenheden – wordt een overstroming van interne oorsprong bestudeerd in alle gebouwen waar veiligheidssystemen aanwezig zijn. Voor de niet-gekwificeerde leidingen (Medium Energy Line) wordt een SQUG-inspectie – afkorting voor Seismic Qualification Utility Group – georganiseerd om zich ervan te vergewissen dat de leidingen niet kunnen breken als gevolg van een aardshok. Bijgevolg dienen enkel mogelijke scheuren in rekening gebracht te worden bij de berekening van het lekdebiet.

Bij de SQUG-inspectie wordt echter niet om het even welke scheur in rekening gebracht, maar wel de ergst denkbare scheur, op de meest penaliserende plaats. Dit maakt dat de uitkomst van deze inspectie omhullend is voor elke scheur die mogelijkerwijs kan optreden. In de volgende gebouwen werd zo'n SQUG-inspectie georganiseerd:

- Doel 1&2: GNS, TUR ½, BAR, MWP, GNH. Voor MAZ en GMH is er geen SQUG-inspectie geweest, wel een studie voor de interne overstroming.
- Doel 3&4: GEH, BKR, GMH. Voor GVD en GNH is er geen SQUG-inspectie geweest, wel een studie voor de interne overstroming.

In de gebouwen waar een SQUG-inspectie uitgevoerd werd, staan de veiligheidsuitrustingen niet bloot aan een mogelijke interne overstroming als gevolg van een aardbeving. In de overige gebouwen zijn er maatregelen getroffen om de veiligheidsuitrustingen te beschermen tegen een overstroming als gevolg van een scheur in een leiding.

Het gevaar op overstromingen werd tevens uitgebreid onderzocht, rekening houdend met alle mogelijke bronnen die buiten de gebouwen liggen: koeltorens, tanks e.d. Preventieve maatregelen werden reeds genomen in het kader van de tienjaarlijkse herziening (onderwerp B4). Analyse van de gevolgen van dit soort overstromingen toont aan dat de risico's volledig gedekt zijn door de maatregelen en procedures voorzien in de TJH (B4).

Uitval extern elektriciteitsnet

Wat te doen bij een uitval van de externe elektriciteitsvoorziening?

Indien het externe elektriciteitsnet wegvalt, nemen de redundante dieselaggregaten het volledig over.

Indien het externe elektriciteitsnet uitvalt treden de dieselgeneratoren in werking. Alle veiligheidssystemen worden op die manier gevoed.

- Voor Doel 1&2 hebben de 2de-niveau-systemen (GNS), die SSE-gekwificeerd zijn, een eigen volledig onafhankelijke elektrische voeding bestaande uit twee onderling redundante dieselaggregaten (ED), die uiteraard ook SSE-gekwificeerd zijn.
- Voor Doel 3&4 hebben zowel het eerste als het tweede niveau van veiligheidssystemen, die beide SSE-gekwificeerd zijn, een eigen volledig onafhankelijke, seismisch gekwificeerde elektrische voeding, bestaande uit drie redundante ES-veiligheidsdieselaggregaten en drie redundante KE-bunkerdieselaggregaten.

Situatie op en rond de site

Hoe is de situatie op en rond de site na de aardshok?

Toegang tot de site is mogelijk langs twee wegen, per helikopter en over de Schelde. Op de site blijven alle controlezalen van de vier eenheden voldoende toegankelijk. In de controlezalen zijn ook filters en zuurstofflessen voorzien voor het geval een toxische gaswolk de site zou bedreigen.

Er zijn twee toegangswegen tot de site in Doel. Er is een landingsplaats voor een helikopter, voor het geval beide toegangswegen over land versperd zouden zijn. Er kan ook toegang verleend worden langs de Schelde, via een aanlegplaats op de watervang van Doel 1&2.

Op de site werden alle ingangen tot de controlezalen en de noodcontrolezalen nagezien. In Doel 1&2 bevindt de controlezaal zich niet in een seismisch gekwificeerd gebouw van categorie 1. Er kan wel met vrij grote zekerheid aangenomen worden dat dit gebouw, waarvan de dragende structuur bestaat uit een metalen gebinte, bestand is tegen de referentie-aardbeving. Dat er puin zal neervallen

ter hoogte van de ingangen kan echter niet uitgesloten worden. De controlezaal van Doel 1&2 is evenwel bereikbaar via vier verschillende trappen langs de machinezaal, via een trap in het GEH, en via een nooddeur vanuit het GMH. Deze drie toegangsmogelijkheden zijn volledig onafhankelijk van elkaar. Het GMH is desnoods toegankelijk via het dak. Gezien de vele toegangsmogelijkheden kunnen we ervan uitgaan dat de controlezaal bereikbaar blijft. In Doel 3&4 bevindt de controlezaal zich in een seismisch gekwalificeerd gebouw, zodat de toegang na een aardbeving niet in het gedrang komt.

De noodcontrolezalen van de vier eenheden zijn allemaal bereikbaar langs minstens twee verschillende wegen.

De brandweerwagens beschikken over materieel om kleine obstakels uit de weg te ruimen, om een doorgang door een omheining te forceren, enz.

Er is ook rekening gehouden met de mogelijkheid dat de aardbeving een toxische gaswolk doet vrijkomen buiten de site. Daartoe zijn de gewone controlezalen uitgerust met een detectiesysteem, dat automatisch de controlezaal isoleert van de buitenlucht. Tevens zijn er volgelaatsmaskers met filter voorzien, evenals autonome zuurstofflessen, voor de bedrijfsploeg en de assisterende kaderleden. In Doel 1&2 zijn er ook zuurstofflessen voorzien in de noodcontrolezaal.

2.1.3. Eenheid conform met huidige licentie

Is de nucleaire site nog conform met de basislicentie?

2.1.3.1. Licentie verzekeren

Het algemene proces dat dient gevolgd om de licentie te verzekeren.

De levensduur van de structuren, systemen en componenten (SSC) wordt gecontroleerd.

Het spreekt voor zich dat de veiligheidsgebonden structuren, systemen en componenten (SSC) van een nucleaire centrale onderhevig zijn aan verouderingsverschijnselen. Dit verouderingsproces kan echter beheerst en beheerd worden, op zo'n manier dat de vereiste veiligheidsfuncties intact blijven gedurende de hele levensduur van de centrale.

De coördinatie van de activiteiten die nodig zijn om de levensduur van de verschillende SSC's in goede banen te leiden, maakt deel uit van een specifiek langetermijnproject.

De 'technische specificaties' (zie hoofdstuk 16 in het veiligheidsrapport) leggen voor alle veiligheidsgebonden systemen een aantal controlevereisten op. De nodige verificatieprocedures werden uitgewerkt om te kunnen aantonen dat alle parameters altijd aan de vereiste criteria voldoen. In dezelfde 'specificaties' zitten ook maatregelen vervat voor het geval dat een van de parameters niet aan de aanvaardingscriteria voldoet.

Verder wordt bepaald dat alle veiligheidsgebonden uitrustingen onderworpen zijn aan de verificatievoorschriften zoals beschreven in sectie XI van de ASME Boiler and Pressure Vessel Code, uiteraard na vertaling naar de Belgische situatie. Het betreft de leidingen, vaten, pompen en afsluiters, met inbegrip van hun steunen en schokdempers.

2.1.3.2. Organisatie van mobiele uitrustingen

Welke maatregelen zijn nodig om de mobiele hulpmiddelen in alle omstandigheden ter beschikking te houden?

Aangezien er bij de vier eenheden geen mobiele hulpmiddelen nodig zijn, is de vraag verder niet van toepassing.

Op geen enkel moment in de ongevalsprocedures wordt er een beroep gedaan op off site equipment. Er zijn wel speciale uitrustingen op de site zelf voorzien, met de bedoeling de uitvoering van de BK-procedures mogelijk te maken (beyond design). Deze uitrustingen worden periodiek gecontroleerd.

2.1.3.3. Mogelijke afwijkingen

Zijn er in termen van veiligheid afwijkingen tegenover het seismisch concept?

Voor Doel 1&2 zijn er geen afwijkingen. Bij Doel 3&4 is er enkel een afwijking wat de polaire rolbrug in de reactorgebouwen betreft.

Voor alle belangrijke afwijkingen, die tijdens inspecties of testen kunnen vastgesteld worden, geeft het veiligheidsrapport (hoofdstuk 16) richtlijnen met betrekking tot de te nemen acties en de maximale termijn waarbinnen de afwijking dient opgelost te zijn. In sommige gevallen kan een verantwoordingsnota om verder uit te baten met een gekende afwijking, opgesteld worden ('JCO' of 'Justification for Continuing Operation'). Deze verantwoordingsnota's worden door de autoriteiten goedgekeurd. In deze nota's wordt aangetoond dat de (gedeeltelijke) niet conformiteit van een uitrusting geen hinder is voor het realiseren van zijn veiligheidsfunctie, eventueel mits toepassen van een aantal aanvullende maatregelen.

Onderstaande afwijkingen tegenover het seismisch concept van de uitrustingen hebben nog geen definitieve oplossing (situatie op 30/06/2011) gekregen. Geen enkele van deze afwijkingen brengt echter de goede werking van de uitrusting in gevaar.

Doel 1&2: geen.

Doel 3&4: volgens de besluiten van de tienjaarlijkse herziening, onderwerp A4, dienen de polaire rolbruggen in de reactorgebouwen uitgerust te zijn met een seismisch gekwalificeerde noodstop op de werkvloer. Dit is momenteel nog niet het geval; er is enkel een seismisch gekwalificeerde noodstop in de cabine van de brug.

De analyse van de technische problemen is lopende en de plaatsting van de bijkomende noodstop is voorzien tijdens de komende revisies.

2.1.3.4. Controle conformiteit

Welk onderzoek werd verricht naar mogelijke niet-conformiteiten naar aanleiding van het Fukushima-incident?

Nazicht gekende afwijkingen

Naar aanleiding van het ongeval in Fukushima werd een inventaris gemaakt van de gekende niet-conformiteiten ten opzichte van het design, aan de hand van de bestaande JCO's. Vervolgens werd nagezien of hierbij situaties bestaan die te maken hebben met de weerstand van de installatie tegen aardbevingen. Er werd één situatie gevonden, namelijk het (voorlopig) ontbreken van een seismisch gekwalificeerde noodstop op de werkvloer voor de polaire rolbruggen in de reactorgebouwen van Doel 3&4 (zie hoger).

Specifiek nazicht naar aanleiding van WANO SOER 2011-2

Kort na de gebeurtenis in Fukushima werden door het WANO (World Association of Nuclear Operators) een aantal verificaties voorgesteld. Deze hebben betrekking op:

- de paraatheid voor 'beyond design basis'-ongevallen;
- de conformiteit van de centrale met het design voor het verlies van elektrische voedingen;
- de bescherming tegen interne en externe overstromingen;
- de weerstand tegen overstroming of brand als gevolg van een aardbeving.

Voor wat betreft het aspect aardbeving werden voor de site Doel onmiddellijk volgende acties ondernomen:

- extra nazicht van het materieel dat beschikbaar is voor het opvangen van zware ongevallen – er werd voordien reeds periodiek nazicht uitgevoerd;
- nazicht van de procedures die hiervoor opgesteld zijn;
- nazicht van de in dit kader door het personeel gevolgde opleidingen;
- nazicht van de bestaande contracten en protocols met externe organisaties;
- nazicht van de bluswaterkring en de faciliteiten voor brandblussing bij een aardbeving.

Er werden geen afwijkingen van het ontwerp vastgesteld.

Evaluatie van de veiligheidsmarges



Bedoeling van dit hoofdstuk is een beeld te schetsen van de impact van een aardbeving die krachtiger is dan de aardbeving die in de ontwerpbasis (Design Basis Earthquake, DBE) is voorzien.

Het merendeel van de structuren, systemen en uitrustingen die nodig zijn om de centrale veilig stil te leggen, zijn ontworpen met grote veiligheidsmarges. Om een gefundeerd antwoord te kunnen formuleren op de vraag over de marges werd een internationaal aanvaarde methode gevolgd, en dit binnen de tijd toegekend voor de weerstandstest. Hiertoe werd eerst een ‘review level earthquake’ of RLE gekozen, die veel zwaarder is dan de ontwerp-aardbeving (DBE), en die ook hoger is dan het niveau voorgesteld door de KSB.

De RLE komt overeen met een aardbeving met een magnitude groter dan 6,5 op de schaal van Richter. De ontwerp-marges van de structuren, systemen en uitrustingen zijn vervolgens geëvalueerd tegenover deze aardbeving. Op die manier kon snel een onderscheid gemaakt worden tussen gebouwen en uitrustingen met een grote marge, waarvoor verder onderzoek niet nodig is, en enkele uitrustingen met een kleinere marge, waarvoor verder onderzoek of aanpassing wel aangewezen is. Dit onderzoek werd uitgevoerd door onafhankelijke internationale experts.

Slechts twee uitrustingen vertoonden een onvoldoende weerstand tegen de RLE: één uitrusting van Doel 1&2, en één van Doel 4. Beide worden op korte termijn in die zin aangepast zodat ze voldoende bestand zullen zijn tegen de RLE.

Een eventuele tsoenami, als gevolg van een aardbeving op zee, zal de site niet overspoelen. Sommige reservoirs of leidingen op de site zelf kunnen wel beschadigd worden, maar de beperkte wateroverlast die hiervan het gevolg zou zijn, zal de veilige stop niet in het gedrang brengen.

2.2.1. Aardbeving waartegen de centrale bestand is zonder schade aan de splijtstof

2.2.1.1. Veiligheidsmarges in het ontwerp van nucleaire centrales

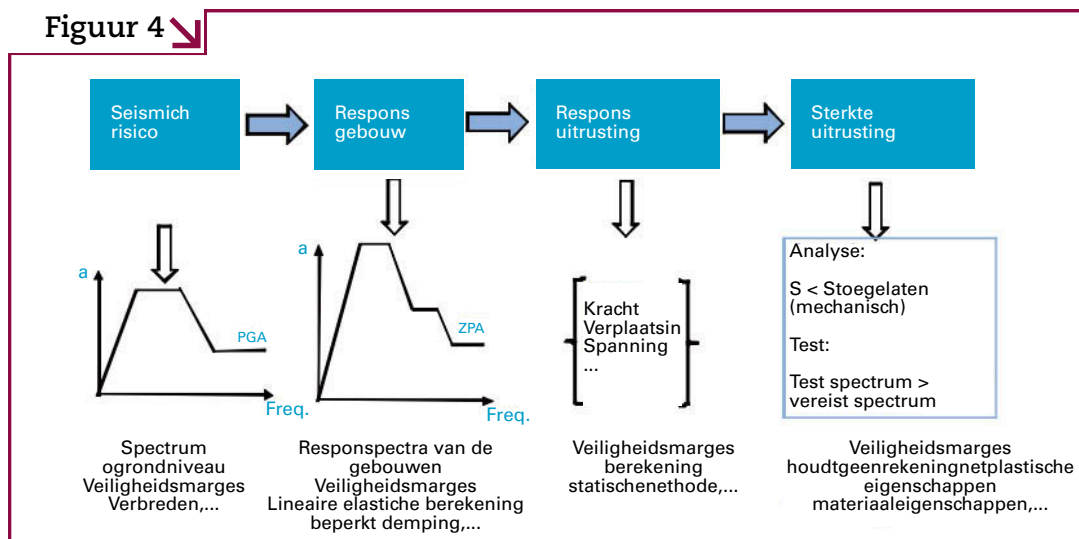
Nucleaire centrales worden ontworpen volgens strikte regels. De dimensionering van de centrales gebeurt met inachtnaam van belangrijke veiligheidsmarges in iedere stap van de studies. We kunnen dit illustreren aan de hand van een voorbeeld.

- Bij het opstellen van de responspectra worden de versterkingsfactoren kunstmatig verhoogd, en wordt het spectrum verbreed om rekening te houden met de spreiding in de eigenschappen van de te beschouwen aardbevingen en van de bodem.
- Het gedrag van de gebouwen wordt berekend met behulp van een lineaire elastische methode, wat conservatief is in vergelijking met het werkelijke gedrag van de gebouwen. Er worden bovendien conservatieve veronderstellingen gemaakt met betrekking tot de damping door de ondergrond. De responspectra worden op de verschillende verdiepingen van de gebouwen een tweede keer verbreed.

Een concreet voorbeeld toont het bestaan van deze marges duidelijk aan. De aardbeving van 16 juli 2007 in Chūetsu-oki in de streek van Niigata had een magnitude 6,8 op de schaal van Richter. De aardschok werd duidelijk gevoeld in het volledige noord-oosten van het (grootste) Japanse eiland Honshu. Er volgden nog verschillende naschokken waarvan een nog dezelfde dag met magnitude 5,8. De gemeten versnellingen op grondniveau ter hoogte van de centrale van Kashiwazaki-Kariwa lagen beduidend hoger dan de ontwerp-aardbeving van deze centrale, namelijk 0,62 g ter hoogte van reactor 2. Dit is meer dan drie keer de ontwerpwaarde van 0,17 g. Reactor 1 heeft de grootste schokken geregistreerd, met een amplitude die nog nooit door een andere nucleaire centrale in Japan geregistreerd was. Vier van de zeven reactoren op de site ondergingen een noodstop: drie ervan waren in vermogenwerking op het ogenblik van de aardbeving (groep 3, 4 en 7), de vierde (groep 2) werd op dat ogenblik opgestart. De andere drie reactoren waren gestopt voor revisie. Er brak brand uit, en er waren enkele lekken met radioactieve vloeistoffen. Het veilig stilleggen van de reactoren kwam echter nooit in het gedrang.

- Het gedrag van de verschillende uitrustingen wordt andermaal berekend rekening houdend met veiligheidsfactoren: de dempende eigenschappen worden bijvoorbeeld conservatief ingeschat.
- De weerstand van de materialen wordt tenslotte geverifieerd zonder rekening te houden met de plastische eigenschappen, maar met inachtnaam van de minimaal gegarandeerde eigenschappen van de materialen, wat nogmaals veiligheidsmarges oplevert. Bovendien worden verschillende combinaties van mogelijke belastingen beschouwd.

Figuur 4

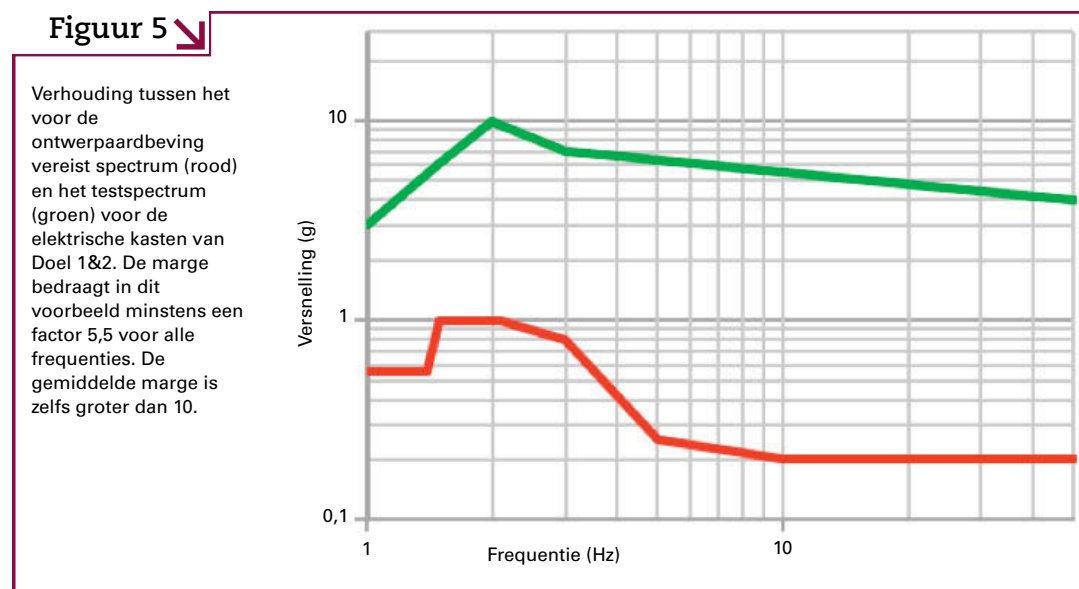


Gecumuleerde veiligheidsmarges gebruikt bij de ontwerpberekeningen

De opeenvolging van de gebruikte veiligheidsmarges heeft een cumulatief effect en leidt uiteindelijk tot zeer grote marges. Bijvoorbeeld: de leidingen in een centrale zijn zeer ductiel, ze kunnen belangrijke vervormingen ondergaan zonder beschadigd te raken, maar hiermee wordt geen rekening gehouden. Op die manier ontstaat een marge met een factor 4. Met andere woorden de belastingen als gevolg van een aardbeving kunnen tot 4 keer groter zijn dan de berekende belastingen, zonder problemen voor de veiligheid van de installatie.

Een ander voorbeeld zijn de elektrische uitrustingen, die getest worden op een triltafel. De belastingen tijdens de test zijn veel groter dan degene die bij de ontwerp-aardbeving verwacht worden. Onderstaande figuur toont de bij de test gebruikte spectra in verhouding tot de minimale vereiste om de ontwerp-aardbeving te weerstaan voor de elektrische kasten van Doel 1&2.

Figuur 5



De intrinsieke marges van nucleaire centrales zijn dus zeer hoog. Dit is niet te vergelijken met conventionele gebouwen, die ontworpen zijn volgens de voorschriften van de Eurocode-8. Deze code is overigens niet van toepassing op nucleaire centrales. Volgens de code wordt de seismische belasting van de gebouwen namelijk bewust verlaagd, rekening houdend met het absorberen van de energie van de aardbeving door de vervorming van de structuren. Dit laatste is niet toegelaten bij nucleaire centrales. Nucleaire centrales worden dan ook veel steviger ontworpen en gebouwd dan conventionele gebouwen, voor een zelfde seismisch risico.

Bij centrales waarvan het initiële ontwerp geen rekening hield met een mogelijke aardbeving, zoals Doel 1&2, kunnen er ondanks het respecteren van alle ontwerpvoorschriften toch enkele zwakke punten naar voor komen. Om die zwakke punten te traceren is een gedetailleerd onderzoek van alle structuren, systemen en componenten nodig. Hieronder wordt uitgelegd op welke manier hiervoor een specifieke methode werd ontwikkeld, teneinde een zo betrouwbaar mogelijk antwoord te geven op de vraag van de weerstandstest met betrekking tot de marges, en dit volgens een internationaal aanvaarde methode die reeds in meerdere buitenlandse centrales werd toegepast.

2.2.1.2. Zwakke punten en cliff edge effects

Welke fundamentele veiligheidsfuncties komen in het gedrang bij een aardbeving die de ontwerp-basis overschrijdt (Beyond Design Basis Earthquake, BDBE)? Een belangrijke kwestie die slechts beantwoord kan worden nadat alle beschikbare informatie, seismische studies, onderzoeksmethoden e.d. met kennis van zaken beoordeeld zijn.

Onderzoeksmethoden

Twee belangrijke onderzoeksmethoden werden toegepast. De zogenaamde SQUG-methode controleert in hoeverre elektromechanische uitrustingen een aardbeving kunnen doorstaan. De SMA-methode heeft tot doel de beschikbare – bovenop de ontwerpbasis – veiligheidsmarges te meten. Beide methoden worden internationaal aanvaard en toegepast.

Plan van aanpak

Een team van internationaal erkende experts heeft de SMR-methode toegepast op structuren, systemen en componenten (SSC) van Doel 1&2 en Doel 3&4.

Om een gefundeerd antwoord te kunnen formuleren op de vraag naar evaluatie van de seismische marge van Doel 1&2 en Doel 3&4, hebben we volgend traject bewandeld.

- We hebben alle bestaande documentatie omtrent seismische analyses en alle resultaten van eerder gerealiseerde SQUG- en SMA-onderzoeken bij elkaar gebracht. Aan de hand van die gegevens hebben we een analyse uitgevoerd van het gedrag van de structuren, systemen en componenten (SSC) bij een aardbeving krachtiger dan de referentie-aardbeving (DBE) van de ontwerpbasis.
- Een team van ervaren ingenieurs, onder wie meerdere internationaal erkende experts terzake, heeft een van de SMA afgeleide methode (Seismic Margin Review, SMR) toegepast op de SSC van Doel 1&2 en Doel 3&4. Meer in het bijzonder hebben de experts on-site inspecties uitgevoerd van die SSC die nodig zijn om elk van de vier centrales op een veilige manier stil te leggen. Deze checklist werd vervolledigd met de SSC die nodig zijn om de koeling van de desactiveringsbekkens in stand te houden. De inspecties zijn uitgevoerd in alle gebouwen die toegankelijk zijn bij een centrale in werking. De niet-toegankelijke gebouwen worden gecontroleerd tijdens een geplande shutdown.

De SMA-methode, zoals omschreven in de richtlijn EPRI-NP-6041, schrijft voor om een aardbevingsniveau in acht te nemen dat hoger is dan het referentieniveau (DBE) van de ontwerpbasis, en om vervolgens dit hogere niveau te confronteren met het reële weerstandsvermogen van de centrale. Op die manier komen de inherente marges van de SSC aan de oppervlakte.

Review Level Earthquake (RLE)

Dit hogere niveau, de Review Level Earthquake (RLE) genoemd, is niet het resultaat van een 'herwaardering', maar betreft een specifiek niveau eigen aan de SMA-methode. Volgende elementen zijn in rekening gebracht voor het bepalen van de RLE:

- De Europese gids voor nieuwe kerncentrales (EUR) raadt aan om de verhouding tussen de RLE en DBE op minstens 1,4 te bepalen. Andere internationale richtlijnen vermelden een verhouding van 1,5 (verhoging van 50 %) tot zelfs 1,67.

Seismic Margin Assessment (SMA)

Seismic Margin Assessment (SMA) is een methode die tot doel heeft de beschikbare veiligheidsmarges – bovenop de veiligheidsvoorzieningen in het seismisch concept – van een nucleaire eenheid te meten. Deze internationaal gebruikte en erkende methode werd ontwikkeld door het Electric Power Research Institute (EPRI, zie ook boven) en wordt beschreven in het document NP-6041.

De methode vertrekt van de definitie van een Review Level Earthquake (RLE), waarbij wordt nagegaan in hoeverre een centrale deze aardbeving kan doorstaan, waar de zwakke punten zitten, en welke veiligheidsmarges zijn ingebouwd.

Met de SMA-methode kun je aantonen dat een bestaande centrale bestand is tegen een aardbeving die krachtiger is dan de referentie-aardbeving (DBE) van de ontwerpbasis. Dit kan nuttig zijn, aangezien seismologische gegevens en methodes om het seismisch risico te bepalen, steeds evolueren in functie van de beschikbare kennis.

De SMA-methode werd intussen op tal van centrales in de wereld toegepast, om aan te tonen dat een naar boven bijgesteld seismisch risico aanvaardbaar is op voorwaarde dat de uitrustingen met een te lage marge verstevigd worden. Al deze studies werden goedgekeurd door de overheden van verschillende landen en door de Nuclear Regulatory Commission (NRC) voor alle Amerikaanse centrales.

- Een spectrum dat representatief is voor de specifieke omstandigheden op de site.
- De meest recente seismische gegevens vinden we terug in de – speciaal voor dit project uitgevoerde – studie van de Koninklijke Sterrenwacht van België (KSB).

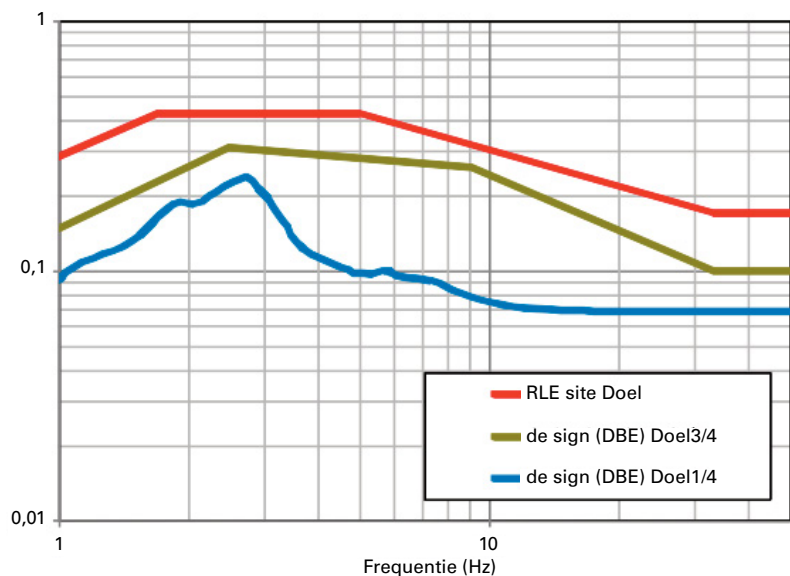
De analyse heeft uiteindelijk geleid tot de definitie van het spectrum voor de Review Level Earthquake. De maximale respons bedraagt 0,42 g voor frequenties lager dan 5 Hz. Voor de hogere frequenties bedraagt de maximale versnelling op grondniveau (PGA) 0,17 g, een waarde die refereert aan de eerste, conservatieve resultaten van de KSB-studie. Dit komt overeen met een aardbeving met een magnitude groter dan 6,5 op de schaal van Richter.

Ook al vermeldt de definitieve versie van de KSB-studie een versnelling die gevoelig lager ligt – 0,15 g op rotsdiepte, wat leidt tot een versnelling van 0,081 g op grondniveau – dan de eerste resultaten, toch werd de waarde van 0,17 g behouden. Op dezelfde (veilige) manier werd een omhullend spectrum van het type 1 volgens Eurocode 8 behouden.

Figuur 6

De illustratie toont de verhouding tussen het DBE-spectrum van Doel 1&2 en Doel 3&4 en het RLE-spectrum.

Doel - Horizontaal spectrum



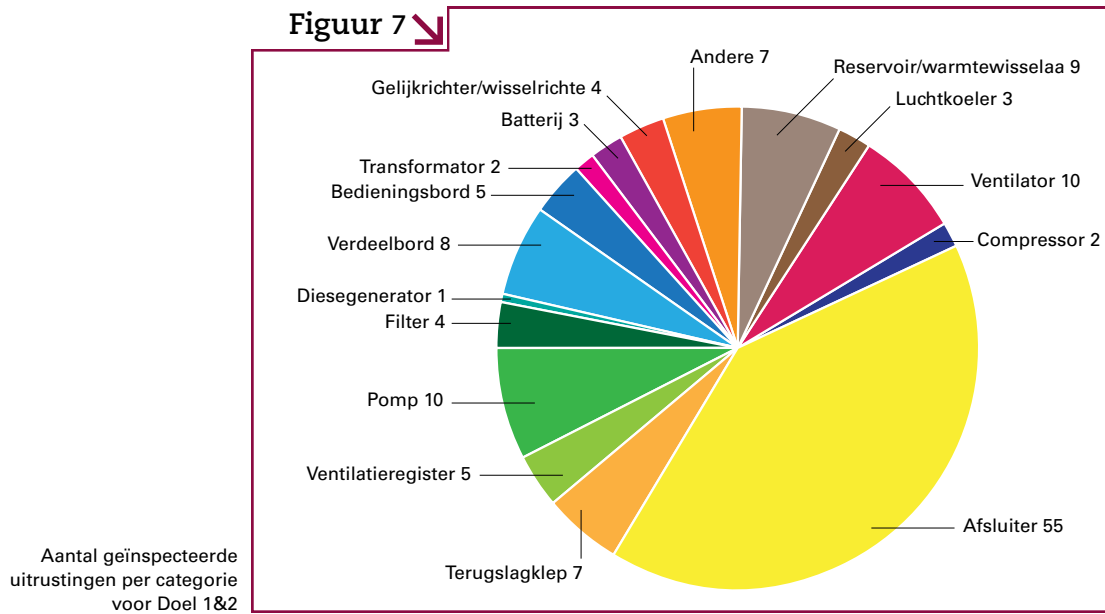
SMR in fasen

De voor deze evaluatie toegepaste SMR-methode, die gebaseerd is op de SMA-methode, doorliep de volgende fasen:

- Onderzoek van het seismisch concept en de ontwerpdocumenten van Doel 1&2 en Doel 3&4, meer bepaald:
 - de gegevens en resultaten van de stabiliteitsstudies van de bodem en van de funderingen van de gebouwen;
 - de resultaten van de seismische analyse van de oorspronkelijke structuren en de resultaten van de herevaluaties (analyses, tests op triltafel,...).
- Vastleggen van de strategie leidend tot de veilige stop.
- Opstellen van een lijst van de representatieve SSC nodig voor de aldus bepaalde strategie.
- Nazicht en goedkeuring van het door Electrabel voorgestelde RLE-spectrum en van de voorgestelde SSC-lijst.
- On-site inspectie van deze SSC. Deze inspecties hebben reeds plaats gevonden in alle gebouwen die tijdens de werking van de centrales toegankelijk zijn. Voor de reactorgebouwen, die niet toegankelijk zijn, zijn deze inspecties gepland tijdens de stilstanden van de eenheden. Ze zullen nog plaatsvinden teneinde een volledige studie te kunnen afleveren, de verwachting is echter dat geen enkele uitrusting die zich in deze gebouwen bevindt nog een probleem stelt. De geïnspecteerde SSC zijn representatief voor de systemen opgelijst in 2.1.2.1. Ze zijn bovendien zo gekozen dat alle aandachtspunten die tijdens de voorbije tienjaarlijkse herzieningen gedefinieerd werden, opgenomen zijn en dat er van ieder type uitrusting een voldoende aantal geselecteerd zijn (zie onderstaande figuur).

- Een extra (onafhankelijk) nazicht van de bevindingen van de experts, door een ander team internationaal erkende experts. Dit extra nazicht resulteert in een zeer hoge graad van betrouwbaarheid van de resultaten.
- Een algemene evaluatie van de marges na beoordeling van die uitrustingen die mogelijk een te kleine marge vertonen.

Figuur 7



We herinneren eraan dat deze inspecties betrekking hadden op de SSC die bij een aardbeving nodig kunnen zijn om de centrale veilig te stoppen, uitgaande van volgende toestanden:

- vermogenwerking of stop met stoomgeneratoren beschikbaar,
- koude stop met stoomgeneratoren niet beschikbaar,
- kern volledig in de opslagbekkens.

Wat de gebouwen betreft bestaat de evaluatie o.m. uit volgende elementen:

- Identificeren van muren in metselwerk en andere niet-seismisch ontworpen gedeelten die zich in de buurt van seismisch geklasseerde uitrustingen bevinden.
- Identificeren van mogelijke veranderingen die de integriteit van de gebouwen in het gedrang kunnen brengen.
- Nazicht van de uitzettingsvoegen tussen de verschillende gebouwen.
- Identificeren van de mogelijke impact van naburige gebouwen.
- Identificeren van de belasting van het gebouw onder invloed van een aardbeving en van de mogelijke faalmodes, gebaseerd op een gedetailleerde evaluatie van de plannen van de gebouwen, evenals de berekeningsnota's.

Wat de elektrische en mechanische uitrustingen betreft zijn de inspecties als volgt uitgevoerd:

- Evaluatie volgens de richtlijnen van EPRI NP-6041.
- Evaluatie van de capaciteit van de uitrusting nodig om te blijven functioneren na een aardbeving met een RLE-niveau. Hierbij dient vermeld dat de minimum versnelling tegenover dewelke de weerstand van de uitrustingen geëvalueerd wordt volgens EPRI NP-5041 0,3g bedraagt, onafhankelijk van de waarde van de RLE bij de hogere frequenties (in het geval van Doel 0,17 g). Met andere woorden, ondanks het feit dat voor de RLE bij hogere frequenties de waarde 0,17 g vooropgesteld werd voor de site Doel, zijn alle uitrustingen nagezien voor een niveau van 0,3 g.
- Controle van de verankeringen.
- Nazicht van eventuele interacties met naburige uitrustingen.
- Evaluatie van de mogelijke indirecte gevolgen van een aardbeving, zoals interne en externe overschommelingen.

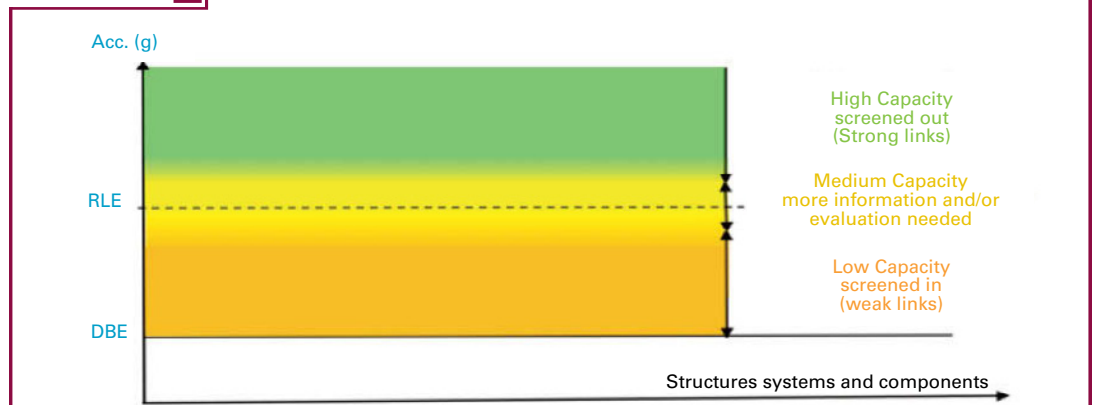
Drie categorieën SSC

Bovenstaande evaluatie van de marges resulteert in drie categorieën van SSC:

- cat. High (H): SSC met een heel grote kans (betrouwbaarheid 95 %) om hun integriteit en hun functie te behouden bij een aardbeving die het RLE-niveau overschrijdt;
- cat. Medium (M): SSC met een gemiddelde kans (betrouwbaarheid 50 %) om hun integriteit en hun functie te behouden bij een aardbeving die het RLE-niveau overschrijdt; deze categorie omvat ook de uitrustingen waarover meer informatie en evaluatie wenselijk is om ze te kunnen classificeren in de categorie High;
- cat. Low (L): SSC met een geringe kans (betrouwbaarheid 10 %) om hun integriteit en hun functie te behouden bij een aardbeving die het RLE-niveau overschrijdt.

Het is belangrijk te benadrukken, zoals ook blijkt uit de onderstaande illustratie, dat de marges worden geëvalueerd ten opzichte van de RLE (0,42 g voor de gebouwen), of volgens het minimum niveau gedefinieerd in EPRI NP-6041 (0,3 g voor de uitrustingen), maar dat alle SSC noodzakelijk voor een veilige shutdown volgens hun ontwerp gekwalificeerd zijn en blijven voor de DBE.

Figuur 8



De illustratie toont de drie categorieën SSC (High, Medium en Low) in verhouding tot de versnelling van de RLE en DBE, uitgedrukt in g.

De SSC die volgens de terminologie van de SMA-methode als 'low (capacity)' – of zwakke punten – bestempeld worden, zijn die uitrustingen waarvan men op basis van de inspecties niet kan bevestigen dat ze met grote waarschijnlijkheid hun werking en functie kunnen behouden bij een aardbeving die de RLE overschrijdt. Een meer gedetailleerde evaluatie, bijvoorbeeld een berekening of een test van de weerstand, of een wijziging van de uitrusting kan deze zwakke punten elimineren.

De SSC met een eerder kleine veiligheidsmarge zijn bijgevolg het voorwerp van verdere berekeningen of worden aan een expert voorgelegd, teneinde de seismische marge van de uitrusting exacter te bepalen. De marge van de centrale wordt immers bepaald door de zwakste schakel. Ook de eventuele cliff edge effecten worden nader bepaald. Door deze studies kunnen we ook de SSC lokaliseren die vatbaar zijn voor mogelijke verbeteringen (zwakke punten), waardoor we tenslotte de marge ten opzichte van de DBE kunnen vergroten.

Zwakke punten en cliff edge effects

Uit alle analyses blijkt dat de SSC die een essentiële rol spelen bij een veilige shutdown over meer dan ruime veiligheidsmarges beschikken.

De studie van de marges tegenover een RLE met een maximale versnelling van 0,42 g heeft tot het volgende algemeen besluit geleid. Citaat uit het eindrapport van de groep van internationale experts: "The walkdowns of older units (Doel 1&2) confirmed the seismic ruggedness of SSCs beyond the design basis; only a few seismic vulnerabilities were identified. Some further evaluations are needed to demonstrate the seismic margin to RLE. The walkdowns of newer units (Doel 3&4) did not reveal any major seismic issues. We judge that these units could easily be shown to survive an RLE." We merken ook op dat de inspecties en onderzoeken worden verdergezet. Zo is er o.m. het bezoek aan Doel 1 tijdens de geplande shutdown in november.

Uit bodemanalyse is ook gebleken dat bij aardbevingen die het RLE-niveau bereiken, er in Doel geen risico bestaat op bodemliquefactie. Deze analyse houdt rekening met de hoeveelheid fijne deeltjes in de verschillende bodemlagen in Doel en met de aanwezigheid van water in de bodem – volgens de meest recente piëzometrische metingen.

De analyses hebben verder ook aangetoond dat er in Doel geen instabiliteitsrisico qua reliëf bestaat. Met andere woorden, er is geen enkel risico op een grondverschuiving.

Doel 1&2

In het verslag van de door hen uitgevoerde inspecties en studies komen de internationale experts tot volgende conclusies over Doel 1&2:

- De meeste (88 %) structuren, systemen en componenten (SSC) krijgen de classificatie High (H).
- Sommige SSC (6 %) krijgen de classificatie Medium (M) omdat ze in mindere mate (gemiddelde kans) blijf zouden kunnen geven hun werking te zullen behouden bij een aardbeving die het RLE-niveau overschrijdt.
- Zes componenten (5 %) konden niet gecontroleerd worden. Deze componenten worden ad hoc beoordeeld op basis van de beschikbare gegevens: dossiers van de constructeur, ontwerpvoorwaarden, berekeningsnota, internationale feedback,... en krijgen voorlopig de classificatie Medium (M).
- Slechts één component krijgt de classificatie Low (L). Het betreft een klep in de injectieleiding aan de dichtingen van een primaire pomp. Dit euvel wordt verholpen bij de geplande revisie in november 2011.
- De loopbrug naar het GNS is een punt dat voor verbetering vatbaar is. De loopbrug is een van de twee mogelijkheden om van de hoofdcontrolezaal naar de noodcontrolezaal in het GNS te gaan. De brug loopt via het dak van het GNH, waarvan een deel de classificatie Low (L) heeft gekregen. Dit deel bevat geen uitrustingen met een veiligheidsfunctie.

Uit een aantal aanvullende studies komen de volgende conclusies naar voor:

- De fundering van de reactorgebouwen en van het GNS kunnen als representatief beschouwd worden voor het funderingstype van de verschillende gebouwen van Doel 1&2. Detailonderzoek toont aan dat de funderingspalen opgewassen zijn tegen een aardbeving van RLE-niveau.
- De primaire componenten en steunen zijn mee beoordeeld bij de laatste tienjaarlijkse herziening (voorafgaand aan SMA). Er werd een aanvullende evaluatie volgens de SMA-methode uitgevoerd, die bevestigt dat deze componenten bestand zijn tegen de RLE.
- De aandrijving van de controlestaven van de reactor (Control Rods Drive Mechanisms, CRDM) werd ad hoc geëvalueerd. Hieruit blijkt een marge hoger dan het RLE-niveau.

Met alle studieresultaten in de hand kunnen we op dit ogenblik concluderen dat er geen cliff edge effect bestaat voor aardbevingen van het niveau RLE. In december 2011 zal ook de enige uitrusting met classificatie Low (L) zijn weggewerkt.

Deze gunstige resultaten zijn geen verrassing. Bij de eerste tienjaarlijkse herziening werd immers een nieuw GNS opgetrokken – dit GNS bevat de SSC die een veilige shutdown mogelijk maken. Voor het seismisch concept van het gebouw werd een conservatieve berekeningswijze toegepast.

Doel 3&4

In het kader van een tienjaarlijkse herziening worden ook margestudies uitgevoerd. Die hebben aangetoond dat de SSC van Doel 3&4 over aanzienlijke veiligheidsmarges beschikken t.o.v. de ontwerpbasis (DBE). Deze vaststellingen hebben het ons mogelijk gemaakt om een aangepast inspectieprogramma op te stellen.

In het verslag van de door hen uitgevoerde inspecties komen de internationale experts tot volgende conclusies:

- De meeste (76 %) structuren, systemen en componenten (SSC) krijgen de classificatie High (H).
- Sommige SSC (23 %) krijgen de classificatie Medium (M) omdat ze in mindere mate (gemiddelde kans) blijf zouden kunnen geven hun werking te zullen behouden bij een aardbeving die het RLE-niveau overschrijdt. Een groot gedeelte van deze componenten kon onvoldoende in detail geïnspec-

Bodemliquefactie

Bodemliquefactie is een instabiliteitsfenomeen dat bij zware aardbevingen kan optreden in zanderige bodems. Dit fenomeen resulteert in een verlies van cohesie van het zand, dat zich gaat gedragen als een vloeistof en dan niet meer in staat is gebouwen te dragen.

teerd worden om de classificatie High (H) te krijgen, verdere evaluatie kan deze classificatie nog veranderen.

- Slechts één component krijgt de classificatie Low (L). Het betreft een ventilatiekoker die onvoldoende ondersteund is. Dit euvel kan op korte termijn verholpen worden.

De primaire componenten en steunen zijn mee beoordeeld bij de laatste tienjaarlijkse herziening (voorafgaand aan SMA). Er werd een aanvullende evaluatie volgens de SMA-methode uitgevoerd, die bevestigt dat deze componenten bestand zijn tegen de RLE.

De veiligheidsmarges bij Doel 3&4 zijn nog ruimer dan bij Doel 1&2. Van de SSC die onmisbaar zijn bij een veilige shutdown van Doel 3&4, vertoont de overgrote meerderheid heel veel kans om hun integriteit en functie te behouden bij een aardbeving die het RLE-niveau overschrijdt. Opmerkingen:

- Zoals verwacht werd bij de mechanische en elektrische componenten geen enkele noemenswaardige tekortkoming gevonden.
- Op het niveau van de structuren – zowel architecturaal als bouwkundig – werd geen enkele noemenswaardige tekortkoming vastgesteld.

2.2.1.3. Verbeteringen

De loopbrug naar het GNS is zowat het enige zwakke punt.

Doel 1&2

Zoals gezegd, er is slechts één component (zie boven) met een classificatie Low (L). Deze component zal tijdens de stilstand voor revisie in november 2011 aangepast worden.

De loopbrug naar het GNS is momenteel nog een zwak punt (zie boven). Er zal een instructie voor de operatoren aan de bestaande procedures worden toegevoegd. Wanneer het operationele team zich van de hoofdcontrolezaal naar de noodcontrolezaal in het GNS wil begeven, zal de groep zich moeten opsplitsen en beide parallelle toegangswegen volgen. Op die manier geraakt een minimum aan personeel snel ter plaatse om vanuit de noodcontrolezaal de bediening van de centrale te hervatten.

Bij de RWST-reservoirs en hun leidingen wordt nog nagegaan of ze voldoen aan het RLE-niveau. Aangezien deze uitrustingen het behoud van de veilige stop kunnen faciliteren, zullen ze indien nodig, bij wijze van 'defence in depth', aangepast worden zodat ze weerstaan aan de RLE.

Doel 3&4

Zoals gezegd, er is slechts één component (zie boven) met een classificatie Low (L). Deze component zal op korte termijn aangepast worden.

Besluit

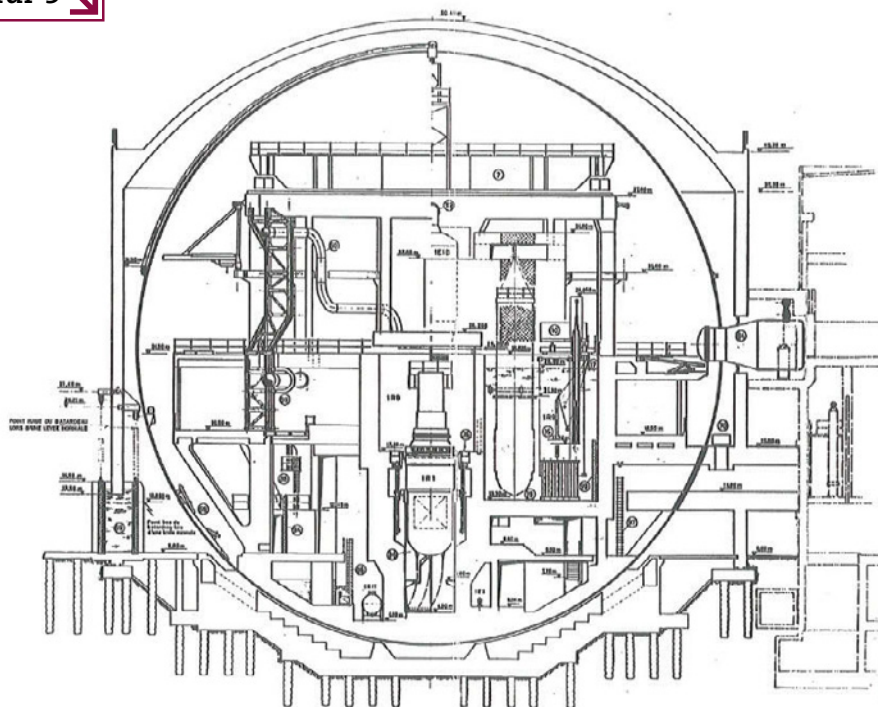
De SMR-evaluatie – uitgevoerd naar aanleiding van het ongeval in Fukushima – heeft geen ernstige zwakke punten aan het licht gebracht. Alle eenheden zijn bestand tegen de RLE, een aardbeving die bewust hoger is ingeschat dan de ontwerpaardbeving. Een mogelijk cliff edge effect kan zich dus pas voordoen bij een aardbeving die zwaarder zou zijn dan de gekozen RLE.

2.2.2. Aardbeving met verlies van containment

Er bestaat geen instabiliteitsrisico voor het primair containment bij een aardbeving van 0,17 g.

Er werd een analyse uitgevoerd van de seismische weerstand van de containments en van de penetraties van de centrales bij een RLE. Deze analyse is gebaseerd op EPRI-NP-6041,

Figuur 9



De tekening laat het primair containment (stalen bol) zien, omhuld door het secundair containment (cilindervorm met koepel in gewapend beton). Meer uitleg hieronder.

Doel 1&2

Primair containment

Het primair containment bestaat uit een stalen bol die rust op het betonnen voetstuk van de interne structuren. De bol vangt de primaire druk en de seismische belasting op. De stalen bol, die zelf weinig belast is, wordt gekenmerkt door een gunstige verhouding tussen stijfheid en massa, wat maakt dat hij bestand is tegen een krachtiger aardbeving dan de referentie-aardbeving (DBE).

De berekening van de spanningen in de bol ter hoogte van de grootste penetraties (personeelsas en noodzas) laten een veilige marge zien tegenover de seismische belasting.

Om de krachten op te vangen die door de interne betonnen structuren op de stalen bol worden overgezet, is een wrijvingscoëfficiënt van 0,034 berekend tussen het staal en het beton, wat zeer goed is. Het zelfde geldt voor het raakvlak tussen de onderkant van de bol en de ribben van de vloerplaat: hierlangs worden de krachten opgevangen afkomstig van de bol en de interne structuren.

De meest belaste zone van de bol bevindt zich ter hoogte van de lassen aan het personeelssas. Die lassen zijn enorm verstevigd. De betonnen vloerplaat die de stalen bol ondersteunt, rust op funderingspalen waarvan de weerstand berekend is op een aardbeving van 0,17 g.

Dit alles maakt dat er geen enkel instabiliteitsrisico bestaat voor het primair containment bij een aardbeving van 0,17 g.

Secundair containment

Het secundair containment bestaat uit een cilindervorm in gewapend beton waarop een halfronde koepel rust, eveneens in gewapend beton. Dit geheel omhult het primair containment, dat daardoor beveiligd is tegen externe ongevallen.

Cilinder en koepel steunen op een ringvormige fundering en funderingspalen, met tussenliggende neopreenring, en staan helemaal 'los' van het primair containment, bestaande uit de stalen bol met de interne structuren.

Het secundair containment vertoont geen specifieke kwetsbaarheid, ook niet bij aardbevingen van meer dan 0,17 g. Mocht er al sprake zijn van 'beperkingen' dan dienen die gezocht bij de neopreenvervorming en de capaciteit van de funderingspalen. Op beide vlakken is in de ontwerpbasis meer dan voldoende marge voorzien: een marge van 4,2 wat de toelaatbare verplaatsing van het neopreen betreft, een marge van 4 tot 5 wat de dimensionering van de funderingspalen betreft. Wat de PGA betreft zijn de containments bestand tegen aardbevingen van meer dan 0,17 g.

Integriteit van de penetraties

De integriteit van de penetraties in het containment is afhankelijk van de inertiekrachten en de differentiële verplaatsingen. Bij die penetraties onderscheiden we drie soorten:

- penetraties voor transport van goederen en personen (personeelssas, materieelsas, noodzas, splitsstoftransportbuis),
- leidingpenetraties (voor voedingswater en stoom, ook leidingen van hulpsystemen), en
- elektrische penetraties.

Aangezien het primair en secundair containment losstaande gehelen zijn, kan het niet de bedoeling zijn dat de penetraties tussen beide een vaste, onbeweeglijke verbinding vormen. De penetraties zijn weliswaar vastgemaakt aan de stalen bol (primair containment), maar hun tweede steun is wel een flexibele ophanging. Het personeelssas bijvoorbeeld hangt vast aan de bol en het kan mee bewegen. Het andere uiteinde van het sas is met een flexibele ophanging verbonden met de structuur van het GNH. Die ophanging vangt de differentiële verplaatsingen tussen het GNH en de stalen bol op.

Er is een voldoende grote elasticiteit aanwezig. De integriteit van de penetraties blijft te allen tijde bewaard. Ze is berekend op een RLE van 0,17 g.

Doel 3&4

Primair containment

Het primair containment van Doel 3&4 bestaat uit een structuur in gewapend spanbeton die de primaire druk en de seismische belasting opvangt. Dit cilindervormige containment met halfronde koepl is bekleed met een 'liner' in staal die de dichtheid verzekert.

De wanden van het containment zijn opgetrokken in gewapend beton, waarvan de dikte voortvloeit uit de ongevalshypothese van de ontwerpbasis. Het levert de wanden een inherente aardbevingsweerstand op. Structureel gezien komt dit containment overeen met de beschrijving in bijlage A van document NP-6041, wat in termen van PGA een HCLPF-waarde oplevert die ruim boven 0,3 g ligt.

Secundair containment

Het secundair containment van Doel 3&4 bestaat eveneens uit een structuur in gewapend voorgespannen beton, die rond het primair containment loopt en zo het primair containment beschermt tegen externe ongevallen: een vliegtuigcrash, tornado, externe explosie,... Net zoals het primair containment is ook het secundair containment bijzonder goed bestand tegen aardbevingen, in elk geval boven de RLE van 0,17 g die voor Doel werd geselecteerd.

Fundering

Primair en secundair containment rusten op een gezamenlijke vloerplaat die wordt ondersteund door een netwerk van funderingspalen. De funderingspalen zijn bestand tegen een aardbeving die krachtiger is dan de referentie-aardbeving (DBE) – hiervoor werd een representatieve berekening uitgevoerd op basis van de 0,17 g van Doel 1&2. De funderingspalen van de containments van Doel 3&4 zijn dikker en langer; de vloerplaten zijn gemeenschappelijk voor het RGB- en BKR-gebouw. Hun configuratie is dan ook robuuster dan die van Doel 1&2. De funderingspalen van de containments van Doel 3&4 vormen met andere woorden geen probleem bij een aardbeving van 0,17 g.

Integriteit van de penetraties

De integriteit van de penetraties in het containment is afhankelijk van de inertiekrachten en de differentiële verplaatsingen. Bij die penetraties onderscheiden we drie soorten:

- penetraties voor transport van goederen en personen (personeelssas, materieelsas, noodzas, transportbuis),

- leidingpenetraties (voor voedingswater en stoom, ook leidingen van hulpkringen), en
- elektrische penetraties.

Aangezien de containments van Doel 3&4 en de aanpalende nucleaire gebouwen gekenmerkt worden door een grote stijfheid, is hun verplaatsing ook gering en grotendeels gelijklopend met de verplaatsing van de penetraties. Dit heeft vooral te maken met de aanwezigheid van expansiebochten.

Het feit dat de structuren zo robuust ontworpen zijn, onder meer om bestand te zijn tegen onverwachte drukbelastingen, geeft ze op het vlak van de inertiekrachten een aardbevingsweerstand van meer dan 0,3 g – in overeenstemming met document NP-6041.

Conclusie

Vanuit structureel standpunt komt de staat van de containments van Doel 3&4 goed overeen met die in het document NP-6041, waarvoor een HCLPF-waarde van meer dan 0,3 g wordt gegarandeerd, zij het bij Doel 3&4 met een beperking voor de funderingspalen tot RLE 0,17 g.

Het ontwerp van Doel 1&2 is specifiek. De beoordeling is gebaseerd op de beschikbare documentatie en vermeldt een gunstige conclusie wat betreft de bestendigheid bij een RLE van 0,17 g.

2.2.3. Aardbeving en overstroming

Is er een mogelijk oorzakelijk verband tussen een aardbeving en een overstroming voor de site in Doel? Een tsunami van 0,5 m is een theoretische mogelijkheid in het Schelde-estuarium. Maar zelfs indien een aardbeving deze maximale tsunami veroorzaakt en tegelijk de Scheldedijk vernietigt, dan nog wordt het (verhoogde) platform van de site niet overstroomd.

De site in Doel is gelegen aan het Schelde-estuarium. Een tsunami (vloedgolf) en seiche (golf die optreedt door resonantie in halfgesloten waterbekkens) zijn fenomenen die mogelijk door een aardbeving op gang worden gebracht. In het kader van de tienjaarlijks veiligheidsherziening werd ook dit onderzocht.

2.2.3.1. Tsunami en seiche

Op zondag 26 december 2004 vond een heel zware zeebeving plaats in de Indische Oceaan, die een vloedgolf veroorzaakte die zich in verschillende richtingen over de Indische Oceaan verplaatste met ongeveer 230.000 doden als gevolg. Na deze catastrofe werd wereldwijd onderzoek gedaan naar het tsunami-gevaar voor kustgebieden.

Voor de Noordzee en de noord-oostelijke Atlantische Oceaan voerde o.m. HR Wallingford belangrijk onderzoek in opdracht van Defra (Defra Flood Management, 2005 & 2006). De analyse voor Doel is gebaseerd op dat onderzoek.

Als mogelijke oorzaak van een tsunami in Europa worden aardbevingen en onderzeese aardverschuivingen genoemd. Slechts op een beperkt aantal plaatsen zijn daartoe wel degelijk de geologische condities aanwezig. Aan de hand van modelruns is bijvoorbeeld nagegaan welke de mogelijke effecten van een tsunami kunnen zijn voor de Britse kusten.

De ergste gevolgen lijken zich voor te doen voor de kusten van Cornwall – hoogte vloedgolf 0,5 à 2m. Vergeleken met de frequentielijn voor stormopzet in die locatie zou het gaan om het niveau van een storm met een terugkeerperiode van 50 à 100 jaar. De kans op een effectieve tsunami wordt heel wat kleiner geacht: orde 10⁻² tot 10⁻⁴ per jaar. Gezien de afstand tussen Cornwall en het Schelde-estuarium en de beschutting door de West-Normandische kustlijn tonen de modellen aan dat de vloedgolf in belangrijke mate wordt gedempt naar het Schelde-estuarium: de amplitude wordt niet groter dan 0,5 m. Een dergelijke amplitude correspondeert bij benadering met een meteorologische stormopzet met een terugkeerperiode van één jaar.

Door de complexe geometrie is het in theorie onwaarschijnlijk dat er seiches voorkomen op de Schelde. Indien het fenomeen zich toch zou voordoen, blijft de amplitude beperkt tot een tiental centimeter, en seiche dempt heel snel uit.

Conclusie: een tsunami zou in Doel kunnen leiden tot een 'vloedgolf' van maximum 0,5 m, maar de kans dat dit gebeurt, is wel bijzonder klein – orde 10⁻² tot 10⁻⁴ per jaar.

2.2.3.2. Vloedgolf van 0,5 m

Kan een 'vloedgolf' van 0,5 m leiden tot een overstroming buiten de ontwerpbasis (beyond DBE)? Dat is de vraag.

Twee elementen zijn van essentieel belang in de bescherming van de site tegen een mogelijke overstroming: één, de hele site is gebouwd op een verhoogd platform, en twee, het gedeelte van de Scheldedijk dat aan de site grenst, is extra opgehoogd. De cijfers:

- Het platform waarop de site is gebouwd, ligt op het peil 8,86 m TAW.
- De Scheldedijk werd ter hoogte van de site opgehoogd tot +12,08 m TAW, terwijl de dijk in de omgeving een hoogte heeft van 11,08 m TAW.

Een aardbeving kan de integriteit van de Scheldedijk mogelijk in gevaar brengen. Ter hoogte van Doel ligt het waterpeil van de Schelde echter ruimschoots onder de hoogte van het platform van de site:

- gemiddeld hoogtij: 5,08 m TAW,
- hoogst opgetekende waterstand (1 februari 1953): 8,10 m TAW.

Zelfs indien een aardbeving de maximale tsunami (vloedgolf) van 0,5 m veroorzaakt en tegelijk de Scheldedijk vernietigt, dan nog wordt het platform van de site niet overstroomd. In de rand merken we op dat een dergelijke tsunami zich alleen op grote afstand van Doel kan afspelen, waardoor het bezwijken van de Scheldedijk ten gevolge van de aardbeving bijzonder weinig waarschijnlijk is.

Conclusie: een overstroming buiten de ontwerpbasis (BDBF) van de site Doel als gevolg van een aardbeving buiten de ontwerpbasis (BDBE) is onmogelijk.

2.2.3.3. Overstroming van de site

Potentiële overstromingsbronnen

In het kader van de tienjaarlijkse veiligheidsherziening werd een inventaris gemaakt van belangrijke potentiële overstromingsbronnen op de site. De inventaris werd verder aangevuld met een selectie op basis van de ontwerpaardbeving. We onderscheiden de volgende mogelijke overstromingsbronnen:

- koeltorenbakken Doel 3&4,
- schottenlocaties – schotten op de koelwaterleidingen (CW) die in contact staan met de buitenlucht (opening op +11,08 m TAW),
- koelwaterleidingen (CW) met gedeelten onder en boven de grond,
- opslagtanks waarvan een aantal niet seismisch ontworpen.

Koeltorenbakken Doel 3&4

- De koeltorenbakken bevinden zich bovengronds. Ze zijn uitgevoerd in gewapend beton (volume ongeveer 10.000 m³).
- Toevoerdebiet naar koeltoren bedraagt 40.000 m³/u.

Schottenlocaties

- Schottenlocatie H (combinatie van afsluiters OCW1216, 1CW1216, 2CW1216, 1CW1235 en 2CW1235) en 1CW1074 en 2CW1074 (van oud lozingskanaal).
- Toevoerdebiet bedraagt 50.000 m³/u.

Koelwaterleidingen

- CW-leidingen zijn van het type BONNA. Ze hebben een waterdichte metalen kern met een interne en externe bekleding in gewapend beton. De onderlinge koppeling van de metalen kern is uitgevoerd met een lasverbinding; de voegen tussen de gewapende bekledingen zijn opgevuld met mortel.
- Bovengrondse CW-leidingen Doel 3&4. De toevoerleidingen van Scheldewater en de koude bypass van het pompstation naar de koeltorens van Doel 3&4 liggen volledig bovengronds (40.000 m³/u, diameter intern 2,5 m en extern 2,9 m, druk 5mWK).

• Ondergrondse CW-leidingen:

- Doel 1&2 (diameter intern 2,5 m en extern 2,9 m, druk 20,8mWK),
- Doel 3 (max. diameter intern 2,8 m en extern 3,26 m, druk max 40mWK),
- Doel 4 (max. diameter intern 3,0 m en extern 3,48 m, druk max 42mWK).

Tabel 7 

Opslagtanks (niet seïsmisch berekend)

	Opslag	Volume
DOEL 1&2		
PKD-D0/TW0R1	Town Water" (stadswater)	1.200 m ³
PKD-D1/MW1R1	Gedemineraliseerd water	1.300 m ³
PKD-D1/MW2R1	Gedemineraliseerd water	1.300 m ³
PKD-D0/DW0R29A	Ontgast en gedemineraliseerd water	170 m ³
PKD-D0/DW0R29B	Ontgast en gedemineraliseerd water	170 m ³
DOEL 3&4		
LN-RR0124	Afvalwater	1.240 m ³
LN-RR0125	Afvalwater	684 m ³
DOEL 3		
DD/RR /06 (inox)	Ontgast gedemineraliseerd water	500 m ³
DD/RR /07 (inox)	Ontgast gedemineraliseerd water	500 m ³
MW/RR /01	Gedemineraliseerd water	1.200 m ³
MW/RR /02	Gedemineraliseerd water	1.200 m ³
DOEL 4		
DD/RR /06 (inox)	Ontgast gedemineraliseerd water	500 m ³
DD/RR /07 (inox)	Ontgast gedemineraliseerd water	500 m ³
MW/RR /01	Gedemineraliseerd water	1.200 m ³
MW/RR /02	Gedemineraliseerd water	1.200 m ³

Hypothesen en scenario's

Koeltorenbakken Doel 3&4

Een onmiddellijke breuk van de koeltorenbakwand wordt niet verondersteld gezien de stevige constructie in gewapend beton. Een zware aardbeving zal scheuren veroorzaken in de koeltorenbakwand waarlangs het water kan weglekken.

De afvoerkanalen kunnen verstopt geraken, met een verminderde afvoer tot gevolg. In het slechtste geval veroorzaakt een zware aardbeving 100 % verstopping, door gevallen druiplaten, brokstukken,... Bij draaiende aanvoerpompen zal de koeltorenbak overlopen. Het alarm 'hoog peil koeltorenbak' is niet seïsmisch, dus niet gegarandeerd. Een volledige verstopping komt overeen met een overloopdebiet van 11 m³/s.

Als interventietijd – tijd tussen begin overstroming en interventie operator – bij een lichte aardbeving wordt maximum 30 minuten verondersteld. Indien het alarm ‘hoog peil koeltorenbak’ nog geldt, kan de interventie sneller. Bij een zwaardere aardbeving zal de interventie ook sneller zijn, aangezien er onmiddellijk na de aardbeving een rondgang start aan de hand van de operationele bedrijfsprocedures. Hierin worden o.m. de condensordruk en de werking van de CW-kring geëvalueerd. Indien het lekdebiet groot genoeg is, zal het vacuüm van de condensor wegvallen. In dat geval wordt een maximale interventietijd (stoppen van de toevoerpompen) van 15 minuten gerekend.

Afhankelijk van de kracht van de aardbeving zijn volgende scenario's mogelijk, van lichte tot zeer zware aardbeving:

- Bij een lichte aardbeving bestaat de kans dat de afvoer gedeeltelijk verstopt. Zonder snelle interventie zal na verloop van tijd de koeltorenbak beginnen over te stromen. Mogelijk werkt het alarm ‘hoog peil koeltorenbak’ nog, en is er tijdige interventie.
- Bij een zwaardere aardbeving zal zich een combinatie voordoen van gedeeltelijke verstopping van de afvoer en van scheuren in de koeltorenbak. Overloop- en lekdebiet samen worden groter naarmate de aardbeving zwaarder is.
- Bij zeer zware aardbevingen is er enkel een lekdebiet door scheuren in de koeltorenbak, aangezien het aanvoerdebiet naar de koeltoren zal stoppen door het falen van de pompen.

Het meest penaliserende scenario is dus een aardbeving die zwaar genoeg is om een aanzienlijk percentage verstopping van de afvoer te veroorzaken, gecombineerd met een aantal scheuren in de koeltorenbak, maar die niet zwaar genoeg is om de pompen voor toevoer naar de koeltoren te doen falen. Een interventietijd van 15 minuten wordt verondersteld. Een gecombineerd overloop- en lekdebiet van ongeveer 11 m³/s wordt verondersteld – komt overeen met een overloopdebiet bij 100 % verstopping. Dit betekent dat de volledige inhoud van de koeltorenbak (10.000 m³) zal vrijkomen in ongeveer 15 minuten.

Schottenlokaties

Een zware aardbeving kan zorgen voor een verminderde afvoer (bijv. door brokstukken) zonder falen van de toevoer. Het water kan in zo'n geval, ter hoogte van de schottenlokaties, overlopen op de site. Een belangrijke verstopping is minder waarschijnlijk vergeleken met de koeltorenbakken, wegens het ontbreken van de vele interne structuren, die kunnen loskomen. Een verstopping van 5 % wordt verondersteld.

Het toevoerdebiet bedraagt 50.000 m³/u. Met 5 % verstopping bedraagt het overloopdebiet 2.500 m³/u (= 0,7 m³/s). Zoals bij de koeltorenbakken wordt een interventietijd van 15 minuten verondersteld.

Koelwaterleidingen

CW-leidingen hebben stevige constructiewijze en lopen grotendeels ondergronds. Bij een zware aardbeving kunnen er scheuren optreden waarbij water weglekt. Een deel van dit water zal verder infiltreren in de drainerende zandgrond waaruit het verhoogde siteplateau bestaat.

Het lekdebiet bij een scheur in een ondergrondse of bovengrondse CW-leiding werd berekend in het kader van de tienjaarlijkse herziening:

Doel 1&2	Ondergronds: 1,8 m ³ /s
Doel 3	Bovengronds: 0,9 m ³ /s Ondergronds: 3,3 m ³ /s
Doel 4	Bovengronds: 0,9 m ³ /s Ondergronds: 3,2 m ³ /s

Opslagtanks

Voor de opslagtanks wordt een onmiddellijke breuk beschouwd waarbij het volledige volume vrijkomt.

Algemeen

De ophoging van het siteplateau bestaat uit drainerende zandgrond: op onverharde oppervlakken zal

er bodeminfiltratie optreden, maar in de analyse wordt deze niet in rekening gebracht. Water dat op de site komt, water in het rioleringsnet opgevangen en afgevoerd naar een aantal reservoirs van waaruit het naar de Schelde wordt gepompt. Deze pompen zijn niet seismisch. De opvang door de riolering wordt niet in rekening gebracht in de analyse. Bij een zware aardbeving bestaat de kans dat de verschillende overstromingsbronnen tegelijk actief zijn.

Analyse per overstromingsbron

In het kader van de tienjaarlijkse herziening werd een analyse gemaakt van de potentiële overstromingsbronnen op de site. Er werd onder meer onderzocht tot waar het water zou stromen uitgaande van een uniform waterpeil van 1 cm. Een bijkomende analyse voor een initiërende aardbeving gebeurt hier aan de hand van:

- bestaande lokale topografiemetingen,
- situering van de gebouwen,
- omgeving van de overstromingsbron,
- preferentiële stromingsrichting,
- acties die uitgevoerd worden na aardbeving.

Koeltorenbak Doel 3

Uitgaande van een debiet van 11 m³/s, dat in alle richtingen uit de koeltoren stroomt, kan volgens rudimentaire berekeningen een waterhoogte geschat worden in functie van de afstand tot de bron. Hierbij wordt geen rekening gehouden met het werkelijke reliëf van het terrein. In de onmiddellijke omgeving van de koeltoren wordt op die manier 15 cm water berekend. Op 50 m afstand wordt dit 10 cm. Op 250 m afstand is dit nog 5 cm. Vanaf 350 m is dit nog 1 cm.

In werkelijkheid zal het water niet ongehinderd in alle richtingen kunnen stromen. De aanwezigheid van de Scheldedijk, de gebouwen en het reliëf van het terrein zullen mee de waterhoogte bepalen. Uitgaande van een verdubbeling van bovenstaande waarden kan de waterhoogte op de site variëren van een 30-tal cm vlak bij de koeltoren over een 20-tal cm ter hoogte van de dichtstbijzijnde installaties tot een 10-tal cm ter hoogte van de verder afgelegen installaties. De gebouwen die gevaar lopen zijn:

- MAZ en GVD aan de westkant van Doel 3. Indien het water in de MAZ stroomt, zal die als een soort buffertank fungeren. Verderop liggen het GMH, GEH en de BKR. GMH en BKR liggen geografisch gunstiger dan het GEH.
- Bij Doel 1&2 ligt het GNS hoog genoeg, waardoor het voldoende beschermd is. Mogelijk zal het water tussen RGB Doel 2 en MAZ Doel 2 aankomen: hier kunnen de BAR Doel 2, GEH, MAZ, GNH (SD-kelder) en later ook het GMH- en FE-pompstation met een beperkte waterinsijpeling te kampen krijgen. De andere toegangen van Doel 1&2 liggen hoog genoeg en lopen geen gevaar.
- Zuidoostelijke kant Doel 4: dit kan gevolgen hebben voor de MAZ, het GVD (via toegangspoorten en doorvoering) en eventueel ook zeer beperkt in de BKR.

Koeltorenbak Doel 4

Dezelfde redenering en berekeningswijze als hierboven bij Doel 3 wordt gevolgd bij Doel 4. De gebouwen die gevaar lopen zijn:

- Er zal water stromen in de MAZ en GVD en naar de parking van Doel 4. Indien het water in de MAZ stroomt, zal die als een soort buffertank fungeren. Later kan het water het GEH, de BKR en/of het GMH bereiken. Zoals bij Doel 3 is de ligging van het GMH en de BKR gunstiger.
- Noordkant Doel 3: de gebouwen MAZ, GEH en GMH. Op het ogenblik dat het water tot aan de zuidkant gestroomd is, zal het waterniveau sterk gezakt zijn.

Schottenlocaties

Dezelfde redenering en berekeningswijze als voor de koeltorenbakken wordt gevolgd voor de schottenlocaties. Aangezien het overloopdebiet ongeveer een factor 10 kleiner is, zullen ook de waterhoogtes veel beperkter zijn. Afhankelijk van de schottenlocatie zijn de gebou-

wen die gevaar lopen:

- De meest noordelijke schottenlocatie kan wateroverlast veroorzaken in het GNH Doel 1&2 (SD-kelder).
- Schottenlocatie H kan in beperkte mate wateroverlast veroorzaken in het GNS Doel 1&2 en ter hoogte van de materiaalpoort van GNH Doel 1&2 (lager gelegen 'bekken').

Koelwaterleidingen (CW)

De exacte locatie van de lekken is moeilijk te voorspellen. Lekken kunnen optreden in bovengrondse en ondergrondse gedeelten. Afhankelijk van de koelwaterleiding zijn dit de gebouwen die gevaar lopen:

- Bovengrondse CW-leidingen Doel 3&4: MAZ en GVD van Doel 3&4 kunnen water binnen krijgen.
- Ondergrondse CW-leiding Doel 1&2 – kan zowel in het zuidelijke als westelijke deel:
 - In het zuidelijke deel ontstaat mogelijk wateroverlast in het FE-pompstation Doel 1&2, het GNH Doel 1&2 (via materiaalpoort), GEH Doel 1&2, GMH Doel 1&2 en BAR Doel 1.
 - Bij een lek ten westen van de MAZ Doel 1&2 zal het water tot in de MAZ van Doel 1&2 stromen – de muren van de MAZ bevatten een waterafstotende bekleding om te beletten dat water naar GEH vloeit. Naar alle waarschijnlijkheid stroomt het water dan verder langs het ontvangstgebouw naar het toegangsgebouw. Deze locaties bevinden zich op een lager gelegen gedeelte van de site. Het water kan echter ook tot aan de BKR, GVD en MAZ van Doel 3 stromen; gezien het hogere reliëf zal de impact van het water zeer beperkt zijn.
- Ondergrondse CW-leidingen Doel 3 – door hun ligging is er een mogelijke impact voor zowat de hele site:
 - Er is een mogelijke impact voor zowat alle gebouwen van Doel 1&2. Het GNS zal gevrijwaard blijven: ligt hoog t.o.v. de rest van de site. De kans dat er water in het GNH stroomt via de materiaalpoort is ook zeer klein, gezien de ligging helemaal aan de andere kant van Doel 3 en afgeschermd door het GNS. Het hoogste waterpeil zal te vinden zijn in de SD-kelder (GNH), BAR Doel 2 en MAZ. Minder impact is er in het GEH, GMH, FE-pompen lokaal en BAR Doel 1.
 - Er is een mogelijke impact voor alle gebouwen van Doel 3. In eerste instantie zal het water stromen naar GEH, GMH, MAZ en GVD, wel afhankelijk van de plaats van de breuk. Door de goede geografische ligging van GNH, BKR en SPG zal het waterniveau aan de toegangspoorten beperkt blijven.
 - Er is een mogelijke impact voor de gebouwen aan de zuidkant van Doel 4. In eerste instantie zal het water stromen naar MAZ, GVD en naar BKR en SPG. Bij BKR en SPG zal het waterpeil al sterk gezakt zijn.
- Ondergrondse CW-leidingen Doel 4 – volledig aan de noordkant van de site gelegen. We kunnen wateroverlast verwachten aan het MAI (lager gelegen magazijn) en tussen GMH Doel 4 en MAH (lager gelegen gedeelte van de site). Ook in het GMH Doel 4 is wateroverlast mogelijk. MAZ Doel 4 en GEH D4 kunnen aansluitend met beperkte waterproblemen te kampen krijgen. De BKR en het GVD Doel 4 ligt geografisch aan de andere kant van Doel 4 en de kans op waterinsijpeling is dan ook beperkter. Het zelfde geldt voor de gebouwen van Doel 3.

Opslagtanks

Een onmiddellijke breuk van een opslagtank zal een kortstondige 'vloedgolf' veroorzaken, waarvan de richting afhankelijk is van de plaats van de breuk. Rekening houdend met de relatief beperkte tankvolumes en met de aanwezige ruimte voor expansie, zal het water zich snel verspreiden en zal het waterniveau zich al gauw beperken tot een 10 tal cm. Afhankelijk van de afvoer via de riolering en absorptie door de bodem kan op de lager gelegen gedeelten water blijven staan.

De korte tijd dat het waterpeil tot boven de drempels van de gebouwen stijgt, zal niet leiden tot grote waterhoeveelheden in de gebouwen; de deuren en poorten zijn normaliter ook gesloten.

Volgende clusters van opslagtanks kunnen worden onderscheiden:

- Doel 1&2: grote TW- en MW-tanks (aan zuidkant van RW-koeltorens. Een breuk van deze reservoirs kan water geven in het GNH (via de materiaalpoort), GEH, GMH, BAR D1 en FE-pompstation.
- Doel 1&2: DW-tanks (noordkant van GNH D12 naast RGB D2). Het zeer beperkte volume kan mogelijk een beperkte waterinsijpeling in het GNH (SD-kelder) veroorzaken.
- Doel 3: DD- en MW-tanks (zuidkant van GVD). Het water kan Doel 1&2 bereiken via de MAZ Doel 2

en BAR Doel 2. Een beperkte waterinsijpeling in de gebouwen Doel 3 GVD (via toegangspoorten en één doorvoering), BKR en MAZ is mogelijk. Nadien zal het water naar de lager gelegen gebieden stromen.

- Doel 4: DD- en MW-tanks (zuidkant van GVD Doel 4). Een beperkte waterinsijpeling in de gebouwen Doel 4 GVD, BKR en MAZ is mogelijk. Nadien zal het water naar de lager gelegen gebieden stromen.
- Doel 3&4: LN-afvalwatertanks (tussen koeltorens Doel 3&4). Deze tanks bevinden zich niet vlakbij de installaties. GVD Doel 4 en MAZ Doel 4 zijn de dichtstbijzijnde gebouwen op ongeveer 100 m, hier is geen waterinsijpeling te verwachten.

Analyse overstromingsbronnen bij DBE

Bij een zware aardbeving kunnen alle overstromingsbronnen tegelijk voor wateroverlast op de site zorgen.

In eerste instantie is er de onmiddellijke breuk van de verschillende opslagtanks. De vier belangrijkste tankclusters kunnen elk enkele duizenden m³ water lozen, samen bijna 13.000 m³. In tweede instantie ontstaat een groot waterdebiet afkomstig van de koeltorenbakken, en in mindere mate ook van de koelwaterleidingen en de schottenlocaties. Voor de koeltorenbakken van Doel 3&4 wordt telkens een lekdebiët van 11 m³/s verondersteld. De verschillende lekken uit de koelwaterleidingen geven verspreid over de site een gezamenlijk lekdebiët van ongeveer 10 m³/s. Voor elk van de twee schottenlocaties komt er nog een lekdebiët van 0,7 m³/s bij. Voor de belangrijkste gebouwen betekent dit het volgende:

GNS Doel 1&2

Dit gebouw bevindt zich op meer dan 150 m van de koeltorenbakken en de CW-leidingen. Het gebouw ligt ook hoog (ongeveer 80 cm) t.o.v. de rest van de site. Enkel bij het overlopen van de vlakbijgelegen schottenlocatie H (lekdebiët 0,7 m³/s) is een beperkte waterinsijpeling mogelijk. Een 10-tal cm water kan dan verwacht worden in de omgeving van het gebouw. Veiligheidsgebonden pompinstallaties vormen een bijkomende bescherming van de GNS-kelder tegen overstroming.

FE pompstation Doel 1&2

Dit gebouw bevindt zich op meer dan 150 m van de koeltorenbakken en de CW-leidingen van Doel 3&4. Het risico op waterinsijpeling is voornamelijk afkomstig van de nabijgelegen TW- en MW-tanks van Doel 1&2 (samen 3.800 m³) en van de nabijgelegen ondergrondse CW-leidingen van Doel 1&2 (lekdebiët 1,8 m³/s). Een 10-tal cm water kan verwacht worden in de omgeving van het gebouw, met het risico op een beperkte waterinsijpeling.

BAR Doel 2

Dit gebouw bevindt zich op een 100-tal m van de koeltoren Doel 3 (lekdebiët 11 m³/s) en ondergrondse CW-leidingen Doel 3 (lekdebiët 3,3 m³/s). Een zeer beperkte impact van de DD- en MW-tanks Doel 3 is ook mogelijk (samen 3.400 m³, afstand 80-tal meter). De sokkel onder de AFW-pompen biedt een bijkomende bescherming. Alles samen kan een 20-tal cm water verwacht worden in de omgeving van het gebouw, met het risico op waterinsijpeling.

BAR Doel 1

Dit gebouw bevindt zich afgeschermd door andere gebouwen op meer dan 200 m van de koeltoren Doel 3 en ondergrondse CW-leidingen Doel 3. Het risico op waterinsijpeling is vooral afkomstig van de nabijgelegen TW- en MW-tanks van Doel 1&2 (samen 3.800 m³) en van de nabijgelegen ondergrondse CW-leidingen van Doel 1&2 (lekdebiët 1,8 m³/s). Een 10-tal cm water kan verwacht worden in de omgeving van het gebouw, met het risico op een beperkte waterinsijpeling. De sokkel onder de AFW-pompen biedt een bijkomende bescherming.

GNH Doel 1&2

De noordkant van dit gebouw bevindt zich op meer dan 150 m van de koeltorenbakken en de CW-leidingen Doel 3&4. De schottenlocaties zijn relatief dichtbij gelegen (lekdebiët 0,7 m³/s). Deze kunnen zorgen voor een beperkte waterinsijpeling in de SD-kelder. Voor de

materiaalpoort van het GNH is het risico op waterinsijpeling vooral afkomstig van de nabijgelegen TW- en MW-tanks van Doel 1&2 (samen 3.800 m³) en van de nabijgelegen ondergrondse CW-leidingen van Doel 1&2 (lekdebiët 1,8 m³/s). Een 10-tal cm water kan verwacht worden in de omgeving van het gebouw, met het risico op een beperkte waterinsijpeling. Veiligheidsgebonden pompelpompen vormen een bijkomende bescherming van de GNH-kelder tegen overstroming.

MAZ en GEH Doel 1&2

Een beperkte waterinsijpeling is mogelijk, afkomstig van de koeltorenbak en CW-leidingen Doel 3, DD- en MW-tanks Doel 3 en CW-leidingen Doel 1&2. Een 10-tal cm water kan verwacht worden in de omgeving van het gebouw.

BKR D3

Dit gebouw bevindt zich relatief ver (200-tal m) en afgeschermd van de koeltoren en de CW-leidingen Doel 3. Dichtstbijgelegen zijn de DD- en MW-tanks Doel 3 (samen 3.400 m³, afstand 80-tal m). Een 10-tal cm water kan verwacht worden in de omgeving van het gebouw. De materiaalpoort van de BKR ligt ongeveer 30 cm hoger dan het gemiddelde siteniveau. Veiligheidsgebonden pompelpompen vormen een bijkomende bescherming van de bunker-kelder tegen overstroming. Waterinsijpeling wordt niet verwacht.

GVD D3

Dit gebouw bevindt zich op een 80-tal m van de koeltoren Doel 3 (lekdebiët 11 m³/s) en dicht bij de ondergrondse CW-leidingen Doel 3 (lekdebiët 3,3 m³/s). De DD- en MW-tanks Doel 3 (samen 3.400 m³) bevinden zich vlakbij aan de zuidkant van het gebouw. Ook de ondergrondse CW-leiding Doel 1&2 en de bovengrondse CW-leidingen Doel 3&4 zijn relatief dichtbij. Alles samen kan 20 à 30 cm water verwacht worden in de omgeving van het gebouw, met het risico op waterinsijpeling. AF-pompen in het GVD bevinden zich achter een gebunkeriseerde waterdichte deur.

GMH en GEH Doel 3

Deze gebouwen bevinden zich relatief ver van de koeltorens Doel 3&4 en de CW-leidingen van Doel 4 (200-tal m). De gebouwen bevinden zich een 50-tal m van de dichtstbijzijnde ondergrondse CW-leidingen Doel 3 (lekdebiët 3,3 m³/s), en DD- en MW-tanks Doel 4 (samen 3.400 m³). Een 10 à 15 cm water kan verwacht worden in de omgeving van de gebouwen. De drie toegangspoorten voor de GMH-diesels liggen ongeveer 30 cm hoger dan het gemiddelde siteniveau. Waterinsijpeling wordt niet verwacht.

SPG Doel 3

Dit gebouw heeft een gunstige geografische ligging t.o.v. alle potentiële overstromingsbronnen. Er is een toegangsdempel en de PL-pompen (voor koeling van de dokken) bevinden zich op een sokkel van ongeveer 24 cm. Waterinsijpeling wordt niet verwacht.

GNH en RN-kelder Doel 3

Dit gebouw heeft een gunstige geografische ligging t.o.v. alle potentiële overstromingsbronnen (afstand >250 m). Enkel de DD- en MW-tanks Doel 4 zijn dichterbij gelegen (samen 3.400 m³, afstand 100-tal m). Minder dan een 10-tal cm water kan verwacht worden in de omgeving van het gebouw. De toegangen bevinden zich tussen 15 en 20 cm boven het nabije siteniveau. Waterinsijpeling wordt niet verwacht.

MAZ Doel 3

Dit gebouw bevindt zich op een 50-tal m van de koeltoren Doel 3 (lekdebiët 11 m³/s) en dicht bij de ondergrondse CW-leidingen Doel 3 (lekdebiët 3,3 m³/s). De DD- en MW-tanks Doel 3 (samen 3.400 m³) en de ondergrondse CW-leiding Doel 1&2 en de bovengrondse CW-leidingen Doel 3&4 vormen een beperkt risico. Alles samen kan 20 à 30 cm water verwacht worden in de omgeving van het gebouw, met het risico waterinsijpeling. Indien het water in de MAZ stroomt zal deze als een soort buffertank fungeren.

BKR Doel 4

Dit gebouw bevindt zich relatief ver (200-tal m) en afgeschermd van de koeltorens en de CW-leidingen

Doel 3&4. Dichtstbijgelegen zijn de DD- en MW-tanks Doel 4 (samen 3.400 m³, afstand 80-tal m). Een 10-tal cm water kan verwacht worden in de omgeving van het gebouw. De materiaalpoort van de BKR ligt ongeveer 20 cm hoger dan het gemiddelde siteniveau. Veiligheidsgebonden pompompen vormen een bijkomende bescherming van de bunker-kelder tegen overstroming. Waterinsijpeling wordt niet verwacht.

GVD Doel 4

Dit gebouw bevindt zich op een 80-tal m van de koeltoren Doel 4 (lekdebiët 11 m³/s) en relatief dicht bij de ondergrondse en bovengrondse CW-leidingen Doel 3&4. De DD- en MW-tanks Doel 4 (samen 3.400 m³) bevinden zich vlakbij aan de zuidkant van het gebouw. De LN-afvalwatertanks Doel 3&4 kunnen ook een beperkte bijdrage leveren. Alles samen kan 20 à 30 cm water verwacht worden in de omgeving van het gebouw, met het risico op waterinsijpeling. AF-pompen in het GVD bevinden zich achter een gebunkeriseerde waterdichte deur.

GMH en GEH Doel 4

Deze gebouwen bevinden zich relatief ver van de koeltorens Doel 3&4 en de CW-leidingen van Doel 4 (200-tal m). De gebouwen bevinden zich een 50-tal m van de dichtstbijzijnde ondergrondse CW-leidingen Doel 4 (lekdebiët 3,2 m³/s). Een 10-tal cm water kan verwacht worden in de omgeving van de gebouwen. De drie toegangspoorten voor de GMH-diesels liggen ongeveer 20 cm hoger dan het gemiddelde siteniveau. Waterinsijpeling wordt niet verwacht.

SPG Doel 4

Dit gebouw heeft een gunstige geografische ligging t.o.v. alle potentiële overstromingsbronnen. Er is een toegangsdrampel en de PL-pompen (voor koeling van de dokken) bevinden zich op een sokkel van ongeveer 24 cm. Waterinsijpeling wordt niet verwacht.

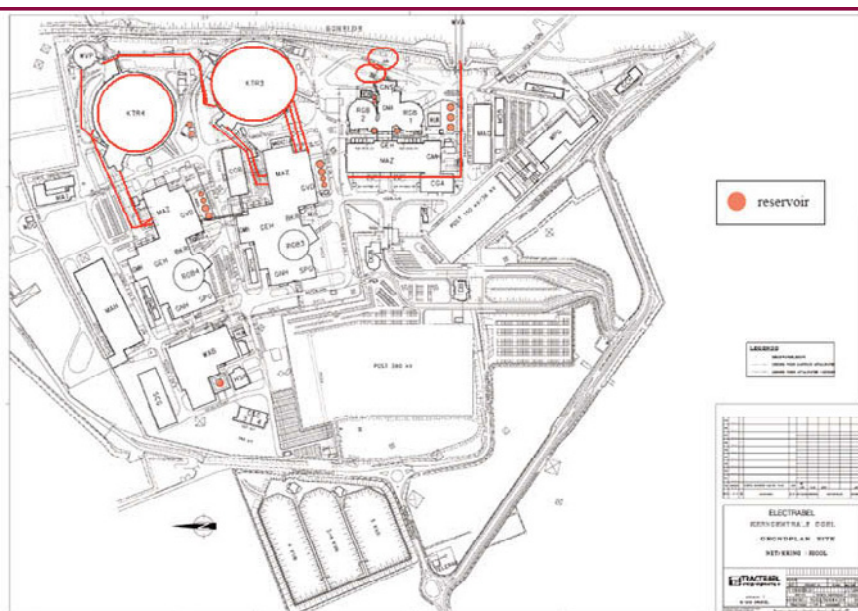
GNH en RN-kelder Doel 4

Dit gebouw heeft een gunstige geografische ligging t.o.v. alle potentiële overstromingsbronnen (afstand >250 m). Alle uitrustingen in de kelder (SI en SP) bevinden zich achter een waterdichte deur. De toegangen bevinden zich tussen 15 en 20 cm boven het nabije siteniveau. Waterinsijpeling wordt niet verwacht.

MAZ Doel 4

Dit gebouw bevindt zich op een 50-tal m van de koeltoren Doel 4 (lekdebiët 11 m³/s) en dicht bij de ondergrondse CW-leidingen Doel 4 (lekdebiët 3,3 m³/s). De LN-afvalwatertanks Doel 3&4 kunnen ook een beperkte bijdrage leveren. Alles samen kan 20 à 30 cm water verwacht

Figuur 10



Reservoirs, KTR-bassins, leidingen naar WVP zijn bovengronds (CW), andere leidingen zijn ondergronds (CW), de cirkels ten oosten van GNS Doel 1&2 zijn de schottenlocaties.

worden in de omgeving van het gebouw, met het risico op waterinsijpeling. Indien het water in de MAZ stroomt zal deze als een soort buffertank fungeren.

Analyse overstromingsbronnen bij RLE

Bovenop de analyse die geldt voor de DBE kan er een beperkte bijkomende wateroverlast zijn ter hoogte van de RN-koeltorens (GMH, GEH, GNH Doel 3&4). Het waterniveau in de bekkens bevindt zich slechts 1,5 m boven het grondoppervlak. Het toevoerdebiet is ook beperkt (300 m³/u).

Ook de SI-tanks bij Doel 1&2 kunnen bijkomend falen. De breuk van beide tanks kan voor een bijkomende wateroverlast zorgen ter hoogte van het GEH, GMH en MAZ Doel 1&2 en naar alle waarschijnlijkheid kunnen de BAR Doel 1&2 meer overlast krijgen. Er kan ook een zeer lichte radioactieve besmetting optreden. De bijkomende waterhoeveelheden zijn beperkt en zullen de algemene bevindingen voor de DBE niet fundamenteel wijzigen.

2.2.3.4. Besluit overstroming als gevolg van aardbeving

Volgende besluiten zijn geldig voor de RLE, en bijgevolg ook voor de minder ernstige DBE.

Een tsunami, als gevolg van een aardbeving op zee, zou in Doel kunnen leiden tot een 'vloedgolf' van maximum 0,5 m hoogte. Aangezien het platform van de site ruimschoots boven het waterpeil van de Schelde ligt, kan de site hierdoor niet overstromen, zelfs niet indien de dijken reeds beschadigd zouden zijn.

Verschillende reservoirs en leidingen op de site kunnen beschadigd worden als gevolg van een aardbeving. Een analyse van het gelijktijdig falen van meerdere reservoirs en leidingen leidde tot het besluit dat de veilige stop hierbij niet in het gedrang zal komen:

- Bij Doel 1&2 bevinden de uitrustingen die na aardbeving nodig zijn voor een veilige stop zich in de gebouwen RGB, BAR, GNS en GNH. Ter hoogte van BAR, GNS en GNH is insijpeling van een beperkte hoeveelheid water mogelijk. In de BAR is er geen kelder en bevinden alle belangrijke uitrustingen zich op een sokkel, zodat hun werking niet in het gedrang komt. De toegangen tot het GNS liggen zelf op ongeveer 0,8 m boven de grond, zodat waterinsijpeling uitgesloten is of in het slechtste geval zeer beperkt zal zijn. GNH en GNS beschikken beide over veiligheidsgebonden pompompen met voeding uit het GNS. Hierdoor is het mogelijk de beperkte hoeveelheid water die er kan binnendringen, weg te pompen.
- Bij Doel 3&4 kunnen GVD en MAZ overstromen, maar behoudens de AF-pompen die zich achter waterdichte deuren bevinden, bevinden er zich hier geen veiligheidsuitrustingen. In de reactorgebouwen is geen waterinsijpeling mogelijk. Alle andere gebouwen die veiligheidsuitrustingen bevatten, kunnen een zeer beperkte wateroverlast ondervinden. De bunkers zijn evenwel voorzien van veiligheidsgebonden pompompen, zodat een veilige stop steeds mogelijk is met de uitrustingen van de bunker.

3

OVERSTROMING



3 Overstroming

p. 90

3.1 Ontwerpbasis

p. 90

3.1.1. Overstroming waartegen de site bestand is

- 3.1.1.1. Kenmerken van de Design Basis Flood (DBF)
- 3.1.1.2. Methode voor evaluatie van de DBF
- 3.1.1.3. Toereikendheid Design Basis Flood (DBF)

3.1.2. Maatregelen ter bescherming tegen de Design Basis Flood (DBF)

- 3.1.2.1. Structuren, systemen en componenten (SSC)
- 3.1.2.2. Bijkomende voorzieningen
- 3.1.2.3. Belangrijkste operationele maatregelen
- 3.1.2.4. Andere mogelijke gevolgen van DBF

3.1.3. Eenheid conform met huidige licentie

- 3.1.3.1. Licentie verzekeren
- 3.1.3.2. Organisatie mobiele uitrustingen
- 3.1.3.3. Mogelijke afwijkingen
- 3.1.3.4. Acties licentiehouder

3.2 Evaluatie van de veiligheidsmarges

p. 97

3.2.1. Maatregelen genomen tijdens de alarmfase overstroming

3.2.2. Analyse van de omstandigheden waaronder overstroming van de site zou kunnen optreden

- 3.2.2.1. Golfoverslag over de Scheldedijk
- 3.2.2.2. BDBF Dijkfaling ter hoogte van de site

3.2.3. Gevolgen van overstroming voor de veiligheidsfuncties

- 3.2.3.1. Situering van de gebouwen
- 3.2.3.2. Analyse van de gevolgen van overstroming bij golfoverslag
- 3.2.3.3. Analyse van de gevolgen van overstroming bij een dijkbreuk

3.2.4. Zwakke punten en cliff edge effecten

3.2.5. Combinatie van overstroming met ongunstige meteorologische omstandigheden

3.2.6. Bestaande maatregelen/voorzieningen om wateroverlast op te vangen

3.2.7. Mogelijke maatregelen om de robuustheid van de site te verbeteren

- 3.2.7.1. Infrastructuur
- 3.2.7.2. Procedures
- 3.2.7.3. Organisatie

3

Overstroming

Om het overstromingsgevaar, dat ter hoogte van Doel verwaarloosbaar klein is, te minimaliseren, werden twee belangrijke maatregelen voorzien bij het ontwerp van de site: één, de hele site inclusief alle installaties rust op een verhoogd platform, en twee, de Scheldedijk die de site afschermt, werd nog eens met een extra meter opgehoogd.

Het hoogste Scheldepeil dat ooit in ons land werd opgetekend, bedraagt 8,10 mTAW (tweede algemene waterpassing). Het platform van de site werd by opbouw opgehoogd tot 8,86 m TAW. De dijk langs de site werd opgehoogd tot 12,08 m. Een waterpeil van 9,13 m TAW werd vastgelegd als Design Basis Flood (DBF). Deze DBF werd, op basis van studies bekend bij ontwerp, gekozen als peil met terugkeerperiode 10.000 jaar.

3.1

Ontwerpbasis

3.1.1. Overstroming waartegen de site bestand is

3.1.1.1. Kenmerken van de Design Basis Flood (DBF)

Hieronder volgen de belangrijkste kenmerken van de Design Basis Flood (DBF), de referentie vloedhoogte, zoals voorzien bij het initiële ontwerp van de centrale.

De Design Basis Flood (DBF), de referentie vloedhoogte waarmee rekening werd gehouden bij het originele ontwerp van Doel 1&2 en Doel 3&4, staat beschreven in het veiligheidsrapport. Belangrijke referentie bij dit ontwerp zijn de historische gegevens omtrent de hoogste waterstanden.

Historische vloed

Deze vloedhoogte van de Schelde ligt op 8,10 m TAW, dit is 1 van de parameters waarmee men rekening hield bij ontwerp van de site.

Design basis flood (DBF)

De vloedhoogte van de Schelde, waartegen de site bij ontwerp beschermd is. Deze hoogte bedraagt 9,13 m TAW (= 10.000 jaarlijkse vloed).

Herevaluatie design basis flood

In het kader van de TJH werd deze DBF recent geherevalueerd naar 9,35 m TAW.

Getijden en stormopzet

Onderstaande gegevens omtrent getijden en stormopzet werden bij ontwerp opgenomen in het veiligheidsrapport.

- De hoogste waterstand die ooit (1 februari 1953) werd opgetekend bedraagt +8,10 m TAW – gemeten met de getijdenmeter van 'liefkenshoek' op ongeveer 3,5 km van de centrale.
- Het gemiddelde hoogtij bedraagt +5,08 m TAW.
- Het rapport van de DELTA-commissie geeft voor de engte van Bath (ten noorden van Doel) een waarschijnlijkheid van voorkomen eens per 10.000 jaar aan voor getijden met een hoogte van +9,13 m TAW. Deze 10.000-jaarlijkse vloed geldt als de Design Basis Flood (DBF).

Platform en dijk

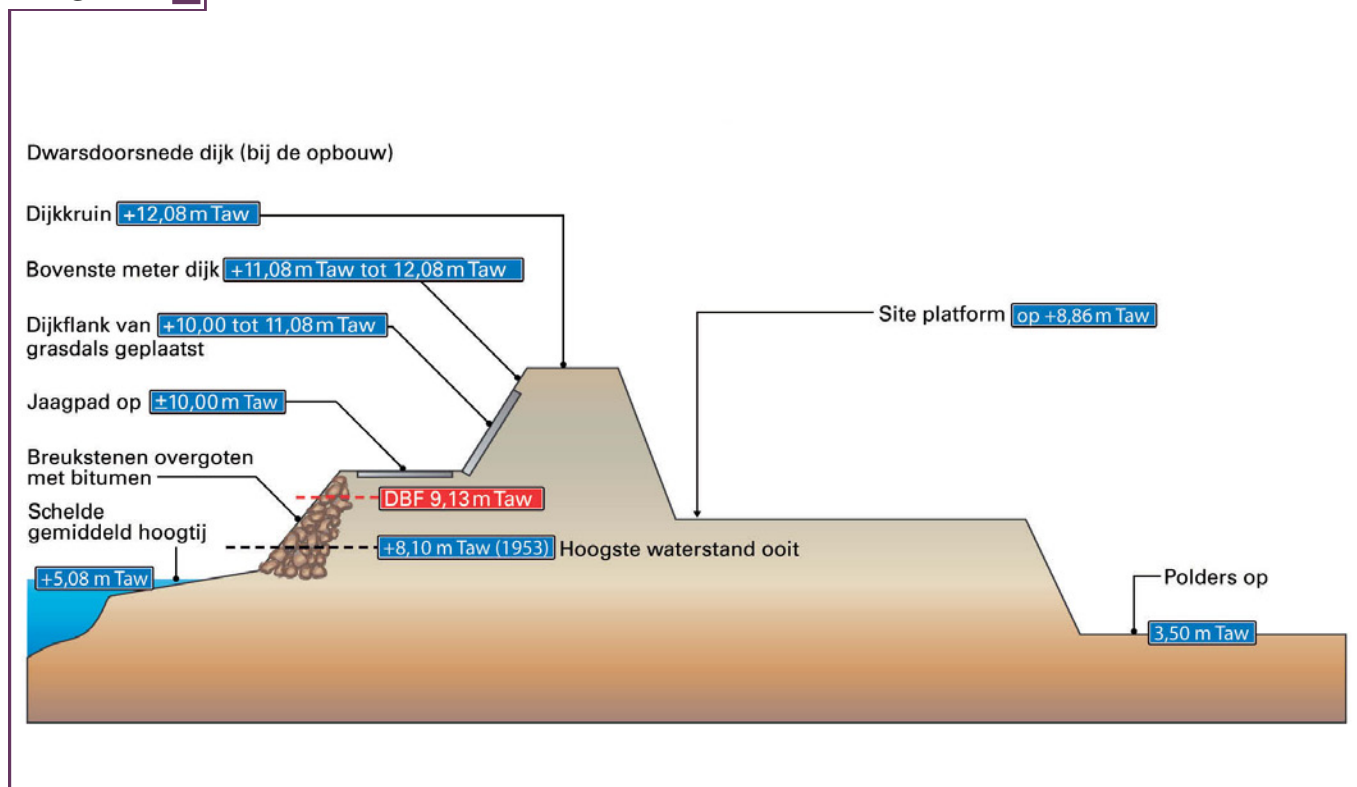
De bescherming tegen de DBF wordt gevormd door de keuze van de hoogte van het platform waarop de hele site zich bevindt, in combinatie met de hoogte van de dijken ter hoogte van de site.

- Het platform werd opgehoogd tot +8,86 m TAW.
- De dijken langs de site zijn verhoogd tot +12,08 m TAW, tegenover +11,08 m TAW van de Scheldebijlen in de omgeving.

Opmerkingen:

- Er werd rekening gehouden met de mogelijkheid van zettingen na verloop van tijd.
- Onze technische specificaties leggen vast dat de dijkruin minimaal +11,08 m TAW hoog dient te zijn.

Figuur 1



3.1.1.2. Methode voor evaluatie van de DBF

Een evaluatie van de design basis flood (DBF) werd uitgevoerd in het kader van de tienjaarlijkse herziening.

Bij ontwerp werd de DBF bepaald aan de hand van parameters gevonden in voorgaande paragraaf (3.1.1.1).

Bij de tienjaarlijkse herziening werd de DBF geherevalueerd, aan de hand van de recentste gegevens (bv. meteogegevens, berekeningsmodellen, nucleaire regelgeving). Kerncentrale Doel is gelegen aan het Schelde-estuarium. De verschillende mogelijke oorzaken voor overstroming van een site gelegen aan een estuarium werden geëvalueerd. De basisbelastingen die in de studies van de TJH weerhouden en gecombineerd werden zijn:

- Stormopzet uit de Noordzee en het astronomische getij
- Bijkomende windopzet bij stormvloed tussen Vlissingen en Doel
- Windgolven, golfoploop- en overslag

De hoogste waterstand die ooit werd opgetekend, is nog steeds die van 1953.

Een studie concludeerde dat het gemiddeld hoogtij een licht stijgende tendens vertoont. De waterstand met een terugkeertijd van 10.000 jaar werd geherevalueerd op (gemiddeld) +9,35 m TAW ter hoogte van de site.

3.1.1.3. Toereikendheid Design Basis Flood (DBF)

Uit de veiligheidsherziening kunnen we volgende conclusie trekken: de waterstand met een terugkeerperiode van 10.000 jaar blijft ruim onder de dijkhoogte: +9,35 m TAW (gemiddelde waarde) want de dijk is overal hoger dan 11,08 m TAW.

Tienjaarlijkse herziening (TJH)

Dit zijn periodieke veiligheidsherzieningen die de ontwerpbasis van de nucleaire centrales beoordelen. Ingeval van overstromingsrisico gebeurt dit op basis van o.a. nieuwe nucleaire regelgeving, recente meteogegevens en nieuwe berekeningsmodellen.

3.1.2. Maatregelen ter bescherming tegen de Design Basis Flood (DBF)

De maatregelen ter bescherming tegen DBF hebben als doelstelling de site droog te houden.

De centrale in Doel wordt omringd door lager gelegen polders, die tegen overstrooming van de Schelde worden beschermd door de Scheldedijk. Bij de bouw van de centrale werd het platform van de site opgehoogd ten opzichte van de omringende polders. De Scheldedijk zelf werd langsheen de site extra opgehoogd met één meter. Alle structuren, systemen en componenten, waaronder ook de interne stroomvoorziening in geval van nood, zijn zonder onderscheid beschermd tegen de DBF.

3.1.2.1. Structuren, systemen en componenten (SSC)

Hieronder volgt een overzicht van de belangrijkste structuren, systemen en componenten (SSC), die van essentieel belang zijn bij een Safe Shutdown, en die ook na de Design Basis Flood (DBF) performant blijven.

Het platform van de watervang Doel 1&2, gelegen in de Schelde, bevindt zich op ongeveer hetzelfde niveau als de site. Het eventuele wegvallen van de primaire koudebron (de Schelde) in geval van DBF wordt opgevangen door een alternatieve koudebron (Ruw Water-kring (RW)), die zich op de site binnen de bescherming van de dijk bevindt. Het pompstation van de watervang van Doel 3&4 wordt beschermd door de dijk.

Bij een DBF kan enkel de Circulatie Water-kring (CW) van Doel 1&2 onbeschikbaar zijn, verder wordt er niets vernietigd, alle kringen (RC, PR, SC, CV, MS, FW, PL, VE,...) zullen beschikbaar blijven.

Hieronder volgt een overzicht (Doel 1&2 en Doel 3&4) van de veiligheidsuitrustingen die kunnen worden gebruikt om de kernkoeling, de koeling van de dokken, de integriteit van het containment en de controle kritikaliteit te blijven verzekeren. Onderstaande lijst beperkt zich tot tuigen die van toepassing zijn in geval van overstrooming. Er zijn telkens twee veiligheidsniveaus.

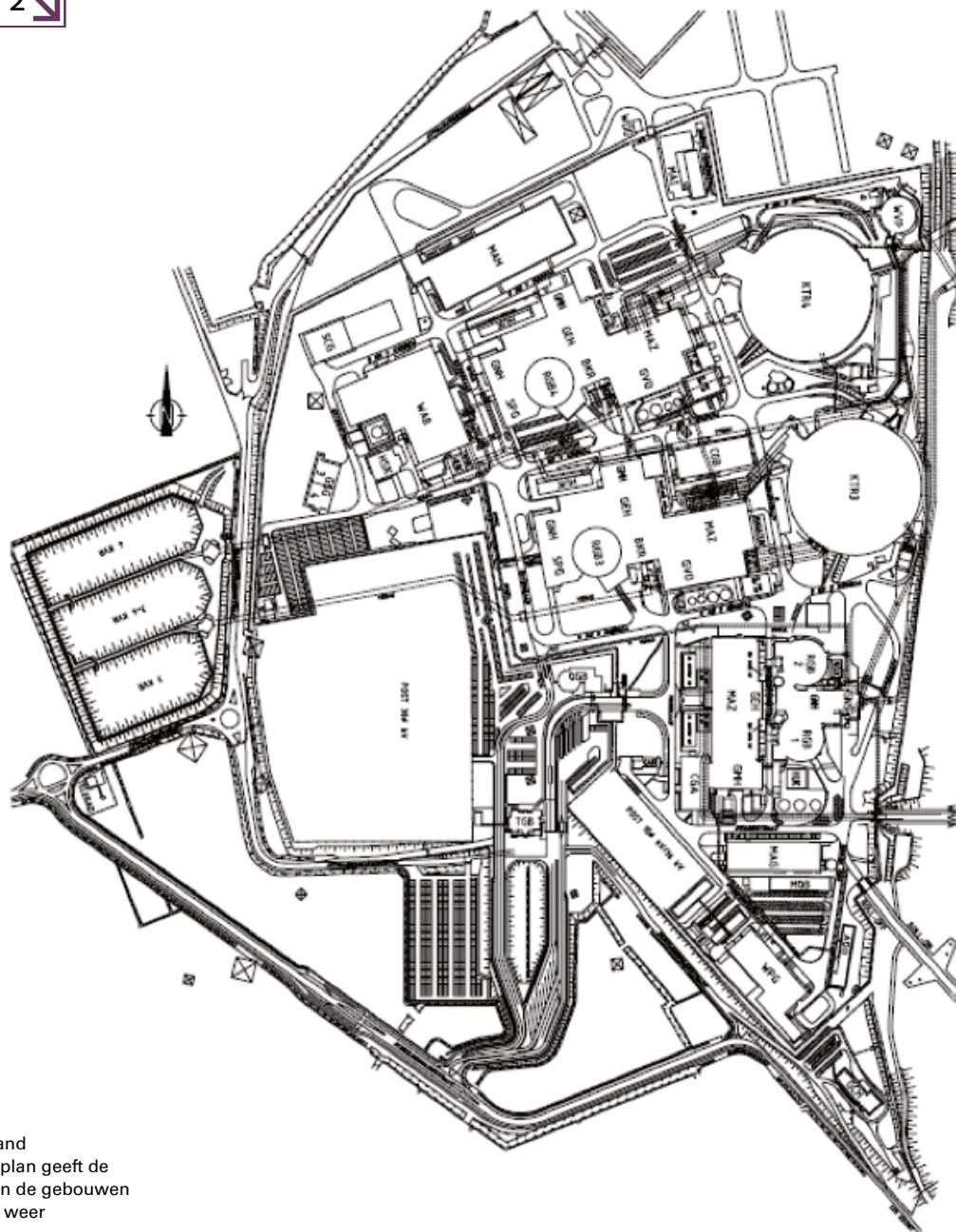
Tabel 1



Veiligheidsuitrustingen op 1^{ste} en 2^{de} niveau D12, 3 en 4

Functie	1 ^{ste} niveau uitrusting/kring	Situering 1 ^{ste} niveau uitrusting (verdieping)	2 ^{ste} niveau uitrusting/kring	Situering 2 ^{ste} niveau uitrusting (verdieping)
DOEL 1&2				
Stroomvoorziening veiligheidstuigen	4 diesels (DG)	GMH (0)	2 diesels (ED)	GNS (0)
Bijvulling stoom- generatoren (koeling primaire kring)	AFW-kring	BAR Doel 1 en BAR Doel 2 (0)	EF-kring	GNS (0)
Waterinjectie naar dichtingen primaire pompen + voeden spray drukregelvat	CV-kring	GNH (-1)	RJ-kring	GNS (0)
Bijvulling primaire kring bij druk- en temperatuurdaling (volumevermindering van het water)	CV-kring	GNH (-1)	RJ-kring	GNS (0)
Bij voldoende lage druk en temperatuur wordt overgegaan op SC-koeling van de kern	SC-kring bekrachtigd door 1 ^{ste} niveau	GNH (-2)	SC-kring bekrachtigd door 2 ^{de} niveau	GNH (-1)
Koeling van o.m. SC-kring	CC-kring	GNH (+1)	EC-kring	GNH/GNS (+4)
Koeling van o.m. CC kring	RW-kring	RW-pompen kelder	nvt	
Koeling van de dokken	PL kring gevoed door 1 ^{ste} niveau	GNH (+1)	PL-kring gevoed door 2 ^{de} niveau	GNH (+1)
Koeling/ventilatie RGB	VE-kring	RGB	nvt	
DOEL 3&4				
Stroomvoorziening veiligheidstuigen	3 diesels (+1 reservediesel voor uitlijning op Doel 3 of Doel 4)	GMH (0)	3 diesels	BKR (0)
Bijvulling stoom- generatoren (koeling primaire kring)	AF- kring	GVD (-1)	EF-kring	D3 BKR (+2) D4 BKR (0)
Waterinjectie naar dichtingen primaire pompen + voeden spray drukregelvat	CV-kring	GNH (0)	RJ-kring	D3 BKR (0) D4 BKR (-1)
Bijvulling primaire kring bij druk- en temperatuurdaling (volumevermindering van het water)	CV-kring	CV (zie boven),	EA-kring	BKR (0)
Bij voldoende lage druk en temperatuur wordt overgegaan op SC-koeling van de kern	SC-kring bekrachtigd door 1 ^{ste} niveau	RGB bekrachtigd door 2 ^{de} niveau	SC-kring	RGB
Koeling van o.m. SC-kring	CC-kring	CC: GNH (0)	LU-kring	BKR (-1)
Koeling van o.m. CC-kring	RN-kring	RN: GNH (-1)	nvt	
Koeling van de dokken	PL-kring gevoed door 1 ^{ste} niveau	SPG (0)	PL-kring gevoed door 2 ^{de} niveau	SPG (0)
Koeling/ventilatie RGB	VC-kring	RGB	nvt	

Figuur 2



Bovenstaand
situeringsplan geeft de
ligging van de gebouwen
op de site weer

3.1.2.2. Bijkomende voorzieningen

Bijkomende voorzieningen in het basisonwerp ter bescherming tegen overstroming.

Onderstaande criteria/bepalingen gelden bij de bescherming van de ondergrondse structuren van de gebouwen van Doel 1&2 en Doel 3&4:

- Bij de weerstandsberekeningen werd rekening gehouden met een grondwaterpeil + 7,00 m in Doel, met normale spanningen in de materialen.
- De ondergrondse muren zijn opgetrokken uit gewapend waterwerend beton.
- Het muuroppervlak dat in contact komt met de aarde, werd ingestreken met een waterdichte laag bestaande uit drie lagen teer. Op het metselwerk is vooraf een waterdichte cementering aangebracht.
- De voegen tussen de gebouwen of de verbindingsvoegen van de ondergrondse kanalen zijn uitgevoerd in waterdicht thermoplastisch materiaal. De lippen van de voegen zijn geïmpregneerd op geïmpregneerd bandijzer.

3.1.2.3. Belangrijkste operationele maatregelen

Een proactief overstromingsalarm verhoogt de waakzaamheid van de bedrijfseenheden.

Volgende alarmfasen worden ingeleid op basis van de informatie van de overheidsdienst Waterwegen en Zeeschelde:

- 'stormtij zeescheldebekken': peil van de Zeeschelde > 6,60 m TAW
- 'gevaarlijk stormtij zeescheldebekken': peil van de Zeeschelde > 7,00 m TAW

Overeenkomstig de procedure worden dan een aantal maatregelen genomen. Het gaat hierbij onder meer om reflexhandelingen zoals het sluiten van de toegangen aan de watervang Doel 1&2 en een controle van de dichtheid van de **roll-on-roll-off**. In de procedure wordt beschreven wie op welk ogenblik opgeroepen wordt, met een beschrijving van de taakverdeling.

Voor de acties volgend op de waarschuwing 'gevaarlijk stormtij Zeescheldebekken' wordt voldoende tijd uitgetrokken. Zodra het waterpeil op 7,58 m TAW staat, resten nog 2 uur voordat het water het niveau van het platform van de site bereikt, het water is dan nog altijd ruimschoots onder de dijk kruinhoogte.

Roll-on-roll off

Overzeese transporten kunnen via deze toegang (in de Scheldedijk) op de site gebracht worden. Deze wordt uitzonderlijk geopend, 1 keer per 2 jaar.

3.1.2.4. Andere mogelijke gevolgen van DBF

Een aantal andere gevolgen van de Design Basis Flood (DBF) komen hieronder aan bod.

Verlies van externe stroomvoorziening

De bescherming van de systemen (onder meer veiligheidssiesels) die erop gericht zijn om een uitval van het externe stroomnet op te vangen, is opgenomen in de ontwerpvoorzieningen van de site – denk aan de hoogte van het platform en de dijk.

Omstandigheden buiten de site bij risico op overstroming

De Scheldedijken beschermen het gebied rond de site tegen een mogelijke overstroming. Mochten die dijken van de polders falen, dan is het mogelijk dat de toegangsweg naar de centrale onbruikbaar wordt (dit is behandeld in hoofdstuk 6 "NOODPLAN").

Falen van de dijk

Bij een extreme storm en de bijbehorende belasting van de dijken is een risico op dijkfaling ter hoogte van de site niet uitgesloten. Dit betekent niet onmiddellijk dat de dijk het begeeft, een dijk heeft immers altijd een reststerkte. Het betekent wel dat de dijk bij een volgende storm effectief kan bezwijken. Een inspectie- en onderhoudsprogramma van de dijken is dan ook voorzien (zie ook 3.1.3.1).

Een recente studie – uitgaande van de opbouwlagen van de dijk (bepaald met behulp van sonderingen) in combinatie met de aangebrachte verstevigingsmechanismen (grasdals, breukstenen met bitumen overgoten,...) – toonde aan dat een initiatie tot dijkfaling kan optreden vanaf een terugkeerperiode van 1.700 jaar (dit is de waarde op het meest kritische punt van de dijk, bepaald aan de hand van de lagenopbouw van de bodem) gepaard met een wind/storm uit de richting NW tot N.

Falen van de dijk

In bepaalde omstandigheden kan de dijk falen, dit wil zeggen dat de structurele sterkte van de dijk verminderd. Indien de sterkte niet hersteld wordt kan tijdens een volgende gebeurtenis (storm/hoge vloed/...), die voldoende hevig is, de dijk breken.

3.1.3. Eenheid conform met huidige licentie

Is de nucleaire site nog conform met de basislicentie?

3.1.3.1. Licentie verzekeren

Het algemene proces dat dient gevolgd te worden om de licentie te verzekeren.

Technische specificaties

Scheldedijk

De kruinhoogte van de Scheldedijk langs het terrein van de centrale dient minstens +11,08 m TAW te bedragen. Indien de dijk kruinhoogte beneden dit peil zakt, dient deze hersteld te worden voor het waterpeil van de Schelde +7,58 m TAW zou overschrijden. Deze dijkhoogte moet om de 10 jaar gecontroleerd worden.

In de praktijk wordt de dijkkrui om de vijf jaar opgemeten – is strenger dan het veiligheidsrapport. De recentste hoogtemetingen (2011) waren positief: de vereisten van de technische specificaties werden moeiteloos gehaald.

Roll-on-roll-off

De roll-on-roll-off-schotten dienen te allen tijde gesloten te zijn. Dit wordt ook wekelijks gecontroleerd. Via een jaarlijks inspectieplan wordt de lekdichtheid van de roll-on-roll-off nagekeken.

Dijken: periodieke inspecties, onderhoud en testen

De periodieke inspecties en het onderhoud van de Scheldedijk en van de dijk rondom de LU-vijvers worden uitgevoerd met onderhoudsplan en procedure, dit gebeurt jaarlijks. Zo zorgen wij ervoor dat de structurele integriteit van de dijken gewaarborgd blijft. De volledige buitenkant van de Scheldedijk wordt eveneens jaarlijks geïnspecteerd en onderhouden door Waterwegen en Zeeschelde.

3.1.3.2. Organisatie mobiele uitrustingen

De uitbatingsvergunning maakt geen melding van mobiele uitrustingen die permanent ter beschikking moeten staan in geval van DBF.

3.1.3.3. Mogelijke afwijkingen

Overzicht van de afwijkingen en hun mogelijke gevolgen in termen van veiligheid.

Geen afwijkingen.

Doel wordt tegen overstroming beschermd door de hoogte van het platform van de site en door de dijken. Dat is zo voorzien in de ontwerpbasis. Hierop bestaan geen afwijkingen.

3.1.3.4. Acties licentiehouder

Een overzicht van de reeds ondernomen acties na de ramp in Fukushima.

Voor Fukushima

In het kader van de tienjaarlijkse veiligheidsherziening van de kerncentrales waren reeds acties lopende op de site in Doel; deze acties kwamen voort uit de studierapporten (zie 3.2.2).

Na Fukushima

Naar aanleiding van de ramp in Fukushima heeft Doel een antwoord opgesteld met betrekking tot WANO SOER 2011-2. Er werden enkele specifieke acties m.b.t. het overstromingsrisico in gang gezet; enkele voorbeelden:

- De voorraad zandzakjes werd opgetrokken.
- Om de zelfbedruipendheid van de site te verhogen werden extra autonome dieselpompen aangeschaft.
- Inspecties en controles worden frequenter uitgevoerd, de periodiciteit is meestal strenger dan voorgeschreven in het veiligheidsrapport.

3.2

Evaluatie van de veiligheidsmarges

3.2.1. Maatregelen genomen tijdens de alarmfase overstrooming

In paragraaf 3.1.2.3 worden de alarmpeilen en bijbehorende waarschuwingen besproken. Wanneer zij bereikt worden, zullen bepaalde handelingen volgen. Deze acties zijn procedureel beschreven en het resterende tijdskrediet is voldoende om deze uit te voeren. Het gaat onder andere over controle rondgangen en het preventief plaatsen van zandzakjes aan de kritische toegangen van de gebouwen.

3.2.2. Analyse van de omstandigheden waaronder overstrooming van de site zou kunnen optreden

3.2.2.1. Golfoverslag over de Scheldedijk

Bij een zware storm kan een hoog waterpeil in combinatie met een ongunstige windrichting zorgen voor golfoverslag over de dijk.

Naar aanleiding van de tienjaarlijkse herziening werd dit risico geanalyseerd. Uit deze analyse is gebleken dat golfoverslag kan optreden vanaf een terugkeerperiode tussen 200 en 300 jaar. Het overslagvolume wordt relevant vanaf een terugkeerperiode tussen 1.000 en 10.000 jaar.

Tabel 2



Golfoverslag over de Scheldedijk

Terugkeerperiode van de golfoverslag (in jaar)	Overslagdebiet (in l/m/s)	Overslagvolume (in m ³ /m)
1.000	0,34	1
10.000	4,60	20

Op basis van een eenvoudig model waarbij de golfoverslag als bron van water op de site optreedt, en waarbij dit water aan de rand van de site naar de lager gelegen polders zal stromen, wordt een wateroverlast op de site berekend die een gemiddelde orde van grootte van 10 cm kan bedragen bij een terugkeer periode van 10000 jaar.

We kunnen concluderen dat bij sommige zeer zware stormen golfoverslag over de dijk mogelijk is. Dit kan aanleiding geven tot gemiddeld een 10-tal cm water op de site. Afhankelijk van het reliëf van de site en de afstand tot de dijk kan de waterhoogte lokaal hoger of lager zijn (zie par 3.2.3).

3.2.2.2. BDBF Dijkfaling ter hoogte van de site

Bij een zware storm gecombineerd met een ongunstige windrichting kan de dijk dusdanig belast worden dat een dijkfaling een reëel risico wordt. In zo'n geval kan er een bres ontstaan en kan er water op de site stromen.

Naar aanleiding van de tienjaarlijkse herziening werd het risico op dijkfalen geanalyseerd. Een minimale terugkeerperiode van 1.700 jaar voor initiatie van dijkfalen werd berekend. Met initiatie wordt bedoeld dat de dijk zou kunnen falen bij een volgende stormgebeurtenis wanneer in tussentijd de dijk niet hersteld wordt.

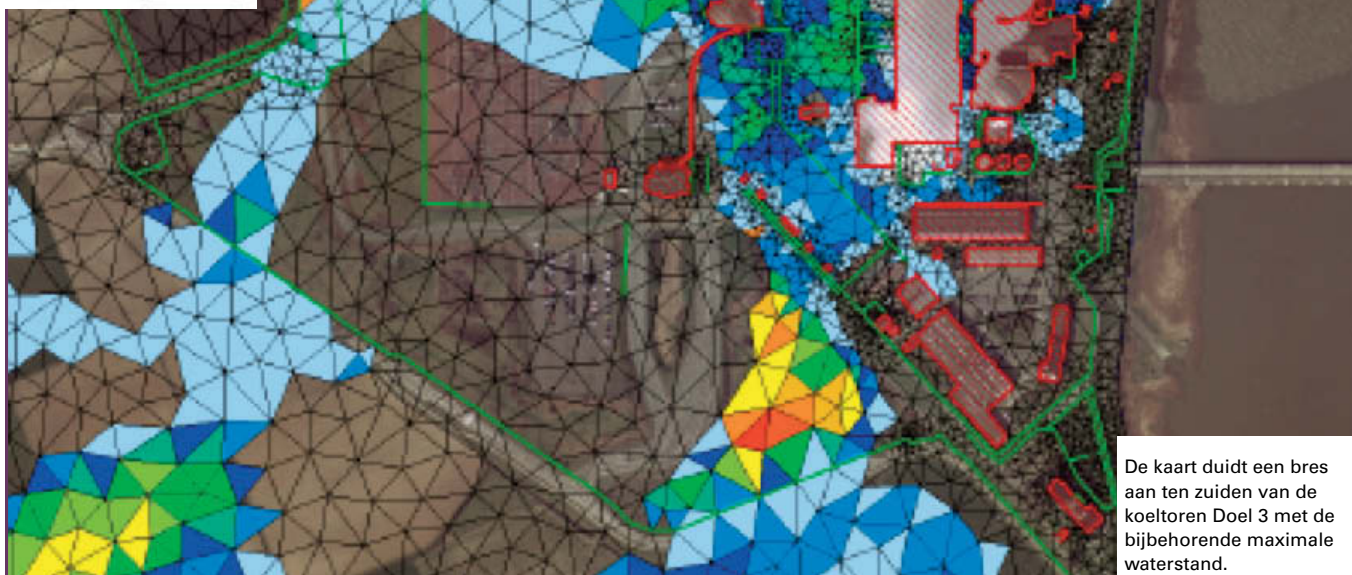
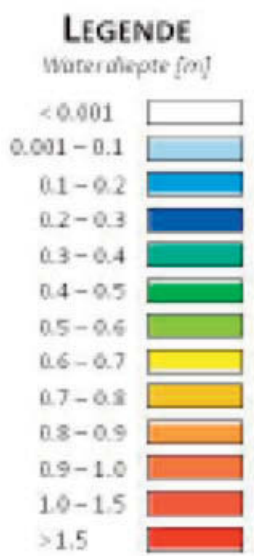
Bij de analyse naar de gevolgen van een bres in de Scheldedijk ter hoogte van de site wordt uitgegaan van de meest ongunstige (zwaarste) storm die kan leiden tot dijkfalen, gecumuleerd met een hoog Scheldepeil. Bij het eerste hoogwater bedraagt het maximale Scheldepeil voor deze storm meer dan 10,2 m TAW. Dit is meer dan 1 meter hoger dan de DBF. Uit de analyse blijkt dat het water de eerste gebouwen zal bereiken na ongeveer 60 min.; dit water zal via de rand van de site verder in de richting van de polders stromen.

Er wordt een wateroverlast van gemiddeld een 20-tal cm op de site berekend. Rekening houdend met het reliëf van de site wordt lokaal een grotere wateroverlast berekend. Algemeen kan gesteld worden dat voor plaatsen dicht bij de breslocatie en voor lager gelegen gedeelten van de site, lokaal waterdiepten tussen 60 en 30 cm opgetekend worden.

Hieronder volgt een schematische voorstelling van de maximale waterstand bij een dijkbreuk ter hoogte van het zwakste punt op de Scheldedijk, gelegen ten zuiden van de koeltoren Doel 3. Ongeveer 2 uur na de bresvorming zal deze waterstand optreden.

Figuur 3

De legende voor bepaling van het waterniveau



Conclusie: bij sommige zeer zware stormen kan een dijkfaling geïnitieerd worden. Zonder tussen-tijdse herstelling van de dijk kan er een bres ontstaan bij een volgende zware storm. Dit kan aanleiding geven tot gemiddeld een 20-tal cm water op de site. Afhankelijk van het reliëf van de site en de afstand tot de bres kan de waterhoogte lokaal hoger of lager zijn (zie par 3.2.3).

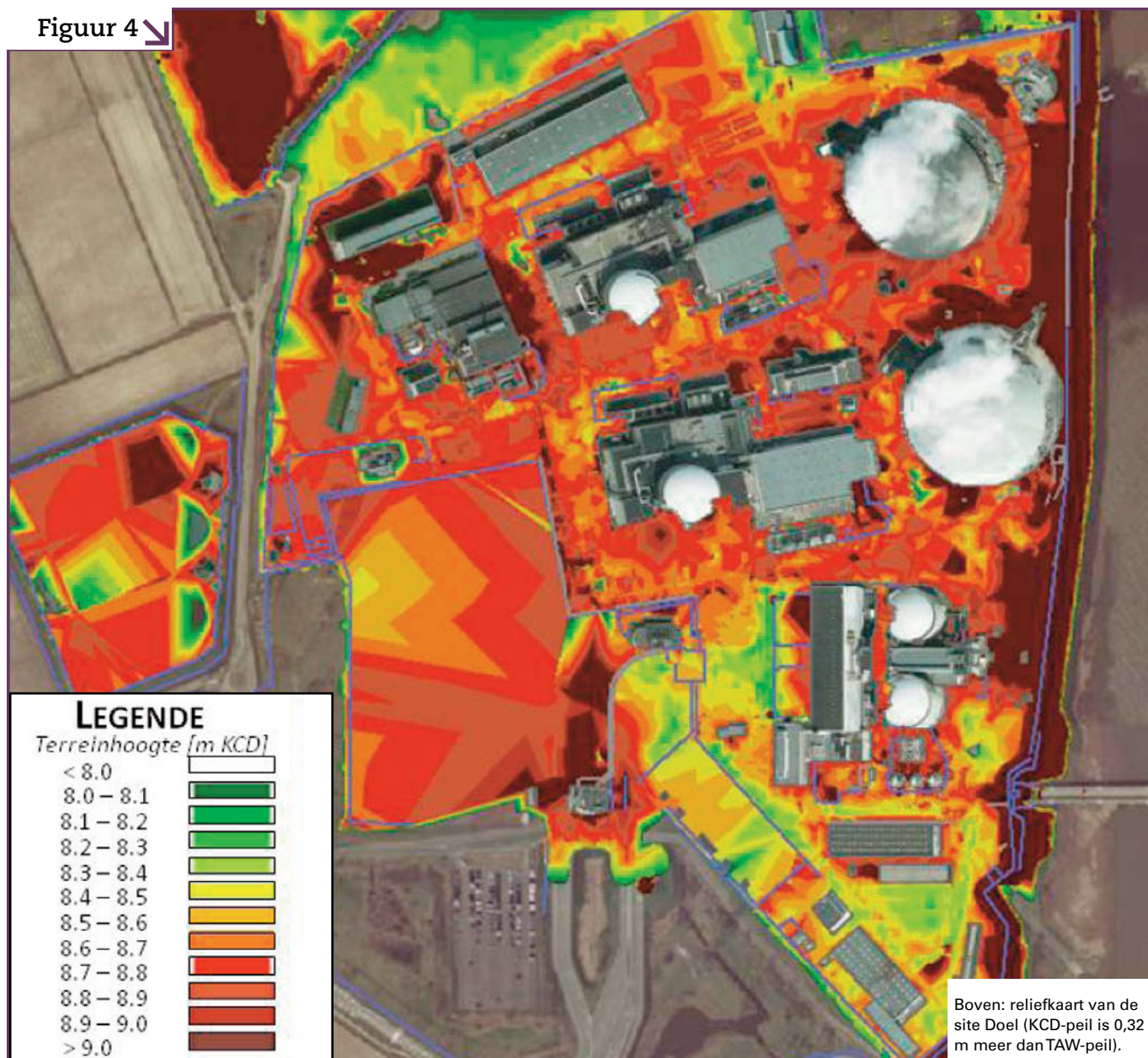
3.2.3. Gevolgen van overstroming voor de veiligheidsfuncties

3.2.3.1. Situering van de gebouwen

Door zetting van de site is de hoogte van 8.86 mTAW gedaald naar ongeveer 8.45 mTAW (deze laatste waarde werd geschat aan de hand van een 100tal meetpunten). De toegangen van de gebouwen kennen geen zetting, want deze zijn gefundeerd in de stabiele kleilagen van de ondergrond. Volgende delen/gebouwen zijn wat lager gelegen:

- de parking voor het administratief gebouw (ADG),
- het gedeelte tussen GNH Doel 1&2 en de ingang van de watervang,
- de weg van het toegangsgebouw naar de machinezaal Doel 1&2 ('afloop van de site'),
- het stuk tussen de werfingang en de koeltoren van Doel 4,
- het gedeelte tussen MAH en GMH van Doel 4.

Figuur 4



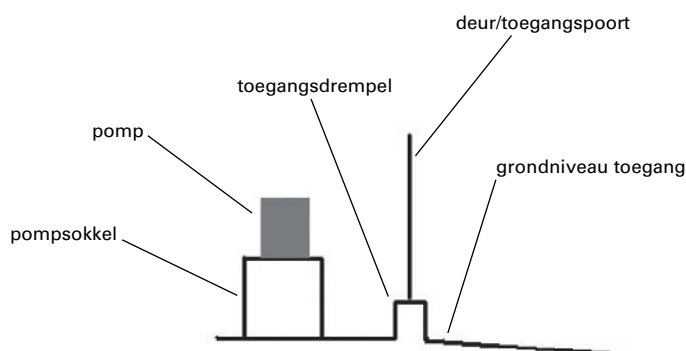
3 OVERSTROMING

Voor de situering der gebouwen zie 3.1.2.1.

Aan de hand van de belangrijkste SSC's en hun locatie wordt gekeken of er drempels, sokkels,... aanwezig zijn. Enkel de tuigen opgesteld in kelders of op grondniveau worden bekeken, voor de andere is er geen gevaar.

Figuur 5

Aanduiding parameters hoogtebepaling



Tabel 3

Doel 1&2 / 1^{ste} veiligheidsniveau

Gebouw	Grondniveau (m TAW)	Toegangs-drempel/ pompsokkel (m)	Uitrustingen/ kring	Opmerkingen
GMH	8,67	/	DG	
BAR Doel 1 en BAR Doel 2	Doel 1: 8,66 Doel 2: 8,66	Drempel: 0,02 Sokkel: 0,30	AFW	
Kelder GNH (verdieping -1)	8,58	Sokkel: 0,30	CV	Verdieping -2 zal eerst overstromen
Kelder GNH (verdieping -2)	8,58	Sokkel: 0,80	SC	Hier staan veiligheidsgebonden dompelpompen opgesteld; bij een blackout worden ze aangedreven door de diesels. Er is een waterdichte deur.
RW-pompen kelder	8,57	Drempel: 0,30 Sokkel: 0,60	RW	Hier staan veiligheidsgebonden dompelpompen opgesteld; bij een blackout worden ze aangedreven door de diesels.

2^{de} veiligheidsniveau

Het GNS heeft drie toegangen: een op de kop van het gebouw en twee aan de zijkant (deze laatste hebben een toegangs drempel van 0,8 m). De gegevens hieronder slaan op de toegang op de kop van het gebouw.

Gebouw	Grondniveau (m TAW)	Toegangs-drempel/ pompsokkel (m)	Uitrustingen/ kring	Opmerkingen
GNS	9,32	Sokkel RJ: 0,90 Sokkel EF: 0,35	RJ, ED, EF (EC)	In de kelder staan veiligheidsgebonden dompelpompen opgesteld.

De kans op waterintrede is hier zo goed als onbestaande.

De resterende gebouwen

Gebouw	Grondniveau (m TAW)	Toegangs-drempel/ pomsokkel (m)	Uitrustingen/ kring	Opmerkingen
FE-pompen lokaal	8,44	Drempel: 0,03 Sokkel: 0,30	FE	
GNH (SD-kelder)	8,48	/	SD	Niet veiligheidsgebonden
GEH	8,64 en 8,65	Drempel: 0,08	Elektrische borden	Veiligheidsgebonden en niet veiligheidsgebonden
MAZ	8,67	Drempel: 0,03	Verscheidene secundaire systemen	

Enkele kleinere gebouwen van Doel 12 bevinden zich op een lager niveau.

Tabel 4

Doel 3 / 1^{ste} veiligheidsniveau

Gebouw	Grondniveau (m TAW)	Toegangs-drempel/ pomsokkel (m)	Uitrustingen/ kring	Opmerkingen
GMH	8,65	Drempel: 0,12	4 diesels + elektrische borden	
Kelder GVD	8,63	Drempel: 0,07 Sokkel: 0,60	AF	AF-kring is afgeschermd met een waterdichte deur
GNH (0)	8,53	Drempel: 0,10	CV en CC	
		Sokkel: 0,40	CV	
		Sokkel: 0,25	CC	
Kelder GNH	8,55 (toegang koude zone)	Drempel: 0,10 Sokkel: 1,00	RN	
SPG	8,62	Drempel: 0,07 Sokkel: 0,24	PL	

2^{de} veiligheidsniveau

Gebouw uitrusting	Grondniveau (m TAW)	Toegangs- drempel/ pompsokkel (m)	Uitrustingen/ kring	Opmerkingen
BKR	8,59	Drempel: 0,15 m Sokkel: 0,60 m	3 diesels, RJ en EA RJ/EA	Hier staan veiligheidsgebonden dompelpompen opgesteld
Kelder BKR	8,59	Drempel: 0,15 m Sokkel: 0,50 m	LU-kring	
SPG	8,62	Drempel: 0,07 m Sokkel: 0,24 m	PL-kring gevoed door 2 ^{de} niveau	

De resterende gebouwen

Gebouw uitrusting	Grondniveau (m TAW)	Toegangs- drempel/ pompsokkel (m)	Uitrustingen/ kring	Opmerkingen
MAZ	Min. 8,66	/		Niet veiligheidsgebonden
GEH	8,64	/	Elektrische borden	Veiligheidsgebonden en niet veiligheidsgebonden

De toegangen van de gebouwen Doel 3 liggen bij mekaar in de buurt (tussen 8.53 en 8.66 mTAW en de belangrijkste toegangen zijn allemaal voorzien van een drempel.

Tabel 5

Doel 4 / 1^{ste} veiligheidsniveau

Gebouw uitrusting	Grondniveau (m TAW)	Toegangs- drempel/ pompsokkel (m)	Uitrustingen/ kring	Opmerkingen
GMH	8,55	Drempel: 0,12	4 diesels en elektrische borden	AF-kring is afgeschermd met een waterdichte deur
Kelder GVD	8,67	Drempel: 0,07 Sokkel: 0,60	AF	
GNH (0)	8,55	Drempel: 0,07 Sokkel: 0,40 Sokkel: 0,25	CV en CC CV CC	
Kelder GNH	8,67 (koude zone)	Drempel: 0,07 Sokkel: 1,00	RN	
SPG	8,59	Drempel: 0,08 Sokkel: 0,24	PL	

2^{de} veiligheidsniveau

Gebouw uitrusting	Grondniveau (m TAW)	Toegangs- drempel/ pompsokkel (m)	Uitrustingen/ kring	Opmerkingen
BKR	8,49	Drempel: 0,15 m	3 diesels, EF en EA	Hier staan veiligheidsgebonden dompelpompen opgesteld
		Sokkel: nvt	diesels	
		Sokkel: 0,40 m	EF/EA	
Kelder BKR	8,49	Drempel: 0,15 m Sokkel: 0,60 m Sokkel: 0,40 m	RJ/LU RJ LU	
SPG	8,62	Drempel: 0,07 m Sokkel: 0,24 m	PL-kring gevoed door 2 ^{de} niveau	

De resterende gebouwen

Gebouw uitrusting	Grondniveau (m TAW)	Toegangs- drempel/ pompsokkel (m)	Uitrustingen/ kring	Opmerkingen
MAZ	Min. 8,68	/		Niet veiligheidsgebonden
GEH	8,64	/	Elektrische borden	Veiligheidsgebonden en niet veiligheidsgebonden

De toegangen van de gebouwen Doel 4 liggen tussen 8.49 en 8.68 m TAW en de belangrijkste toegangen zijn allemaal voorzien van een drempel.

Tabel 6 ↘

SCG

Gebouw uitrusting	Grondniveau (m TAW)	Toegangs- drempel/ pompsokkel (m)	Uitrustingen/ kring	Opmerkingen
SCG	9,08	/	Splijtstofcontainers	Containers bieden voldoende bescherming en zijn lekdicht.

De ingang van het SCG ligt 0,3 m hoger dan de ingang van andere technische gebouwen. Er valt geen waterinsijpeling te vrezen.

3.2.3.2. Analyse van de gevolgen van overstrooming bij golfoverslag

Het overzicht hieronder geeft aan welke gebouwen het eerst of het snelst zullen overstromen bij golfoverslag (par 3.2.2.1). Drie factoren spelen alvast een belangrijke rol: één, de hoogte van de respectieve ingang, twee, de afstand tot de Schelde en, drie, de toegangsdrempel.

- De lager gelegen delen beschreven in het begin van deze paragraaf zullen meer wateroverlast krijgen.
- In de lager gelegen gedeelten van de gebouwen zijn pompinstallaties aanwezig om het instromende water af te voeren.
- Er zijn twee gescheiden afvoersystemen: het rioleringsnet op de site staat niet in verbinding met dat in de gebouwen zelf.

Bij een voortdurende golfoverslag over de Schel dedijk kan er ongeveer 10 cm water op de site komen (1 keer op 10.000 jaar). Daarbij is geen rekening gehouden met de absorptie van de grond, met de waterafvoer via de riolering, en met reliëfverschillen op de site.

Voor de onderstaande analyse wordt geen rekening gehouden met de aanwezigheid van zandzakken, die bij stormwaarschuwing preventief worden gelegd aan de kritische ingangen.

Doel 1&2

Wat eerst zal overstromen, is de watervang van Doel 1&2. Hij bevindt zich immers 'in' de Schelde en is niet beschermd door een dijk. Hier bevinden zich geen veiligheidsgebonden tuigen. Onderstaand overzicht geeft een inschatting van de volgorde waarin wateroverlast te verwachten valt en waarbij dus tuigen of kringen kunnen uitvallen. Hoogte grondniveau van de toegang + drempel worden meegenomen.

Tabel 7

Impact golfoverslag op D12

Volgorde	Hoogte ingang (m TAW)	Gebouw	Uitleg/opmerkingen
1	8,48	SD-kelder	Dit is een nooduitgang van het GNH, bevat niet-veiligheidsgebonden SSC. Aangezien deze kort bij de Schelde ligt, zal het niet lang duren vooraleer er waterinsijpeling is. Water komt ca. 10 cm hoger dan de ingang.
2	8,47	FE-pompen lokaal	Deze twee afzonderlijke lokalen zullen wellicht daarna overstromen. Het water komt ca. 7 cm hoger dan de ingang. Het FE-net kan nog steeds vanuit Doel 3 gevoed worden.
(3)	8,58	GNH	Indien het water voor de toegangspoort blijft en niet kan aflopen naar lager gelegen delen, is waterinsijpeling mogelijk. Een aantal kringen met veiligheidsgebonden tuigen loopt daarbij gevaar: SC-kelder (00,00 m), CV (04,00 m), SI (04,00 m),... De SC-kelder bevindt zich in de kelder van het GNH, en zal dus vermoedelijk het snelst onder water lopen. Opmerkingen: er staan veiligheidsgebonden pompinstallaties opgesteld; bij een blackout worden ze aangedreven door de diesels. Er is een waterdichte deur aanwezig ter hoogte van de SC-kelder, en de SC pompen staan op sokkel van 0.80 m

Vermits het huidige gemiddeld site niveau op 8.45 m TAW ligt en 0.1 m wateroverlast te vrezen is, bij golfoverslag. Kunnen wij aannemen dat de andere gebouwen van Doel 12 geen wateroverlast zullen ondervinden.

Doel 3

Bij Doel 3 zullen de gebouwen minder snel onder water lopen. Het pompstation van de watervang bevindt zich op de site zelf en is beschermd door de Schel dedijk.

Het overzicht hieronder houdt rekening met de hoogte van het grondniveau (van de ingangen) en de eventuele toegangsrempels.

Tabel 8 ↘

Impact golfoverslag op D3

Volgorde	Hoogte ingang (m TAW)	Gebouw	Uitleg/opmerkingen
1	8,66 en 8,70	MAZ	Aangezien de machinezaal het dichtst bij de Schelde ligt, kan die een beperkte wateroverlast ondervinden. Er zijn geen veiligheidsgebonden tuigen aanwezig.

Opmerking: alle ingangen van de gebouwen van Doel 3 liggen ongeveer op hetzelfde grondpeil, nl. 20 à 30 cm hoger dan de omringende site, bestrating,...

Doel 4

Zelfde opmerking als bij Doel 3: ook bij Doel 4 zal er meer tijd over gaan voor bepaalde gedeelten onder water lopen. Onderstaand overzicht houdt rekening met de hoogte van het grondniveau (van de ingangen) en de eventuele toegangsdrempels.

Tabel 9 ↘

Impact golfoverslag op D4

Volgorde	Hoogte ingang (m TAW)	Gebouw	Uitleg/opmerkingen
1	8,68	MAZ	Aangezien de machinezaal het dichtst bij de Schelde ligt, kan die een beperkte wateroverlast ondervinden. Er zijn geen veiligheidsgebonden tuigen aanwezig.

Opmerking: alle ingangen van de gebouwen van Doel 4 liggen ongeveer op hetzelfde grondpeil, nl. 20 à 30 cm hoger dan de omringende site, bestrating,...

SCG

In het SCG is waterinsijpeling uitgesloten: de ingangen liggen gemiddeld 0,3 m hoger dan de ingangen van de andere technische installaties.

Conclusie

De wateroverlast bij golfoverslag blijft beperkt tot een 10-tal cm op de site. De SSC die vereist zijn voor het bereiken van safe shutdown state blijven in dat geval beschikbaar. Bovendien worden bij stormwaarschuwing preventief zandzakken gelegd aan de kritische ingangen.

3.2.3.3. Analyse van de gevolgen van overstrooming bij een dijkbreuk

Het overzicht hieronder geeft aan welke gebouwen het eerst of het snelst zullen overstromen in geval van dijkbreuk (ten zuiden van de koeltoren Doel 3), zie ook 3.2.2.2. Drie factoren spelen hierbij een belangrijke rol: één, de hoogte van de respectieve ingang, twee, de afstand tot de Schelde en, drie, de toegangsdrempel.

- De lager gelegen delen beschreven in het begin van deze paragraaf zullen meer wateroverlast ondervinden.
- In de lager gelegen gedeelten van de gebouwen zijn pompinstallaties aanwezig om het instromende water af te voeren.
- Er zijn twee gescheiden afvoersystemen: het rioleringsnet op de site staat niet in verbinding met dat in de gebouwen zelf.

Bij een dijkbreuk zal het waterniveau hoger liggen dan bij golfoverslag, namelijk gemiddeld 20 cm voor de site. Daarbij is geen rekening gehouden met de absorptie van de grond, met de waterafvoer via de riolering, en met reliëfverschillen op de site. De kans op voorkomen van dit scenario is veel kleiner dan de waarschijnlijkheid op golfoverslag. Analyse zal gebeuren aan de hand van de illustratie uit 3.2.2.2.

Voor de onderstaande analyse wordt geen rekening gehouden met de aanwezigheid van zandzakken, die bij stormwaarschuwing preventief worden gelegd aan de kritische ingangen.

Doel 1&2

Wat eerst zal overstromen, is de watervang van Doel 1&2. Hij bevindt zich immers 'in' de Schelde en is niet beschermd door een dijk. Hier bevinden zich geen veiligheidsgebonden tuigen. Onderstaand overzicht geeft de volgorde weer waarin wateroverlast te verwachten valt en waarbij dus tuigen of kringen kunnen uitvallen. Hoogte toegang + drempel wordt meegenomen.

Tabel 10

Dijkbreuk en de gevolgen voor D12

Volgorde	Hoogte ingang (m TAW)	Gebouw	Uitleg/opmerkingen
1	8,48	SD-kelder	Deze nooduitgang van het GNH bevat niet-veiligheidsgebonden SSC. Gezien de korte afstand tot de Schelde en een waterhoogte van 30 cm tot 40 cm aan de ingang, zal het niet lang duren vooraleer er water in de kelder stroomt.
2	8,68	BAR D2	De veiligheidsgebonden AFW-pompen (elektrische pomp en turbopomp) bevinden zich op grondniveau in de BAR, maar ze staan wel opgesteld op een verhoogde sokkel van 30 cm.
3	8,67	MAZ	Het waterpeil zal hier 40 tot 50 cm bedragen (sokkel is niet voldoende). De kelder van de MAZ bevat geen veiligheidsgebonden toestellen. Het waterpeil aan de ingang zal 40 à 50 cm bedragen.
4	8,68	GEH	In het GEH staan meerdere veiligheidsgebonden elektrische borden. Het waterniveau op de straat zal 20 à 40 cm bedragen. Het straatniveau ligt ca. 15 à 20 cm lager dan de ingangen. Wateroverlast is waarschijnlijk.
(5)	8,67	GMH	Het GMH bevat de 1ste-niveaudiesels en hun elektrische borden. De diesels blijven gespaard van waterintrede. Aan de andere toegangen kan tot enkele cm water staan.
(6)	8,47	FE pompen lokaal	Deze twee afzonderlijke lokalen hebben lage toegangsdrempels (3 cm). Het waterpeil zal variëren tussen 0,1 en 10 cm. Wateroverlast is mogelijk.
	8,58	GNH	Het water zal niet tot de toegangspoort van het GNH stromen.
	8,68	BAR D1	De veiligheidsgebonden AFW-pompen (elektrische pomp en turbopomp) bevinden zich op grondniveau in de BAR, maar ze staan wel opgesteld op een verhoogde sokkel van 30 cm. Het waterpeil zal 0,1 tot 10 cm bedragen (sokkel is hoog genoeg). Waterinsijpeling is mogelijk.
	8,77	RW-pompen kelder	RW-kelder zal geen wateroverlast ondervinden. Water staat hier max. 10 cm boven siteniveau. Er is een toegangsdrempel van 30 cm.
	9,32	GNS	In dit gebouw staan de (veiligheidsgebonden) 2de niveaudiesels en de kringen.

Doel 3

Bij Doel 3 zullen de gebouwen minder snel onder water lopen. Het pompstation van de watervang bevindt zich op de site zelf en is beschermd door de Schelddedijk. Bij dijkbreuk bestaat de kans dat bepaalde gebouwen met waterinsijpeling te kampen krijgen en dat bepaalde uitrusting daardoor hun functie dreigen te verliezen.

Het overzicht hieronder houdt rekening met de hoogte van het grondniveau (van de ingangen) en van de eventuele toegangsdrempels.

Tabel 11 

Dijkbreuk en de gevolgen voor D3

Volgorde	Hoogte ingang (m TAW)	Gebouw	Uitleg/opmerkingen
1	8,66 en 8,70	MAZ	Aan de ingangen van de MAZ zal tussen 0,1 en 10 cm water staan. Aangezien er geen toegangsdrempels zijn, is waterinsijpeling te verwachten (er zijn geen veiligheidsgebonden tuigen aanwezig).
2	8,64	GEH	Dit gebouw ligt verder van de Schelddedijk verwijderd. In het GEH bevinden zich (veiligheidsgebonden) elektrische borden van het 1ste niveau. Het waterpeil aan de ingang zal ca. 20 à 30 cm bedragen; er is geen drempel. Wateroverlast te verwachten.
3	8,70	GVD	Ligt eveneens verder van de Schelde verwijderd. In de kelders van het GVD staan de (veiligheidsgebonden) AF-pompen (elektrisch en turbo), afgescheiden door een waterdichte deur (+3,50 m TAW) en lekdichte betonnen dals (8,70 m TAW). Het waterpeil aan de ingangen zal 20 à 40 cm bedragen. Gezien de hoogte van de drempels (7 cm) is er waterinsijpeling. Opmerking: vanuit het GVD is er een rechtstreekse verbinding naar de MAZ (zal bijgevolg ook onderlopen).
	8,74	BKR	De ingang van de BKR is de op één na hoogste ingang van Doel 3. Hierin bevinden zich veiligheidsgebonden dieselgeneratoren en bijbehorende veiligheidsgebonden kringen. Het waterpeil zal hier 0,1 tot 10 cm bedragen. Gezien de drempel van 15 cm is er geen wateroverlast te vrezen.
	8,77	GMH	Dit is het hoogste toegangspunt van Doel 3. Hierin bevinden zich veiligheidsgebonden dieselgeneratoren en bijbehorende veiligheidsgebonden kringen. Er is een drempel van 12 cm. Het waterpeil zal max. 10 cm hoog zijn aan de ingang. Geen waterinsijpeling.
	8,63	GNH (warme zone)	Water komt niet tot aan de ingang.
	8,65	GNH (koude zone)	Water komt niet tot aan de ingang.
	8,69	SPG	Water komt niet tot aan de ingang.

Opmerking: alle ingangen van de gebouwen van Doel 3 liggen ongeveer op hetzelfde grondpeil, nl. 20 à 30 cm hoger dan de omringende site, bestrating,...

Doel 4

Bij Doel 4 zullen de gebouwen minder snel onder water lopen. Het pompstation van de watervang bevindt zich op de site zelf en is beschermd door de Scheldedijk (idem Doel 3). Bij dijkbreuk bestaat de kans dat bepaalde gebouwen met wateroverlast te kampen krijgen en dat bepaalde uitrusting daardoor hun functie dreigen te verliezen.

Het overzicht hieronder houdt rekening met de hoogte van het grondniveau (van de ingangen) en van de eventuele toegangsdrempels.

Tabel 12 ↘

Dijkbreuk en de gevolgen voor D4

Volgorde	Hoogte ingang (m TAW)	Gebouw	Uitleg/opmerkingen
1	8,68	MAZ	Aan de toegangen van de MAZ zal tussen 0,1 en 10 cm water staan. Aangezien er geen toegangsdrempels zijn, is wateroverlast te verwachten (er zijn geen veiligheidsgebonden tuigen aanwezig).
2	Tussen 8,62 en 8,74	GVD	In de kelders van het GVD staan de (veiligheidsgebonden) AF-pompen (elektrisch en turbo), afgescheiden door een waterdichte deur (+3,50 m TAW) en lekdichte betonnen dals (8,70 m TAW). Er is een doorvoering op site die wateroverlast in het GVD kan veroorzaken (geen mogelijkheid tot overstromen AF-pompen). Waterpeil aan de ingangen ligt tussen 0,1 en 20 cm; de toegangsdrempel bedraagt slechts 7 cm. Er zal dus overstromingsgevaar zijn in dit gebouw. MAZ en GVD staan in verbinding met elkaar, de machinezaal zal eveneens water binnen krijgen.
(3)	8,64	BKR	Hierin bevinden zich veiligheidsgebonden dieselgeneratoren en bijbehorende veiligheidsgebonden kringen (2de niveau). Waterpeil aan de ingang zal 10 à 20 cm bedragen. Gezien de toegangsdrempel van 15 cm hoog is, is wateroverlast mogelijk. In de kelder zijn veiligheidsgebonden dompelpompen aanwezig.
	8,67	GMH	Water komt niet tot aan de ingang.
	8,67	SPG	Water komt niet tot aan de ingang.
	8,62	GNH (warme zone)	Water komt niet tot aan de ingang.
	8,64	GEH	Water komt niet tot aan de ingang.
	8,74	GNH (koude zone)	Water komt niet tot aan de ingang.

Opmerking: Alle ingangen van de gebouwen van Doel 4 liggen ongeveer op hetzelfde grondpeil, nl. 20 à 30 cm hoger dan de omringende site, bestrating,...

SCG

Het water stroomt niet tot aan het SCG: er is geen wateroverlast te vrezen.

Conclusie

Uitgaande van de waterstanden en zonder rekening te houden met de bijkomende bescherming door zandzakken kunnen we het volgende concluderen. Bij Doel 1&2 en Doel 3 blijft het 2de veiligheidsniveau behouden. Bij Doel 4 zal het 1ste veiligheidsniveau gevrijwaard blijven van waterinsijpeling; het GVD kan overstromen maar de AF-pompen blijven beschikbaar. In de BKR kan er een beperkte wateroverlast optreden.

Tijdens de stormwaarschuwingen worden preventief zandzakken gelegd aan de kritische ingangen. Deze moeten de belangrijke gebouwen tegen wateroverlast behoeden.

3.2.4. Zwakke punten en cliff edge effecten

Het concept van bescherming van de site Doel tegen overstroming is robuust. Een overstroming van de site kan enkel optreden bij een combinatie van een zeer hoog Scheldepeil met aanzienlijke windgolven of met een bres in de dijk. In die gevallen kan er water uit de Schelde op de site terechtkomen. Dit water zal vervolgens naar de rand van de site en verder in de polders stromen. Ordegrootte van de wateroverlast die dit veroorzaakt is enkele tientallen cm water, afhankelijk van het plaatselijk reliëf van de site en de afstand tot de dijk of bres.

Cliff edge effecten treden dus op, ofwel vanaf het moment dat door golfoverslag aanzienlijke hoeveelheden water over de dijk gaan, ofwel vanaf het moment dat een bres ontstaat in de dijk. De waarschijnlijkheid dat belangrijke cliff edge effecten optreden is evenwel zeer klein.

Zwak punt is in dat geval dat een aantal gebouwen niet ontworpen zijn met het oog op het garanderen van waterdichtheid in geval van tientallen cm water op de site.

Opmerkingen

Extreme vloed komt uitsluitend voor tijdens het stormseizoen, van 1 oktober tot 31 maart.

Tijdens revisie van Doel 3 wordt de CW kring onderhouden, deze ligt dan volledig open. Het hoogste punt van de koelwaterleiding in Doel 3 ligt op 8,88 mTAW. Bij een revisie wordt een extra schot van 0,72 m geplaatst, zodat een totale hoogte van 9,60 mTAW ontstaat. Indien de Schelde boven dit niveau uitstijgt, wordt een overstroming van de machinezaal mogelijk. De MAZ kan gezien worden als een grote buffertank; het water kan hier geen schade aanrichten aan veiligheidsgebonden uitrustingen. Dit zal niet als een zwak punt gezien worden.

Bij Doel 4 ligt het hoogste punt van de koelwaterleiding op 9,13 mTAW (DBF). Als het water langs deze weg in de koeltoren stroomt zal de machinezaal overstromen – de MAZ kan gezien worden als een grote buffertank; het water kan hier geen schade aanrichten aan veiligheidsgebonden uitrustingen. Dit zal niet weerhouden worden in de zwakke punten

3.2.5. Combinatie van overstroming met ongunstige meteorologische omstandigheden

DBF + hevige regenval

Bij DBF blijft het Scheldepeil ruim onder het niveau van de dijk. De hevige regenval zal afgevoerd worden via de riolering of infiltreren in de absorberende zandgrond van het platform van de site. De riolering blijft operationeel bij DBF. Voor de gevolgen van hevige regenval wordt verwezen naar de analyse voor extreme meteorologische omstandigheden in paragraaf 4.1. welke ook in dit geval geldig blijft.

DBF + hevige wind + LOOP

Bij DBF blijft het Scheldepeil ruim onder het niveau van de dijk. Gecombineerd met hevige wind uit ongunstige richting kan dit aanleiding geven tot golfoverslag over de dijk, zie paragraaf 3.2.2.

Hevige wind kan ook aanleiding geven tot LOOP, zie de analyse voor extreme meteorologische omstandigheden in paragraaf 4.2. Bij LOOP worden de pompen van het rioleringsnet welke het water terugpompen naar de Schelde, niet meer aangedreven. De riolering zal zijn afvoercapaciteit verliezen, maar de opvangcapaciteit blijft behouden. De analyse van de gevolgen in paragraaf 3.2.3. blijft geldig, aangezien er daarin geen rekening gehouden wordt met de afvoer – en opvangcapaciteit van het rioleringsnet. De analyse van de gevolgen in paragraaf 3.2.3. gaat uit van een maximaal Scheldepeil hoger dan DBF. De analyse is dus omhullend voor DBF.

BDBF + hevige regenval + LOOP

Zoals aangegeven in paragraaf 3.2.2. blijft het Scheldepeil onder het niveau van de dijk. De hevige regenval zal niet meer afgevoerd worden via de riolering aangezien bij LOOP de pompen op het rioleringsnet niet meer aangedreven worden. De riolering zal zijn afvoercapaciteit verliezen, maar de opvangcapaciteit blijft behouden en het regenwater zal naar de rand van de site en verder in de polders stromen.

BDBF + hevige wind + LOOP

Zoals aangegeven in paragraaf 3.2.2. blijft het Scheldepeil onder het niveau van de dijk. Gecombineerd met hevige wind uit ongunstige richting kan dit aanleiding geven tot golfoverslag over de dijk. Dergelijke combinatie van zware storm en ongunstige windrichting geeft ook een aanzienlijke belasting van de dijk met risico voor dijkfalen, zie paragraaf 3.2.2.

Hevige wind kan ook aanleiding geven tot LOOP, zie de analyse voor extreme meteorologische omstandigheden in paragraaf 4.2. Bij LOOP worden de pompen van het rioleringsnet welke het water terugpompen naar de Schelde, niet meer aangedreven. De riolering zal zijn afvoercapaciteit verliezen, maar de opvangcapaciteit blijft behouden. De analyse van de gevolgen in paragraaf 3.2.3. blijft geldig, aangezien er daarin geen rekening gehouden wordt met de opvangcapaciteit van het rioleringsnet, en aangezien de analyse uitgaat van een maximaal Scheldepeil hoger dan DBF.

BDBF + hevige regenval + hevige wind + LOOP

Dit is een combinatie van de twee voorgaande scenario's. De waterhoogte op de site in dat geval zal enkele cm toenemen in vergelijking met de waterhoogte bij golfoverslag of bij een bres in de dijk zoals besproken in paragraaf 3.2.2. De mobiele dieselpompen van de site kunnen ingezet worden als vervanging van de pompen op het rioleringsnet.

3.2.6. Bestaande maatregelen/voorzieningen om wateroverlast op te vangen

Wateroverlast op site of in de polders kan enkel voorvallen bij zeer zware stormen. Proactieve waarschuwingen gebeuren conform par. 3.1.2.3. De betrokken personen zullen in verhoogde staat van paraatheid verkeren. Noodplanprocedures worden bij de hand gehouden en preventief worden er enkele acties genomen. Hetzelfde noodplan kan eveneens reactief afgekondigd worden.

Het platform waarop de hele site is gebouwd wordt omringd door 5 meter lager gelegen polders. In het geval van een dijkbreuk is de kans heel reëel dat deze polders onder water lopen. In zo'n situatie wordt de site Doel een eiland. Volgende elementen zijn van belang bij een dergelijke overstrooming:

- evacuatie en toegang van personen,
- toevoer van voedsel,
- toevoer van brandstoffen voor veiligheidssystemen en nooddiesels.

Alle bijbehorende maatregelen staan beschreven in de noodplanprocedures, en gaan van het verwittigen van de wachttrollen tot het oproepen van de civiele bescherming en de landmacht. Er is een contract afgesloten dat de levering van diesel garandeert.

Water op site

Mocht het water dan toch de site bereiken, kunnen wij een beroep doen op volgende maatregelen:

Noodplanprocedures

In de noodplanprocedures staan alle te ondernemen acties beschreven bij een overstrooming. Aan de hand van welbepaalde criteria wordt een onderscheid gemaakt tussen low en high risk.

Er zijn om te beginnen enkele reflexhandelingen: sluiten van toegangen aan de watervang Doel 1&2, controle van dichtheid roll-on-roll-off,... Vervolgens treedt een cascade aan verwittigingen op – een flow-schema duidt aan wie op welk moment opgeroepen dient te worden en wat de respectieve taken zijn van:

- de noodplanleden/wachttrollen,
- de bewakingsdienst,
- de bedrijfsbrandweer,
- de bedrijfsdiensten

Mobiele uitrustingen

Drie verschillende diensten kunnen mobiele uitrustingen inzetten.

1 Kerncentrale Doel

- Eigen middelen aanwezig op site: vijf mobiele elektrische pompen en acht dieselpompen (bijv. hoogdebietpomp van 10000l/min dieselgedreven), ca. 450 zandzakjes,... .
- Elke bedrijfsdienst beschikt over enkele mobiele pompompen (capaciteit per pomp: 10 m³/u)

2 De brandweer van Beveren is de dichtstbijzijnde brandweer en zal als eerste opgeroepen worden. Het brandweerkorps beschikt over vier grootdebietpompen (tot 10.000 l/min).

3 De civiele bescherming van Liedekerke kan in ongeveer 45 minuten in Doel zijn. Zij beschikt over autopompen (tot 10000 l/min), elektrische pompen, motorpompen, zandzakjes (150.000 stuks), motorboten, enz.

3.2.7. Mogelijke maatregelen om de robuustheid van de site te verbeteren

3.2.7.1. Infrastructuur

Maatregelen op het vlak van de infrastructuur.

De site van Doel is reeds uitermate goed beschermd tegen BDBF, enkel in sommige extreme omstandigheden kunnen wij water op de site krijgen. Als preventieve maatregel leggen we zandzakjes bij de kritische ingangen. **Deze zandzakjes worden op termijn vervangen door permanente barrières deze zorgen ervoor dat het water buiten blijft.**

Om een mogelijke verzwakking van de dijk te voorkomen zullen we de bovenste meter van de dijk versterken met betonnen grasdals.

3.2.7.2. Procedures

Maatregelen op het vlak van de procedures.

Extra aanpassingen zullen worden aangebracht om de entiteiten beter te beschermen.

Zodra de permanente barrières aan de kritische ingangen geplaatst zijn, zullen deze opgenomen worden in de noodplanprocedures.

3.2.7.3. Organisatie

Maatregelen op het vlak van de organisatie.

De noodplanprocedures voorzien ook alle informatie over de interne organisatorische maatregelen bij overstromingsgevaar. Zo zijn er vaste protocols opgesteld in overleg met de dienst Waterwegen en Zeekanaal (WenZ) en andere openbare instellingen.

4

METEOROLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN



4	Meteorologische omstandigheden	p. 114
4.1	Hevige regenval	p. 114
4.1.1.	Gegevens	
4.1.2.	Ontwerpbasis	
4.1.3.	Analyse	
4.1.4.	Conclusie	
4.2	Hevige wind	p. 116
4.2.1.	Gegevens windsnelheden	
4.2.2.	Ontwerpbasis	
4.2.3.	Analyse	
4.2.4.	Windgolven	
4.2.5.	Conclusie	
4.3	Tornado	p. 117
4.3.1.	Karakterisatie van tornado's	
4.3.2.	Tornado's in België	
4.3.3.	Ontwerpbasis	
4.3.4.	Analyse	
4.3.4.1.	Ontwerpcriteria	
4.3.4.2.	Uitrustingen in open lucht	
4.3.5.	Mogelijke gevolgen	
4.3.5.1.	Tornado en windsnelheid	
4.3.5.2.	Impact op Doel 1&2 en Doel 3&4	
4.3.6.	Conclusie	
4.4	Bliksem	p. 121
4.4.1.	Gegevens	
4.4.2.	Ontwerpbasis	
4.4.3.	Analyse	
4.4.4.	Conclusie	
4.5	Sneeuw	p. 122
4.5.1.	Gegevens	
4.5.2.	Ontwerpbasis	
4.5.3.	Analyse	
4.5.3.1.	Weerstand van de gebouwen	
4.5.3.2.	Weerstand van hoogspanningskabels	
4.5.4.	Conclusie	
4.6	Hagel	p. 124
4.7	Extreme temperaturen en andere meteocondities	p. 125
4.7.1.	Extreme temperaturen	
4.7.2.	Tropische cycloon, tyfoon, orkaan	
4.7.3.	Storm van zand of stof	
4.7.4.	Waterhoos	

4

Meteorologische omstandigheden

Volgende extreme meteorologische omstandigheden worden hierna meer in detail besproken: zware regenval, extreme windsnelheden, tornado, bliksem, hevige sneeuwval, hevige hagelbuien, extreme temperaturen. Deze weerscondities kunnen een impact hebben op de centrales, maar geven geen gevolgen voor de veilige uitbating van de entiteiten.

Volgende extreme meteorologische omstandigheden zijn hier niet van toepassing (zie verder), gezien de geografische ligging van de site: tropische cycloon, tyfoon, orkaan, storm van zand of stof, waterhoos.

4.1

Hevige regenval

Wat zijn de mogelijke gevolgen van hevige regenval voor de site in Doel? Het rioleringsnet is ontworpen voor de afvoer van hevige regenval overeenkomstig de statistieken van het KMI. Het plateau van de site bestaat uit drainerende zandgrond.

4.1.1. Gegevens

De KMI-gegevens betreffende de maximale neerslag gedurende korte periodes, bekend bij ontwerp, staan vermeld in het veiligheidsrapport van de eenheden (tabel 1). De basis hiervoor zijn metingen uitgevoerd in de streek Antwerpen-Doel, in de periode 1901-1930. De maximale hoeveelheid neerslag tijdens één dag bedroeg 60 mm.

Tabel 1

maximale neerslag in het antwerpse (korte periodes) (L/M² OF MM)

Terugkeerperiode (jaren)	2	5	6	10	25	30	50	100
DUUR								
1 min	2.0	2.8	3.0	3.3	4.0	4.1	4.5	5.0
5 min	7.8	10.2	10.6	11.8	13.9	14.3	15.5	16.9
10 min	9.2	12.1	12.5	14.1	16.4	16.9	18.2	20.1
20 min	10.9	14.4	15.0	16.6	19.5	20.1	21.7	23.8
30 min	12.0	15.9	16.5	18.4	21.6	22.2	23.9	26.3
40 min	12.8	17.2	18.1	20.7	26.0	27.1	30.6	35.9
1 uur	14.2	19.2	20.2	23.4	30.2	31.8	36.5	44.0
2 uur	16.7	22.7	23.9	27.8	35.8	37.6	43.2	52.2
4 uur	19.8	26.9	28.4	32.9	42.4	44.6	51.2	61.8
6 uur	21.9	29.7	31.3	36.3	46.9	49.2	56.6	68.2
9 uur	24.2	32.8	34.7	40.1	51.7	54.3	62.4	75.3
12 uur	26.0	35.2	37.1	43.0	55.5	58.3	67.1	80.8
18 uur	28.7	38.8	41.0	47.5	61.2	64.4	74.0	89.3
24 uur	30.7	41.6	44.0	51.0	65.8	69.1	79.4	95.8

De IDF-curven – of Intensiteit-Duur-Frequentie-relaties – geven weer hoe vaak (frequentie) een bepaalde hoeveelheid neerslag (intensiteit) valt in een bepaalde tijd (duur). In een uitgave van de afdeling Water van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap werden de nieuwe IDF-curven voor Deurne opgesteld, gebaseerd op neerslaghoeveelheden van 1967-1997. Uit een vergelijking met deze recentere gegevens in het kader van de tienjaarlijkse veiligheidsherziening, blijkt dat de gegevens bekend bij ontwerp omhullend zijn.

In 1999 werd de digitalisering van de oude neerslaggegevens van Ukkel een feit. Het resultaat is een unieke neerslagreeks over een periode van honderd jaar (1898-1997). Op basis van die gegevens heeft de Universiteit Leuven (KUL) onderzoek gedaan naar trends in de regenval over de voorbije eeuw. Besluit van het onderzoek was dat er geen noemenswaardige trend kon vastgesteld worden. Er werd bevestigd dat korte hevige regenbuien vooral in de zomermaanden voorkomen.

Verder onderzoek van het KMI naar de evolutie van het klimaat in België, gebaseerd op gegevens gaande tot 2007, bevestigt dat er geen opmerkelijke evolutie is van de neerslaghoeveelheden in korte periodes (1 uur tot enkele uren). Er wordt opgemerkt dat tijdens de maand augustus 2011 er tweemaal sprake was van extreme neerslaghoeveelheden op korte tijd. Uit de persberichten van het KMI naar aanleiding van deze gebeurtenissen worden volgende neerslagwaarden afgeleid: Voor het onweer van 18/08/2011 werden neerslaghoeveelheden geregistreerd van 36,6 mm in 1 uur en 70,1 mm in 24 uur (gemeten in Bertem). Voor het onweer van 22-23/08/2011 werden neerslaghoeveelheden geregistreerd van 32,4 mm in 20 minuten, 38 mm in 1 uur en 44,3 mm in 24 uur (gemeten in Ukkel). Vergelijking met de IDF-gegevens leert dat vooral de hoeveelheid regen tijdens de piekperiode van een 20-tal minuten, zeer uitzonderlijk kan genoemd worden.

4.1.2. Ontwerpbasis

Bij stortregen wordt het overtollige water snel afgevoerd. Twee constructie-elementen spelen een belangrijke rol.

- Het rioleringsnet is erop voorzien onweersbuien te kunnen verwerken – conform de standaardwaarden van het Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI).
- De hydraulische ophoging van de site wordt gevormd door een 6 à 7 m dikke laag drainerende zandgrond.

4.1.3. Analyse

Het rioleringsnet van de site in Doel is opgedeeld in vijf sectoren. Het regenwater wordt afgevoerd naar vijf putten (H-putten), verspreid over de site. In elke put staan twee pompelpompen (en één in reserve) welke het water wegpompen voor lozing.

Het afvoerdebiet van het rioleringsnet werd herbekeken op basis van de rioleringsplannen en de karakteristieken van de afvoerputten en hun pompen. Dit gebeurde op basis van een hydraulische simulatie voor de evacuatie van 'composietregenbuien' voor verschillende terugkeerperiodes. Deze theoretische 'composietbuien' werden samengesteld op basis van de historische gegevens van het KMI. De evaluatie werd uitgevoerd voor periodes van regenval met duurtijd 6 uur en een terugkeerperiode 5, 10 en 20 jaar, en voor een periode van regenval met duurtijd 48 uur en terugkeerperiode 100 jaar. Gedurende de periode van regenval varieert de intensiteit telkens naar een piekwaarde en neemt daarna terug af. De gemiddelde intensiteiten voor deze composietbuien variëren tussen 101 l/s/ha en 167 l/s/ha. Enkel voor de composietbui met terugkeerperiode 100 jaar kan tijdens 10-tallen minuten de afvoercapaciteit van de riolering onvoldoende zijn in de omgeving van enkele gebouwen van Doel 3 en 4. De overtollige hoeveelheid water is beperkt en wanneer de regenintensiteit afneemt zal de riolering dit water afvoeren.

4.1.4. Conclusie

Uit de huidige neerslaggegevens kunnen we geen significante verhoging van de neerslagintensiteiten sinds de ontwerpfase afleiden. De neerslagintensiteiten die als basis dienden bij ontwerp, zijn bijgevolg nog steeds geldig.

Uit de evaluatie van het rioleringsnet blijkt dat de afvoercapaciteit lokaal overschreden wordt bij hevige regenval, op een beperkt aantal plaatsen en gedurende een beperkte periode. Op die bepaalde plaatsen kan er tijdelijk enige wateroverlast zijn, tot het moment dat de regenintensiteit afneemt en de riolering het overtollige water afvoert.

4.2

Hevige wind

Wat zijn de mogelijke gevolgen van hevige windstoten voor de site in Doel?

De maximum windsnelheid van 49 m/s, die als ontwerpbasis voor alle gebouwen op de site diende, werd in werkelijkheid nog nooit gemeten in België.

4.2.1. Gegevens windsnelheden

Uit de waarnemingen in België van 1850 tot 1949 blijkt dat de maximale windsnelheid (windstoot) slechts twee of drie keer 40 m/s overschreed. De maximale windsnelheid van 45 m/s werd gemeten in 1929 in Haren.

Enkele recentere gegevens:

- De hoogst waargenomen windsnelheid (windstoot) in België bedraagt 46,7 m/s (Bevekom, 1990);
- Metingen dicht bij Doel: maximale snelheid van windstoten met een terugkeerperiode van 100 jaar is 41,5 m/s (Oorderen/Antwerpen-haven) en 41 m/s (Deurne). Recente metingen in de omgeving van Doel geven geen windsnelheden die de maximum windsnelheid in België overtreffen (Deurne, 1993-2010);
- In het kader van de tienjaarlijkse veiligheidsherziening werd een maximale windsnelheid (voor metingen over gemiddeld 10 min.) van 20 m/s bepaald (Deurne, 2003-2009);
- In het kader van de studies over overstromingsrisico worden gegevens verstrekt over windsnelheden in Vlissingen (periode 1959-2005, snelheid op 10 m hoogte): de maximale windsnelheid (terugkeerperiode 10.000 jaar) bedroeg ongeveer 34 m/s over gemiddeld 1 uur, en ongeveer 28 m/s over gemiddeld 6 uur.



Schaal van Beaufort

De windsnelheid wordt aangeduid op de schaal van Beaufort. Het gaat hier om de gemiddelde windsnelheid, gemeten op een hoogte van 10 m en over een tijdspanne van 10 minuten.

- Vanaf 12 Beaufort is er sprake van een orkaan: windsnelheid groter dan 117 km/u (32,5 m/s).
- Rukwinden of windstoten zijn van korte duur, ze worden berekend over 3 seconden.
- Bij een storm bereiken de gemiddelde snelheden, over een tijdspanne van 10 minuten tot 1 uur, ongeveer de helft van de maximale windstoten, behalve aan de kust waar ze tot tweederde van de maxima kunnen oplopen.

4.2.2. Referentiewind

De referentiewind die in de ontwerpbasis werd verrekend, is door de NBN-460 gedefinieerd als een uitzonderlijke maximumwind – gekenmerkt door een snelheid van 49 m/s op een hoogte van 25 m boven de bodem. Voor andere hoogten wordt de maximumwind berekend met een formule.

4.2.3. Analyse

NBN-460 is een algemene bouwkundige norm, die voor alle gebouwen geldig is.

Eventueel kunnen hevige winden buiten de site de externe elektrische voedingen impacteren, en kunnen bijgevolg aanleiding geven tot gedeeltelijke of gehele LOOP. Op de site kan een hoogspanningspost geïmpacteerd geraken, en bijgevolg aanleiding geven tot gedeeltelijke of gehele LOOP. Veiligheidsgebonden gebouwen worden voor zwaardere belastingen berekend dan hevige wind. Zo zijn bijvoorbeeld de extreme omgevingsbelastingen die een tornado veroorzaakt, omhullend voor de maximale windbelastingen.

4.2.4. Windgolven

Een hevige wind die over een groot wateroppervlak raast, kan aanleiding geven tot aanzienlijke windgolven. Bij ontwerp is een marge voorzien van 2 à 3 meter tussen een extreem hoog waterpeil (terugkeerperiode 10.000 jaar) en de dijkhoogte. Dit werd herbekeken in het kader van de tienjaarlijkse vei-

ligheidsherziening. Hieruit blijkt dat bij een combinatie van een ongunstige windrichting met een hoog waterpeil, als gevolg van een zware storm, golfoverslag over de dijk mogelijk wordt. Dit wordt besproken in paragraaf 3.2.2.

4.2.5. Conclusie

“De maximum windsnelheid van 49 m/s, die als ontwerpbasis voor alle gebouwen op de site diende, werd in werkelijkheid nog nooit gemeten in België. Bovendien zijn de veiligheidsgebonden gebouwen voor zwaardere belastingsgevallen berekend dan deze maximale windsnelheid. Extreme windsnelheden zouden aanleiding kunnen geven tot gedeeltelijke of gehele LOOP. Het scenario LOOP maakt deel uit van de ontwerpbasis van de eenheden. Een dergelijke situatie brengt de koeling van de splijtstof niet in gevaar, noch in normale uitbating noch in stilstand.”

4.3

Tornado

Wat zijn de mogelijke gevolgen van een tornado voor de site in Doel?

De maximale windsnelheid die ooit uit een tornado rond Doel werd afgeleid, is 70 m/s. Doel 1&2 is daarop voorzien. Doel 3&4 is zelfs berekend op 107,3 m/s.

Tornado's komen vooral voor in de VS. In België wordt het fenomeen hooguit gerangschikt in klasse F2 op de originele Fujitaschaal (maximale windsnelheid tussen 50 m/s en 70 m/s) (gegevens 1880-1940).

4.3.1. Karakterisatie van tornado's

Bij de ontwerpbasis is rekening gehouden met maximale windsnelheden tot 70 m/s. Dit komt overeen met klasse F2 op de originele Fujitaschaal. Vertaald naar de Enhanced Fujitaschaal betekent dit dat de structuren in grote mate bestand zijn tegen tornado's tot en met klasse EF3 (windsnelheid van 61 tot 75 m/s).

De windsnelheid bij een tornado is de optelsom van de rotatiesnelheid en de translatiesnelheid. De laagste categorie van tornado begint bij de windsnelheden eigen aan een heel zware storm.

De maximale windsnelheid die ooit uit een tornado rond Doel werd afgeleid, is 70 m/s (1925 - Nederland).

- In de periode 1970-1984 was er één tornado met hoge intensiteit, in Léglise (20 september 1982). De maximale windsnelheid werd geschat op 70 m/s en de breedte op 50 m. Er was aanzienlijke schade: daken werden afgerukt en gebouwen werden vernietigd.
- Een tornado met hoge intensiteit en vergelijkbare schade kwam voor in Oostmalle (25 juni 1967).
- Verder kwamen er jaarlijks tornado's voor in België, maar met minder hoge intensiteit.
- Het Franse 'département du Nord' (Hautmont, 3 augustus 2008) kende een tornado van heel hoge intensiteit – de schade was heel aanzienlijk, zelfs over meerdere kilometers. Deze tornado werd geklasseerd in categorie EF4 op de Enhanced Fujitaschaal (windsnelheid tussen 75 en 89 m/s).



Fujitaschaal

Op de Fujitaschaal wordt de intensiteit van de tornado uitgezet aan de hand van de veroorzaakte schade. De originele schaal (F-schaal, 1971) maakte de verbinding tussen de beaufortschaal en de Mach-nummer-schaal. De originele schaal vertoont een paar beperkingen:

- Ze geeft slechts een algemene beschrijving van het type schade – er zijn m.a.w. te weinig schade-indicatoren.
- De windsnelheden die nodig zijn om de beschreven schade aan te richten, worden overschat.

De Enhanced Fujitaschaal (EF-schaal, 2007) is gelijk aan de originele schaal met toevoeging van schade-indicatoren en schadedrempels. De windsnelheden van de Fujitaschaal werden verminderd.

4.3.2. Tornado's in België

Enkele algemene gegevens:

- In Europa komen 4 tot 7 keer minder tornado's voor dan in de VS.
- Er wordt aangenomen dat België jaarlijks 4 tot 6 tornado's kent met min of meer belangrijke schade.
- Er zijn geen representatieve gegevens beschikbaar over de intensiteit van de tornado's. Zware tornado's van categorie (E)F3 zijn waarschijnlijk heel zeldzaam in België. De meeste tornado's bevinden zich tussen (E)F0 en (E)F2. Hautmont (zie boven) toont wel aan dat recent een tornado van intensiteit EF4 is voorgekomen in het noorden van Frankrijk.
- Het is niet zo dat zich in de loop der jaren een bepaalde trend heeft afgetekend.
- Het is evenmin zo dat op bepaalde plaatsen in België meer tornado's voorkomen dan op andere plaatsen.
- De helft van de in België gerapporteerde tornado's doet zich voor tijdens de zomermaanden, maar een tornado tijdens de winter is niet uitgesloten
- Een tornado op Belgisch grondgebied duurt in de meeste gevallen slechts enkele minuten. De diameter van de wervels varieert van enkele meters tot enkele tientallen meters. De lengte van de schadesporen varieert van enkele tientallen tot enkele honderden meters.

4.3.3. Ontwerpbasis

Doel 1&2

Voor Doel 1&2 is de bescherming tegen tornado's gebaseerd op een windsnelheid van 70 m/s (250 km/u). Bij de eerste tienjaarlijkse herziening werd nagegaan of de structuren van categorie I (van belang voor de veiligheid) voldoende bestand waren tegen die referentiewindsnelheid. Secundair containment, GNS, BAR, GNH, RM-lokalen, GEH, GMH en de schoorstenen werden eveneens geverifieerd. Alle betrokken gebouwen in beton bieden ook voldoende bescherming tegen projectielen die door de referentietornado zouden worden losgerukt.

Doel 3&4

Voor Doel 3&4 is de bescherming tegen tornado's gebaseerd op een windsnelheid van 107,3 m/s (± 385 km/h). De gebunkerde structuren, zijn bestand tegen tornado's en eventuele rondvliegende projectielen. Het fenomeen werd eveneens in overweging genomen bij een aantal niet-gebunkerde structuren van categorie I: delen van het GNH (doorvoeringszones en opslagtanks van de radioactieve gassen), delen van de OVG2 (verbindt de noodkoelvijver KVR met de bunker BKR).

SCG-gebouw

Het SCG zelf is niet ontworpen om de kracht van een tornado te weerstaan. De containers in het SCG zijn wel bestand tegen de impact van een projectiel, tegen omkantelen en tegen brokstukken afkomstig van het gebouw.

USNRC Regulatory Guide 1.76

Overeenkomstig de USNRC Regulatory Guide 1.76 (Design-basis tornado and tornado missiles for nuclear power plants) is een maximale windsnelheid van 103 m/s kenmerkend voor de ontwerpbasis-tornado voor de meest tornadogevoelige regio in de VS. Een maximale windsnelheid van 72 m/s is karakteristiek voor de ontwerpbasis-tornado voor de minst tornadogevoelige regio in de VS.

4.3.4. Analyse

4.3.4.1. Ontwerpcriteria

De gebouwen met een veiligheidsfunctie zijn bestand tegen de referentietornado. Voor Doel 1&2 betreft het een referentiesnelheid van 70 m/s. Dat zich in Doel een tornado voordoet met hogere windsnelheden dan 70 m/s, is bijzonder onwaarschijnlijk. De kans dat een tornado met een windsnelheid >70 m/s de site van Doel treft, is van de orde $6 \cdot 10^{-7}$ /jaar. De kans dat een tornado met een windsnelheid >107 m/s de site van Doel treft, is van de orde $3 \cdot 10^{-8}$ /jaar. Niettemin is bij Doel 3&4 toch uitgegaan van 107 m/s als referentiesnelheid. Overeenkomstig de **USNRC Regulatory Guide 1.76** is deze snelheid kenmerkend voor de meest tornadogevoelige regio in de VS.

- Het fenomeen tornado is doorgaans geen bepalende factor bij het ontwerp van de gebouwen, dit in tegenstelling tot een externe explosie of vliegtuigcrash. Het betekent dat de gebouwen berekend zijn op de inslag van rondvliegende projectielen als gevolg van een tornado of explosie. Het betekent ook dat heel wat gebouwen zwaardere tornado's kunnen weerstaan dan de referentietornado. Uiteraard is het niet zo dat alle gebouwen tegelijk zullen instorten zodra een zekere windsnelheid wordt overschreden.

- Bij de meest verwoestende tornado's die België ooit kende, bleef de windsnelheid onder de aangenomen norm voor Doel 1&2 – de tornado in het Noord-Franse Hautmont blijft een uitzondering met een geschatte snelheid > 75 m/s over een beperkt deel van zijn traject.
- Ook de breedte van de zone met grote verwoestingen is beperkt. In de USNRC Regulatory Guide 1.76 (Design-basis tornado and tornado missiles for nuclear power plants) wordt 45,7 m aangenomen voor de straal van maximale rotatiesnelheid. De kans dat een tornado de site in Doel zou treffen, is dan ook eerder klein – kans op een tornado met maximale windsnelheid > 70 m/s is kleiner dan 6.10⁻⁷/jaar.
- Behalve de referentietornado is er ook een maximale hevige wind die als referentie fungeert. De referentiewind voor Doel heeft een snelheid van 49 m/s op een hoogte van 25 m boven de bodem. De karakteristieke windsnelheid van tornado's van de laagste categorieën (EF0 en EF1 volgens de Enhanced Fujitaschaal) is kleiner dan 49 m/s.

4.3.4.2. Uitrustingen in open lucht

Onderstaande uitrustingen in open lucht kunnen schade ondervinden van een tornado met een hoge intensiteit.

- Een tornado buiten de site kan de externe elektrische voedingen beschadigen, wat een gedeeltelijke tot volledige LOOP tot gevolg kan hebben.
- Een tornado op de site kan de hoogspanningsposten beschadigen, wat eveneens een gedeeltelijke tot volledige LOOP tot gevolg kan hebben.
- De luchtkoelers van de 1ste-niveaudiesels van Doel 1&2 bevinden zich buiten op het dak van het GMH. De koelringen zijn erop berekend dat de werking niet in gevaar komt door de maximale hevige winden (rukwinden) die op de site Doel kunnen voorkomen.
- De RW-koeltorens van Doel 1&2, die deel uitmaken van de alternate UHS, zijn niet bestand tegen een tornado.
- De luchtkoelers van de 1ste-niveaudiesels van Doel 3&4 bevinden zich buiten op het dak van het GEH. De koelringen zijn erop berekend dat de werking niet in gevaar komt door de maximale hevige winden (rukwinden) die op de site Doel kunnen voorkomen.
- De RN-koeltorens van Doel 3&4, die deel uitmaken van de Alternate UHS, zijn niet bestand tegen een tornado. Ze werden wel berekend om uitzonderlijke windstoten te weerstaan.
- De LU-vijvers, die deel uitmaken van de alternate UHS voor Doel 3&4, bevinden zich in open lucht. Een tornado zou er de waterinventaris kunnen aantasten, maar het is aan de andere kant niet mogelijk dat de inventaris van alle koelvijvers tegelijk verloren zou gaan. Dit laten we verder buiten beschouwing.

4.3.5. Mogelijke gevolgen

4.3.5.1. Tornado en windsnelheid

Bij de analyse van de mogelijke gevolgen van een tornado worden volgende categorieën of gradaties qua windsnelheid in acht genomen.

Windsnelheid < 50 m/s (<180 km/h)

De tornado veroorzaakt lichte tot matige schade: aan daken, schoorstenen, deuren, vensters, ontwortelde bomen,... Er mag verondersteld worden dat de veiligheidsgebonden uitrustingen niet beschadigd worden en in functie kunnen blijven. Een gedeeltelijke of volledige LOOP valt echter niet helemaal uit te sluiten.

Windsnelheid 50-70 m/s (180 - 250 km/h)

De tornado veroorzaakt belangrijke tot zware schade: losgerukte daken, omgooien en verplaatsen van auto's en vrachtwagens, zware schade aan gebouwen, verplaatsing van structuren met lichte funderingen,... Veiligheidsgebonden uitrustingen die zich buiten de gebouwen bevinden en die niet berekend zijn op de referentietornado, kunnen hun functie verliezen.

Windsnelheid 70-107 m/s (250 - 385 km/h)

De tornado veroorzaakt verwoestende schade: vernietiging van gebouwen, lanceren van projectielen zoals auto's en bomen,... De gebouwen van Doel 1&2 met veiligheidsgebonden uitrustingen zijn niet ontworpen tegen deze tornado, maar kunnen er waarschijnlijk wel aan weerstaan.

4.3.5.2. Impact op Doel 1&2 en Doel 3&4

Algemeen wordt aangenomen dat een tornado het meest penaliserende traject op een site aflegt. Een tornado pal op de site van Doel is echter weinig waarschijnlijk – kans op maximale windsnelheid > 70 m/s kleiner dan 6.10⁻⁷/jaar.

Onderstaande tabel geeft de gradatie in tornadosterkte weer gekoppeld aan de gevolgen voor Doel 1&2 en Doel 3&4. Er wordt gelet op het feit of de tornado finaal kan leiden tot een verlies van elektrische voeding en/of een verlies van koudebron.

Tabel 2 ↘

Impact tornado op de centrales

Sterkte tornado	Doel 1&2	Doel 3&4
50 m/s	• Mogelijk gedeeltelijke of volledige LOOP → Scenario LOOP	• Mogelijk gedeeltelijke of volledige LOOP → Scenario LOOP
50-70 m/s	• LOOP • Verlies RW • Verlies van luchtkoelers 1^{ste}-niveaudiesels → Scenario loss of primary UHS + SBO 1^{ste} niveau (opmerking 1) → 2^{de} niveau (GNS) blijft beschikbaar	• LOOP • Verlies RN • Verlies van luchtkoelers 1^{ste}-niveaudiesels → Scenario loss of primary UHS + SBO 1^{ste} niveau → 2^{de} niveau (BKR) blijft beschikbaar
70-107 m/s	• Buiten ontwerpbasis: tornado is doorgaans niet het bepalende fenomeen voor ontwerp, vermoedelijk kunnen de gebouwen van D12 aan dergelijke tornado's weerstaan.	• LOOP • Verlies RN • Verlies van luchtkoelers 1^{ste}-niveaudiesels → Scenario loss of primary UHS + SBO 1^{ste} niveau → 2^{de} niveau (BKR) blijft beschikbaar

Opmerking. Indien de stoomgeneratoren nog beschikbaar zijn is het belangrijk dat gedurende voldoende lange tijd water kan worden gevoed. Bij een tornado is het gebruik van de watervoorraad uit de TW-tank niet gegarandeerd, aangezien de TW-tank buiten staat en niet bestand is tegen een tornado. De verschillende andere voedingsmogelijkheden – voeding uit de LU-vijvers via de FE-kring Doel 3 – laten echter een voldoende lange autonomie toe.

4.3.6. Conclusie

Het ontwerp van Doel 3&4 houdt rekening met een referentietornado die in deze streek ongekend is. Het ontwerp van Doel 1&2 houdt rekening met een lagere intensiteit maar die in Europa nog steeds heel zeldzaam is. Aangezien het fenomeen doorgaans niet het bepalende criterium is bij het ontwerp van de gebouwen, zullen belangrijke veiligheidsgebonden gebouwen ook zwaardere tornado's aankunnen dan de referentietornado.

Een zware tornado kan een gedeeltelijke of volledige LOOP tot gevolg hebben, al dan niet gecombineerd met SBO 1^{ste} niveau en een verlies van de primaire koudebron.

4.4

Bliksem

Er is een externe beveiliging tegen blikseminslag voorzien conform de officiële norm.

4.4.1. Gegevens

- Het vroegere waarnemingsstation Antwerpen-Doel maakt melding van een gemiddelde van acht onweersdagen per jaar voor de periode 1901-1930. Wel dient opgemerkt dat het waarnemingsstation over 'onweer' spreekt als tussen bliksem en donderslag maximum 10 seconden verstrijken.
- De studie van de 380 kV- en 150 kV-verbindingen houdt rekening met een gemiddelde frequentie van 20 onweersdagen per jaar.
- Het gemiddelde aantal blikseminslagen in België bedraagt 1,19 /km² per jaar, wat weinig is ten opzichte van het gemiddelde in de wereld.

4.4.2. Ontwerpbasis

Conform de norm NBN C18-100 Uitgave 1985 en zijn bijlage werd bij het ontwerp van de gebouwen een externe beveiliging tegen blikseminslag voorzien.

4.4.3. Analyse

Voor gebouwen na 2009 is de norm NBN EN (CEI) 62305 van toepassing. Er is een plan van aanpak uitgetekend om de bliksembeveiliging te evalueren en te verbeteren in overeenstemming met deze norm. Er bestaat ook een jaarlijks programma van inspectie van de aarding.

4.4.4. Conclusie

De bescherming tegen blikseminslag wordt in rekening gebracht door toepassing van de betreffende normen. Momenteel is een herevaluatie conform de meest recente norm in uitvoering.

4.5

Sneeuw

Wat zijn de mogelijke gevolgen van hevige sneeuwval voor de site in Doel?

Alle gebouwen weerstaan minstens aan de toepasselijke normen. De gebunkerde gebouwen weerstaan aan een nog veel hogere sneeuwbelasting.

4.5.1. Gegevens

In Laag- en Midden-België is sneeuwval een relatief onbelangrijk meteorologisch verschijnsel: er valt gemiddeld niet meer dan 6 à 13 cm sneeuw. Laag- en Midden-België tellen gemiddeld 15 sneeuwdagen (10 aan de Kust). De periode dat de bodem met sneeuw bedekt is varieert, meestal gaat het om perioden van 3 à 5 dagen.

Op 10 februari 1902 lag in Ukkel een sneeuwtapijt van 35 cm dik. Op de Hoge Venen lag er op 9 februari 1953 1,15 m, de dikste sneeuwlaag ooit officieel gemeten in België (volgens klimaatgegevens KMI vanaf 1900). Het veiligheidsrapport spreekt over een jaargemiddelde van 12 sneeuwdagen in de omgeving van Doel.

4.5.2. Ontwerpbasis

Volgende regelgeving werd toegepast bij het ontwerp van de centrales:

- NBN 15-1963 voor Doel 1&2,
- NBN B 15-103 (1977) voor Doel 3&4.

In deze normen bedraagt de aanbevolen sneeuwlast voor de streek van Doel (hoogte 0 tot 100 m) respectievelijk 0,35 kN/m² en 0,40 kN/m². Met deze last werden ook de volgende bijkomende lasten in rekening gebracht: een puntlast van 2 kN op 1 m² of 1 kN op 0,2 x 0,2 m² (de meest penaliserende van de twee werd gekozen), en dit op de meest ongunstige lokatie op het dak.

4.5.3. Analyse

4.5.3.1. Weerstand van de gebouwen

De vigerende regelgeving is die van de nationale Belgische bijlage NBN EN 1991-1-3-ANB: 2007 van de Europese normen Eurocode 1. De aanbevolen sneeuwlast voor de streek rond Doel (hoogte van 0 tot 100 m) bedraagt nu 0,50 kN/m², vermeerderd met de puntlast van 1 of 2 kN. De normen geven verder ook aan dat de sneeuw- en windbelasting niet gecumuleerd moeten worden. Het in rekening brengen van de windbelasting kan leiden tot een dimensionering die omhullend is voor de sneeuwbelasting.

Bij de berekening van een dakstructuur is de sneeuwbelasting slechts één van de lasten die in rekening worden gebracht. De voorgeschreven normen zijn als minimale normen te interpreteren, ze kunnen m.a.w. verhoogd worden in functie van het specifieke project. Dit betekent dat de sneeuwbelasting niet noodzakelijk de dimensionering zal bepalen. Dit is het geval voor de gebunkerde gebouwen, die veel grotere lasten kunnen dragen. Bij de niet-gebunkerde gebouwen bestaat de kans dat de voorziene marges bij het ontwerp intussen verkleind zijn doordat een aantal lasten aan de bestaande dakstructuur zijn toegevoegd. Volgende gebouwen kunnen een veel hogere sneeuwbelasting verdragen:

- Doel 1&2: RGB, BAR, GNS, DGG
- Doel 3&4: RGB, BKR, GNH, SPG, GVD, OVG2

Het SCG-gebouw voldoet ruimschoots aan de opgelegde normen. De containers in het SCG zijn bestand tegen de inslag van een projectiel, tegen omkantelen en tegen vallende brokstukken afkomstig van het gebouw. Sneeuwval betekent dus geen risico voor de veiligheidsfunctie van de containers.



De volumemassa van sneeuw wordt bepaald door:

- de hoeveelheid lucht tussen de vlokken,
- het soort kristal dat de vlokken vormt,
- de weersomstandigheden (wind, temperatuur) tijdens de sneeuwval,
- de leeftijd en de vochtigheidsgraad (gevolg van regen of dooi/vorst) van de sneeuwlaag.

De dichtheid hangt af van het gewicht van de bovenliggende lagen en van de metamorfose die de sneeuw ondergaat. De dichtheid neemt gewoonlijk toe met de diepte.

De volumemassa van sneeuw kan variëren:

- 40 kg/m³ voor verse, koude en lichte sneeuw,
- 100 kg/m³ als gemiddelde waarde voor verse en droge sneeuw,
- 400 kg/m³ voor artificiële sneeuw (lage verhouding van omringende lucht),
- 600 kg/m³ voor een heel oude sneeuwlaag (bodem van een gletsjer).

Rekening houdende met een gemiddelde **volumemassa** voor sneeuw van 100 kg/m³ gecombineerd met een last van 0,35 kN/m² tot 0,40 kN/m², zijn niet gebunkerseerde gebouwen minstens bestand tegen een sneeuwlaag van 30 cm.

4.5.3.2. Weerstand van hoogspanningskabels

Door hevige sneeuwval kunnen de hoogspanningskabels, en dus ook de externe elektrische voedingen buiten de site beschadigd geraken, wat aanleiding kan geven tot een gedeeltelijke LOOP.

4.5.4. Conclusie

Alle gebouwen op de site in Doel zijn ontworpen voor sneeuwbelasting overeenkomstig de toepasselijke normen. Een aantal gebouwen is bestand tegen een veel hogere sneeuwlast, om twee redenen: bij het ontwerp is met marges gerekend, en er werd rekening gehouden met zwaardere lasten dan de sneeuwlast. Dit is zeker zo voor de gebunkerseerde gebouwen. Bij de andere gebouwen is de grootte van de marge niet altijd gekend.

Voor de gebouwen die hierboven niet expliciet vermeld worden, moet het dak sneeuwvrij gemaakt worden zodra de sneeuwlaag 30 cm dik is. Hierin zit een marge verrekend voor het gewicht van de personen die de sneeuw moeten ruimen.

Hevige sneeuwval kan een gedeeltelijke LOOP tot gevolg hebben. Dit scenario maakt deel uit van de ontwerpbasis van de eenheden. Een dergelijke situatie brengt de koeling van de splijtstof niet in gevaar, noch in normale uitbating noch in stilstand.

Voorstel om de voorschriften voor het sneeuwvrij maken van de gebouwen in een procedure om te zetten.

4.6

Hagel

**Wat zijn de mogelijke gevolgen van een hagelbui voor de site in Doel?
Zonder gevolgen.**

Hagel is een kortstondig en lokaal meteorologisch fenomeen. Het werd niet expliciet opgenomen in de ontwerpbasis aangezien de effecten ervan omhuld worden door andere fenomenen.

Extreme temperaturen en andere meteocondities



Welke extreme meteocondities worden niet geanalyseerd in het kader van de weerstandstest? Extreme temperaturen worden niet bekeken op basis van de trage evolutie die toelaat tijdig maatregelen te nemen. Tropische stormen, zandstormen en waterhozen worden niet bekeken op basis van de geografische ligging van de site.

4.7.1. Extreme temperaturen

Ook met extreme temperaturen werd rekening gehouden bij de ontwerpbasis en bij het dimensioneren van de uitrustingen. De normen op dit vlak werden bepaald op basis van statistieken en in functie van de geografische ligging van de nucleaire site.

Bij een tienjaarlijkse herziening wordt telkens ook nagegaan of de waarden ondertussen geëvolueerd zijn: Moeten de destijds aangenomen 'extreme temperaturen' intussen niet bijgesteld worden? Indien ja, dan worden de nodige aanpassingen aangebracht.

Een periode van extreme temperaturen of van extreme droogte is geen plots natuurverschijnsel. Het gaat om evoluties die tijdig voorspeld worden, wat meteen ook toelaat om tijdig actie te ondernemen. Doel beschikt trouwens over procedures om de veilige uitbating te garanderen in geval van hittegolf of vriestemperaturen.

Extreme temperaturen worden in het kader van de weerstandstests niet verder in detail bekeken aangezien het in dit geval niet gaat om een natuurverschijnsel dat ons verplicht om onmiddellijk te handelen.

4.7.2. Tropische cycloon, tyfoon, orkaan

Een tropische cycloon is een sterke depressie die ontstaat boven het warme water van de oceaan in de intertropische zone. Deze depressies worden orkaan genoemd in de Atlantische Oceaan, de Caraïbische Zee, de Golf van Mexico en het oostelijke deel van de Stille Oceaan. Ze worden tyfoon genoemd in het westelijke deel van de Stille Oceaan.

Gezien de geografische ligging van de site in Doel worden deze natuurverschijnselen, in het kader van de weerstandstests, niet verder in detail bekeken.

4.7.3. Storm van zand of stof

Een storm van zand of stof komt voor in heel droge streken en in de woestijn. Een dergelijke storm kan zich voordoen wanneer hevige winden transport van stof of zand in de atmosfeer veroorzaken.

Gezien de geografische ligging van de site in Doel worden deze natuurverschijnselen, in het kader van de weerstandstests, niet verder in detail bekeken.

4.7.4. Waterhoos

Een waterhoos kan aanzienlijke hoeveelheden water transporteren, afkomstig van een groot wateroppervlak. Het verschijnsel kan zich voordoen bij mooi weer, boven de zee of boven een groot meer. Een waterhoos kan ook de vorm aannemen van een tornado, boven de zee of boven een groot meer. In dat geval gaat het om een intenser fenomeen.

Gezien de geografische ligging van de site in Doel worden deze natuurverschijnselen, in het kader van de weerstandstests, niet verder in detail bekeken.

5

VERLIES VAN ELEKTRISCHE STROOMVOORZIENING EN VERLIES VAN ULTIEME KOUDEBRON



5.1 Voor de kerncentrales

p. 128

5.1.1. Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP)

- 5.1.1.1. Designmaatregelen die rekening houden met verlies van externe stroomvoorziening
- 5.1.1.2. Autonomie van de on-site noodstroomvoorzieningen
- 5.1.1.3. Maatregelen die de autonomie van de on-site noodstroomvoorziening verlengen
- 5.1.1.4. Maatregelen die kunnen overwogen worden om de robuustheid van de plant te vergroten

5.1.2. Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van 1^{ste} niveau on-site back-up stroomvoorziening

- 5.1.2.1. Voorzieningen in het ontwerp
- 5.1.2.2. Batterijcapaciteit en duurtijd
- 5.1.2.3. Autonomie van de site voor degradatie van de splijtstof
- 5.1.2.4. Voorziene (externe) acties om degradatie van de splijtstof te vermijden
- 5.1.2.5. Maatregelen die kunnen overwogen worden om de robuustheid van de plant te vergroten

5.1.3. Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van alle on-site back-up stroomvoorzieningen (Volledige Station Black-out)

- 5.1.3.1. Voorzieningen in het ontwerp
- 5.1.3.2. Batterijcapaciteit en duurtijd
- 5.1.3.3. Autonomie van de site voor degradatie van de splijtstof onvermijdelijk wordt
- 5.1.3.4. (Externe) acties die voorzien worden om degradatie van splijtstof te vermijden
- 5.1.3.5. Maatregelen die kunnen overwogen worden om de robuustheid van de plant te vergroten

5.1.4. Verlies van de primaire ultieme koudebron (LUHS)

- 5.1.4.1. Voorzieningen in het ontwerp die de autonomie van de site waarborgen voor splijtstofdegradatie
- 5.1.4.2. (Externe) acties voorzien om splijtstofdegradatie te voorkomen
- 5.1.4.3. Maatregelen die kunnen worden voorzien om de robuustheid van de plant te vergroten

5.1.5. Verlies van de primaire ultieme koudebron en de alternatieve koudebron

- 5.1.5.1. In het ontwerp voorziene autonomie van de site voor degradatie van de splijtstof
- 5.1.5.2. (Externe) acties voorzien om degradatie van de splijtstof te vermijden
- 5.1.5.3. Maatregelen die kunnen worden voorzien om de robuustheid van de plant te vergroten

5.1.6. Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met verlies van externe stroomvoorziening en verlies van 1^{ste} niveau on-site back-up stroomvoorziening

- 5.1.6.1. Autonomie van de site voor degradatie van de splijtstof
- 5.1.6.2. (Externe) acties die voorzien worden om degradatie van splijtstof te vermijden
- 5.1.6.3. Maatregelen die kunnen overwogen worden om de robuustheid van de plant te vergroten

5.1.7. Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met een volledige Station Black-out

- 5.1.7.1. Ontwerpautonomie van de site voor degradatie van de splijtstof
- 5.1.7.2. (Externe) acties die voorzien worden om degradatie van splijtstof te vermijden
- 5.1.7.3. Maatregelen die kunnen overwogen worden om de robuustheid van de plant te vergroten

5.1.8. Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met verlies van externe stroomvoorziening en Ontwerpbasis Aardbeving

- 5.1.8.1. Autonomie van de site voor degradatie van de splijtstof
- 5.1.8.2. Voorziene (externe) acties om degradatie van de splijtstof te vermijden
- 5.1.8.3. Maatregelen die kunnen worden voorzien om de robuustheid van de plant te vergroten

5.2 Voor de gebruikte splijtstof in het splijtstofcontainergebouw

p. 170

5.1

Voor de kerncentrales



In dit hoofdstuk wordt aangetoond dat de centrales in Doel zijn ontworpen om een verlies van stroomvoorzieningen en een verlies van koudebron op te vangen. Er wordt voor diverse scenario's en uitbatingstoestanden beschreven op welke wijze de reactoren in een stabiele en gecontroleerde toestand worden gehouden, d.w.z. de splijtstof blijft gekoeld, de splijtstof blijft onderkritisch en er is geen radioactieve lozing.

De stabiele toestand moet gegarandeerd zijn in elk van de drie mogelijke uitbatingssituaties:

- **Stoomgeneratoren beschikbaar** - De primaire kring is gesloten waardoor de stoomgeneratoren kunnen gebruikt worden om de splijtstof te koelen.
- **Koelkring reactor (RC-kring) open** – De centrale is in onderhoud (revisie), het reactordeksel is van de reactor verwijderd. Hierdoor kan de reactor niet meer gekoeld worden met de stoomgeneratoren. De splijtstof zit nog in de reactor.

Deze uitbatingssituatie is een verzameling van een groot aantal configuraties waarin de RC kring zich kan bevinden : uitbating op midloop, RC kring gevuld tot aan de reactorflens, de dokken waarin de kuip zich bevindt volledig gevuld met water. Bovendien zal op het begin van de revisie de nakomende warmte groter zijn waardoor ook de impact groter wordt. De eerste midloop van een splijtstofwisselstop is omhullend voor de timing van de cliff edge effecten. De tijd gedurende dewelke een centrale op midloop wordt uitgebaat bedraagt maximum een paar dagen per jaar. Tijdens de periode (minstens 5 dagen) dat het reactorblok volledig gevuld is, zijn de scenario's vergelijkbaar met de scenario's in de uitbatingssituatie "kern in dokken".

Er wordt verondersteld dat er op de site nooit tegelijkertijd twee open RC kringen zijn waarvan de splijtstof nog in de reactor zit.

- **Kern in dokken** - De centrale is in onderhoud (revisie) en alle splijtstof is uit de reactor gehaald. De splijtstof zit dan in de splijtstofdokken van het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten (voor Doel 1&2) of het Splijtstofgebouw (voor Doel 3&4). Ook buiten de revisie zit er splijtstof in de dokken, maar dat geval wordt niet behandeld omdat er dan minder splijtstof in de dokken is en de nakomende warmte van deze elementen al sterk is verminderd. De situatie is tijdens de revisie het meest penalisierend en dus overkoepelend.

Dit alles wordt onderzocht voor de volgende scenario's :

- Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP)
- Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van 1ste niveau on-site back-up stroomvoorziening
- Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van alle on-site back-up stroomvoorzieningen (Volledige Station Black-out)
- Verlies van de primaire ultieme koudebron (LUHS)
- Verlies van de primaire ultieme koudebron en de alternatieve koudebron
- Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met verlies van externe stroomvoorziening en verlies van 1ste niveau on-site back-up stroomvoorziening
- Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met een Volledige Station Black-out
- Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met verlies van externe stroomvoorziening en Ontwerpbasis Aardbeving

Elektrische voedingen

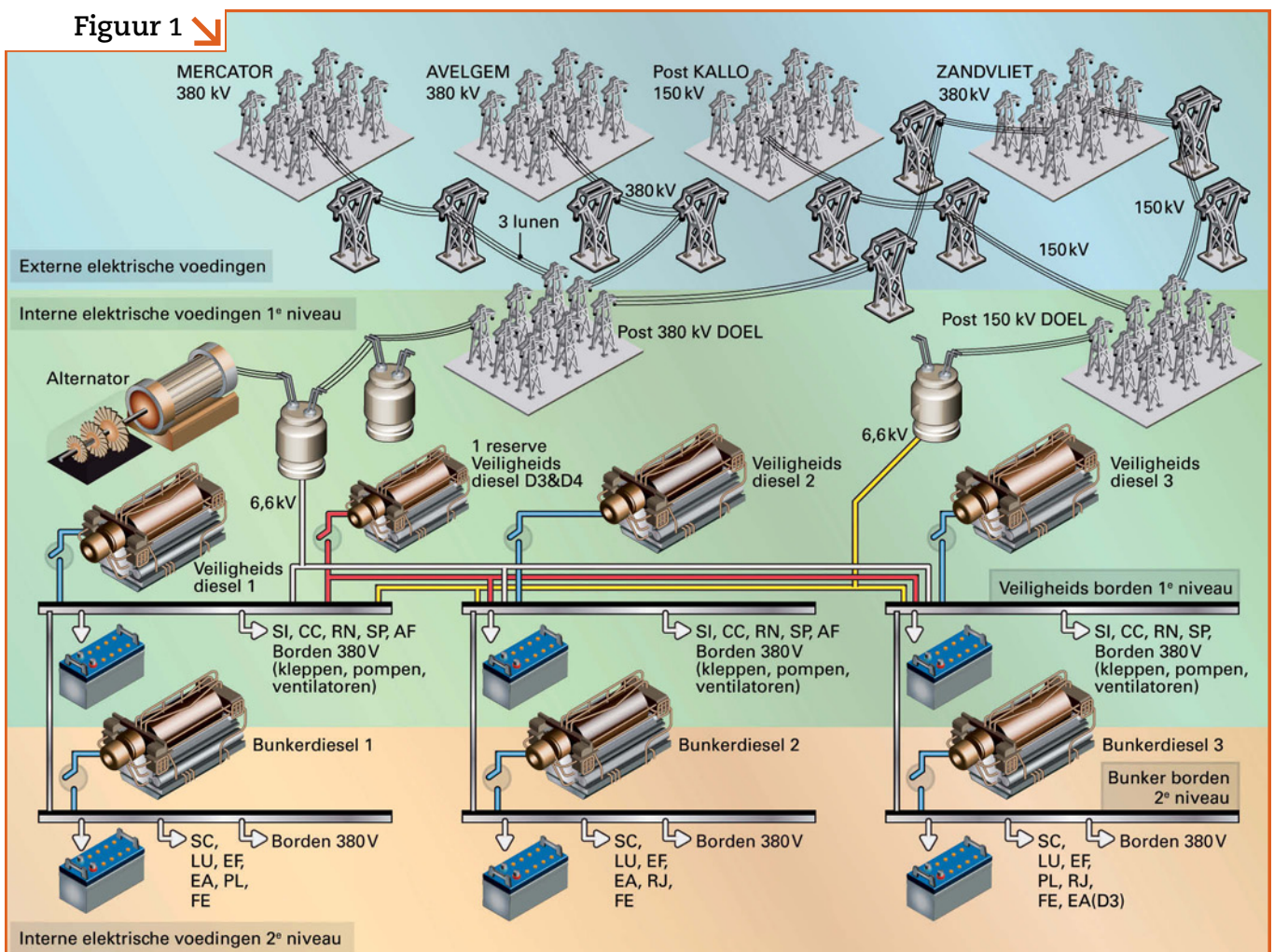
De kerncentrale van Doel is via meerdere, onafhankelijke, redundante lijnen met het externe elektrische net verbonden, waardoor het volledig verlies van de voedingen van uit het uitwendig net weinig waarschijnlijk is.

De externe hoofdvoeding van de site van Doel wordt verzekerd door vijf 380 kV- hoogspanningslijnen (3 afkomstig van het station Mercator, 1 van het station Avelgem en 1 van het station Zandvliet) die gekoppeld zijn aan het 380 kV-station van Doel waarmee de 4 eenheden via verschillende railstellen verbonden zijn.

De tweede externe voedingsbron van de vier eenheden wordt gevormd door een 150 kV- hoogspanningsstation met een dubbel railstel dat op de site van Doel is geïnstalleerd en zelf gevoed wordt door 2 hoogspanningslijnen, één afkomstig van het station Kallo en één van het station Zandvliet. Elk van deze verbindingen heeft op zich voldoende capaciteit om alle hulpsystemen te voeden die nodig zijn voor de gelijktijdige stop van de vier eenheden.

De hulpdiensten van de groepen 1 en 2 betrekken hun voeding, bij gestopte eenheden, enkel vanuit het 150 kV-net. De hulpdiensten van de groepen 3 en 4 kunnen ook vanuit het 380 kV net gevoed worden.

Figuur 1



Principe schema
elektrische
voedingen D34.

Uitbating hoogspanningsnet

In de “Wet betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt” wordt de netbeheerder verantwoordelijk gesteld voor de exploitatie en het beheer van het hoogspanningsnet.

Voor het Belgisch hoogspanningsnet is de netbeheerder ELIA.

In het “Toegangscontract”, afgesloten tussen de toegangshouder (Electrabel) en ELIA, wordt bepaald dat bij intact net steeds voldoende vermogen dient ter beschikking te zijn op de 380 kV aansluiting en de 150 kV aansluiting met de nucleaire centrales Doel (en Tihange) voor voeding van de nucleaire hulpdiensten .

In het “Aansluitingscontract” , afgesloten per site tussen Electrabel en ELIA, staan specifieke afspraken welke bij exploitatie en onderhoud van het hoogspanningsnet door ELIA dienen nagekomen te worden. De continue beschikbaarheid van twee onafhankelijke voedingen 150kV voor de nucleaire hulpdiensten van de centrales Doel (en Tihange)- zoals vereist in de technische specificaties wordt daar vermeld.

In hetzelfde Aansluitingscontract wordt ter kennisgeving de reddingscode en heropbouwcode vermeld van het Belgisch hoogspanningsnet. Deze reddingscode en heropbouwcode zijn opgesteld door Elia volgens de wettelijke en reglementaire bepalingen.

De Reddingscode voorziet de nodige acties door Elia om het hoogspanningsnet te beschermen tegen verdere degradatie. Deze acties kunnen o.m. volgende omvatten

- ondersteuning van het net met regeling MVar-MWatt
- starten TurboJets
- afschakelplan verbruikers of buitenlandse netverbindingen

De Heropbouwcode voorziet de nodige acties door Elia om in geval van black-out het hoogspanningsnet terug op te bouwen.

Elia voorziet twee heropbouwcodes: “Heropbouwcode A ” en “Heropbouwcode B”

- Heropbouwcode A: opbouw van de hoogspanningsnetten 380 kV en 150 kV via de verbindingen met Frankrijk en Nederland
- Heropbouwcode B : opbouw van de hoogspanningsnetten 380kV en 150 kV via centrales in eilandbedrijf of black-start scenario's.

De centrale die vandaag voorzien is voor een black start voor de kerncentrale van Doel is a priori Herdersbrug. Niettemin komen de centrales van Drogenbos en COO ook in aanmerking voor de kerncentrale van Doel teneinde de kerncentrale zo spoedig mogelijk te hervoeden op een betrouwbare, stabiele en kwaliteitsvolle manier

Bij beschadigd net zal de netbeheerder ELIA dit via luchtlijnen herstellen. ELIA heeft kabels en pijlers met spankabels om een 380 kV noodluchtlijn van 2,2 km te installeren. Er is voorzien om dit uit te breiden. De installatie van de noodlijn bedraagt minimaal 1 week en dit onder ideale omstandigheden van omgeving en personeelsbeschikbaarheid. De luchtlijnen die het algemeen net verbinden met de centrale van Doel zijn bij de oversteek van het doeldok en/of de Schelde atypisch. De noodlijn kan op deze plaatsen niet ingezet worden. Er zijn afspraken met de netoperatoren van Nederland en Frankrijk om elkaars materiaal beschikbaar te stellen in geval van nood, waardoor, indien nodig, langere noodluchtlijnen kunnen geïnstalleerd worden.



Veiligheidssystemen Doel 1&2

Om de reactoren van Doel 1&2 in een stabiele en gecontroleerde toestand te houden zijn er 2 niveaus van systemen voorzien: de 1^{ste} niveau-systemen en de 2^{de} niveau-systemen. Deze laatste zijn opgesteld in het Gebouw Noodsystemen.

De 1^{ste} niveau-systemen zijn volledig redundant uitgevoerd. Bij verlies van de 1^{ste} niveau-systemen zullen de 2^{de} niveau-systemen de reactoren in een stabiele en gecontroleerde toestand houden.

Veiligheidssystemen Doel 1&2

De 1^{ste} niveau-systemen worden gevoed door het uitwendige net maar bij LOOP zorgen 4 1^{ste} niveau-diesलगeneratoren er voor dat deze 1^{ste} niveau-systemen gevoed blijven.

De 2^{de} niveau-systemen worden gevoed door het uitwendige net maar bij LOOP zorgen 2 2^{de} niveau-diesलगeneratoren er voor dat deze 2^{de} niveau-systemen gevoed blijven.

Bij verlies van het uitwendige net gaat de centrale automatisch over op eilandbedrijf. De centrale ontkoppelt zich dan van het uitwendige net en gaat zelf zijn eigen verbruikers voeden.

Indien het eilandbedrijf niet lukt, wordt de reactor stilgelegd door de noodstop. Bij de noodstop worden de systemen die controle- en stopstaven boven de reactor houden, zonder spanning gezet. De staven vallen zo in de reactor en op enkele seconden tijd daalt het reactorvermogen en wordt de kern onderkritisch. Vanaf dat ogenblik is de splijtingsreactie gestopt. Het vermogen van een reactor

valt nooit helemaal op nul maar zal wel continu blijven afnemen. De veiligheidssystemen zorgen ervoor dat deze nakomende warmte afgevoerd wordt.

Als het eilandbedrijf niet lukt, starten de 1^{ste} en 2^{de} niveau-diesels. Op dat moment zijn er slechts twee tuigen onbeschikbaar, de CW-pomp en de RC-pomp, die te groot zijn om door een diesel gevoed te kunnen worden. De functies van die pompen worden door andere tuigen overgenomen:

- De CW-pompen onttrekken water aan de Schelde waarvan een klein gedeelte gebruikt wordt om de intermediaire koelkring (CC) te koelen. Deze functie wordt overgenomen door de RW-kring (Ruw Water).
- De RC-pompen circuleren het water in de primaire kring om zo de reactorwarmte af te voeren naar de stoomgeneratoren. Deze functie wordt overgenomen door de thermosifonkoeling.

Voor de 3 onderzochte uitbatingssituaties wordt hieronder in het kort toegelicht hoe volgens het ontwerp de systemen ervoor zorgen dat de centrales stabiel en gecontroleerd gestopt blijven. In de volgende hoofdstukken bij de behandeling van de toepasbare scenario's wordt hierop meer in detail teruggekomen. Naast de opgesomde systemen zijn er nog andere, niet-conventionele middelen beschikbaar. Deze worden ook toegelicht in de behandeling van de toepasbare scenario's.

Stoomgeneratoren beschikbaar

Als de **externe stroomvoorziening niet meer beschikbaar** is, houden de 1^{ste} niveau-systemen de centrale in een stabiele en gecontroleerde toestand. Alle veiligheidstuigen blijven bedrijfsklaar met dit verschil dat de voeding nu komt van de eigen 1^{ste} niveau-diesels in plaats van het externe net.

- De 2 redundante stoomgeneratoren koelen de primaire kring door verdamping van water. De 2 AFW-motorpompen en de AFW-turbopomp sturen water naar de stoomgeneratoren om het verdampte water aan te vullen. De AFW-pompen onttrekken dit water uit de hoger gelegen AFW-tank en de kleine MW-tank die op zijn beurt op peil wordt gehouden met de 4 MW-pompen die hun water onttrekken uit de grote MW-tanks.
- Van zodra de primaire kring voldoende is afgekoeld wordt deze koeling overgenomen door de stilstandskoelkring (SC-kring). De 3 redundante SC-pompen onttrekken water uit de primaire kring en steken dit na koeling in 2 SC/CC-warmtewisselaars terug in de primaire kring. Deze 2 SC/CC-warmtewisselaars worden gekoeld door de 2 intermediaire CC-kringen. Deze intermediaire CC-kringen worden op hun beurt gekoeld in 4 CC/RW-warmtewisselaars. Deze CC/RW-warmtewisselaars worden gekoeld door de 4 tertiaire RW-kringen. Het water uit de RW-kring wordt gekoeld in 4 koeltorens met geforceerde trek. Deze RW-koeltorens worden op peil gehouden door ze bij te vullen met water uit de TW-kring.
- De primaire pompen hebben mechanische dichtingen. Deze moeten worden gekoeld om goed te blijven afdichten. Hiervoor zijn er twee redundante, onafhankelijke 1^{ste} niveau-systemen: een koeling via de intermediaire CC-kring en een koeling door tussen de dichtingen koud water te injecteren met de CV-kring.
- De 1^{ste} niveau-diesels worden gekoeld door gesloten water/lucht warmtewisselaars die zijn opgesteld op het dak van het dieselgebouw. Ze zijn onafhankelijk van de ultieme en alternatieve koudebron.

Als de **1^{ste} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, vallen meerdere 1^{ste} niveau-systemen zonder voeding. De 2^{de} niveau-systemen houden de centrale dan in een stabiele en gecontroleerde toestand.

- De functie van de AFW-kring wordt overgenomen door de EF-kring. In het Gebouw Noodsystemen heeft men hiervoor 1 EF-pomp per centrale die water onttrekt uit zijn EF-tank. De EF-tank wordt op peil gehouden met de brandweerkring (FE) die zijn water onttrekt uit de LU-vijvers van Doel 3&4. De pompen en tanks van Doel 1 en Doel 2 zijn inzetbaar op beide eenheden.
- De 1^{ste} niveau AFW-turbopomp blijft bedrijfsklaar.
- Twee van de drie SC-pompen kunnen ook worden gevoed met de 2^{de} niveau-diesels. De functie van de CC-kring wordt overgenomen door de EC-kring. Deze voert de opgenomen warmte af aan gesloten water/lucht warmtewisselaars die zijn opgesteld op het dak van het Gebouw Noodsystemen.
- De 1^{ste} niveau-koeling van de dichtingen wordt overgenomen door de RJ-kring. Deze injecteert water uit de RJ-tank tussen de dichtingen.
- De 2^{de} niveau-diesels worden gekoeld door gesloten water/lucht warmtewisselaars die opgesteld zijn

in het Gebouw Noodsystemen. Ze zijn onafhankelijk van de ultieme en van de alternatieve koudebron.

Als de **2^{de} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, is de AFW-turbopomp nog steeds bedrijfsklaar om water naar de stoomgeneratoren te pompen vanuit de hoger gelegen AFW-tank en de kleine MW-tank.

RC kring open

Als de **externe stroomvoorziening niet meer beschikbaar** is, houden de 1^{ste} niveau-systemen de centrale in een stabiele en gecontroleerde toestand. Alle veiligheidstuigen blijven bedrijfsklaar met dit verschil dat de voeding nu komt van de eigen 1^{ste} niveau-diesels in plaats van het externe net.

- Bij geopende reactor wordt de primaire kring reeds gekoeld door de SC-kring. De 3 redundante SC-pompen onttrekken water uit de primaire kring, laten het koelen in 2 SC/CC-warmtewisselaars en pompen het terug in de primaire kring. Deze 2 SC/CC-warmtewisselaars worden gekoeld door de 2 intermediaire CC-kringen. Deze intermediaire CC-kringen worden op hun beurt gekoeld in 4 CC/RW-warmtewisselaars. Deze CC/RW-warmtewisselaars worden gekoeld door de 4 tertiaire RW-kringen. Het water uit de RW-kring wordt gekoeld in 4 koeltorens met geforceerde trek. Deze RW-koeltorens worden op peil gehouden door ze bij te vullen met water uit de TW-kring.
- Met de CV-pomp of SC-pomp kan het waterpeil in de reactor worden verhoogd. De CV-kring en SC-kring halen dit koelwater uit de RWST-tank met boorhoudend water.
- Het waterpeil kan ook verhoogd worden door injectie van boorzuur uit de boorzuurtanks met de boorzuurpompen.

Als de **1^{ste} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, vallen meerdere 1^{ste} niveau-systemen zonder voeding. De 2^{de} niveau-systemen houden de centrale dan in een stabiele en gecontroleerde toestand.

- Twee van de drie SC-pompen kunnen ook gevoed worden met de 2^{de} niveau-diesels. De functie van de CC-kring wordt overgenomen door de EC-kring. Deze voert de opgenomen warmte af aan gesloten water/lucht warmtewisselaars die zijn opgesteld op het dak van het Gebouw Noodsystemen.
- Met de RJ-pomp kan het waterpeil in de reactor worden verhoogd. De RJ-kring haalt dit koelwater uit de RJ-tank met boorhoudend water.

Als de **2^{de} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, kan het reactorwater gravitair op peil gehouden worden vanuit de RWST-tank, aangezien deze tank hoger is opgesteld dan de primaire kring.

Kern in dokken

Als de **externe stroomvoorziening niet meer beschikbaar** is, houden de 1^{ste} niveau-systemen de centrale in een stabiele en gecontroleerde toestand. Alle veiligheidstuigen blijven bedrijfsklaar met dit verschil dat de voeding nu komt van de eigen 1^{ste} niveau-diesels in plaats van het externe net.

- Gebruikte splijtstofelementen worden altijd gedurende enkele jaren opgeslagen in het PL-dok in het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten, in afwachting van hun afvoer naar de droge stockage in het Splijtstofcontainergebouw (SCG) (zie § 5.2). Om bepaalde onderhoudswerken toe te laten kan het zijn dat naast de gebruikte elementen, ook de ganse kern tijdelijk in het dok geplaatst is. De nakomende warmte van deze splijtstofelementen wordt afgevoerd naar het water in dit dok. Het water in dit PL-dok (1000 ton) warmt hierdoor op. De 3 redundante PL-pompen (2 gevoed vanuit 2^{de} niveau, 1 gevoed vanuit 1^{ste} niveau) onttrekken water uit het PL-dok, laten het koelen in 2 PL/CC-warmtewisselaars en pompen het terug in het dok. Deze PL/CC-warmtewisselaars worden gekoeld door de 2 intermediaire CC-kringen. Deze CC-kringen worden op hun beurt gekoeld in 4 CC/RW-warmtewisselaars. Deze CC/RW-warmtewisselaars worden gekoeld door de 4 tertiaire RW-kringen. Het water uit de RW-kring wordt gekoeld in 4 koeltorens met geforceerde trek. Deze RW-koeltorens worden op peil gehouden door ze bij te vullen met water uit de TW-kring.

Als de **1^{ste} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, vallen meerdere 1^{ste} niveau-systemen zonder voeding. De 2^{de} niveau-systemen houden de centrale dan in een stabiele en gecontroleerde toestand.

- De 2 redundante PL pompen die gevoed worden van uit het 2de niveau onttrekken water uit het PL-dok. De koeling van dit water gebeurt nu door de PL-kring van het Gebouw Noodsystemen. Het

warme PL-water wordt gestuurd naar gesloten water/lucht warmtewisselaars die zijn opgesteld op het dak van het Gebouw Noodsystemen.

Als de **2^{de} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, laat men het water in de PL-dokken koken. Dat water wordt dan op peil gehouden door bij te vullen vanuit de FE-kring.

Veiligheidssystemen Doel 3&4

De 1^{ste} niveau-systemen worden gevoed door het uitwendige net maar bij LOOP zorgen 3 1^{ste} niveau-dieselgeneratoren ervoor dat deze 1^{ste} niveau-systemen gevoed blijven.

De 2^{de} niveau-systemen worden gevoed door het uitwendige net maar bij LOOP zorgen 3 2^{de} niveau dieselgeneratoren ervoor dat deze 2^{de} niveau-systemen gevoed blijven.

Bij verlies van het uitwendige net gaat de centrale automatisch over op eilandbedrijf. De centrale ontkoppelt zich dan van het uitwendige net en gaat zelf zijn eigen verbruikers voeden.

Indien het eilandbedrijf niet lukt wordt de reactor stilgelegd door de noodstop. Bij de noodstop worden de systemen die controle- en stopstaven boven de reactor houden, zonder spanning gezet. De staven vallen zo in de reactor en op enkele seconden tijd daalt het reactorvermogen en wordt de kern onderkritisch. Vanaf dat ogenblik is de splijtingsreactie gestopt. Het vermogen van een reactor valt nooit helemaal op nul maar zal wel continu blijven afnemen. De veiligheidssystemen zorgen ervoor dat deze nakomende warmte afgevoerd wordt.

Als het eilandbedrijf niet lukt starten de 1^{ste} en 2^{de} niveau-diesels. Op dat moment zijn er slechts twee tuigen onbeschikbaar, de CW-pomp en de RC-pomp, die te groot zijn om door een diesel gevoed te kunnen worden. De functies van die pompen worden door andere tuigen overgenomen:

- De CW-pompen onttrekken water aan de Schelde waarvan een klein gedeelte gebruikt wordt om de RN-koeltorens bij te vullen die zorgen voor de koeling van de intermediaire koelkring (CC). Het aanvullen van de RN-koeltorens wordt overgenomen door de CD-kring.
- De RC-pompen circuleren het water in de primaire kring om zo de reactorwarmte af te voeren naar de stoomgeneratoren. Deze functie wordt overgenomen door de thermosifonkoeling.

Voor de 3 onderzochte uitbatingssituaties wordt hieronder toegelicht hoe volgens het ontwerp de systemen ervoor zorgen dat de centrales stabiel en gecontroleerd gestopt blijven. Naast de opgesomde systemen zijn er nog andere, niet-conventionele, middelen beschikbaar. Deze worden toegelicht in de behandeling van de toepasbare scenario's.

Stoomgeneratoren beschikbaar

Als de **externe stroomvoorziening niet meer beschikbaar** is, houden de 1^{ste} niveau-systemen de centrale in een stabiele en gecontroleerde toestand. Alle veiligheidstuigen blijven bedrijfsklaar met dit verschil dat de voeding nu komt van de eigen 1^{ste} niveau-diesels in plaats van het externe net.

- De 3 redundante stoomgeneratoren koelen de primaire kring door verdamping van water. De 2 AF-motorpompen en de AF-turbopomp sturen water naar de stoomgeneratoren om het verdampte water aan te vullen. De AF-pompen onttrekken dit water uit de 2 grote, hoger gelegen AF-tanks.
- Van zodra de primaire kring voldoende is afgekoeld wordt deze koeling overgenomen door de stilstandskoelkring (SC-kring). De 3 redundante SC-pompen (gevoed vanuit het 2^{de} niveau) onttrekken water uit de primaire kring, laten het koelen in 3 SC/CC-warmtewisselaars en pompen het terug in de primaire kring. Deze 3 SC/CC-warmtewisselaars worden gekoeld door de 3 intermediaire CC-kringen. Deze intermediaire CC-kringen worden op hun beurt gekoeld in 3 CC/RN-warmtewisselaars. Deze CC/RN-warmtewisselaars worden gekoeld door de 3 tertiaire RN-kringen. Het water uit de RN-kring wordt gekoeld in 6 RN-koeltorens met geforceerde trek. Deze RN-koeltorens worden op peil gehouden door ze bij te vullen met water dat de CD-kring uit de LU-vijvers haalt.
- De primaire pompen hebben mechanische dichtingen. Deze moeten worden gekoeld om goed te blijven afdichten. Hiervoor zijn er twee redundante, onafhankelijke 1^{ste} niveau-systemen. Een koeling via de intermediaire CC-kring en een koeling door met de CV-kring koud water te injecteren



Veiligheidssystemen Doel 3&4

Om de reactoren van Doel 3&4 in een stabiele en gecontroleerde toestand te houden zijn er voor elke centrale 2 reeksen van systemen voorzien: de 1^{ste} niveau-systemen en de 2^{de} niveau-systemen. Deze laatste zijn opgesteld in de Bunker. De 1^{ste} niveau-systemen zijn volledig redundant uitgevoerd. Bij verlies van de 1^{ste} niveau-systemen zullen de 2^{de} niveau-systemen de reactoren in een stabiele en gecontroleerde toestand houden.

tussen de dichtingen. De CV-kring haalt dit koelwater uit de RWST-tank met boorhoudend water.

- De 1^{ste} niveau-diesels worden gekoeld door gesloten water/lucht warmtewisselaars die opgesteld zijn op het dak van het GMH. Ze zijn onafhankelijk van de ultieme en alternatieve koudebron.

Als de **1^{ste} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, vallen meerdere 1^{ste} niveau-systemen zonder voeding. De 2^{de} niveau-systemen houden de centrale dan in een stabiele en gecontroleerde toestand.

- De functie van de AF-kring wordt overgenomen door de EF-kring. In de Bunker heeft men hiervoor 3 EF-pompen per centrale. Ze onttrekken water uit hun eigen EF-tanks. De EF tanks worden op peil gehouden vanuit de LU-vijvers.
- De 1^{ste} niveau AF-turbopomp blijft bedrijfsklaar.
- De drie SC-pompen blijven bedrijfsklaar. De koelfunctie van de CC-kring wordt overgenomen door de LU-kring. Deze haalt het koelwater uit de koelvijvers en pompt het hierin terug.
- De 1^{ste} niveau-koeling van de dichtingen wordt overgenomen door de RJ-kring. Deze injecteert water uit de EA-tank tussen de dichtingen.
- De 2^{de} niveau diesels worden gekoeld door de LU-kring die zijn koelwater haalt uit de LU-vijvers. Ze zijn onafhankelijk van de ultieme koudebron.

Als de **2^{de} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, blijft de AF-turbopomp bedrijfsklaar om water uit de hoger gelegen grote AF-tank naar de stoomgeneratoren te pompen. De pomp beschikt eveneens over een aanzuig vanuit de LU-vijvers.

RC kring open

Als de **externe stroomvoorziening niet meer beschikbaar** is, houden de 1^{ste} niveau-systemen de centrale in een stabiele en gecontroleerde toestand. Alle veiligheidstuigen blijven bedrijfsklaar met dit verschil dat de voeding nu komt van de eigen 1^{ste} niveau-diesels in plaats van het externe net.

- Bij geopende reactor wordt de primaire kring reeds gekoeld door de SC-kring. De 3 redundante SC-pompen (gevoed vanuit het 2^{de} niveau) onttrekken water uit de primaire kring, laten het koelen in 3 SC/CC-warmtewisselaars en pompen het terug in de primaire kring. Deze 3 SC/CC-warmtewisselaars worden gekoeld door de 3 intermediaire CC-kringen. Deze CC-kringen worden op hun beurt gekoeld in 3 CC/RN-warmtewisselaars. Deze CC/RN-warmtewisselaars worden gekoeld door de 3 tertiaire RN-kringen. Het water uit de RN-kring wordt gekoeld in 6 RN-koeltorens met geforceerde trek. Deze RN-koeltorens worden op peil gehouden door ze bij te vullen met water dat de CD-kring uit de LU-vijvers haalt.
- Met de CV- of LDSI-pomp kan het waterpeil in de reactor verhoogd worden. De CV-kring en LDSI-kring halen dit koelwater uit de RWST-tank met boorhoudend water.

Als de **1^{ste} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, vallen meerdere 1^{ste} niveau-systemen zonder voeding. De 2^{de} niveau-systemen houden de centrale dan in een stabiele en gecontroleerde toestand.

- De drie SC-pompen worden gevoed van uit het 2^{de} niveau. De koelfunctie van de CC-kring wordt overgenomen door de LU-kring. Deze haalt het koelwater uit de LU-koelvijvers en pompt het hierin terug.
- Met de RJ- of EA-pomp kan het waterpeil in de reactor worden verhoogd. De RJ-kring haalt dit koelwater uit de EA-tank met boorhoudend water.

Als de **2^{de} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, kan het reactorwater gravitair op peil gehouden worden vanuit de RWST-tank, aangezien deze tank hoger is opgesteld dan de primaire kring.

Kern in dokken

Als de externe stroomvoorziening niet meer beschikbaar is, houden de 1^{ste} niveau-systemen de centrale in een stabiele en gecontroleerde toestand. Alle veiligheidstuigen blijven bedrijfsklaar met dit verschil dat de voeding nu komt van de eigen 1^{ste} niveau-diesels in plaats van het externe net.

- Gebruikte splijfstofelementen worden altijd gedurende enkele jaren opgeslagen in het PL-dok in het Splijststofgebouw, in afwachting van hun afvoer naar de droge stockage in het Splijststofcontainergebouw (SCG) (zie § 5.2). Om bepaalde onderhoudswerken toe te laten kan het zijn dat naast de gebruikte elementen, ook de ganse kern tijdelijk in het dok geplaatst is. De nakomende

warmte van deze splijstofelementen wordt afgevoerd naar het water in dit dok. Het water in dit PL-dok (1155 ton in Doel 3, 1370 ton in Doel 4) warmt hierdoor op. De 2 redundante PL-pompen (gevoed vanuit 2de niveau) onttrekken water uit het PL-dok, laten het koelen in 2 redundante PL/CC-warmtewisselaars en pompen het terug in het dok. Deze PL/CC-warmtewisselaars worden gekoeld door de 3 redundante, intermediaire CC-kringen. Deze CC-kringen worden op hun beurt gekoeld in 6 redundante CC/RN-warmtewisselaars. Deze CC/RN-warmtewisselaars worden gekoeld door de 3 redundante tertiaire RN-kringen. Het water uit de RN-kring wordt gekoeld in 3 redundante koeltorens met geforceerde trek. Deze RN-koeltorens worden op peil gehouden door ze bij te vullen met water dat de CD-kring uit de LU-vijvers haalt.

Als de **1^{ste} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, vallen meerdere 1^{ste} niveau-systemen zonder voeding. De 2^{de} niveau-systemen houden de centrale dan in een stabiele en gecontroleerde toestand.

- De 2 redundante PL-pompen die gevoed worden van uit het 2^{de} niveau onttrekken water uit het PL-dok. De koelfunctie van de CC-kring wordt overgenomen door de LU-kring. De koeling van PL-warmtewisselaars gebeurt door 2 LU-kringen. Deze halen het koelwater uit de LU-koelvijvers en pompen het hierin terug.

Als de **2^{de} niveau-diesels niet meer beschikbaar** zijn, laat men het water in de PL-dokken koken. Het water in de PL-dokken wordt op peil gehouden door deze bij te vullen met water uit de FE-kring.

5.1.1. Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP)

5.1.1.1. Designmaatregelen die rekening houden met verlies van externe stroomvoorziening

Om extern stroomverlies op te vangen kan de site terugvallen op de productie van de eigen centrales die niet zijn uitgevallen, twee niveaus noodstroomgeneratoren, batterijen en door stoom aangedreven pompen.

Bij een volledig verlies van het externe net (LOOP), d.w.z. het gelijktijdige verlies van de externe 380 kV en 150 kV netten, worden de centrales via de elektrische beveiligingen **automatisch in eilandbedrijf** geschakeld. Hierbij voedt de turbogeneratorgroep de eigen hulpsystemen. Dit is het eerste beschermingsmechanisme om de voeding van de hulpsystemen van de eenheid te verzekeren. Wanneer minstens één van de vier nucleaire eenheden van Doel met succes in eilandbedrijf is geschakeld, bestaat de mogelijkheid om deze eenheid via het 380 kV station van Doel aan de andere eenheden te koppelen. Doel 3 en Doel 4 beschikken over een koppelschakelaar en kunnen ogenblikkelijk alle hulpsystemen van deze twee centrales opnieuw van elektriciteit voorzien via het 380 kV station. Doel 1 en Doel 2 moeten eerst de alternator manueel loskoppelen alvorens het intern net vanaf het 380 kV net kan gevoed worden.

Ook wanneer geen enkele eenheid in eilandbedrijf kan worden geschakeld, wordt toch een stabiele en gecontroleerde toestand gegarandeerd, d.w.z. de splijstof blijft gekoeld, de splijstof blijft onderkritisch en er is geen radioactieve lozing.

In Doel 1&2 zijn de volgende middelen voorhanden om de hulpsystemen verder te voeden:

- Huidige situatie: vier 1^{ste} niveau-diesels met een vermogen van 2100 kW per groep, gedeeld door beide eenheden. Deze aggregaten worden gekoeld door luchtkoelers. De aggregaten zijn ontworpen om de veilige stop van de eenheid te verzekeren.
- Toekomstige situatie: de huidige **vier 1^{ste} niveau-diesels** worden in de loop van 2012 vervangen door vier nieuwe 1^{ste} niveau-diesels met een vermogen van 2500 kW per groep. De nieuwe diesels worden gekoeld door luchtkoelers en zijn bovendien bestand tegen aardbeving (SSE). Bijkomend is een **vijfde, identieke 1ste niveau back-updiesel** voorzien. Deze kan één van de vier aggregaten bij een onbeschikbaarheid vervangen.
- **Twee 2^{de} niveau-diesels** (SSE) met een vermogen van 2300 kW per groep, gedeeld door beide eenheden en gekoeld door luchtkoelers. Deze aggregaten behoren tot het Gebouw Noodsystemen (GNS) en zijn ontworpen om de voeding te verzekeren van alle hulpsystemen die vereist



Om een eventueel verlies van externe elektrische stroomvoorziening op te vangen is de site uitgerust met twee niveaus noodstroomgeneratoren. Eén niveau noodstroomgeneratoren is voldoende om de centrale in een stabiele en gecontroleerde toestand te houden.

zijn voor een veilige stop en het handhaven van een veilige toestand bij een uitval van alle externe voedingsbronnen en de 1^{ste} niveau-diesels. Deze 2^{de} niveau-diesels en de systemen die ze voeden, zijn onafhankelijk van de 1^{ste} niveau-diesels. Deze dieselaggregaten en de systemen die ze voeden, zijn beschermd tegen externe ongevallen. Deze 2^{de} niveau-diesels zijn niet nodig om een verlies van externe stroomvoorziening op te vangen.

- Twee bijkomende hulpdiesels met een vermogen van 1675 kW per groep staan in voor de voeding van systemen die bestemd zijn voor het waarborgen van de veiligheid van personen en uitrustingen die niet aan nucleaire veiligheid zijn gerelateerd.
- Een specifiek dieselaggregaat, gekoppeld aan één van de twee brandbluspompen (FE-circuit).

In Doel 3&4 zijn volgende middelen voorhanden om de hulpsystemen verder te voeden:

- Elke eenheid beschikt over **drie 1^{ste} niveau-diesels** (SSE) met een vermogen van 5040 kW per groep. Ze worden gekoeld door luchtkoelers. Deze aggregaten zijn ontworpen om de stop van de eenheid te verzekeren.
- Een **reserve 1^{ste} niveau-diesel** (phi diesel) (SSE) met een vermogen van 5040 kW wordt gedeeld door de eenheden Doel 3 en Doel 4. Deze is fysiek geïnstalleerd op de site van Doel 3 en wordt gekoeld door een luchtkoelsysteem. Dit aggregaat kan in minder dan 1 uur worden aangesloten om één van de 1ste niveau-diesels van Doel 3 of Doel 4 te vervangen.
- Elke eenheid beschikt over **drie 2^{de} niveau-diesels** (SSE) met een vermogen van 2240 kW per groep. Deze zijn geïnstalleerd in de bunker van de eenheid en worden gekoeld door het water van de koelvijver die bij de eenheid hoort. Deze aggregaten zijn ontworpen om de voeding te verzekeren van alle hulpsystemen in de bunker die vereist zijn voor een veilige stop en het handhaven van een veilige toestand bij een uitval van alle externe voedingsbronnen en 1ste niveau-diesels. Deze dieselaggregaten en de systemen die ze voeden, zijn beschermd tegen externe ongevallen.
- Elke eenheid beschikt over twee bijkomende hulpdiesels met een vermogen van 800 kW per groep. Deze staan in voor de voeding van systemen die bestemd zijn voor het waarborgen van de veiligheid van personen en uitrustingen die niet aan nucleaire veiligheid zijn gerelateerd.
- De brandbluspompen (FE-kring) worden door de 2^{de} niveau-diesels gevoed. Deze pompen kunnen ook voeden vanuit de 1e niveau-diesels.

De eerste en tweede niveau diesels van D12 en de eerste niveau diesels van D3 en D4 worden gekoeld door de omgevingslucht. Hierdoor wordt hun autonomie of bedrijfsklaarheid niet beïnvloed door een externe kring. De tweede niveau diesels van D3 en D4 worden gekoeld met water uit de vijvers waarvan de capaciteit zeer groot is (3x 30.000 m³).

5.1.1.2. Autonomie van de on-site noodstroomvoorzieningen

De 1^{ste} niveau-diesels hebben een autonomie van minstens 15 dagen.

De noodstroomvoorzieningen van de centrales in Doel zijn zo ontworpen dat ze de centrales na LOOP in een stabiele en gecontroleerde toestand houden (splijtstof gekoeld, splijtstof onderkritisch, geen radioactieve lozingen). Om de autonomie van deze voorzieningen te verzekeren, zijn er op de site grote voorraden brandstof en smeerolie opgeslagen. In onderstaande tabel worden alle voorraad-tanks opgesomd, met hun capaciteit (cap), minimale voorraad conform de Technische Specificaties (TS) en het minimale niveau gegarandeerd door procedures (Bijvulling).

Zowel voor Doel 1&2 als Doel 3&4 zorgen bij verlies van het uitwendig net de 1^{ste} niveau-diesels voor voeding van de veiligheidsgebonden systemen, nodig om de centrales in een veilige toestand te houden of te brengen. De autonomie van de 1^{ste} niveau-diesels is onderzocht voor drie begintoestanden:

- Stoomgeneratoren beschikbaar
- RC-kring open
- Kern in dokken

Uit de berekeningen van de autonomie blijkt dat de situatie vertrekkende van 2 eenheden in vermogenwerking de meest penalisierende is. De cijfers hieronder zijn dan ook daarop gebaseerd.

Doel 1&2

Om de eenheden van Doel 1&2 na een LOOP in een stabiele toestand te brengen of te houden, moeten de 1^{ste} niveau veiligheidsdiesels samen een vermogen leveren van 1900 kW of een productie van 45.600 kWh per dag. De voorraden brandstof en smeerolie zijn hierop berekend:

- Met een specifiek brandstofverbruik van 228 g/kWh (0,27 l/kWh) wordt een volume van 12.300 l brandstof per dag verbruikt. De tanks van de 1ste niveau-dieselaggregaten hebben conform de Technische Specificaties een voorraad die **15 dagen autonomie** toelaat. De beschikbare reserve is 5 keer groter dan wat nodig is om de eerste 72 uren te overbruggen.
- Met een specifiek smeerolieverbruik van 1,5 g/kWh (0,00176 l/kWh) verbruiken de vier 1^{ste} niveau veiligheidsdiesels samen een volume van 80 l smeerolie per dag. In het oliecarter is in totaal 3600 liter smeerolie voorradig, dat is ruimschoots voldoende.
- Als alle brandstof die beschikbaar is op Doel 1&2 in de 2de niveau-diesels en hulpdiesels en in de WAB wordt gebruikt, wordt de autonomie 34 dagen.
- Als de brandstof van de niet getroffen eenheden Doel 3&4 volledig wordt gebruikt, wordt de autonomie 191 dagen.

Doel 3&4

Om de eenheden van Doel 3&4 na een LOOP in een stabiele toestand te houden moeten hun 1ste en 2de niveau veiligheidsdiesels samen een vermogen leveren van 3600 kW of een productie van 86.400 kWh per dag. Er is gerekend met de strikt noodzakelijke belasting maar wel vertrekkende van de meest conservatieve begintoestand namelijk een centrale op vermogenwerking. De voorraden brandstof en smeerolie zijn hierop berekend:

- Met een specifiek brandstofverbruik van 240 g/kWh (0,29 l/kWh) wordt op Doel 3 een volume van 25.000 l brandstof per dag verbruikt. Op Doel 4 ligt dit in dezelfde grootteorde. De brandstofvoorraad conform de Technische Specificaties op Doel 3 zorgt voor **23 dagen autonomie** en op Doel 4 voor **20 dagen**. Dat is minstens 7 keer meer dan nodig om de eerste 72 uren te overbruggen.
- Met een specifiek smeerolieverbruik van 1,5 g/kWh (0,00176 l/kWh) verbruiken de 1^{ste} niveau-diesels een volume van 114 l smeerolie per dag. Met een specifiek smeerolieverbruik van 4 g/kWh (0,0047 l/kWh) verbruiken de 2^{de} niveau-diesels een volume van 101 l smeerolie per dag. De

Tabel 1 

Brandstofreserve in Doel

Entiteit	Tank	Cap (m³)	TS (m³)	Bijvulling (m³)
Doel 12	Vorraadtank 1e niveau-diesel DG12	73	60	63
	Vorraadtank 1e niveau-diesel DG14	73	60	63
	Vorraadtank 1e niveau-diesel DG22	73	60	63
	Vorraadtank 1e niveau-diesel DG24	73	60	63
	Vorraadtank 2e niveau-diesel ED12	22	16	17
	Vorraadtank 2e niveau-diesel ED22	22	16	17
	Vorraadtank hulpdiesels DG11	40	NVT	25
	Vorraadtank hulpdiesels DG21	40	NVT	25
Doel 3	Vorraadtank 1e niveau-diesel R	260	192,3	198
	Vorraadtank 1e niveau-diesel G	260	192,3	198
	Vorraadtank 1e niveau-diesel B	260	192,3	198
	Vorraadtank 2e niveau-diesel RK	102	70,4	78,9
	Vorraadtank 2e niveau-diesel GK	102	70,4	78,9
	Vorraadtank 2e niveau-diesel BK	102	70,4	78,9
	Vorraadtank phi diesel	260	0	198
	Vorraadtank hulpdiesels DG12	1,2	NVT	1
	Vorraadtank hulpdiesels DG22	1,2	NVT	1
Doel 4	Vorraadtank 1e niveau-diesel R	260	192,3	198
	Vorraadtank 1e niveau-diesel G	260	192,3	198
	Vorraadtank 1e niveau-diesel B	260	192,3	198
	Vorraadtank 2e niveau-diesel RK	102	70,4	78,9
	Vorraadtank 2e niveau-diesel GK	102	70,4	78,9
	Vorraadtank 2e niveau-diesel BK	102	70,4	78,9
	Vorraadtank hulpdiesels DG12	4	NVT	3
	Vorraadtank hulpdiesels DG22	4	NVT	3
WAB	Vorraadtank stoomketels	1200	NVT	400
	Minimaal aanwezig (m³)			2603

beschikbare voorraden in het oliecarter (1^{ste} niveau: 3 x 1150 liter, 2^e niveau 3 x 600 liter) en de reservetanks (1^{ste} niveau: 3 x 1700 liter, 2^{de} niveau: 3 x 600 liter) voldoen ruimschoots.

- Indien de brandstoftanks van de 1^{ste} niveau-diesels en de 2^{de} niveau-diesels volledig vol zijn is er een autonomie van 35 dagen voor Doel 3 en 28 dagen voor Doel 4.
- Deze autonomie wordt nog hoger bij gebruik van de beschikbare dieselbrandstof in de WAB en op Doel 1&2.

5.1.1.3. Maatregelen die de autonomie van de on-site noodstroomvoorziening verlengen

De autonomie kan worden verlengd door brandstof tussen de verschillende tanks te verpompen en extra smeerolie aan te voeren.

Op de site is een tankwagen aanwezig waarmee dieselbrandstof kan overgepompt worden uit de niet aangesproken brandstoftanks van de 2^{de} niveau-diesels, de reserve (phi) diesel, de secundaire diesels, de WAB en tussen de 4 centrales onderling. De brandstof in de voorraadtank WAB is van voldoende kwaliteit om gebruikt te worden in de diesels. Dit is bevestigd door stalen.

Er is mobiel materiaal op de site voor verplaatsing van smeerolievoorraden vanuit de smeerolietanks van de niet gestarte en de niet nodige diesels en smeerolievaten uit het magazijn. Deze zijn eenvoudig te verplaatsen om het carter van de betrokken veiligheidsdiesels bij te vullen. Er is een veiligheidsvoorraad van 21 vaten van 209 liter.

In Doel 1&2 zijn volgende bijkomende voorzieningen aanwezig:

- Er is een vaste verbindingsleiding tussen brandstofvoorraadtanks van de 1^{ste} niveau-diesels DG12 en 14. Na manipulatie van de nodige handafsluiters kan men via de respectievelijke brandstoftransferpompen de nodige brandstof verpompen (mogelijk in beide richtingen).
- Er is een vaste verbindingsleiding tussen brandstofvoorraadtanks van de 1^{ste} niveau-diesels DG22 en 24. Na manipulatie van de nodige handafsluiters kan men via de respectieve brandstoftransferpompen de nodige brandstof verpompen (mogelijk in beide richtingen).

Er zijn procedures voor deze activiteiten (Procedure voor de verpomping van voorraadtanks tussen onderling verbonden veiligheidsdiesels (DG12-14 en DG22-24))

Zowel in Doel 1&2 als in Doel 3&4 is het verpompen van brandstof pas nodig na 1 à 2 weken. Dit is ruim voldoende om het vereiste personeel ter plaatse te krijgen.

5.1.1.4. Maatregelen die kunnen overwogen worden om de robuustheid van de plant te vergroten

Enkele procedures en kleine organisatorische optimalisaties zorgen voor nog meer zekerheid.

Volgende aanpassingen aan procedures zijn gepland:

- **Indien men na 72 uren nog geen vooruitzicht heeft op duurzaam herstel van het uitwendig net of levering van nieuwe dieselbrandstof worden alle niet-noodzakelijke verbruikers gestopt. Hiervoor wordt de toepasselijke ERG procedure aangepast.**
- **Er wordt een procedure voorzien waarin de verpompingen van brandstof en smeerolie beschreven worden.** Zo kunnen de verpompingen van de brandstof- en smeerolievoorraden van de nooddiesels en hulpdiesels naar de 1^{ste} niveau veiligheidsdiesels ook gebeuren als de personen met deze specifieke knowhow niet aanwezig zouden zijn op de site.

Volgende organisatorische aanpassingen zijn gepland:

- Bij langdurig verlies van het uitwendig net en de onmogelijkheid om van buiten de site nieuwe dieselbrandstof te leveren is er voorzien om de op de site aanwezige dieselvoorraad naar de meest noodzakelijke en nog beschikbare diesels te verpompen. Dit is ten vroegste nodig na 15 dagen op Doel 1&2 en 20 dagen op Doel 3&4. Hiervoor wordt dan beroep gedaan op onderhoudsmedewerkers die op die tijdspanne zeker beschikbaar zullen zijn. Deze maatregel en de uitwerking, met verwijzing naar de uitvoerders, moet in een organisatienota worden beschreven.
- Opleiding van de betrokkenen wordt voorzien.

5.1.2. Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van 1^{ste} niveau on-site back-up stroomvoorziening

Bij het verlies van de elektriciteitsvoorziening van uit het uitwendige elektriciteitsnet en de 1^{ste} niveau-dieselgeneratoren moeten alle noodzakelijke veiligheidstuigen toch verder gevoed worden. Hiervoor wordt dan beroep gedaan op:

- de kerncentrales op de site die niet zijn uitgeschakeld
- batterijen
- de 2de niveau-dieselgeneratoren
- door stoom aangedreven pompen

De kans op het verlies van het volledige uitwendige net samen met het volledige verlies van de 1^{ste} niveau-diesels is zeer klein.

5.1.2.1. Voorzieningen in het ontwerp

In deze paragraaf wordt aangetoond dat de centrales in Doel zijn ontworpen om zelfstandig een volledig verlies van het uitwendige net samen met het verlies van de 1^{ste} niveau-dieselgeneratoren op te vangen. De reactoren worden in een stabiele en gecontroleerde toestand gehouden, d.w.z. de splijtstof blijft gekoeld, de splijtstof blijft onderkritisch en er zijn geen radioactieve lozingen.

Daarvoor wordt gebruik gemaakt van 2^{de} niveau-noodaggregaten die zich bevinden in het Gebouw Noodsystemen (voor Doel 1&2) en de Bunker (voor Doel 3&4) (Zie § 5.1.1.1 voor het aantal voorziene 2de niveau-dieselgeneratoren en hun capaciteit). De 2de niveau-noodaggregaten voeden de 2de niveau-systemen. Dit zijn extra systemen die de functie van de 1ste niveau-systemen overnemen.

Enkel Doel 1&2 getroffen

In deze paragraaf wordt verondersteld dat enkel Doel 1 en Doel 2 getroffen zijn. Er kan nog onbeperkt gebruik gemaakt worden van de systemen van Doel 3, Doel 4 en WAB. Achteraan wordt toegelicht wat de impact is als ook Doel 3, Doel 4 en WAB zijn getroffen.

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Watervoorraad

Voor de afvoer van de nakomende warmte kan in eerste instantie beroep gedaan worden op de Auxiliary Feedwater (AFW) Turbopomp voor voeding van de stoomgeneratoren. De pomp krijgt zijn water uit de hoger gelegen AFW tank en MW tank. Deze 180 m³ is voldoende om de centrale 7 uur warm gestopt te houden.

Voor de afvoer van de nakomende warmte kan men bovendien gebruik maken van de 2de niveau-voeding van de stoomgeneratoren: de Emergency Feedwater-kring (EF-kring). Deze heeft een voorraad van 400 m³ per eenheid, dit volstaat voor een autonomie van 20 uur. De bijvulling van de EF-tank gebeurt vanuit de brandbluswaterkring (FE-kring).

- Indien het niet-seismisch gedeelte van de FE-kring intact is, kan er bijgevuld worden vanuit de stadswatertank (met een minimale voorraad van 600 m³) met de dieselgevoede brandweerpomp (met autonomie van 5u), waarbij manueel de dieselfuel bijgevuld kan worden vanuit de fuel-tank van een veiligheidsdiesel. Dit is een vast voorziene opstelling.
- Bovendien kan na falen van het niet-seismisch gedeelte van de FE-kring de EF-tank bijgevuld worden door het openen van de verbinding met de seismische FE-kring van Doel 3 (LU-vijvers 3 x 30.000 m³). De voeding van de FE-pomp van Doel 3 is verzekerd door de 2de niveau-diesels van Doel 3.

Na afkoeling met behulp van de EF-kring kan, vanaf 7 dagen na stop, de nakoelkring (SC) in dienst genomen worden voor de afvoer van de nakomende warmte. De SC-koelers en -pompen worden gekoeld door de 2^{de} niveau tussenkoelkring (EC-kring). Deze koelt het EC water met behulp van lucht-koelers. Een watertoevoer is dan niet meer nodig.

Zolang de EF-kring zorgt voor de afvoer van de nakomende warmte, bedraagt het vereiste gemiddelde EF debiet minder dan 10 m³/h per stoomgenerator. De totale vereiste hoeveelheid water om (via koeling door EF) naar condities te gaan waarin de EC luchtkoelers volstaan, bedraagt dus minder dan 2000 m³ per eenheid. Dit volume water is aanwezig op de site. Wat watertoevoer betreft is er dus geen

externe hulp nodig. Indien slechts één van de twee eenheden getroffen is, kan men zelfs al na 1 dag op EC koeling overgaan.

De primaire inventaris wordt op peil gehouden d.m.v. de RJ-kring. Deze kring zorgt er eveneens voor dat er geïnjecteerd wordt naar de dichtingen van de RC-pompen. De voorraad aanwezig in de RJ-tank volstaat om gedurende 25 uur te injecteren naar de dichtingen van de RC-pompen en de primaire kring. Deze 25 uur volstaan om de RC-kring tot 10 bar en 130°C te brengen. Vanaf dit ogenblik mag de injectie naar de dichtingen worden gestopt.

> Dieselvoorraad

Er zijn twee 2de niveau-diesels beschikbaar, maar één diesel volstaat voor het voeden van de verbruikers van beide eenheden. De brandstofvoorraad (volgens de Technische Specificaties 16 m³/diesel) volstaat om elke diesel minstens 2 dagen de systemen van beide eenheden te laten voeden (vollastwerking). In totaal is er dus voor minstens 4 dagen brandstof voorradig. Met een realistisch verbruik en indien er minder noodzakelijke verbruikers worden gestopt (verwarming, ventilatie op halve kracht) dan volstaat de brandstofvoorraad voor ongeveer 5 dagen.

Als hierbovenop de voorraad van de 1ste niveau-diesels wordt gebruikt voor het voeden van de 2de niveau-diesels dan zal de brandstofvoorraad volstaan voor ongeveer 1 maand.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. Er is genoeg watervoorraad aanwezig op de site om tot condities te komen waarbij een overschakeling op de EC, voor de koeling van de SC, mogelijk is. Na deze overschakeling kan de primaire kring door de SC-kring gekoeld worden en is er geen watertoevoer meer nodig. Na 5 dagen moeten de 2de niveau-diesels bijgevuld worden met brandstof. Dat is ruim voldoende tijd om brandstof te halen van op andere plaatsen binnen of buiten de site.

RC-kring open

> Watervoorraad

De afvoer van de nakomende warmte van de geopende reactor gebeurt m.b.v. SC-pompen die worden gevoed door de 2de niveau-diesels. De koeling van de SC-pompen en -koelers wordt overgenomen door de EC-kring. De EC-kring is gemeenschappelijk voor Doel 1 en Doel 2, en kan per eenheid 4,25 MW aan nakomende warmte afvoeren. 4,25 MW is de nakomende warmte ongeveer één week na stop van de centrale. Doordat er echter steeds slechts 1 eenheid koud gestopt is met geopende reactor, is het mogelijk om de volledige capaciteit van de EC-kring te gebruiken voor de eenheid met geopende RC-kring. Zo kan de nakomende warmte vanaf dag 1 na stop (8 MW) volledig m.b.v. de EC-kring worden gekoeld. Er dient dus geen watertoevoer voorzien te worden voor de eenheid met geopende RC-kring. De andere eenheid wordt gekoeld conform het scenario 'stoomgeneratoren beschikbaar'.

Indien de inventaris van de RC-kring moet worden aangevuld, in afwachting van de indienstname van de EC kring, kan dit gebeuren m.b.v. de RJ-kring. Als back-up kan dit ook gebeuren door gravitair de RWST te ledigen.

> Dieselvoorraad

Als er rekening gehouden wordt met 1 eenheid met geopende RC-kring en 1 eenheid met stoomgeneratoren beschikbaar volstaat de brandstofcapaciteit van de 2de niveau-diesels voor meer dan 5 dagen. Als we bovendien de voorraad van de 1ste niveau-diesels gebruiken voor het voeden van de 2de niveau-diesels dan volstaat de fuelvoorraad voor 1 maand.

> Cliff Edge effects

De eenheid waarvan de RC-kring open is, wordt van in het begin gekoeld door beide EC-koelers. Er moet geen water toegevoerd worden. Zonder koeling gaat een volledig geladen open reactor in de meest conservatieve omstandigheden koken na 20 minuten (half been, volledige kern, 5 dagen na stop). De manuele oplijning van de EC-kring duurt 45 minuten. In dat geval zal de kern gedurende korte tijd koken maar de inventaris wordt op peil gehouden met de RJ-kring en de RWST.

Na iets meer dan 5 dagen moeten de 2de niveau-diesels bijgevuld worden met brandstof. Dat is ruim voldoende tijd om brandstof te halen van op andere plaatsen binnen of buiten de site.

Kern in dokken

> Watervoorraad

Tijdens een volledige ontlading wordt de kern opgeslagen in de PL-dokken van het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten (GNH). De koeling van de PL-dokken wordt na verlies van de 1ste niveau-systemen overgenomen door de 2^{de} niveau PL-luchtkoeler, via 2 PL-pompen gevoed door de 2de niveau-diesels.

> Dieselvoorraad

Als er rekening gehouden wordt met 1 eenheid in warme stilstand en 1 eenheid waarbij de kern volledig ontladen is dan volstaat de brandstofvoorraad in het Gebouw Noodsystemen voor 7 dagen. Als we hierbovenop de voorraad van de 1ste niveau-diesels gebruiken voor het voeden van de 2de niveau-diesels dan volstaat de brandstof voorraad voor ongeveer 40 dagen.

> Cliff Edge effects

De PL kring wordt manueel opgelijnd binnen de 1,5 uur. Dat is veel korter dan de 15 uur die beschikbaar zijn. Een ongekoeld splitsstofdok gaat pas na 15 uur koken.

De PL kring is bovendien een gesloten kring waar geen water aan moet toegevoegd worden.

Na 7 dagen moeten de 2de niveau-diesels bijgevuld worden met brandstof. Dat is ruim voldoende tijd om brandstof te halen van op andere plaatsen binnen of buiten de site.

Hele site getroffen

> Water- en dieselvoorraad

Indien de hele site getroffen is door een LOOP en verlies van de 1^{ste} niveau-voedingen kan Doel 1&2 toch nog gebruik maken van de systemen van Doel 3&4 zoals in deze paragraaf besproken. De voeding van de FE-kring voor de bijvulling van de EF-tank blijft verzekerd door de 2^{de} niveau-diesels in de Bunker van D3.

De LU-voorraad moet dan wel gedeeld worden. 8 uur na bereiken onderkriticaliteit volstaan 40 m³/h EF-debiet om tegelijkertijd de nakomende warmte van D1 en D2 af te voeren. Op 7 dagen betekent dit een extra verbruik van de vijvers van 7000 m³. Als men op EC-koeling overgaat is dit veel minder. De voorraad in de LU vijvers (3 x 30.000 m³) is voldoende groot om Doel 1&2 bij te staan.

De dieselbrandstoftank van de WAB blijft steeds beschikbaar.

> Cliff Edge effects

Andere getroffen eenheden zorgen niet voor bijkomende cliff edge effects.

Enkel Doel 3 of Doel 4 getroffen

In deze paragraaf wordt verondersteld dat enkel Doel 3 of Doel 4 getroffen zijn. Er kan nog gebruikt gemaakt worden van de systemen van Doel 1, Doel 2, de tweede eenheid van Doel 3&4 en WAB. Achteraan wordt toegelicht wat de impact is als ook Doel 1&2, de tweede eenheid van Doel 3&4 en WAB zijn getroffen.

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Watervoorraad

Voor de afvoer van de nakomende warmte wordt in eerste instantie beroep gedaan op de Auxiliary Feedwater (AF) turbopomp voor voeding van de stoomgeneratoren. De pomp krijgt zijn water uit de twee hoger gelegen AF-tanks. Deze bevatten elk minstens 700 m³ water. Dit is voldoende om de centrale naar shutdowncondities af te koelen en ze aansluitend nog minstens 16 uur te koelen met de stoomgeneratoren.

Voor de afvoer van de nakomende warmte kan men verder gebruik maken van de 2de niveau-voeding van de stoomgeneratoren, de Emergency Feedwater-kring (EF-kring). Deze heeft een voorraad van 100 m³ per EF-trein (er zijn 3 treinen, dus in totaal 300 m³ watervoorraad) en de bijvulling van de EF-tanks gebeurt automatisch vanuit de 2de niveau LU-vijvers (30.000 m³ voorraad) met behulp van de LU-pompen.

Na afkoeling kan de shutdownkoeling SC in dienst genomen worden voor de afvoer van de nakomende warmte. De SC-koelers en -pompen worden gekoeld door de LU-kring.

Het op peil houden van de primaire inventaris gebeurt door middel van de noodboratiekring (EA-kring). De voorraad aanwezig in de EA-tank volstaat om de contractie van het water tijdens de afkoeling van warme stilstand naar koude stilstand op te vangen.

Tevens zorgt de EA-tank er voor dat de noodinjectie van de dichtingen (RJ-kring) voldoende water ter beschikking heeft om de injectie naar de dichtingen van de primaire RC-pompen te verzorgen.

Alle pompen en warmtewisselaars die nodig zijn tijdens het stabiliseren en afkoelen, worden gekoeld door het 2de niveau koelsysteem LU. Alle elektrische voedingen zijn afkomstig van de 2de niveau-diesels.

De autonomie van de watertoevoer uit de LU vijvers bedraagt minstens 26 dagen.

> Dieselvoorraad

De noodzakelijke spanning wordt geleverd door de 2de niveau-diesels in de Bunker. Twee van de drie diesels volstaan voor het voeden van de verbruikers van de eenheid. De brandstofvoorraad volstaat om elke diesel minstens 7 dagen de systemen van de eenheid te laten voeden (vullast werking van de diesels).

In totaal is er dus voor minstens 10 dagen fuel voorraad aanwezig. De autonomie kan tot 50 dagen verhoogd worden door brandstof te verpompen uit op dat moment niet-gebruikte brandstoftanks.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. Er is genoeg watervoorraad in de koelvijvers voor 26 dagen. Dat is ruim voldoende tijd om maatregelen te nemen om deze terug bij te vullen. Na 10 dagen moeten de 2de niveau-diesels bijgevoerd worden met brandstof. Dat is ruim voldoende tijd om brandstof te halen van op andere plaatsen binnen of buiten de site.

RC-kring open

> Watervoorraad

De afvoer van de nakomende warmte van de reactor gebeurt met behulp van de SC-kring en de LU-kring, allebei gevoerd door de 2de niveau-diesels.

Indien de inventaris van de primaire RC-kring moet worden aangevuld kan dit gebeuren door middel van de noodboratiekring (EA-kring) of door gravitair de Refueling Water Storage Tank (RWST) te ledigen in de reactor.

> Dieselvoorraad

Het dieselverbruik is lager dan in het scenario 'stoomgeneratoren beschikbaar'. Met de dieselvoorraad uit de 1ste niveau-tanks, kan de Bunker meer dan twee maanden verder.

> Cliff Edge Effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. Er is genoeg watervoorraad in de LU-koelvijvers voor 26 dagen. De beschikbare tijd is ruim voldoende tijd om maatregelen te nemen om deze terug bij te vullen. De reservevijver (zelfde capaciteit) kan eveneens worden uitgelijnd. Na meer dan 10 dagen moeten de 2de niveau-diesels bijgevoerd worden met brandstof. Dat is ruim voldoende tijd om brandstof te halen van op andere plaatsen binnen of buiten de site.

Kern in dokken

> Watervoorraad

De koeling van de dokken in het Splijtstofgebouw blijft verzekerd. De afvoer van de nakomende warmte van de dokken gebeurt met behulp van de PL-kring en de LU-kring, allebei gevoerd door de 2de niveau-diesels. Er moet omgeschakeld worden van de CC-kring naar de LU-kring. Dat gebeurt vanuit de controlezaal in de Bunker.

> Dieselvoorraad

Het dieselverbruik is lager dan in het scenario 'stoomgeneratoren beschikbaar'.

Met de dieselvoorraad uit de eerste niveau tanks, kan de bunker twee maanden verder.

> Cliff Edge Effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. Er is genoeg watervoorraad in de koelvijvers voor 26 dagen. Dat is ruim voldoende tijd om maatregelen te nemen om deze terug bij te vullen. Na meer dan 10 dagen moeten de 2de niveau-diesels bijgevuld worden met brandstof. Dat is ruim voldoende tijd om brandstof te halen van op andere plaatsen binnen of buiten de site.

Hele site getroffen

> Water- en dieselvoorraad

Doel 3&4 maakt geen gebruik van systemen van Doel 1&2, dus die bijkomende uitval heeft geen effect. Wanneer de hele site getroffen is, moet Doel 3&4 wel de watervoorraad van de LU-vijvers delen met alle eenheden. Deze voorraad is echter voldoende groot.

De dieselbrandstoftank van de WAB blijft steeds beschikbaar.

> Cliff Edge effects

Andere getroffen eenheden zorgen niet voor bijkomende cliff edge effects.

5.1.2.2. Batterijcapaciteit en duurtijd

Bij verlies van alle externe en interne 1ste niveau-voedingsbronnen, kan nog beroep gedaan worden op de batterijen van de 1^{ste} niveau-diesels.

In Doel 1&2 zijn de batterijen van de 1ste niveau-systemen in staat om de voeding van de instrumentatie en de bediening en signalisatie gedurende 4 à 16 uur te verzekeren.

In Doel 3&4 zijn de batterijen van de 1ste niveau-systemen in staat om de voeding van de instrumentatie en de bediening en signalisatie gedurende 3 à 27 uur te verzekeren.

De 2^{de} niveausystemen, inclusief hun diesels, zijn in dit geval nog volledig bedrijfsklaar. De batterijen van de 2^{de} niveau-diesels worden dan ook continu heropgeladen via de gelijkrichters. Zolang de 2de niveau nooddiesels bedrijfsklaar zijn is de autonomie van die batterijen onbeperkt en is de voeding van instrumentatie, bediening en signalisatie verzekerd.

5.1.2.3. Autonomie van de site voor degradatie van de splijtstof

Er is voldoende water en dieselbrandstof op de site aanwezig voor meerdere weken.

Dit incident is een onderdeel van het ontwerp van de centrales. Het wordt opgevangen met de standaard uitbatingsprocedures en het steeds aanwezige shiftpersoneel.

5.1.2.4. Voorziene (externe) acties om degradatie van de splijtstof te vermijden

Omdat dit scenario past in het ontwerp van de centrales Doel 1&2, Doel 3 en Doel 4 is het in die omstandigheden niet nodig om gebruik te maken van externe installaties.

Het uiteindelijke doel blijft het herstellen van de elektrische voedingen van het externe net. Zie § 5.1 voor de beschrijving van de hiervoor beschikbare werkwijzen.

5.1.2.5. Maatregelen die kunnen overwogen worden om de robuustheid van de plant te vergroten

De onderstaande maatregelen zijn identiek aan de maatregelen voorgesteld in het scenario LOOP (§ 5.1.1.4). Deze zijn er op gericht de autonomie van de site te verhogen. Sommige van deze maatregelen starten na 3 dagen.

Volgende aanpassingen aan procedures zijn gepland of worden overwogen:

- **Indien men na 72 uren nog geen vooruitzicht heeft op duurzaam herstel van het uitwendig net of levering van nieuwe dieselbrandstof worden alle niet-noodzakelijke verbruikers gestopt. Hiervoor worden de nodige procedures aangepast.**

Volgende organisatorische aanpassingen zijn gepland:

- Bij langdurig verlies van het uitwendig net en de onmogelijkheid om van buiten de site nieuwe dieselbrandstof te leveren is er voorzien om de op de site aanwezige dieselvoorraad naar de meest

noodzakelijke en nog beschikbare diesels te verpompen. Dit is ten vroegste nodig na 15 dagen op Doel 1&2 en 20 dagen op Doel 3&4. Hiervoor wordt dan beroep gedaan op onderhoudsmedewerkers die op die tijdsperiode zeker beschikbaar zullen zijn. Deze maatregel en de uitwerking, met verwijzing naar de uitvoerders, moet in een organisatienota worden beschreven.

- Opleiding van de betrokkenen wordt voorzien.

5.1.3. Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van alle on-site back-up stroomvoorzieningen (Volledige Station Black-out)

Bij gelijktijdig verlies van de externe stroomvoorziening en alle on-site back-up stroomvoorzieningen kan alleen op volgende systemen worden gerekend:

- batterijen
- door stoom aangedreven pompen
- watertanks die men gravitair kan ledigen

Dit volstaat om meerdere uren te overbruggen. Om de centrales langer in een stabiele toestand te houden wordt beroep gedaan op niet-conventionele middelen.

Dit scenario is zeer onwaarschijnlijk, aangezien de centrale zo ontworpen is dat er bij verlies van externe stroomvoorziening achtereenvolgens drie back-upniveaus kunnen worden geactiveerd:

- eilandbedrijf
- 1ste niveau-diesels
- 2de niveau-diesels

Al deze niveaus tegelijk verliezen is zeer onwaarschijnlijk en maakt daarom geen deel uit van het initieel ontwerp. Er blijven echter nog voldoende tuigen en middelen bedrijfsklaar om de centrale in alle uitbatingstoestanden gedurende enkele uren in een stabiele en gecontroleerde toestand te houden.

5.1.3.1. Voorzieningen in het ontwerp

In dit scenario kan men nog gebruik maken van batterijen, door stoom aangedreven pompen en gravitair te ledigen watertanks. Hoe deze voorzieningen worden ingezet wordt beschreven in volgende paragraaf.

5.1.3.2. Batterijcapaciteit en duurtijd

Bij gelijktijdig verlies van alle externe en interne voedingsbronnen, kan nog beroep gedaan worden op de batterijen:

In Doel 1&2 zullen de batterijen van de 1ste niveau-systemen en 2de niveau-systemen de voeding van de instrumentatie en de bediening en signalisatie gedurende 4 à 16 uur verzekeren.

In Doel 3&4 zullen de batterijen van de 1ste niveau-systemen en 2de niveau-systemen de voeding van de instrumentatie en de bediening en signalisatie gedurende 3 à 27 uur verzekeren.

5.1.3.3. Autonomie van de site voor degradatie van de splijtstof onvermijdelijk wordt

Hieronder wordt uiteengezet welke acties er worden ondernomen om in geval van een totale Station Black-out toch degradatie van de splijtstof te vermijden. We doen dit voor apart voor Doel 1&2 en Doel 3&4, in elk van de drie uitbatingssituaties:

- Stoomgeneratoren beschikbaar
- RC-kring open
- Kern in dokken

Op het einde geven we de impact in geval de ganse site is getroffen (Doel 1&2, Doel 3&4 en WAB).

Enkel Doel 1&2 getroffen

In deze paragraaf wordt verondersteld dat enkel Doel 1 en Doel 2 getroffen zijn. Er kan nog onbepikt

gebruik gemaakt worden van de systemen van Doel 3, Doel 4 en WAB. In § 5.3.3.3 wordt toegelicht wat de impact is als ook Doel 3, Doel 4 en WAB getroffen zijn.

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Koeling

Met behulp van de AFW turbopompen kan de centrale worden afgekoeld en warm gestopt gehouden. De beschikbare autonomie is voldoende om niet-conventionele middelen op te lijnen en hiermee vers water naar de AFW voorraadtank te pompen.

De 1ste niveau batterijen voor de voeding van metingen en bedieningskringen blijven nog minstens 10 uur onder spanning. In eerste instantie voedt de AFW-turbopomp de stoomgeneratoren. Deze pomp kan werken zonder spanning en de AFW-regelafsluiters worden manueel bediend.

De stoom uit de stoomgeneratoren wordt afgeblazen door middel van de stoomontlastingskleppen (VBa's). Als de nodige stuurspanning ontbreekt, kunnen ze lokaal manueel worden bediend. Als de VBa's niet bereikbaar zouden zijn, wordt de stoom afgevoerd via de veiligheidskleppen van de stoomgeneratoren.

De AFW turbopompen halen water uit de AFW tank. De AFW-tank heeft een capaciteit van 90 m³. De normale bijvulling van deze tank is niet mogelijk bij gebrek aan spanning, maar er kan nog wel omgeschakeld worden naar de tank MW1/2R2, in parallel, die dezelfde inhoud heeft. Hiermee kan men de centrale gedurende 7 uren warm gestopt houden. Indien men de centrale versneld afkoelt met deze voorraden is de autonomie 1,5 u.

Het is mogelijk om met brandweerslangen FE-water te injecteren in de MW-veiligheidscollector en via deze weg rechtstreeks naar de AFW-tank. Indien de brandweerdieselpomp nog beschikbaar is zal deze gebruikt worden om water uit de TW-tank (1300 m³) te pompen tot in de AFW-tanks. Indien de brandweerdieselpomp niet meer beschikbaar is, dan kan de verbinding met Doel 3 geopend worden en zal de MW-veiligheidscollector van hieruit bijgevuld worden. Dit is beschreven in procedures. Als back-up voor de voorgaande bijvulmogelijkheden is er een dieselaangedreven pomp ter plaatse aanwezig waarmee rechtstreeks vanuit de grote MW tank (1500 m³) water naar de AFW tank kan verpompt worden.

Als ultieme back-up kan men de mobiele dieselaangedreven pompen gebruiken die op de site aanwezig zijn. Hiermee kan men water vanuit eender welke nog beschikbare watervoorraad rechtstreeks naar de AFW-tank pompen.

Belangrijk is wel om de primaire kring voldoende snel af te koelen en de primaire druk te verlagen tot 12 bar omdat de dichtingen van de primaire pompen niet meer gekoeld zijn en er langs deze weg primair water verloren gaat. Door de VBa's volledig te openen daalt de temperatuur in het begin zeer snel en na meerdere uren is de druk en temperatuur voldoende gedaald om de dichtingen zo weinig mogelijk te belasten. Tijdens deze drukdaling zullen de passieve SI-accu's de contractie van het water en het via de dichtingen verloren water terug aanvullen. Bovenaan deze SI-accu's zit een stikstofkussen. Dat komt best niet in de reactor omdat hierdoor de warmteoverdracht van de primaire naar de secundaire kring vermindert. Daarom zal door regeling met de VBa's de drukdaling geregeld worden om de primaire druk niet te laag te laten worden.

> Cliff Edge effects

De eerste 1,5 uur is er voldoende water om de reactor met de AFW-turbopomp af te koelen. Dat is voldoende tijd om de voorraden aan te vullen met de FE-kring vanuit de LU-vijvers van Doel 3&4 (3 x 30.000 m³). Hiermee kan de centrale in principe een paar maanden warm gestopt worden gehouden. Om de warmteoverdracht in de stoomgeneratoren optimaal te houden zal men al vroeger overgaan op beter geschikt water. De eerste 10 uren is er voldoende batterijspanning om alle parameters te overwaken. Binnen deze tijd moet er een alternatieve voeding voorzien worden om alle parameters te kunnen blijven overwaken om overvullen of leegkoken te vermijden.

RC-kring open

> Koeling

Om dit scenario op te vangen laat men het water in de reactor koken en wordt de reactor op peil gehouden met boorhoudend water. Er is voldoende boorhoudend water beschikbaar om dit enkele dagen te doen. Van zodra het koken start wordt het reactorgebouw gesloten om de stoom binnen te houden. Na ten vroegste 3 dagen moet men de sproeikring (SP) starten of het reactorgebouw gecontroleerd afblazen om te vermijden dat het reactorgebouw bezwijkt. Er staat een mobiele dieseldgenerator klaar om een SP-pomp op een alternatieve manier te kunnen voeden.

In procedures is opgenomen dat de RC-kring bij totaal verlies van koeling gravitair kan worden bijgevuld vanuit de Refueling Water Storage Tank (RWST). Dit is mogelijk zolang er voldoende peil is in de RWST en de tegendruk in het reactorgebouw voldoende laag is. Als de volledige kern nog in de reactor zit, zal er 1 dag na de stop gedurende minstens 12 uur voldoende drukverschil aanwezig zijn om de RC-kring gravitair bij te vullen. De afsluiters voor deze bijvulling moeten manueel worden bediend. Voor het bereiken van deze 12 uur wordt een SP-pomp aangesloten op een mobiele dieseldgenerator. Deze SP-pomp zal dan via de SC-kring de reactor blijven bijvullen vanuit de RWST.

> Cliff Edge effects

Binnen het uur gaat het water in de reactor koken. Het reactorgebouw wordt dan gesloten. Hierdoor wordt de stoom binnen gehouden.

Het verdampte water wordt aangevuld door het gravitair ledigen van de RWST in de primaire kring.

Als de bijvulling met water succesvol was, zal ten vroegste na 3 dagen de druk in het reactorgebouw gestegen zijn tot de bezwijkdruk. Tegen dan moet men de sproei in het reactorgebouw in dienst nemen of het reactorgebouw op een gecontroleerde wijze afblazen.

Kern in dokken

> Koeling

Als de volledige kern gestockeerd is in de dokken van het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten, zal bij een volledige Station Black-out het water in de dokken beginnen koken. Daarom wordt er voortdurend water bijgevuld. Dit is een eenvoudige operatie en er is voldoende water beschikbaar:

- Als de WAB nog bedrijfsklaar is kan dit via de WAB.
- Als de FE-kring nog op druk staat worden de dokken van daaruit bijgevuld. Vanaf een hydrant in het Gebouw Noodsystemen wordt een brandslang gelegd tot in de dokken van het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten.
- Als de brandweerdieselpomp FE0P2 nog beschikbaar is wordt deze gebruikt om de FE-kring te voeden. Als FE0P2 niet meer beschikbaar is wordt de verbinding met Doel 3 (3FE134) geopend en wordt er van hieruit bijgevuld.
- De dokken kunnen ook gravitair worden bijgevuld met boorzuurhoudend vanuit de PB0R6A of PB0R6B. De slangen hiervoor zijn aanwezig.
- Als ultieme back-up worden de mobiele dieselaangedreven pompen gebruikt die op de site aanwezig zijn. Hiermee kan men water pompen vanuit eender welke nog beschikbare watervoorraad rechtstreeks via de poort van het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten naar de dokken.

> Cliff Edge effects

- Binnen ten vroegste 15 uur gaat het water in het splijtstofopslagdok koken. Van zodra het koken aanvangt, wordt de toegang tot het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten bemoeilijkt door stoom. De splijtstof wordt afdoende gekoeld.
- De beschikbare tijd volstaat ruimschoots om de dokken opgevuld te houden.

Enkel Doel 3 of Doel 4 getroffen

In deze paragraaf wordt verondersteld dat enkel Doel 3 of Doel 4 getroffen zijn. Er kan nog gebruikt gemaakt worden van de systemen van Doel 1, Doel 2, de tweede eenheid van Doel 3&4 en WAB. In § 5.3.3.3 wordt toegelicht wat de impact is als ook Doel 1&2, de tweede eenheid van Doel 3&4 en WAB getroffen zijn.

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Koeling

Met behulp van de AF-turbopompen en de LU-vijvers kan de centrale afgekoeld worden en tientallen dagen warm gestopt gehouden worden.

Als er totaal geen spanning meer is, blijven de batterijen nog minstens 4 à 6 uur de voeding verzekerden van meetinstrumenten en bedieningskringen.

Voor de voeding van de stoomgeneratoren wordt beroep gedaan op de AF-turbovoedingspomp, die voor haar werking niet afhankelijk is van een spanningsbron. Er is $2 \times 700 \text{ m}^3$ watervoorraad in de AF-tanks. Dit volstaat voor meer dan 8 uur. Wanneer deze voorraad opgebraakt worden de MW-tanks (2000 m^3) manueel uitgelijnd. Daarna worden de LU-vijvers ($3 \times 30.000 \text{ m}^3$) manueel uitgelijnd op de AF-collector. Op die manier is er voldoende voorraad om de AF-turbopomp tientallen dagen gravitair bij te vullen.

Als ultieme back-up worden de mobiele dieselaangedreven pompen gebruikt die op de site aanwezig zijn. Hiermee kan men de LU-vijvers bijvullen met water vanuit eender welke nog beschikbare watervoorraad.

De stoom uit de stoomgeneratoren wordt afgeblazen door middel van de afblaasatmosfeer (gevoed met een persluchtsysteem). Wanneer de persluchtvoorraad opgebraakt kunnen deze afsluiters manueel worden geopend. Als die afsluiters niet bereikbaar zouden zijn, wordt de stoom via de veiligheidskleppen afgevoerd.

Het AF-debiet naar de stoomgeneratoren wordt lokaal manueel geregeld.

Belangrijk is wel om de primaire kring voldoende snel af te koelen en de primaire druk te verlagen tot 16 bar omdat de dichtingen van de primaire pompen niet meer gekoeld zijn en er langs deze weg primair water verloren gaat. Door de atmosferische ontlasting volledig te openen daalt de temperatuur in het begin zeer snel. Na meerdere uren is de druk en temperatuur voldoende gedaald om de dichtingen zo weinig mogelijk te belasten. Tijdens deze drukdaling zullen de passieve SI-accu's de contractie van het water en het via de dichtingen verloren water terug aanvullen. Bovenaan deze SI-accu's zit een stikstofkussen. Dat komt best niet in de reactor omdat hierdoor de warmteoverdracht van de primaire naar de secundaire kring vermindert. Daarom zal door regeling met de VBA's de drukdaling geregeld worden om de primaire druk niet te laag te laten worden.

> Cliff Edge effects

Er is geen Cliff Edge effect. De watervoorraad aan de aanzuiging van de AFW-turbopomp is quasi onbeperkt. De eerste 3 uren is er voldoende batterijspanning om alle parameters te bewaken. Binnen deze tijd moet er een alternatieve voeding voorzien worden om alle parameters te kunnen blijven overwaken om zo overvullen of leegkoken te vermijden.

RC-kring open

> Koeling

Om dit scenario op te vangen laat men het water in de reactor koken en wordt de reactor op peil gehouden met boorhoudend water. Van zodra het koken start wordt het reactorgebouw gesloten om de stoom binnen te houden. Er is voldoende boorhoudend water beschikbaar om dit enkele dagen te doen. Na ten vroegste 3 dagen moet men de sproeikring (SP) terug starten.

In de procedures is opgenomen dat de RC-kring bij totaal verlies van koeling gravitair kan worden bijgevuld vanuit de Refueling Water Storage Tank (RWST). Dit is mogelijk zolang er voldoende peil is in de RWST en de tegendruk in het RGB voldoende laag is. Als de volledige kern nog in de reactor aanwezig is, zal er minstens 20 uur voldoende drukverschil aanwezig zijn om de RC-kring gravitair bij te vullen. De afsluiters noodzakelijk voor deze bijvulling worden dan manueel bediend.

> Cliff Edge effects

Binnen het uur gaat het water in de reactor koken. Het reactorgebouw wordt dan gesloten. Hierdoor blijft de stoom binnen.

Het verdampte water wordt aangevuld door het gravitair ledigen van de RWST in de primaire kring.

Ten vroegste na 3 dagen zal de druk in het reactorgebouw gestegen zijn tot de bezwikkdruk. Tegen dan moet men de sproei in het reactorgebouw in dienst nemen.

Kern in dokken

> Koeling

Als de volledige kern gestockeerd is in de dokken van het Spleijstofgebouw, zal bij een Station Black-out het water in de dokken onvermijdelijk beginnen te koken. Zonder bijvulling komen de koppen van de spleijstofelementen zo ten vroegste na 4 dagen bloot te liggen. Daarom wordt het verdampte water voortdurend gecompenseerd met vers water. Dat gebeurt gravitair vanuit de RWST. Vervolgens vult men de dokken bij vanuit de FE-kring die op druk wordt gehouden vanop Doel 1&2.

Als ultieme back-up gebruikt men de mobiele dieselaangedreven pompen die op de site aanwezig zijn. Hiermee kan men water pompen vanuit eender welke nog beschikbare watervoorraad, rechtstreeks via de poort van het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten naar de dokken van het Spleijstofgebouw.

> Cliff Edge effects

- Binnen ten vroegste 8 uur (Doel 3) of 10 uur (Doel 4) gaat het water in het spleijstofopslagdok koken. Van zodra dit koken langere tijd duurt wordt door de damp de toegang tot het Spleijstofgebouw op termijn bemoeilijkt. De spleijstof wordt afdoende gekoeld. De beschikbare tijd volstaat ruimschoots om de dokken terug op te vullen.

Hele site getroffen

Als de hele site getroffen is, is er een impact op Doel 1&2 in de scenario's 'stoomgeneratoren beschikbaar' en 'kern in dokken'. In Doel 3&4 is er alleen impact in het scenario 'kern in dokken'.

Doel 1&2

De FE-kring kan niet onder druk worden gehouden door de systemen van Doel 3&4. Daardoor wordt de autonomie van de systemen op Doel 1&2 ingekort van quasi onbeperkt tot kortere, maar nog steeds voldoende lange tijden.

In het hoger beschreven scenario 'stoomgeneratoren beschikbaar' wordt gerekend op de dieselaangedreven FE-pomp van Doel 3. Indien ook deze niet beschikbaar is, wordt er teruggevallen op de lokaal aanwezige dieselaangedreven pomp die water onttrekt uit de grote MW-tank. Men valt dan terug van een autonomie van een paar maanden op een autonomie van 1 week.

In het hoger beschreven scenario 'kern in dokken' wordt gerekend op de FE-pomp van Doel 3 om de dokken bij te vullen. Indien ook deze niet beschikbaar is wordt er teruggevallen op één van dieselaangedreven pompen die op de site zijn om water vanuit een beschikbare watervoorraad naar de dokken te pompen. Dit kan gerealiseerd worden binnen de 3 dagen, dus voldoende snel om blootlegging van de spleijstof te voorkomen.

Doel 3&4

De FE-kring kan niet onder druk worden gehouden door de systemen van Doel 1&2. Dat heeft alleen een impact op het hoger beschreven scenario 'kern in dokken'. De dokken van het Spleijstofgebouw kunnen dan immers niet meer bijgevuld worden met water vanuit de FE-kring. Na het volledig leegdrainen van de RWST valt men hierdoor terug op niet-conventionele middelen om het verdampte water terug aan te vullen.

5.1.3.4. (Externe) acties die voorzien worden om degradatie van spleijstof te vermijden

Omdat in het ontwerp een grote redundantie van stroomvoorziening werd ingebouwd (diverse voedingen vanuit het externe net, 1ste niveau-diesels en 2de niveau-diesels) werd in het ontwerp niet voorzien om beroep te doen op externe uitrustingen bij verlies van alle elektrische voedingen.

Het uiteindelijke doel blijft het herstellen van de elektrische voedingen van het externe net. Zie § 5.1 voor de beschrijving van de hiervoor beschikbare werkwijzen en de bijhorende hersteltijden.

5.1.3.5. Maatregelen die kunnen overwogen worden om de robuustheid van de plant te vergroten

Maatregelen voor Doel 1&2

Stoomgeneratoren beschikbaar

De volgende hardwareaanpassingen zijn voorzien:

- **Op de site zijn reeds de nodige mobiele dieselaggregaten (10 x 30 kVA, 4 x 350 kVA) beschikbaar die ingezet kunnen worden als noodvoeding voor de controle- en bedieningskringen en de meetkringen.**
- **De turbopomp wordt gevoed vanuit de kleine AFW tank. Voor de bijvulling van deze tank zijn er op de site mobiele dieselaangedreven pompen aanwezig.**
- **Om te verhinderen dat er stikstof vanuit de SI-accu's in de primaire kring terecht komt wordt er een alternatieve voeding voorzien om de isolatieafsluiters van de SI-accu's te kunnen voeden met mobiele dieselaggregaten.**

De volgende procedureaanpassingen zijn voorzien :

- **Op punt stellen van een uitbatingsprocedure in geval van totale SBO of LUHS (o.a. snelle afkoeling met behulp van stoomgeneratoren).**
- **Om de bovenstaande middelen te gebruiken worden de nodige procedures voorzien.**

RC-kring open

De volgende hardwareaanpassingen zijn voorzien:

- **De koeling van de reactor zal in eerste instantie gebeuren door het koken en gravitair bijvullen van de inventaris. Na 12 uur neemt de SP-pomp dit over. Er wordt een aansluiting voorzien om de SP-pompen te kunnen voeden vanuit de beschikbare mobiele dieselaggregaten.**
- **Als er druk aanwezig is in de RC-kring, moet de sproeileiding naar het reactorgebouw worden geïsoleerd. Er wordt onderzocht of er hiervoor nog een handafsluiter kan worden geïnstalleerd.**

Om de bovenstaande middelen te gebruiken worden de nodige procedures voorzien.

Kern in dokken

De volgende hardwareaanpassingen worden onderzocht:

Om de PL dokken in het GNH eenvoudiger te kunnen bijvullen wordt onderzocht of er vaste leidingen en aansluitpunten kunnen voorzien worden om dit van buiten af te kunnen doen met mobiele pompen.

Om de bovenstaande middelen te gebruiken worden de nodige procedures voorzien.

Maatregelen voor Doel 3&4

Stoomgeneratoren beschikbaar

De volgende hardwareaanpassingen zijn voorzien:

- **Op de site zijn reeds de nodige mobiele dieselaggregaten (10 x 30 kVA, 4 x 350 kVA) beschikbaar die ingezet kunnen worden als noodvoeding voor de controle- en bedieningskringen en de meetkringen.**
- **Om te verhinderen dat er stikstof vanuit de SI-accu's in de primaire kring terecht komt wordt er een alternatieve voeding voorzien om de isolatieafsluiters van de SI-accu's te kunnen voeden met mobiele dieselaggregaten.**

De volgende procedureaanpassingen zijn voorzien :

- **Op punt stellen van een uitbatingsprocedure in geval van totale SBO of LUHS (o.a. snelle afkoeling met behulp van stoomgeneratoren).**
- **Om de bovenstaande middelen te gebruiken worden de nodige procedures voorzien.**

RC-kring open

De volgende hardwareaanpassingen zijn voorzien:

- **Bestuderen of de nodige aansluitpunten kunnen voorzien worden op aanzuiging en steek van SP-pomp en mobiele pomp (250 m³/h bij 13 bar) aankopen om alternatief SP-debiet te realiseren. Hiermee kan na stoppen gravitaire bijvulling vanuit RWST de bijvulling verder gezet worden.**

Om de bovenstaande middelen te gebruiken worden de nodige procedures voorzien.

Kern in dokken

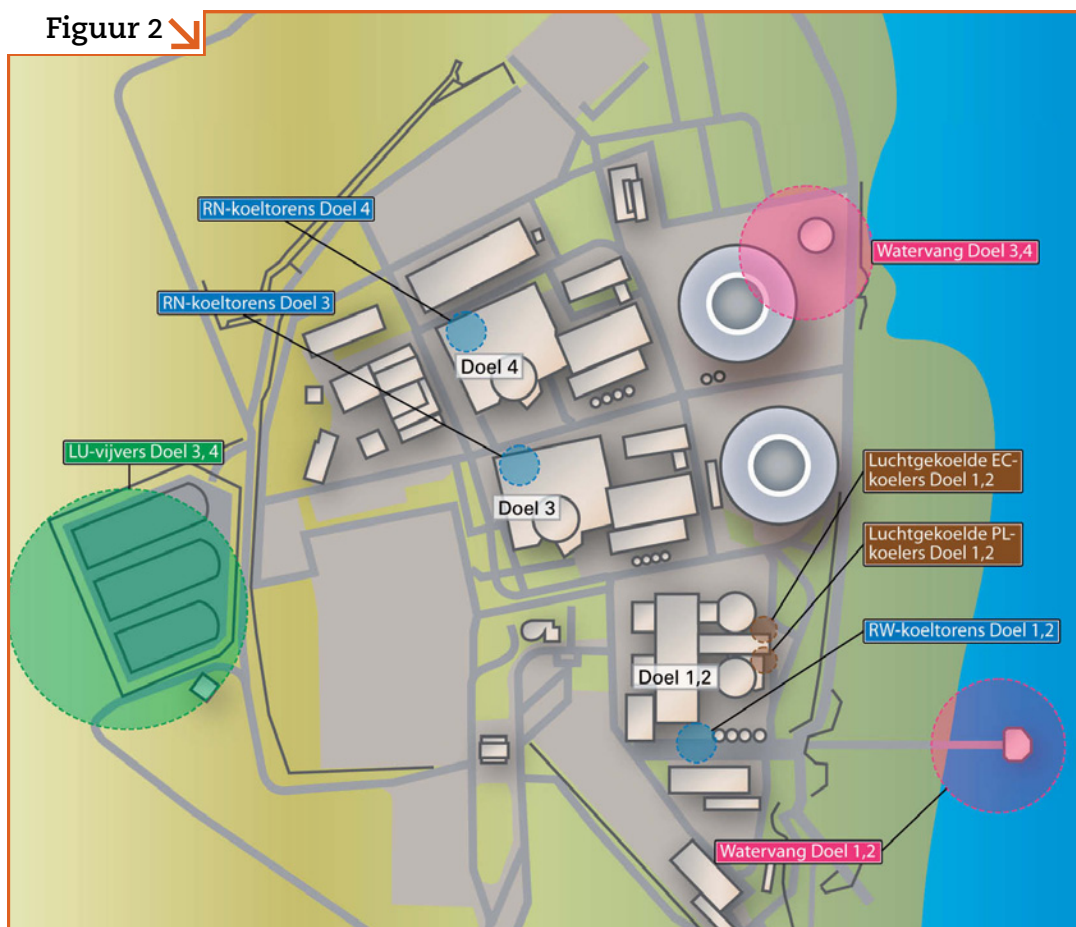
De volgende hardwareaanpassingen worden onderzocht :

- Om de PL dokken in het SPG eenvoudiger te kunnen bijvullen wordt onderzocht of er vaste leidingen en aansluitpunten kunnen voorzien worden om dit van buiten af te kunnen doen met mobiele pompen.

Om de bovenstaande middelen te gebruiken worden de nodige procedures voorzien.

5.1.4. Verlies van de primaire ultieme koudebron (LUHS)

Figuur 2



Om een eventueel verlies van de primaire ultieme koudebron op te vangen is de site uitgerust met twee niveaus alternatieve koudebronnen. Eén niveau volstaat om de centrale in een stabiele en gecontroleerde toestand te houden.

Overzicht koude bronnen.

In normale uitbating maken de centrales gebruik van de Schelde voor de koeling. Scheldewater wordt continu gepompt door de CW-kring. Op Doel 1&2 wordt een deel van het CW-debiet gebruikt om de CC-kring te koelen. Op Doel 3&4 wordt een deel van het CW-debiet gebruikt om de koeltorens van de RN-kring bij te vullen. Bij verlies van alle verbindingen met de Schelde moeten de centrales gekoeld worden door alternatieve koelkringen. Hieronder wordt aangetoond dat de centrales ontworpen zijn om zelfstandig een verlies van alle verbindingen met de Schelde op te vangen.

Voor Doel 1&2 en Doel 3&4 is het verlies van de primaire ultieme koudebron het verlies van de koelwatertoevoer (CW, Cooling Water) uit de Schelde. Aangezien de Schelde zelf niet kan verloren gaan, kan de toevoer van koelwater via de CW enkel verloren gaan in de volgende gevallen:

Doel 1&2

- Bij vernietiging van de watervang van Doel 1&2.
- Bij opstopping van de watervang van Doel 1&2.

Doel 3&4

- Bij vernietiging van de watervang van Doel 3&4 en Doel 1&2
- Bij opstopping van de watervang van Doel 3&4 en Doel 1&2.

5.1.4.1. Voorzieningen in het ontwerp die de autonomie van de site waarborgen voor splijtstofdegradatie

De kans dat de hele site getroffen wordt door het verlies van de primaire ultieme koudebron is voor Doel erg onwaarschijnlijk. De watervangen van Doel 1&2 en Doel 3&4 liggen ver van elkaar verwijderd en hun werkingsprincipe is verschillend. Het pompstation van Doel 1&2 ligt in de Schelde. Het pompstation van Doel 3&4 ligt op de site zelf maar is via ondergrondse leidingen verbonden met een aanzuigput in de Schelde.

Voor de koeling van de splijtstof is D12 niet afhankelijk van de Schelde. In normale uitbating worden alle kringen gekoeld met koelwater uit de Schelde. Bij verlies van de toevoer van water uit de Schelde nemen koeltorens met geforceerde trek de koeling van de veiligheidsgebonden kringen over. Bij verlies van deze koeltorens nemen gesloten koelkringen die gekoeld worden door de buitenlucht deze functie over.

In het geval dat Doel 3&4 wel en Doel 1&2 niet getroffen zijn door het verlies van de primaire ultieme koudebron kan vanuit Doel 1&2 koelwater verpompt worden naar Doel 3&4. Via de pompen CW 138 en 139 kan dat water verpompt worden naar de RN-koeltoren. Deze uitlijning vraagt lokale manuele acties en duurt enkele uren.

In het onderstaande wordt eerst de situatie geschetst voor Doel 1&2 en daarna voor Doel 3&4. We sluiten af met een paragraaf die de wederzijdse impact weergeeft als de hele site getroffen is.

Situatie op Doel 1&2

De centrale is ontworpen om bij verlies van de primaire ultieme koudebron de veiligheidstuigen en de reactor gekoeld te houden. Hieronder beschrijven we eerst de beschikbare back-upsystemen van het 1ste en het 2de niveau en daarna de scenario's in de drie uitbatingstoestanden.

Back-up vanuit 1ste niveau-systemen

In geval van verlies van de primaire koudebron wordt de koeling van het CC-systeem verzekerd door de gesloten RW-kring (RuwWaterkring), die gekoeld wordt via koeltorens. De RW-kring is een veiligheidskring bestaande uit vier treinen en kan gevoed worden door de 1^{ste} niveau diesels. De RW-kring bestaat uit 4 gesloten lussen gekoeld m.b.v. koeltorens met geforceerde trek. Om het waterverlies van de koeltorens te compenseren, kunnen de koeltorenbakken op gediversifieerde wijze bijgevuld worden:

- Gravitaire bijvulling vanuit het stadswaterreservoir TW0R1. Inhoud: max=1300 m³, uitbating= 1160 m³, TS= 600 m³.
- Gravitaire bijvulling vanuit de gemeenschappelijke gedemineraliseerde watertank MW0R12. Inhoud: max=1500 m³, uitbating= 1260 m³, TS= 1124 m³.
- Gravitaire bijvulling vanuit MW1R1 of MW2R1. Inhoud: max=2 x 1300 m³, uitbating= 2 x 1070 m³, TS=0 m³.
- Gravitaire bijvulling vanuit RW0R1. Inhoud: max=100 m³, uitbating=100 m³, TS=100 m³
- Opvulling met Scheldewater, gebruik makend van de sproeipompen van de draaiende zeef en van de Polarisleiding. De elektrische voeding van deze pompen is verzekerd door de hulpdiesels.
- De Polarisleiding op de watervang in de Schelde kan ook gebruikt worden om van op een schip de centrale van water te voorzien.
- Naast de voorgaande toevoegingen, bestaat er ook nog de mogelijkheid om de RW-koeltorens rechtstreeks te vullen d.m.v. de FE-kring. Materiaal hiervoor is te allen tijde beschikbaar in de materiaalcontainer die zich ter hoogte van de koeltorens bevindt.

De tanks TW0R1 en RW0R1 kunnen op hun beurt bijgevuld worden vanuit verschillende bronnen:

- TW-tank
- Bijvulling met stadswater (AWW) via pompen van de TW-kelder. Nominaal debiet: 69 m³/u, maximaal debiet: 115 m³/u.
- Bijvulling via de seismische verbinding tussen de FE-kringen van Doel 3&4 en Doel 1&2, m.b.v. FE-pompen gevoed door de diesels in de Bunker van Doel 3.
- RW-tank
- Opvulling met het Scheldewater aanwezig in de ingangskasten van de condensor, gebruik makend van RW-pompen en de hulpcirculatiepompen (al deze pompen worden gevoed door de 1ste niveau-diesels).

De bijvulling wordt gedurende ongeveer 12 uur automatisch verzekerd door een gravitaire bijvulling vanuit de TW- en RW-tanks. Voor de andere bijvulmogelijkheden zijn manuele acties nodig.

Back up vanuit 2de niveau-systemen

Indien naast de primaire ultieme koudebron (CW kring) ook de CC/RW-kring onbeschikbaar wordt, dan wordt de koeling van de SC-kring (Shutdown Cooling) en van de PL-dokken voor de opslag van de verbruikte splijtstof verzekerd vanuit de 2de niveau-systemen.

- Ter vervanging van de CC-kring op de SC, is er het 2^{de} niveau-koelsysteem EC (Emergency Cooling). De EC-kring is gemeenschappelijk voor de twee eenheden. Hij bestaat uit 2 pompen en 2 luchtkoelers die in parallel op één enkele lus zijn geplaatst en die de vier warmtewisselaars van de SC en de zes SC-pompen kunnen koelen. De uitrustingen van de kring bevinden zich in het Gebouw Noodsystemen

(pompen en expansietank), en op het dak van het Gebouw Noodsystemen (luchtkoelers). De SC-pompen en -koelers bevinden zich in het seismisch Gebouw Nucleaire Hulpdiensten en krijgen elektrische voeding van zowel 1^{ste} als 2^{de} niveau.

- Ter vervanging van de PL-koelers kan de koeling van de dokken van het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten omgeschakeld worden naar een luchtkoeler (behorend tot de PL-kring) op het dak van het Gebouw Noodsystemen. Twee van de drie PL-pompen kunnen vanuit de 2^{de} niveau-diesels gevoed worden om deze functie te verzekeren. De derde PL-pomp is gevoed vanuit de 1ste niveau-diesels.

Zolang de 1ste niveau-systemen bedrijfsklaar zijn heeft men de 2de niveau-systemen niet nodig. De diesels van beide niveaus worden gekoeld door luchtkoelers en blijven dus beschikbaar zonder primaire ultieme koudebron, zonder CC/RW en zonder EC.

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Koeling

De 1ste niveau koeltorens zorgen ervoor dat alle veiligheidsgebonden 1ste niveau hulptuigen via de CC-kring gekoeld blijven.

- de koeling van de kern wordt verzekerd door afkoeling via de stoomgeneratoren en aansluitend overgang op SC-koeling. De koeling via de stoomgeneratoren wordt in 1ste niveau gewaarborgd met de AFW-kring (Auxiliary Feedwater). In 2de niveau kan teruggevallen worden op de EF-kring (Emergency Feedwater) in het Gebouw Noodsystemen.
- De dichtingen van de primaire pompen blijven gekoeld door de CV-pompen en de CC/RW-kring.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. Er is op Doel 1&2 meer dan voldoende toevoerwater aanwezig voor de bijvulling van de RW-koeltorens. Bovendien kan men via de FE-kring bijvullen vanuit de vijvers (3 x 30.000 m³) van Doel 3&4.

Als de watervoorraad toch zou uitgeput raken gaat men over naar de 2de niveau systemen van Doel 1&2 en neemt de EC-kring in het Gebouw Noodsystemen de functie van de CC-kring over. De RJ-kring neemt dan de functie van de CV-kring over. De EC-kring werkt met gesloten luchtkoelers die geen watertoevoer nodig hebben.

RC-kring open

> Koeling

De 1ste niveau koeltorens zorgen er voor dat alle veiligheidsgebonden eerste niveau tuigen gekoeld blijven. De kern wordt gekoeld via de SC-kring en de CC-kring die op zijn beurt wordt gekoeld door de alternatieve koudebron (RW).

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. Er is op Doel 1&2 meer dan voldoende toevoerwater aanwezig voor de bijvulling van de RW-koeltorens. Bovendien kan men via de FE-kring bijvullen vanuit de vijvers (3 x 30.000 m³) van Doel 3&4.

Als de watervoorraad van de vijvers toch zou uitgeput raken gaat men over naar de EC-kring in het Gebouw Noodsystemen om de functie van de CC-kring over te nemen. De EC-kring werkt met gesloten luchtkoelers die geen watertoevoer nodig hebben.

Kern in dokken

> Koeling

De 1ste niveau koeltorens zorgen er voor dat de splijtstofopslagdokken gekoeld blijven.

De kern wordt gekoeld via de PL-kring en de CC-kring die op zijn beurt wordt gekoeld door de alternatieve koudebron (RW).

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. Er is op Doel 1&2 voldoende toevoerwater aanwezig voor de bijvulling van de RW-koeltorens. Bovendien kan men via de FE-kring bijvullen vanuit de vijvers (3 x 30.000 m³) van Doel 3&4.



Voor de koeling van de splijtstof is D34 niet afhankelijk van de Schelde. Koeltorens met geforceerde zorgen voor de koeling van de veiligheidsgebonden kringen. Bij verlies van deze koeltorens wordt de koeling overgenomen door de noodkoelvijvers (3 x 30.000 m³).

Als de watervoorraad van de vijvers toch zou uitgeput raken gaat men over naar de PL-koelers in het Gebouw Noodsystemen om de koelfunctie van de CC-kring over te nemen. De PL-kring werkt met gesloten luchtkoelers die geen watertoevoer nodig hebben.

Situatie op Doel 3&4

De centrale is ontworpen om bij verlies van de primaire ultieme koudebron de veiligheidstuigen en de reactor gekoeld te houden. De CC-kring wordt altijd gekoeld via de RN-kring (RN-koeltorens), die op zijn beurt op peil gehouden wordt door de CW-kring. Als de CW-kring wegvalt, schakelt de RN-kring voor het compenseren van het inventarisverlies automatisch over op de CD-kring. De CD-kring haalt zijn water uit de LU-vijvers van Doel 3&4 (3 x 30.000 m³).

Hieronder beschrijven we eerst de beschikbare back-upsystemen van het 1ste en het 2de niveau en daarna de scenario's in de drie uitbatingstoestanden.

Back-up vanuit 1ste niveau-systemen

De RN-kring is een gesloten kring die de tussenkoelkring (CC) koelt en die de warmte naar de atmosfeer afvoert via koeltorens. De RN-kring bestaat uit drie koelingslussen voor de koeling van de warmtewisselaars van de tussenkoelkring CC (SSE). Elke RN-lus beschikt over een stel van 2 koeltorens met geforceerde trek. Om het waterverlies van de koeltorens te compenseren, dient er water toegevoegd te worden aan de RN-kring. Er bestaan verschillende alternatieven voor deze watertoevoer:

- Het toevoegwater van deze torens wordt normaal geleverd door de watervang van Doel 3&4 via CW pompen van Doel 3&4.
- Wanneer deze toevoer onbeschikbaar is, kan men het water dat afkomstig is van de CW-kring van Doel 1&2 (oud suppletiesysteem aan de hoofdkoeltorens) gebruiken.
- Vanuit de LU-vijvers is een bijvulling van de RN voorzien via de CD-kring. De CD-kring gebruikt de watervoorraad van de LU-vijvers.
- Naast de voorgaande toevoegingen, bestaat er ook nog de mogelijkheid om de RN-koeltorens te vullen d.m.v. de FE-kring. Materiaal hiervoor is te allen tijde beschikbaar in de materiaalkasten die zich aan de ingang van de RN-koeltorens bevinden.

De RN-kring kan gevoed worden door de 1ste niveau-diesels (ES).

Back-up vanuit 2de niveau-systemen

Indien naast de primaire ultieme koudebron ook de CC/RN-kring onbeschikbaar wordt, kan de noodkoelkring (LU-kring) de koeling verzekeren die nodig is om de centrale naar koude stop te brengen en in deze staat te behouden. De LU-kring bestaat uit drie onafhankelijke treinen die automatisch gevoed worden door 2de niveau-diesels (KE) wanneer de externe voedingsbronnen uitvallen.

In elke eenheid wordt het koelwater opgepompt uit de bijhorende LU-vijver, rechtstreeks naar de koelers (PL, SC,...) gestuurd en teruggevoerd naar de LU-vijver.

Er zijn drie onafhankelijke kunstmatige LU-vijvers voorzien. De vijvers zijn ver genoeg van de centrale verwijderd, zodat nooit zowel de centrale als de koelvijvers tegelijk getroffen worden door een ongeval van uitwendige oorsprong. Elke eenheid, d.w.z. zowel Doel 3 als Doel 4, beschikt over zijn eigen koelvijver met een waterreserve van 30.000 m³. De derde koelvijver dient als industriële waterreserve (IW) en indien nodig als gemeenschappelijke reserve voor de koelvijvers van de eenheden Doel 3&4. Het water in de koelvijver wordt op peil gehouden door automatische toevoeging van stadswater (Town Water, TW-kring) of tijdens een revisieperiode, door manuele toevoeging van IW-water afkomstig van de derde vijver.

Rekening houdend met een capaciteit die gereserveerd is voor de FE-kring (brandbestrijding) en verschillende mogelijke verliezen, blijft er na enkele weken nog voldoende water in de LU-vijvers om een goede werking van de LU-pompen te garanderen. De temperatuur van de vijver blijft ook beperkt tot 50°C wegens thermische inertie en sproeisysteem. Na deze periode is watertoevoer aan de LU-vijvers vereist (d.m.v. een tankwagen, via stadswaternet, via pompinstallaties vanuit Schelde,...).

Zolang de 1ste niveau-systemen bedrijfsklaar zijn heeft men de 2de niveau-systemen niet nodig. De 1ste niveau-diesels worden gekoeld door luchtkoelers en blijven dus beschikbaar zonder primaire

ultieme koudebron, zonder CC/RN en zonder LU. De 2de niveau-diesels worden gekoeld door de LU-kring en blijven dus beschikbaar zonder primaire ultieme koudebron en zonder CC/RN.

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Koeling

De 1ste niveau koeltorens zorgen er voor dat alle veiligheidsgebonden 1ste niveau hulptuigen gekoeld blijven.

- De koeling van de kern wordt verzekerd door afkoeling via de stoomgeneratoren en aansluitend overgang op SC-koeling. De koeling via de stoomgeneratoren wordt in 1ste niveau gewaarborgd met de AF-kring (Auxiliary Feedwater). In 2de niveau kan teruggevallen worden op de EF-kring (Emergency Feedwater).
- De dichtingen van de primaire pompen blijven gekoeld door de CV-pompen en de CC/RN-kring. De pomp CV-PP-07 is luchtgekoeld. Zo nodig komen de 2 RJ-pompen automatisch in dienst. Bovendien kan men de koeling van de dichtingen van de primaire pompen van op de controlezaal manueel overschakelen naar de LU-kring.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. De LU-vijvers bevatten voldoende water voor een autonomie van minstens 26 dagen. Dat is ruim voldoende om de LU-vijvers terug bij te vullen.

RC-kring open

> Koeling

De 1ste niveau koeltorens zorgen ervoor dat alle veiligheidsgebonden 1ste niveau hulptuigen gekoeld blijven. Bij verlies van CW blijft de kern gekoeld via de SC-kring en de CC-kring die op zijn beurt gekoeld blijft door de RN-koeltorens.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. De LU-vijvers bevatten voldoende water voor een autonomie van minstens 26 dagen. Dat is ruim voldoende om de LU-vijvers terug bij te vullen.

Kern in dokken

> Koeling

De 1ste niveau koeltorens zorgen ervoor dat de splijtstofopslagdokken gekoeld blijven. Bij verlies van CW blijven de dokken gekoeld via de PL-kring en de CC-kring die op zijn beurt wordt gekoeld door de RN-koeltorens.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. De LU-vijvers bevatten voldoende water voor een autonomie van minstens 26 dagen. Dat is ruim voldoende om de LU-vijvers terug bij te vullen.

Hele site getroffen

Als alle eenheden tegelijkertijd getroffen zijn blijft de koeling van de splijtstof van alle eenheden nog steeds verzekerd. Eén bijvulmogelijkheid van de RN-koeltorens van Doel 3&4 gaat verloren, namelijk de bijvulling vanuit de CW van Doel 1&2. Deze voedingsweg is echter een back-up die niet nodig is.

Als de hele site getroffen is en de waterreserves van Doel 1&2 uitgeput geraken, moet Doel 3&4 de vijvers delen met Doel 1&2. De waterreserve in de vijvers is groot genoeg om ook Doel 1&2 van water te voorzien. Men beschikt bovendien over meerdere weken om de vijvers bij te vullen. Maar voor het zover komt kan men op Doel 1&2 de 2de niveau-systemen in dienst nemen. Deze steunen volledig op luchtkoelers die geen bijvulling vereisen.

Cliff Edge effects

Andere getroffen eenheden zorgen niet voor bijkomende Cliff Edge effects.

5.1.4.2. (Externe) acties voorzien om splijtstofdegradatie te voorkomen

Dit incident is een onderdeel van het ontwerp van de centrales en wordt integraal opgevangen met de beschikbare installatie, de standaard uitbatingsprocedures en het steeds aanwezige shiftpersoneel. Er zijn wel afspraken met de Antwerpse Water Werken (AWW) om de toelevering van stadswater te

verhogen naar 115 m³/u. Dat gebeurt op de site door het openen van een extra bypassafsluiter. Dat kan op een tijdsperiode van een tiental minuten.

5.1.4.3. Maatregelen die kunnen worden voorzien om de robuustheid van de plant te vergroten

Dit incident is een onderdeel van het ontwerp van de centrales en kan perfect opgevangen met de beschikbare installatie, de standaard procedures en het shiftpersoneel. Er zijn geen aanpassingen aan de hardware, geen nieuwe procedures en geen organisatorische maatregelen nodig.

5.1.5. Verlies van de primaire ultieme koudebron en de alternatieve koudebron

In normale uitbating maken de centrales gebruik van de Schelde voor de koeling. Bij verlies van alle verbindingen met de Schelde moeten de centrales gekoeld worden door alternatieve koudebronnen. In Doel zijn er in elke centrale twee alternatieve systemen. Er wordt aangetoond dat de centrales ontworpen zijn om het verlies van één van de twee systemen op te vangen. Het verlies van beide systemen tegelijk is zeer onwaarschijnlijk en maakte daarom geen deel uit van het ontwerp. In enkele specifieke gevallen zal men hierdoor moeten terugvallen op niet-conventionele middelen.

Op Doel 1&2 en Doel 3&4 heeft men twee alternatieve koudebronnen. Daarom wordt het scenario opgesplitst in twee stappen

Doel 1&2

1. Verlies van CW + RW: de toevoer vanuit de Schelde is onbeschikbaar en de 1ste niveau koeltorens met geforceerde trek zijn onbeschikbaar
2. Verlies van CW + RW + luchtkoelers uit het Gebouw Noodsystemen (EC+PL): de water/lucht warmtewisselaars van het 2de niveau zijn ook onbeschikbaar.

Doel 3&4

1. Verlies van CW + RN: de toevoer vanuit de Schelde is onbeschikbaar en de 1ste niveau koeltorens met geforceerde trek zijn onbeschikbaar.
2. Verlies van CW + RN + watertoevoer vanuit LU-vijvers: de 2de niveau koelwatertoevoer uit de LU-vijvers is ook onbeschikbaar.

In onderstaande analyse wordt verondersteld dat alle elektrische voedingen beschikbaar zijn.

5.1.5.1. In het ontwerp voorziene autonomie van de site voor degradatie van de splijtstof

Doel 1&2 stap 1: verlies van CW + RW

De centrale Doel 1&2 is ontworpen om zelfstandig een volledig verlies van de 1ste alternatieve koudebron op te vangen dankzij de 2de niveau systemen in het Gebouw Noodsystemen.

Bij verlies van de RW-koeltoren (1ste niveau koeltorens) wordt de CC-kring onbeschikbaar. Hierdoor vallen meerdere 1ste niveau veiligheidstuigen zonder koeling.

Volledig verlies van de bijvulling naar de RW koeltorens is zeer onwaarschijnlijk, aangezien er meerdere redundante bijvulmogelijkheden zijn: de RW-tank (automatisch), de TW-tank (automatisch), de MW-tank (manueel), de AWW-waterleiding (manueel), de FE (manueel) en de sproeipompen watervang (manueel). Zie § 5.1.4.1 voor de beschikbare watervolumes.

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Koeling

De AFW-pompen en de 2de niveau systemen (Gebouw Noodsystemen) zorgen ervoor dat de centrale wordt afgekoeld en in koude stilstand gehouden.

In dit scenario blijven de (zelfgekoelde) AFW-pompen (2 x motorpomp & 1 x turbopomp) beschikbaar om de stoomgeneratoren te voeden vanuit de AFW-tank en MW-tanks. De stoomgeneratoren kunnen ook gevoed worden door de EF-pompen (1 per eenheid, 380 m³ per EF-tank). Deze EF-tanks kunnen nog bijgevuld worden vanuit de LU-vijvers van Doel 3&4 (3 x 30.000 m³), maar de eigen waterreserves in Doel 1&2 volstaan om de stoomgeneratoren van beide reactoren te voeden tot er kan overgeschakeld worden naar de EC-luchtkoelers (vanaf 7 dagen na stop). Vanaf deze overschakeling is er geen watertoevoer meer nodig.

Injectie naar de dichtingen van de primaire pompen (om deze te koelen) blijft gegarandeerd door de RJ-kring van het Gebouw Noodsystemen. Er is voldoende voorraad aanwezig in de RJ-tank (140 m³ volgens de Technische Specificaties) om gedurende 25 uur te injecteren. Dat is voldoende tijd om de RC-kring tot 130°C af te koelen. Vanaf 135°C mag de injectie naar de dichtingen worden gestopt.

Al deze acties worden uitgevoerd door het shift controlezaalpersoneel met de toepasselijke procedures ERG, FR en GNS.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario.

RC-kring open

> Koeling

De 2de niveau systemen (Gebouw Noodsystemen) zorgen ervoor dat de centrale in koude stilstand wordt gehouden.

Met een open RC-kring wordt de kern gekoeld met de SC-kring, die op zijn beurt gekoeld wordt met de CC-kring. Bij verlies van de CC-kring wordt de EC-kring opgelijnd om die functie over te nemen. De capaciteit van de EC-kring is steeds voldoende om over te schakelen naar de EC-luchtkoelers indien beide EC-koelers gebruikt worden voor de eenheid met RC-kring open.

Het vraagt maximum 45 minuten om de EC-kring op de SC-kring op te lijnen. Als er geen water wordt toegevoegd begint het water in de reactor binnen het uur echter te koken. Deze tijd is afhankelijk van de tijd na stop, het waterpeil in de reactor en de mogelijkheid om het waterpeil te verhogen. Zolang de EC-kring niet op de SC-kring is opgelijnd wordt het waterniveau op peil gehouden door injectie van boorhoudend water via twee RJ-pompen.

Indien één van de twee RJ pompen de dichtingen van de primaire pompen van de andere eenheid zou moeten koelen moet men terugvallen op de gravitaire bijvulling met de RWST.

Men kan namelijk de Refueling Water Storage Tank (RWST) gravitair leegdrainen naar de RC-kring. Eens de EC-kring in dienst is, is geen bijvulling meer nodig en kan men onbeperkt blijven uitbaten. Reactorwater bijvullen gebeurt door het shift controlezaalpersoneel met de toepasselijke procedures U en BK. De oplijning van EC op SC gebeurt met de toepasselijke procedures GNS.

> Cliff Edge effects

Binnen het uur gaat het water in de reactor koken. Dat water blijft koken tot de koeling via de EC-kring is hersteld. Er zijn voldoende middelen om het verdampte water aan te vullen. De uitbating op de EC-kring kan onbeperkt blijven doorlopen.

Kern in dokken

De 2de niveau systemen (Gebouw Noodsystemen) zorgen ervoor dat de PL-dokken gekoeld blijven.

De splijtstof wordt gekoeld via de PL-kring. In dit scenario wordt de PL-kring van het 1ste niveau opgelijnd naar de PL-luchtkoelers van het Gebouw Noodsystemen. Het vraagt 1,5 uur om deze omschakeling te doen. De splijtstof blijft ondertussen gekoeld door het opwarmen van het water in de PL-dokken. Dat water begint pas te koken na 15 uur. Eens de PL-kring is opgelijnd naar het Gebouw Noodsystemen kan men zo onbeperkt blijven uitbaten.

Alle acties worden uitgevoerd met standaardprocedures door het shift controlezaalpersoneel.

> Cliff Edge effects

De PL kring wordt manueel opgelijnd binnen de 1,5 uur. Dat is veel korter dan de 15 uur die beschikbaar zijn. Een ongekoeld splijstofdok gaat pas na 15 uur koken.

De PL kring is bovendien een gesloten kring waar geen water aan moet toegevoegd worden.

Hele site getroffen

Als de eenheden van Doel 3&4 ook getroffen zijn zorgt dat niet voor bijkomende Cliff Edge effects.

Doel 1&2 Stap 2: verlies van CW + RW + luchtkoelers Gebouw Noodsystemen

De centrale Doel 1&2 is niet ontworpen om zelfstandig het volledige verlies van de beide alternatieve koudebronnen op te vangen. Het gelijktijdige, volledige verlies van de eerste en de twee alternatieve koudebronnen (CW+RW én luchtkoelers Gebouw Noodsystemen) is zeer onwaarschijnlijk. De koeling van de splijststof en het behoud van de onderkriticaliteit kan echter nog steeds worden gegarandeerd.

We nemen eerst aan dat enkel Doel 1 en Doel 2 zijn getroffen en dat de systemen van Doel 3, Doel 4 en WAB beschikbaar zijn. Achteraan lichten we toe wat de impact is als ook Doel 3, Doel 4 en WAB zijn getroffen.

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Koeling

Met de 1ste en 2de niveau systemen houdt men de reactoren gekoeld via de stoomgeneratoren. Omdat de koude stilstandkoeling (EC-luchtkoelers) niet meer in dienst kan worden genomen moet men onbepaald op stoomgeneratorkoeling blijven staan. Er is genoeg watervoorraad op de site om dit een paar maanden warm gestopt te houden. Om de warmteoverdracht in de stoomgeneratoren optimaal te houden zal men al vroeger overgaan op beter geschikt water. Met de 2de niveau systemen kan men bovendien de dichtingen van de primaire pompen blijven koelen en de primaire inventaris op peil houden.

In dit scenario zijn de (zelfgekoelde) AFW-pompen (2 x motorpomp & 1 x turbopomp) beschikbaar om de stoomgeneratoren te voeden. De inventaris van de AFW-tank en MW-tanks wordt hiervoor gebruikt.

Als die waterreserves leeg zijn, kunnen de stoomgeneratoren worden gevoed door de EF-pompen (1 pomp per eenheid - 1 EF-tank van 380 m³ per eenheid). De EF-pompen kunnen nadien nog worden gevoed worden vanuit de LU-vijvers van Doel 3&4 (3 x 30.000 m³).

Omdat de SC-kring niet in dienst kan worden genomen moet men onbepaald in deze toestand blijven. Hiervoor moet men continu water blijven toevoeren naar de stoomgeneratoren. Na 8 uur is dat nog 20 m³/uur. Het vereiste debiet neemt af in de mate dat de nakomende warmte afneemt. De eerste week is iets meer dan 1000 m³ water nodig per eenheid.

De waterreserves van Doel 1&2 geven een autonomie van meer dan tien dagen per eenheid. Met de inhoud van de LU-vijvers van Doel 3&4 kunnen de stoomgeneratoren van Doel 1 en Doel 2 in principe enkele maanden gevoed worden.

Injectie naar de dichtingen van de primaire pompen is mogelijk via de RJ-kring. De voorraad aanwezig in de RJ-tank volstaat om gedurende 25 uur te injecteren naar de dichtingen van de RC-pompen en de primaire kring. Deze 25 uur volstaan om de RC-kring tot 130°C af te koelen met de AFW en EF. Vanaf 135 °C mag de injectie naar de dichtingen worden gestopt.

Zolang de andere eenheden niet getroffen zijn kan vanuit andere eenheden via WAB bovendien onbepaald nieuw boorzuur worden aangevoerd.

De bijvulling van de stoomgeneratoren wordt opgevangen door het shift controlezaalpersoneel met de toepasselijke procedures ERG en FR.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario.

- Met de toevoer van water uit de vijvers vanuit Doel 3&4 kan de primaire kring van beide eenheden enkele maanden gekoeld worden via de stoomgeneratoren. Dit is tijd genoeg om een alternatieve watertoevoer naar de stoomgeneratoren te herstellen.
- De autonomie van de RJ injectie naar de primaire pompen bedraagt 25 uur en is voldoende om een primaire temperatuur te bereiken waarbij geen injectie naar de dichtingen van de primaire pompen meer nodig is.

RC-kring open

> Koeling

Om dit scenario op te vangen laat men het water in de reactor koken om de splijtstof gekoeld te houden. De reactor wordt op peil gehouden door boorhoudend water toe te voegen via de 2 RJ-pompen. Indien de andere eenheden niet getroffen zijn kan van uit andere eenheden via WAB bovendien onbeperkt nieuw boorzuur aangevoerd worden naar het GNS. Indien één van de twee RJ pompen de dichtingen van de primaire pompen van de andere eenheid zou moeten koelen moet men terugvallen op de gravitaire bijvulling met de RWST.

Als back up kan men ook de RWST gravitair leegdrainen naar de reactor via de SC-kring. Deze gravitaire back-up bijvulmogelijkheid is mogelijk tot de druk in het reactorgebouw is opgelopen tot 1,56 bara. Zodra deze druk is bereikt vullen de sproeipompen de reactor verder bij vanuit de RWST via de SC-kring. Als de andere eenheden niet getroffen zijn kan ook de RWST onbeperkt vanuit andere eenheden via WAB aangevuld worden. Het duurt meer dan tien dagen vooraleer de volledige inventaris van de 2 RWST-tanks is verdampt.

Na een verlies van alle koudebronnen wordt het reactorgebouw hermetisch afgesloten om te vermijden dat de gevormde stoom in de omgeving terechtkomt. Hierdoor komt het reactorgebouw op druk. Ten vroegste na 3 dagen zal de bezwijkdruk van het reactorgebouw bereikt worden. Door via de SP-kring koud water te sproeien in het reactorgebouw kan dat tijdstip uitgesteld worden. Voor die tijd moet de CC-kring of EC-kring terug in dienst gesteld kunnen worden. Als dit niet lukt moet de overschot aan stoom via de tussenruimte en de schouw op een gecontroleerde wijze afgeblazen worden naar de atmosfeer.

Het bijvullen met water van de reactor en het bijvullen van de RWST's gebeurt door het shift controlezaalpersoneel met de toepasselijke procedures U en BK. De werkwijze voor het afblazen van het reactorgebouw van op de controlezaal is ook beschreven in een procedure BK.

> Cliff Edge effects

- Binnen het uur gaat het water in de reactor koken. Door de vorming van stoom wordt de toegang tot het reactorgebouw op termijn bemoeilijkt.
- Er zijn voldoende middelen beschikbaar om de reactor gevuld te houden (RJ-pompen, gravitair ledigen RWST, opvullen reactor met SP-pompen). Hierdoor blijft de splijtstof gekoeld.
- Door het bijvullen zal ten vroegste na 3 dagen de druk in het reactorgebouw zijn gestegen tot de bezwijkdruk. Tegen die tijd moet de 1ste niveau (CC) of 2de niveau (EC) koudebron hersteld zijn. Als dat niet lukt moet men het reactorgebouw op een gecontroleerde wijze afblazen.

Kern in dokken

> Koeling

Om dit scenario op te vangen laat men het water in het splijtstofdok koken en wordt het verdampte water gecompenseerd met vers water. Het koken van het water in de dokken is een efficiënte wijze om de warmte van de splijtstofelementen af te voeren.

De kern blijft gekoeld door het opwarmen en koken van het water in de PL-dokken. Het koken start pas na 15 uur. Het verdampte water zal gecompenseerd worden door bijvulling met MW- of FE-water.

Dit is een eenvoudige operatie en er is voldoende water beschikbaar. Aangezien de bijvulling van deze dokken mag gebeuren met niet-geboreerd water kan alle beschikbare water hiervoor worden gebruikt.

Het bijvullen van de dokken gebeurt door het shift controlezaalpersoneel met de beschikbare procedure A.

> Cliff Edge effects

- Binnen ten vroegste 15 uur gaat het water in het splijststofopslagdok koken. Door de vorming van stoom wordt de toegang tot de splijststofdokken op termijn bemoeilijkt. Daarom is het aangewezen om reeds voor het koken aanvangt de middelen om water toe te voeren klaar te leggen. De beschikbare tijd volstaat ruimschoots om de dokken terug op te vullen.
- Er zijn voldoende middelen en er is voldoende tijd beschikbaar om de PL dokken gevuld te houden. Zonder deze bijvulling duurt het nog 4,8 dagen vooraleer het peil gezakt is tot de bovenkant van de splijststofelementen.

Hele site getroffen

Als de eenheden Doel 3, Doel 4 en WAB ook zijn getroffen blijft de koeling van de reactoren van Doel 1&2 verzekerd. In dat geval moet Doel 1&2 het water van de LU-vijvers delen met Doel 3&4. Daardoor vermindert de grote autonomie die deze vijvers bieden een beetje.

> Cliff Edge effect

Dit zorgt echter niet voor bijkomende Cliff Edge effects.

- Doel 1&2 heeft zelf voldoende waterreserves (AFW, MW, EF) om 10 dagen te overbruggen. Dat is voldoende tijd om een alternatieve watertoevoer voor de stoomgeneratoren te voorzien of de met Doel 3&4 gedeelde LU-vijvers verder aan te vullen met externe middelen.
- Als de hele site is getroffen moeten de beschikbare boorwatervoorraden gedeeld worden. Boorhoudend water is echter alleen nodig in het scenario 'RC-kring open' en op de site zijn er nooit twee revisies tegelijk.

Doel 3&4 Stap 1: verlies van CW + RN

De centrales Doel 3 en Doel 4 zijn ontworpen om zelfstandig een volledig verlies van de eerste alternatieve koudebron op te vangen met behulp van de 2de niveau systemen in de Bunker en de bijhorende watertoevoer vanuit de LU-vijvers.

We nemen eerst aan dat enkel Doel 3 of Doel 4 zijn getroffen en dat de systemen van Doel 1, Doel 2 en WAB beschikbaar zijn. Achteraan lichten we toe wat de impact is als ook de tweede eenheid van Doel 3&4, Doel 1, Doel 2 en WAB zijn getroffen.

Bij verlies van de RN-koeltorens wordt de CC-kring onbeschikbaar. Hierdoor vallen meerdere 1ste niveau veiligheidstuigen zonder koeling.

Volledig verlies van de bijvulling van de RN-koeltorens is zeer onwaarschijnlijk, aangezien er meerdere redundante bijvulmogelijkheden zijn: CW-bijvulling uit de Schelde, CD-bijvulling uit de LU-vijvers (automatisch), bijvulling met brandweerslangen uit de FE-kring (manueel), CW bijvulling uit de Schelde via Doel 1&2 (manueel).

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Koeling

De AF-pompen en de 2de niveau systemen in de Bunker zorgen ervoor dat de centrale wordt afgekoeld en in koude stilstand gehouden.

In dit scenario wordt de primaire kring afgekoeld met de stoomgeneratoren tot temperatuur en druk voldoende zijn gedaald om de stilstandskoeling (SC) in dienst te nemen. De zelfgekoelde AF-pompen (motor & turbo) blijven beschikbaar om de stoomgeneratoren te voeden. Hiervoor worden de watervoorraden van de AF-tank, de MW-tanks en de LU-vijvers gebruikt. Als back-up kunnen de stoomgeneratoren ook gevoed worden door de EF-pompen.

De luchtgekoelde CV-pomp en de RJ-pompen blijven boorhoudend water naar de RC-dichtingen sturen. Zo blijven deze gekoeld.

Na oplijning van de 2^{de} niveau LU-kring worden de noodzakelijke noodtuigen (SC, EA en EF) rechtstreeks gekoeld met water uit de LU-vijvers. Na indienstname van de SC-kring kan de RJ/CV-kring en de AF/EF-kring gestopt worden.

Al deze acties worden uitgevoerd door het shift controlezaalpersoneel met de toepasselijke procedures A en FR.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario. De autonomie van de LU-vijvers bedraagt minstens 26 dagen. Dit is ruim voldoende om met externe acties de vijver terug aan te vullen.

RC-kring open

> Koeling

De 2de niveau systemen (bunker) zorgen ervoor dat de centrale in koude stilstand wordt gehouden. De kern wordt gekoeld via de SC-kring. Na verlies van de CC-kring wordt de SC-kring gekoeld door de LU-kring. Deze overname gebeurt in de meeste gevallen automatisch. Alleen bij halfbeëindiging is dit signaal geblokkeerd en vraagt het maximum ½ uur om de LU-kring op de SC-kring op te lijnen. Binnen het uur gaat het water in de reactor koken. Als het water in de reactor toch zou beginnen koken, wordt het waterniveau op peil gehouden door injectie van boorhoudend water via de luchtgekoelde CV-pomp, 2 RJ-pompen of EA-pompen. Men kan als back-up ook de RWST gravitair leegdrainen naar de SC-kring. Eens de LU-kring in dienst is kan men minstens 26 dagen zo blijven uitbaten.

Het eventueel bijvullen van de reactor met water gebeurt door het shift controlezaalpersoneel met de toepasselijke procedures B.

> Cliff Edge effects

De koeling via de LU-kring wordt binnen maximum ½ uur hersteld. Als de koeling niet hersteld zou worden gaat het water in de reactor binnen het uur koken.

De uitbating op LU-kring kan 26 dagen blijven doorlopen. Dit is ruim voldoende om met externe acties de vijvers terug aan te vullen.

Kern in dokken

> Koeling

De 2de niveau systemen in de Bunker zorgen ervoor dat de PL dokken gekoeld blijven.

Het splijststofopslagdok wordt gekoeld met de PL-kring. Na verlies van de CC-kring wordt de PL-kring gekoeld door de LU-kring. Het vraagt 1 uur om de LU-kring op de PL-kring op te lijnen. Ondertussen blijft de kern gekoeld door het opwarmen van het water in de dokken. Dat water kookt pas na respectievelijk 8 uur (Doel 3) en 10 uur (Doel 4). Het is dus niet nodig de PL-dokken bij te vullen.

Eens de PL-kring is opgelijnd naar de LU-kring kan men 26 dagen zo blijven uitbaten.

Het oplijnen van de PL-kring op de LU-kring wordt uitgevoerd door het shift controlezaalpersoneel met de toepasselijke procedure A.

> Cliff Edge effects

De koeling van de dokken via de LU kring wordt binnen het uur hersteld. Dat is veel korter dan de 8 à 10 uur die beschikbaar zijn. Een ongekoeld splijststofdok gaat pas na 8 à 10 uur koken. De uitbating op LU-kring kan 26 dagen blijven doorlopen. Dit is ruim voldoende om met externe acties de vijvers terug aan te vullen.

Hele site getroffen

Als ook de andere eenheden zijn getroffen blijft de koeling van de reactoren van Doel 3 en Doel 4 verzekerd. Doel 3 en Doel 4 maken geen gebruik van systemen van Doel 1&2, behalve een back-upmogelijkheid in het scenario 'kern in dokken'. Als de LU-kring via de FE-kring ook enkele systemen van Doel 1&2 zou voeden vermindert de autonomie van de koelvijvers met enkele dagen. Gezien de zeer grote autonomie blijft er meer dan voldoende tijd over om de vijvers bij te vullen.

> Cliff Edge effects

Andere getroffen eenheden zorgen niet voor bijkomende Cliff Edge effects.

Doel 3&4 Stap 2: verlies van CW + RN + watertoevoer vanuit LU-vijvers

De centrales Doel 3 en Doel 4 zijn niet ontworpen om zelfstandig het volledige verlies van de beide alternatieve koudebronnen op te vangen. Het gelijktijdige, volledige verlies van de eerste en de twee alternatieve koude bronnen is zeer onwaarschijnlijk. De koeling van de splijtstof en het behoud van de onderkriticaliteit kan echter nog steeds worden gegarandeerd.

We nemen eerst aan dat enkel Doel 3 of Doel 4 zijn getroffen en dat de systemen van Doel 1, Doel 2 en WAB beschikbaar zijn. Achteraan lichten we toe wat de impact is als ook de tweede eenheid van Doel 3&4, Doel 1, Doel 2 en WAB zijn getroffen.

Door verlies van de LU-vijvers worden tegelijk twee redundante systemen onbeschikbaar: de bijvulling naar de RN-koeltorens vanuit de LU-vijvers via CD en de rechtstreekse koeling van SC en PL door LU. Ook de rechtstreekse LU-toevoer naar de AF-pompen valt weg.

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Koeling

Met de 1ste en 2de niveau systemen kan men de reactoren via de stoomgeneratoren gekoeld houden. De koude stilstandkoeling kan echter niet meer in dienst worden genomen, daarom moet men onbepaald op stoomgeneratorkoeling blijven staan. Er is genoeg watervoorraad op Doel 3&4 om dit 10 dagen te garanderen. Met de 1ste en 2de niveau systemen kan men bovendien de primaire inventaris op peil houden en de dichtingen van de primaire pompen blijven koelen zolang nodig.

In dit scenario zijn de (zelfgekoelde) AF pompen (2 x motor & turbo) beschikbaar om de stoomgeneratoren te voeden. Als back-up kan men ook de EF-pompen gebruiken die korte tijd ongekoeld mogen draaien.

Omdat de SC-kring niet in dienst kan worden genomen moet men onbepaald in deze toestand blijven. Hiervoor moet men in het begin continu 45 m³/uur kunnen blijven toevoeren naar de stoomgeneratoren om de veiligheidsfuncties te waarborgen. Men kan hiervoor gebruik maken van volgende reservoirs:

- AFW: 700 m³ (Technische Specificaties), 2 x 820 m³ (normale inventaris)
- DD: 2 x 500 m³
- MW: 2 x 920 m³
- EW (condensor): 500 m³
- EF: 3 x 20 m³ (Technische Specificaties), 3 x 76 m³ (normale inventaris)

Het vereiste debiet neemt af in de mate dat de nakomende warmte afneemt. Na enkele dagen is het vereiste debiet gedaald tot 21 m³/uur. De normale totale inventaris water (5280 m³) geeft een autonomie van meer dan 2 weken. Dit is ruim voldoende om via externe middelen extra water te voorzien.

De RJ-pompen of de luchtgekoelde CV-pomp blijven boorhoudend water naar de RC-dichtingen sturen om deze te koelen.

Van zodra de RC-kring tot 130°C is afgekoeld mag de RJ-kring worden gestopt. De autonomie van deze injectie bedraagt 75 uur, wat ruimschoots voldoende is om tot 130°C af te koelen. Indien nodig kan vanuit andere eenheden via WAB onbepaald nieuw boorzuur worden aangevoerd.

De bijvulling van de stoomgeneratoren wordt opgevangen door het shift controlezaalpersoneel met de toepasselijke procedures A en FR.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario.

- Er is op Doel 3&4 voldoende water beschikbaar om de primaire kring 2 weken gekoeld te houden via de stoomgeneratoren. Op die tijd kan men de watervoorraadtanks terug opvullen via alternatieve of externe wegen.
- De autonomie van de RJ-injectie naar de primaire pompen bedraagt 75 uur en is voldoende om een primaire temperatuur te bereiken waarbij RJ-injectie niet meer nodig is.
- De autonomie van de luchtgekoelde CV-pomp bedraagt zelfs 2 weken.

RC-kring open

> Koeling

Om dit scenario op te vangen laat men het water in de reactor koken om de splijtstof gekoeld te houden. Het water in de reactor wordt op peil gehouden door boorhoudend water toe te voegen via de luchtgekoelde CV-pomp of 2 RJ-pompen. Als de andere eenheden niet zijn getroffen kan vanuit andere eenheden via WAB onbeperkt nieuw boorzuur worden aangevoerd naar de Bunker.

Als back-up kan men ook de RWST gravitair leegdrainen naar de reactor via de SC-kring. Het duurt meer dan zes dagen vooraleer de volledige inventaris van de RWST-tank verdampt is. Deze gravitaire back-upbijvulmogelijkheid is mogelijk tot de druk in het reactorgebouw is opgelopen tot 1,86 bara. Zodra deze druk bereikt is, ten vroegste na 14 uur, wordt de reactor via een andere weg bijgevuld. Hiervoor doet men beroep doen op de luchtgekoelde CV pomp of 2 RJ pompen.

Zolang de andere eenheden niet getroffen zijn kan ook de RWST onbeperkt vanuit andere eenheden via WAB worden aangevuld.

Na een verlies van alle koudebronnen wordt het reactorgebouw echter hermetisch afgesloten om te vermijden dat de gevormde stoom in de omgeving terecht komt. Hierdoor komt het reactorgebouw op druk. Na 24 uur is de druk maximaal 2,3 bara, nog ruim onder de ontwerpdruk 4,5 bara. Ten vroegste na 3 dagen wordt de bezwijkdruk van het reactorgebouw bereikt. Door via de SP-kring koud water te sproeien in het reactorgebouw kan dit tijdstip wat uitgesteld worden. Voor die tijd moet de CC-kring of LU-kring terug in dienst kunnen worden gesteld. Het bijvullen met water van de reactor en het bijvullen van de RWST's gebeurt door het shift controlezaalpersoneel met de toepasselijke procedures. De werkwijze voor het afblazen van het reactorgebouw via de penetraties van de waterstofrecombinatoren is beschreven in een procedure BK.

> Cliff Edge effects

- Binnen het uur gaat het water in de reactor koken. Door de vorming van stoom wordt de toegang tot het reactorgebouw op termijn bemoeilijkt.
- Er zijn voldoende middelen beschikbaar om de reactor gevuld te houden (RJ-pompen, luchtgekoelde CV pomp en als back-up gravitair ledigen RWST). Hierdoor blijft de splijtstof gekoeld.
- Door het bijvullen zal ten vroegste na 3 dagen de druk in het reactorgebouw zijn gestegen tot de bezwijkdruk. Tegen die tijd moet de 1ste niveau (CC) of 2de niveau (LU) koudebron hersteld zijn.

Kern in dokken

> Koeling

Om dit scenario op te vangen laat men het water in het splijtstofdok koken en wordt het verdampende water gecompenseerd met vers water. Dit is een eenvoudige operatie en er is voldoende water beschikbaar. Het koken van het water in de dokken is een efficiënte methode om de warmte van de splijtstofelementen af te voeren.

De kern blijft gekoeld door het opwarmen en koken van het water in de PL-dokken. Het koken start pas na 8 uur op Doel 3 en na 10 uur op Doel 4. Het verdampende water wordt gecompenseerd worden door bijvulling met water uit de RWST-tank, de MW-tank of de FE-kring. Zolang de andere eenheden

niet zijn getroffen kan FE-water vanuit de TW-tank van Doel 1&2 worden aangevoerd. Aangezien de bijvulling van deze dokken mag gebeuren met niet-geboreerd water kan alle beschikbare water hiervoor gebruikt worden.

Het bijvullen van de dokken gebeurt door het shift controlezaalpersoneel met de beschikbare procedure I.

> Cliff Edge effects

- Binnen ten vroegste 8 uur (Doel 3) of 10 uur (Doel 4) gaat het water in het splijststofopslagdok koken. Door de vorming van stoom wordt de toegang tot de splijstofdokken op termijn bemoeilijkt. Daarom is het aangewezen om reeds voor het koken aanvangt de middelen om water toe te voeren klaar te leggen.
- Er zijn voldoende middelen en er is voldoende tijd beschikbaar om de PL dokken gevuld te houden. Zonder deze bijvulling duurt het nog ongeveer 4 dagen vooraleer het peil gezakt is tot de bovenkant van de splijststofelementen.

Hele site getroffen

Als de andere eenheden ook zijn getroffen blijft de koeling van de reactoren van Doel 3 en Doel 4 toch verzekerd. Doel 3 en Doel 4 hebben geen systemen van Doel 1&2 nodig om deze scenario's op te vangen behalve om de reeds grote autonomie nog te vergroten.

> Cliff Edge effects

Andere getroffen eenheden zorgen niet voor bijkomende Cliff Edge effects.

5.1.5.2. (Externe) acties voorzien om degradatie van de splijststof te vermijden

Op de watervang Doel 1&2 in de Schelde is er een loskade voorzien om van op een schip via de 'Polarisleiding' water te leveren aan de centrale Doel 1&2. Er zijn geen contracten met reders om water te leveren. Er zijn namelijk meer dan voldoende watervoorraden op de site.

Er zijn wel afspraken met de Antwerpse Water Werken (AWW) om de toelevering van stadswater te verhogen naar 115 m³/u. Dat gebeurt op de site door het openen van een extra bypass-afsluiter. Dat kan op een tijdspanne van een tiental minuten.

Omdat dit scenario zeer onwaarschijnlijk is, is er niet voorzien om beroep te doen op andere uitrustingen van buiten de site.

5.1.5.3. Maatregelen die kunnen worden voorzien om de robuustheid van de plant te vergroten

Stoomgeneratoren beschikbaar

De centrales zijn in staat om dit scenario op te vangen. Er zijn geen hardwareaanpassingen nodig. De nodige procedures zijn voorzien en uitvoerbaar met het aanwezige shiftpersoneel.

RC-kring open

De centrales zijn in staat om dit scenario op te vangen. Er zijn geen hardwareaanpassingen nodig. De nodige procedures zijn voorzien en uitvoerbaar met het aanwezige shiftpersoneel.

Kern in dokken

De centrales zijn in staat om dit scenario op te vangen. Er zijn geen hardwareaanpassingen nodig. De nodige procedures zijn voorzien en uitvoerbaar met het aanwezige shiftpersoneel.

5.1.6. Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met verlies van externe stroomvoorziening en verlies van 1^{ste} niveau on-site back-up stroomvoorziening

In normale uitbating maken de centrales gebruik van de Schelde voor de koeling. Op Doel 1&2 wordt met pompen water uit de Schelde naar de warmtewisselaars gestuurd die de intermediaire koelkring (CC) koelen. Op Doel 3&4 worden de RN-koeltorens op peil gehouden met Scheldewater. Bij verlies

van extern stroomnet samen met het verlies van de 1ste niveau veiligheidsdiesels komen de CW-pompen van Doel 1&2 en de bijvulpompen van de RN-koeltorens van Doel 3&4 zonder spanning. Het verlies van het extern stroomnet samen met het verlies van de 1ste niveau-diesels impliceert dus automatisch altijd het verlies van de primaire ultieme koudebron. De besluiten van het scenario 'Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van 1ste niveau on-site back-up stroomvoorziening' (§ 5.1.2.) blijven daarom ook in dit nieuwe scenario toepasbaar.

De centrales in Doel zijn ontworpen om zelfstandig een volledig verlies van het externe net samen met het verlies van de 1ste niveau-dieselgeneratoren in combinatie met het verlies van de primaire ultieme koudebron op te vangen. De reactoren worden in een stabiele toestand gehouden, de kern blijft gekoeld, de splijtstof blijft onderkritisch en er zijn geen radioactieve lozingen.

Op Doel 1&2 en Doel 3&4 wordt het verlies van primaire ultieme koudebron behandeld als het verlies van de koelwatertoevoer (CW, Cooling Water) uit de Schelde.

Bij verlies van externe stroomvoorziening en verlies van de 1ste niveau on-site back-up stroomvoorziening is er geen uitwendig net en is geen enkel dieselaggregaat van het 1ste niveau bedrijfsklaar. Hierdoor valt men terug op de tuigen die gevoed worden door de 2de niveau-diesels, opgesteld in het Gebouw Noodsystemen (Doel 1&2) of de Bunker (Doel 3&4). Omdat de 2de niveau-diesels geen gebruik maken van de primaire ultieme koudebron is dit scenario identiek met het scenario station 'Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van 1ste niveau on-site back-up stroomvoorziening' van hoofdstuk 5.1.2.

5.1.6.1. Autonomie van de site voor degradatie van de splijtstof

De autonomie voor dit scenario is volledig gelijk aan de autonomie beschreven in § 5.1.2.3. In de bespreking van de autonomie wordt nergens gebruik gemaakt van hulpmiddelen die gebruik maken van de Schelde.

5.1.6.2. (Externe) acties die voorzien worden om degradatie van splijtstof te vermijden

De acties om dit scenario op te vangen zijn volledig gelijk aan de acties beschreven in § 5.1.2.4. In de bespreking van de acties wordt nergens gebruik gemaakt van hulpmiddelen die gebruik maken van de Schelde.

5.1.6.3. Maatregelen die kunnen overwogen worden om de robuustheid van de plant te vergroten

De maatregelen om dit scenario beter op te vangen zijn volledig gelijk aan de maatregelen beschreven in § 5.1.2.5. In de bespreking van de maatregelen wordt nergens een maatregel voorgesteld om de primaire ultieme koudebron te herstellen.

5.1.7. Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met een volledige Station Black-out

In normale uitbating maken de centrales gebruik van de Schelde voor de koeling. Op Doel 1&2 wordt met pompen water uit de Schelde naar de warmtewisselaars gestuurd die de intermediaire koelkring CC koelen. Op Doel 3&4 worden de RN-koeltorens op peil gehouden met Scheldewater. Bij een volledige Station Black-out komen de CW-pompen van Doel 1&2 en de bijvulpompen van de RN-koeltorens van Doel 3&4 zonder spanning. Daarom impliceert een volledige Station Black-out automatisch altijd het verlies van de primaire ultieme koude bron.

Op Doel 1&2 en Doel 3&4 wordt het verlies van primaire ultieme koudebron op dezelfde manier behandeld als het verlies van de CW-koelwatertoevoer uit de Schelde.

Bij een volledige Station Black-out is er geen uitwendig net en is geen enkel vast opgesteld dieselaggregaat (1ste en 2de niveau) bedrijfsklaar. Bijgevolg wordt geen enkele pomp van de primaire koudebron nog gevoed en is dit scenario identiek met het scenario Station Black-out. Ook in het hoofdstuk van de Station Black-out wordt niet gerekend op de primaire ultieme koudebron.

De besluiten van het scenario 'Verlies van externe stroomvoorziening (LOOP) en verlies van alle on-site back-up stroomvoorzieningen (Station Black-out)' (§ 5.1.3) blijven daarom ook in dit scenario toepasbaar.

5.1.7.1. Ontwerpautonomie van de site voor degradatie van de splijtstof

De autonomie voor dit scenario is volledig gelijk aan de autonomie beschreven in § 5.1.3.3. van de volledige Station Black-out. In de bespreking van de autonomie van de volledige Station Black-out wordt bovendien nergens gebruik gemaakt van hulpmiddelen die gebruik maken van de Schelde.

5.1.7.2. (Externe) acties die voorzien worden om degradatie van splijtstof te vermijden

De acties om dit scenario op te vangen zijn volledig gelijk aan de acties beschreven in § 5.1.3.4. van de volledige Station Black-out. In de bespreking van de acties van de volledige Station Black-out wordt bovendien nergens gebruik gemaakt van hulpmiddelen die gebruik maken van de Schelde.

5.1.7.3. Maatregelen die kunnen overwogen worden om de robuustheid van de plant te vergroten

De maatregelen om dit scenario beter op te vangen zijn volledig gelijk aan de maatregelen beschreven in § 5.1.3.5. van de volledige Station Black-out. In de bespreking van de maatregelen van de volledige Station Black-out wordt bovendien nergens een maatregel voorgesteld om de primaire ultieme koudebron te herstellen.

5.1.8. Verlies van de primaire ultieme koudebron in combinatie met verlies van externe stroomvoorziening en Ontwerpbasis Aardbeving

In dit scenario wordt verondersteld dat na de Ontwerpbasis Aardbeving (Design Basis Earthquake of DBE) het uitwendige elektriciteitsnet en de primaire ultieme koudebron niet meer beschikbaar zijn.

Bij het verlies van de elektriciteitsvoorziening vanuit het externe elektriciteitsnet moeten alle veiligheidstuigen gevoed worden door de eenheden op de site die niet zijn uitgeschakeld, de op de site aanwezige dieselnoodaggregaten, batterijen en door stoom aangedreven pompen.

In dit scenario kan niet meer rekenen op de noodtuigen die niet bestand zijn tegen een Design Basis Earthquake. Hier wordt aangetoond dat de centrales in Doel zijn ontworpen om zelfstandig het bovenstaande scenario op te vangen.

In § 3.1. 'Seismisch concept' wordt de gebruikte terminologie m.b.t. de aardbeving verduidelijkt. In § 3.1.3.1. 'Structuren, systemen en componenten' wordt aangegeven welke tuigen bestand zijn tegen de aardbeving.

5.1.8.1. Autonomie van de site voor degradatie van de splijtstof

Doel 12

De centrales van Doel 1&2 zijn ontworpen om zelfstandig een volledig verlies van het uitwendige net samen met het verlies van de ultieme primaire koudebron op te vangen. Dit gebeurt met de 2de niveau veiligheidstuigen. Alle 2de niveau veiligheidstuigen van Doel 1&2 zijn volledig ontworpen om te weerstaan aan de Design Basis Earthquake (DBE).

De reactoren worden in een stabiele toestand gehouden. De kern blijft gekoeld, de splijtstof blijft onderkritisch en er is geen radioactieve lozing.

- Op Doel 1&2 wordt het verlies van primaire ultieme koudebron behandeld als het verlies van de koelwatertoevoer (CW, Cooling Water) uit de Schelde.
- Voor de verdere bespreking van dit scenario wordt de terminologie Safety Shutdown Earthquake (SSE) gebruikt. De SSE-drempel is de aardbeving waarvoor de veiligheidstuigen moeten berekend

zijn om te kunnen weerstaan aan de aardbeving die zich kan voordoen op de onderzochte site. In principe moet de DBE drempel minstens gelijk zijn aan de SSE drempel. Zie ook § 3.1 'Seismisch concept'.

Op Doel 1&2 zijn volgende systemen ontworpen voor SSE:

- Alle 2de niveau systemen in het Gebouw Noodsystemen
- De primaire kring (RC)
- De nakoelkring (SC)
- De secundaire kring tot en met het eerste isolatie-element (FW/MS)
- De AFW-turbopomp
- De opslagtank voor gedemineraliseerd water van 1500 m³ (MW)
- De kleine hoog opgestelde opslagtank voor gedemineraliseerd water (100 m³) (AFW).

Bij verlies van externe stroomvoorziening blijven de 1^{ste} niveau en de 2^{de} niveau-diesels bedrijfsklaar. De huidige vier 1^{ste} niveau-diesels zijn niet ontworpen voor SSE. In het kader van het DGS-project worden echter vijf nieuwe 1^{ste} niveau-diesels geïnstalleerd. Deze zijn wel ontworpen voor SSE. Na voltooiing van dit project kan men dan na verlies van externe stroomvoorziening en aardbeving naast de tuigen van het 2^{de} niveau ook nog rekenen op een deel van de tuigen van het 1ste niveau.

We veronderstellen eerst dat enkel Doel 1 en Doel 2 getroffen zijn. Er kan nog gebruikt gemaakt worden van de systemen van Doel 3, Doel 4 en WAB. Achteraan lichten we toe wat de impact is als ook Doel 3, Doel 4 en WAB zijn getroffen.

Stoomgeneratoren beschikbaar

> Koeling

De aardbevingsbestendige 2^{de} niveau systemen in het Gebouw Noodsystemen zorgen ervoor dat de centrale wordt afgekoeld en in koude stilstand gehouden.

Alle veiligheidsfuncties blijven gewaarborgd. Het noodzakelijke vermogen wordt geleverd door de 2^{de} niveau-diesels. Er zijn 2 diesels voorhanden, maar 1 diesel volstaat voor het voeden van de verbruikers van beide eenheden. Volgens het Veiligheidsrapport volstaat de brandstofvoorraad in het Gebouw Noodsystemen om elke diesel gedurende minstens twee dagen 1 MW te laten leveren. Als men de borden in het Gebouw Noodsystemen onderling verbindt (zodat 1 dieselgroep beide eenheden voedt) en men minder noodzakelijke verbruikers uitschakelt (verwarming, ventilatie op halve kracht) dan volstaat de brandstofvoorraad voor minstens 4 dagen.

Als men bovendien de voorraad van de nieuwe 1ste niveau-dieselgroepen gebruikt voor het voeden van de dieselgroepen in het Gebouw Noodsystemen volstaat de brandstofvoorraad voor meer dan 1 maand.

De nakomende warmte wordt afgevoerd met behulp van de 2de niveau EF-kring. Deze heeft een voorraad van 400 m³ per eenheid, voldoende voor een autonomie van 8 uur. Daarna wordt de EF-tank vanuit de FE-kring (Fire Emergency, brandweerkring) bijgevuld door het openen van verbindingsafsluiter 3FE134 waarna bijvulling via de FE-kring van Doel 3&4 gebeurt (LU-vijvers 2 x 30.000 m³ + reservekoelvijver van 30.000 m³).

Bij verlies van de 1ste niveau-diesels blijft bovendien de AFW-turbopomp beschikbaar voor bijvulling van de stoomgeneratoren vanuit de AFW-tank. De autonomie hiervan is beperkt tot enkele uren omdat deze tank niet meer bijgevuld wordt vanuit de grote MW-tank bij gebrek aan spanning op de 1ste niveauringen.

Na afkoeling met behulp van de EF-kring tot koude stilstand (7 dagen na stop), kan men de nakoelkring (SC-kring) in dienst nemen voor de afvoer van de nakomende warmte. De SC-koelers en -pompen worden gekoeld door de EC-kring van het Gebouw Noodsystemen.

Het op peil houden van de primaire inventaris gebeurt d.m.v. de RJ-kring van het Gebouw Noodsystemen, deze kring zorgt er eveneens voor dat er geïnjecteerd wordt naar de dichtingen van de RC-

pomp. De voorraad aanwezig in de RJ-tank volstaat om gedurende 25 uur te injecteren naar de dichtingen van de RC-pompen en de primaire kring.

> Cliff Edge effects

Er zijn geen Cliff Edge effects voor dit scenario.

- Er is genoeg watervoorraad aanwezig op de site om af te koelen tot men voor koeling van de SC-kring kan overschakelen op de EC-kring. Na deze overschakeling wordt de primaire kring door de SC-kring gekoeld en is er geen watertoevoer meer nodig.
- Na ongeveer 5 dagen moeten de 2de niveau-diesels bijgevuld worden met brandstof. Dat is ruim voldoende tijd om brandstof te halen van op andere plaatsen binnen of buiten de site.

RC-kring open

> Koeling

De 2de niveau systemen zorgen ervoor dat de centrale in een koude stilstand gehouden wordt.

De afvoer van de nakomende warmte van de geopende reactor gebeurt m.b.v. SC-pompen die worden gevoed door de 2de niveau-diesels. De koeling van de SC-pompen en -koelers wordt overgenomen door de EC-kring. Indien de inventaris van de RC-kring moet worden aangevuld kan dit gebeuren m.b.v. de RJ-kring. De EC-kring is gemeenschappelijk voor Doel 1 en Doel 2, en kan per eenheid 4,25 MW aan nakomende warmte afvoeren. 4,25 MW is de nakomende warmte ongeveer één week na stop van de centrale. Doordat er echter steeds slechts 1 eenheid koud gestopt is met geopende reactor, is het mogelijk om de volledige capaciteit van de EC-kring te gebruiken voor de eenheid met geopende RC-kring. Zo kan de nakomende warmte vanaf dag 1 na stop (8 MW) volledig m.b.v. de EC-kring gekoeld worden.

Als de koeling niet hersteld wordt begint het water in de reactor binnen het uur te koken. Deze tijd is afhankelijk van de tijd na stop, het waterpeil in de reactor en de mogelijkheid om het waterpeil te verhogen. De oplijning van de EC-kring duurt 45 minuten. De inventaris van de RC-kring zal dan worden aangevuld met de RJ-kring ($2 \times 4,96 \text{ m}^3/\text{u}$). De RJ-kring is echter niet in staat om tegelijkertijd een eerste eenheid van dichtingswater te voorzien en een tweede open reactor 3 dagen na stop gevuld te houden. 3 dagen na stop is een debiet van $9 \text{ m}^3/\text{u}$ RJ-water nodig om het verdampte water van de open reactor te compenseren. Daarom schrijft procedure U6 voor om de reactor bij te vullen met de SC-pomp of gravitair vanuit de Refueling Water Storage Tank (RWST). De RWST is niet volledig seismisch, maar het onderste gedeelte wel. De bodem is conisch uitgewerkt in de betonnen sokkel en het onderste gedeelte van de tank is ook ingekuipt in beton. Na aardbeving zal er nog genoeg water in staan om gedurende enkele uren de reactor gravitair bij te vullen. De beschikbare hoogte is voldoende om de zeer lage drukval tussen RWST en reactorkuip te overbruggen. Het beschikbare watervolume is dan groter dan 10 m^3 , het volume dat minimaal nodig is om de oplijning naar de EC-kring toe te laten.

Met 1 eenheid met geopende RC-kring en 1 eenheid met stoomgeneratoren beschikbaar volstaat de brandstofvoorraad van de 2de niveau-diesels voor 5,5 dagen.

> Cliff Edge effects

- In de meest penaliserende omstandigheid zal het water in de reactor korte tijd kunnen koken. Dat water blijft koken tot de koeling via de EC-kring na maximum 45 minuten is hersteld. De inventaris wordt op peil gehouden door bijvulling met de RJ-kring of door gravitair de RWST te ledigen naar de RC-kring. De uitbating op EC-kring kan onbeperkt blijven doorlopen. Er moet geen water toegevoerd worden.
- Na 5,5 dagen moeten de 2de niveau-diesels bijgevuld worden met brandstof. Dat is ruim voldoende tijd om brandstof te halen van op andere plaatsen binnen of buiten de site.

Kern in dokken

> Koeling

De 2de niveau systemen zorgen ervoor dat de splijtstofopslagdokken gekoeld blijven.

Tijdens een volledige ontlading wordt de kern opgeslagen in de dokken van het Gebouw Nucleaire

Hulpsystemen. Deze dokken worden gekoeld door de PL-kring. Deze kring kan gevoed en gekoeld worden door de 2^{de} niveau uitrustingen. Er zijn 2 PL-pompen die gevoed worden door een 2^{de} niveau-voeding. In het 2^{de} niveau is ook een PL-luchtkoeler voorzien voor de afvoer van de warmte van de dokken van het Gebouw Nucleaire Hulpdiensten.

Als er rekening gehouden wordt met 1 eenheid in warme stilstand en 1 eenheid waarvan de kern volledig is ontladen dan volstaat de dieselvoorraad in het Gebouw Noodsystemen voor 7 dagen.

> Cliff Edge effects

- De PL-kring wordt binnen de 1,5 uur uitgelijnd naar het Gebouw Noodsystemen. Dat is sneller dan de beschikbare tijd van 15 uur, voor het koken aanvangt.
- De PL-kring is een gesloten kring. Er moet geen water toegevoerd worden.
- Na 7 dagen moeten de 2de niveau-diesels bijgevuld worden met brandstof. Dat is ruim voldoende tijd om brandstof te halen van op andere plaatsen binnen of buiten de site.

Hele site getroffen

Als de andere eenheden ook getroffen blijft de koeling van de reactoren van Doel 1&2 verzekerd.

Op korte termijn wordt dit scenario volledig opgevangen met de systemen van Doel 1&2. Voor het scenario 'stoomgeneratoren beschikbaar' rekent men na 8 uur op de FE-kring die water zal onttrekken uit de LU-vijvers van Doel 3&4. De voeding van de FE-pomp van Doel 3 blijft verzekerd als ook Doel 3 en Doel 4 getroffen zijn door dit scenario.

De voorraad van de LU-vijvers moet gedeeld worden met de andere getroffen eenheden. Op Doel 1&2 is er iets meer dan 1000 m³ water per reactor nodig om de nakomende warmte gedurende 1 week af te voeren. Dit betekent dus een extra verbruik van de LU-vijvers van 2000 m³ voor de twee reactoren samen. De voorraad (3 x 30.000 m³) is voldoende groot.

> Cliff Edge effects

Andere getroffen eenheden zorgen niet voor bijkomende Cliff Edge effects.

Doel 34

De centrales Doel 3 en Doel 4 zijn ontworpen om zelfstandig een volledig verlies van het uitwendige net samen met het verlies van de ultieme primaire koudebron op te vangen. De 1ste niveau en 2de niveau veiligheidsstuigen van Doel 3 en Doel 4 zijn allemaal volledig ontworpen om te weerstaan aan de SSE.

De reactoren worden in een stabiele toestand gehouden. De kern blijft gekoeld, de splijtstof blijft onderkritisch en er zijn geen radioactieve lozingen.

- Op Doel 3&4 wordt het verlies van de primaire ultieme koudebron behandeld als het verlies van de koelwatertoevoer uit de Schelde. De CC-kring wordt altijd gekoeld via de RN-kring. Als de CW-toevoer van de Schelde wegvalt, wordt automatisch overgeschakeld op de CD-kring om het inventarisverlies in de RN-koeltoren te compenseren.
- Bij verlies van externe stroomvoorziening blijven de 1ste en de 2de niveau-diesels bedrijfsklaar.

De behandeling van dit scenario is identiek aan deze in § 5.1. 'Verlies van externe stroomvoorziening'. Het verlies van het uitwendig net gaat altijd samen met het verlies van de primaire ultieme koudebron. De besluiten van deze paragraaf blijven daarom ook in dit nieuwe scenario toepasbaar.

5.1.8.2 Voorziene (externe) acties om degradatie van de splijtstof te vermijden

Van Elia wordt verwacht dat ze de centrale zo snel mogelijk terug van spanning voorziet. Zie § 5.1 voor de beschrijving van de hiervoor beschikbare werkwijzen en de bijhorende hersteltijden.

Op de watervang Doel 1&2 in de Schelde is er een loskade voorzien om van op een schip via de 'Polarisleiding' water te leveren aan de centrale Doel 1&2. Er zijn geen contracten met reders om water te leveren. Er zijn voldoende watervoorraden op de site.

5.2

Voor de gebruikte splijtstof in het splijtstofcontainergebouw

De opslag van gebruikte splijtstof in de containers opgesteld in het splijtstofcontainergebouw SCG is volledig passief. De splijtstof wordt opgeslagen in transportcontainers die bestand zijn tegen extreme omstandigheden die kunnen voortkomen uit ongevallen op de weg. Het opslaggebouw zorgt samen met de container voor de biologische bescherming en een verbeterde warmteafvoer in normale omstandigheden.

Er is geen elektriciteit of actieve koudebron nodig om de containers te koelen.



Verlies van uitwendig net, verlies van de 1^{ste} niveau-diesels, verlies van de 2^{de} niveau-diesels, verlies van de primaire ultieme koudebron en verlies van de alternatieve koudebronnen hebben geen enkele impact op de koeling of integriteit van de containers opgesteld in het SCG.

6

SEVERE ACCIDENT MANAGEMENT



6 Severe accident management

p. 174

6.1 Organisatie om een ongeval en zijn gevolgen te beheren

p. 174

6.1.1. Geplande organisatie

- 6.1.1.1. Organisatie door de uitbater
- 6.1.1.2. Gebruik van bestaande hulpmiddelen
- 6.1.1.3. Gebruik van mobiele hulpmiddelen, beschikbaarheid van deze middelen en de tijd nodig om deze op de site te brengen en in dienst te nemen
- 6.1.1.4. Beschikbaarheid van hulpbronnen
- 6.1.1.5. Beheer van radioactieve lozingen
- 6.1.1.6. Communicatie- en informatiesystemen (intern en extern)

6.1.2. Mogelijke storingen met betrekking tot maatregelen ter bestrijding van accidenten en hiermee geassocieerd management

- 6.1.2.1. Ernstige schade aan de infrastructuur
- 6.1.2.2. Hoge stralingsdosissen, radioactieve besmetting en verwoesting op de site
- 6.1.2.3. Management van zware ongevallen met externe oorsprong (aardbeving, overstroming)
- 6.1.2.4. Onbeschikbaarheid van voedingen
- 6.1.2.5. Mogelijke falen instrumentatie
- 6.1.2.6. Mogelijke impact vanuit naburige installaties

6.2 Kernreactoren

p. 191

6.2.1. Verlies van kernkoeling

- 6.2.1.1. Maatregelen om kernschade (onder hoge druk) te vermijden
- 6.2.1.2. Curatieve maatregelen nadat kernschade is opgetreden
- 6.2.1.3. Cliff edge effecten en hun timing
- 6.2.1.4. Toereikendheid bestaande maatregelen en mogelijke bijkomende maatregelen

6.2.2 Maatregelen en ontwerpkenmerken ter vrijwaring van het containment nadat kernschade is opgetreden

- 6.2.2.1. Beheer van waterstofconcentraties in en rond het containment
- 6.2.2.2. Vermijden van overdruk in het containment
- 6.2.2.3. Vermijden van herkritischeit

- 6.2.2.4. Vermijden van basemat melt through: behoud van corium in het reactorvat
- 6.2.2.5. Alternatieve elektrische voedingen ter vrijwaring van de integriteit van het containment
- 6.2.2.6. Cliff edge effecten en hun timing
- 6.2.2.7. Toereikendheid bestaande maatregelen en mogelijke bijkomende maatregelen

6.2.3. Curatieve maatregelen bij verlies van integriteit containment

- 6.2.3.1. Toereikendheid bestaande maatregelen en mogelijke bijkomende maatregelen

6.2.4. Herstel stabiele toestand

6.3 Opslag gebruikte splijtstof

p. 211

6.3.1. Maatregelen om de gevolgen van verlies van koeling van de splijtstofdokken te beheersen

- 6.3.1.1. Cliff edge effecten en hun timing
- 6.3.1.2. Toereikendheid bestaande maatregelen en mogelijke bijkomende maatregelen

6.3.2. Specifieke punten

- 6.3.2.1. Toereikendheid en beschikbaarheid instrumentatie
- 6.3.2.2. Beschikbaarheid en bewoonbaarheid van de controlezaal
- 6.3.2.3. Mogelijke waterstofaccumulatie
- 6.3.2.4. Herstel stabiele en gecontroleerde toestand

6

Severe Accident Management

In alle omstandigheden, zowel bij een normale werking als in ongevalsomstandigheden, zullen de operatoren de voorgeschreven procedures volgen. We waken erover dat die procedures te allen tijde up to date zijn: regelmatig worden daartoe de opgedane ervaringen – nationaal en internationaal – in de procedures verwerkt.

Zodra een crisissituatie ontstaat, wordt een intern noodplan afgekondigd en worden alle wachttolleden opgeroepen. Het noodplan in Doel voorziet ook in de mogelijkheid om een beroep te doen op andere medewerkers, eigen personeel maar ook externe specialisten en externe middelen. In het geval zich een zwaar ongeval voordoet, en meer in het bijzonder wanneer een gebeurtenis de ontwerpbasis van de installaties onder druk zet, worden de Severe Accident Management Guidelines, kortweg de BK-procedures gevolgd. De globale aanpak bij de bestrijding van een zwaar ongeval wordt in dit hoofdstuk in detail toegelicht.

6.1

Organisatie om een ongeval en zijn gevolgen te beheren



Bij de activering van het interne noodplan, met de 28 noodplanprocedures, zullen de bedrijfsploegen vanuit de Controlezaal alle wachttolleden oproepen. Die wachttolleden zullen de verschillende noodplancentra gaan bemannen. Zij doen een beroep op alle noodzakelijke medewerkers, ondersteunende diensten en hulpmiddelen, reguliere en niet-conventionele middelen. Ook externe specialisten worden mee ingeschakeld. Er is een beheersplan indien zich radioactieve lozingen voordoet. De communicatie- en informatielijnen zijn uitgetekend. De organisatie is erop uitgelijnd om alle mogelijke situaties op te vangen: incidenten, ongevallen of **zware ongevallen**.

Zwaar ongeval:

is een reactorongeval dat niet bij het ontwerp van de centrale werd bestudeerd, waardoor de voorziene beveiligingen ontoereikend kunnen zijn om zware kernschade (kernsmelting) te voorkomen. De bestrijding van zware ongevallen wordt vooral proceduriel opgevangen teneinde de schade aan het containment en de emissie van radioactiviteit in de omgeving te beperken.

6.1.1. Geplande organisatie

Bij een nucleair ongeval zijn het in de eerste plaats de bedrijfsploegen ondersteund door de agenten stralingsbescherming in shift, de brandweerploeg en de medewerkers van site security in shift, die op de site aanwezig zijn, die het ongeval zullen opvangen. De bedrijfsploegen bevinden zich in de Controlezaal. Vanuit de Controlezaal roepen ze de wachttrollen op. De wachttrollen begeven zich naar de verschillende noodplancentra:

- De Bedrijfskamer (BK), op dezelfde plaats als de controlezaal, is het zenuwcentrum van het Severe Accident Management (SAM); van daaruit worden acties naar de installaties toe genomen.
- In het On Site Technical Support Centre (OTSC) worden interventies en ingrepen in de installaties en de acties op langere termijn voorbereid.
- In de Noodplankamer (NPK) worden de gegevens geconsolideerd, wordt de communicatie met de overheden gecoördineerd, en wordt de eventuele verspreiding van radioactiviteit in de omgeving berekend.

6.1.1.1. Organisatie door de uitbater

A. Bedrijfsploegen en wachttrollen, noodplaninfrastructuur op de site

Bedrijfsploegen

De Accident procedures worden hoofdzakelijk door bedrijfspersoneel uitgevoerd.

De verschillende bedrijfsploegen zijn bemand volgens de voorschriften van de Technische Specificaties (TS).

Tabel 1 ↘

Bemanning van de bedrijfsploegen volgens de Technische Specificaties

Eenheid	Toestand	Aantal leden
Doel 1&2	Doel 1&2 in bedrijf	9
Doel 1&2	Doel 1 of Doel 2 in koude toestand	9
Doel 1&2	Doel 1&2 in koude toestand	7
Doel 3&4	Doel 3&4 in toestand 1 tem 4	13
Doel 3&4	Doel 3 of Doel 4 buiten toestand 1 tem 4	9
Doel 3&4	Doel 3 en Doel 4 buiten toestand 1 tem 4	7
WAB	Te allen tijde	2

De bedrijfsploegen worden bijgestaan door de dienst Stralingsbescherming, de brandweerploeg en Site Security.

- Zes agenten van de dienst Stralingsbescherming (SB) werken in shift in het afval- en waterbehandelingsgebouw. Daarnaast is een agent SB in shift aanwezig in elke bedrijfsploeg. Dus een agent SB in shift op Doel 1&2, een agent SB in shift op Doel 3 en een agent SB in shift op Doel 4.
- Vijf brandweerlieden zijn permanent standby. Zij kunnen interveniëren voor allerlei handelingen, zoals het plaatsen van slangen voor de voeding van de AFW-tank.
- De bewakingsagenten in doorlopende dienst (Site Security) maken deel uit de cel Bewaking.

Wachttrollen

In het kader van de noodplanorganisatie zijn wachttrollen voorzien.

- Er zijn minimum vijf leden per wachtrol.
- Elk lid van een wachtrol wordt verwacht 12 uur in dienst te blijven.
- De vervanging wordt verzekerd door de andere leden van de wachtrol onder de leiding van Wachtrol Zone.
- De verschillende leiders van de functionele cellen kunnen extra medewerkers oproepen.



Design Based Accidents (DBA):

Referentieongevallen of reactorongevallen die bij het ontwerp van de centrale bestudeerd werden en waarvoor de beveiligingen ontworpen zijn teneinde kernschade te voorkomen en de emissie van radioactiviteit in de omgeving te vermijden.

Tabel 2 ↘

Wachtrolleden binnen de noodplanorganisatie

Wachtrol	Taken	Beschikbaarheid
Wachtrol zone	Emergency Director	< 2 uur
Wachtrol zone bis	Adjunct van de Emergency Director	< 2 uur
Wachtrol 1	Leider van de cel Uitwendige veiligheid	<15 min.
Wachtrol 2 WAB/Site	Leider van de cel Water- en radioactief afval	< 30 min.
Wachtrol 2 BIS A	Belast met specifieke taken Uitwendige veiligheid	< 30 min.
Wachtrol 2 BIS B	Leider van de cel Technische ondersteuning KCD	< 15 min.
Wachtrol Arbeids- Geneesheer	Leider van de cel Medische verzorging	< 2 uur
Wachtrol Verpleging	Ter beschikking van de cel Medische verzorging	< 30 min.
Wachtrol 3 A	Leider van de cel Inwendige veiligheid	< 30 min.
Wachtrol 3 B	Belast met uitwendige veiligheid op de site	< 15 min.
Wachtrol 2 Doel 1&2	Leider van de cel Bedrijf voor Doel 1&2	< 15 min.
Wachtrol 2 Doel 3&4	Leider van de cel Bedrijf voor Doel 3&4	< 15 min.
Wachtrol STA Doel 1&2	Permanente en onafhankelijke overwaking van de veiligheidstoestand van Doel 1&2	< 15 min.
Wachtrol STA Doel 3&4	Permanente en onafhankelijke overwaking van de veiligheidstoestand van Doel 3&4	< 15 min.

De wachtrolleden begeven zich zo snel mogelijk naar de volgens de procedures afgesproken plaats. De titularissen van wacht zullen binnen de vastgelegde tijdsspanne aanwezig zijn. Beschikbaarheidstesten hebben aangetoond dat 80 % van de andere wachtrolleden (niet titularis op dat moment) binnen de twee uur aanwezig kan zijn.

B. Externe ondersteuning in geval van noodplan

Bij een zwaar ongeval wordt het intern noodplan afgekondigd. De noodplanorganisatie informeert onmiddellijk volgende permanenties:

- CGCCR (het crisiscentrum van de regering)
- Bel V en FANC
- Hulpcentrum 100

Naargelang de aard van het ongeval worden ook de burgemeester, de gouverneur en de brandweer rechtstreeks verwittigd.

De noodplanorganisatie kan beroep doen op volgende externe ondersteuning:

De collega's van de centrale van Tihange**Crisis Management Center Productie België-Luxemburg (CMCPB)**

Bij het Crisis Management Center Productie België-Luxemburg (CMCPB) gelocaliseerd in Brussel worden een aantal functies voorzien:

- voorzitter,
- knowledge officer,
- communication,
- human resources,
- nuclear generation,

- conventional generation,
- public affairs,
- legal.

Indien nodig worden bijkomende specialisten opgeroepen, actief in volgende domeinen:

- health and safety,
- nuclear and radiation protection,
- milieu,
- verzekeringen.

Het Crisis Management Center heeft als missie:

- de getroffen entiteit te ondersteunen in het nemen van beslissingen op strategisch niveau
- de getroffen entiteit te ondersteunen op financieel gebied, materiële hulp te bieden en ondersteuning op gebied van personeel
- de communicatie met de buitenwereld (pers) op zich te nemen en met de getroffen entiteit af te stemmen over deze communicatie
- diverse experten ter beschikking te stellen van de getroffen entiteit.

Tractebel Engineering (TE)

Tractebel Engineering (TE) zorgt voor de technische ondersteuning van de site. De Tractebel Engineering Crisis Cel is binnen de vier uur na oproep beschikbaar voor advies, prognoses en antwoorden op technische vragen vanwege de centrales. Een team van specialisten staat paraat. Binnen de vier uur is een minimumbemanning ter plaatse.

Externe hulpdiensten

Met verschillende externe hulpdiensten zijn protocolakkoorden afgesloten. Volgende diensten staan klaar om 24 uur op 24 ondersteuning te leveren:

- de brandweer van Beveren;
- de politie – voor subversieve acties op de site;
- het ZNA Middelheim – er zijn permanent acht bedden ter beschikking, en er is de mogelijkheid om het ziekenhuis te ontruimen zodat de volledige capaciteit kan worden benut;
- het Hôpital des Armées françaises (Percy) - Paris – voor overbrenging van slachtoffers met een potentiële overbestraling.

Het SCK-CEN in Mol staat klaar om te adviseren bij de behandeling van besmette en bestraalde personen, bij hun dosisevaluatie, en om laboratoriumanalyses uit te voeren.

Ook de civiele bescherming is te allen tijde oproepbaar, via de provincie Oost-Vlaanderen en de gemeente Beveren. Zij brengt geschikt materiaal ter plaatse.

Ondersteuning door contractanten en externe firma's

Electrabel heeft verschillende contracten lopen met externe bedrijven die zorgen voor apparatuur en materiaal in geval van nood.

- Areva en Westinghouse. Kerncentrale Doel beschikt over 'hot line' nummers = noodtelefoonnummers die permanent bereikbaar zijn
- INPO (Institute of Nuclear Power Operators). Dit ENT (Emergency Notification Telephone) – telefoonnummer is permanent bereikbaar. Via dit noodnummer kan assistentie (technische expertise, informatie betreffende speciale uitrusting beschikbaar gesteld worden, nuttige adressen, ...) gevraagd worden in noodsituaties.

Tabel 3

Ondersteuning door contractanten en externe firma's

Apparatuur en/of materiaal	Timing en resources
Levering en interventie bekabeling	Binnen 24 uur
Levering fuel voor diesels	Binnen 25 uur
Decontaminatie	Binnen 4 uur: 38 personen Binnen 48 uur: 65 personen
Stellingbouw	Binnen 24uur: 12 personen (in shifts van 2 uur)
Herstelling mechanische werken	Binnen 2 uur: ca. 100 mecaniciens-paswerkers Binnen 2 uur: ca. 20 draaiers-frezers
Levering kranen	Binnen 4 uur
Levering boorzuur	Binnen 15 werkdagen
Herstelling instrumentatie	Binnen 24 uur
Levering chemicaliën	Leveringstijd varieert per product tussen 12 en 48 uur
Herstelling elektrische motoren	Binnen 5 uur
Herstelling ventilatie	Binnen 4 uur: 1 technicus
Levering industriële gassen	Leveringstijd varieert per gas tussen 6 en 12 uur
Huur koel- en stroomgroepen	Binnen 24 uur (korter indien beschikbaar in Benelux): standaarmateriaal Binnen 3 dagen: ventilatie RGB
Herstelling pompen	Geen specifieke voorzieningen
Laswerken	Geen specifieke voorzieningen

Eigen hulpdiensten

Doel beschikt daarnaast over een aantal eigen hulpdiensten:

- een volledig uitgeruste brandweergarage voor het bestrijden van een brede waaier van gebeurtenissen (brand, explosie, overstroming, vrijstelling producten met gevaarlijke eigenschappen) . Verschillende brandweerwagens en 1 commandowagen (zenuwcentrum op het terrein met ondersteunende interventiehandboeken en communicatiemiddelen), meerdere mobiele afvalwaterpompen en AFFF-schuim zijn beschikbaar.
- **een polyvalente brandweerwagen met slangen, motoraangedreven pompen, ... zal aangekocht worden.**
- allerhande logistiek materiaal (zandzakken, compressoren om persluchtflessen bij te vullen op site en buiten site,...).
- 2 volledig uitgeruste meetwagens om radiologische metingen uit te voeren op site en buiten site
- een aanhangwagen met 1200 pakketten PBM's.
- Vooruitgeschoven Medische Post (VMP) met uitgerust verplegers- en dokterskabinet en triagezones.
- Er is een helikopterlandingsplaats.
- bewaking ter bescherming tegen indringing op de site.

Andere middelen

Kerncentrale Doel/Electrabel heeft op eigen initiatief nog enkele bijkomende overeenkomsten gesloten:

- Transportpermanentie verzorgd door Transnubel. Kerncentrale Doel kan permanent beroep doen op een bus voor transport van materiaal en/of mensen. Er zijn quarantaine zones ingericht in de bus. Deze bus is beschikbaar op korte termijn na oproep en de chauffeurs zijn opgeleid.
- Medische hulpverlening radiologische slachtoffers door ZNA Middelheim en Hôpital des Armées

françaises (Percy) – Paris, er vinden oefeningen plaats met deze organisaties op basis van een realistisch scenario.

- Psychosociale opvang voor mensen die een traumatische gebeurtenis hebben meegemaakt door POBOS
- Extern opvang/decontaminatiecentrum Puyenbroeck te Wachtebeke (op 45 km van Kerncentrale Doel) van de overheid waarop Kerncentrale Doel beroep kan op doen. Er is infrastructuur aanwezig om de mensen en voertuigen te controleren op aanwezigheid van besmetting, om deze besmetting te verwijderen en om de mensen op te vangen en te voorzien van voedsel en slaapgelegenheid.
- Technische expertise door studiebureau Tractebel in de domeinen thermo-hydraulica, fuel, reactor, instrumentatie, mechanische componenten, elektrische componenten, ventilatie, brand,...

Ondersteuning door overheidsinstellingen

Het KB 17/10/2003 (Federaal Nucleair en Radiologisch Noodplan op Belgisch Grondgebied) beschrijft dat de minister van Binnenlandse Zaken of zijn gemandateerde vervanger alle mogelijke burgerlijke, logistieke en militaire middelen kan opeisen en inzetten teneinde de noodsituatie en de gevolgen van de noodsituatie onder controle te krijgen of in te perken.

In het kader van dit noodplan kan de minister van Binnenlandse Zaken in samenwerking met de exploitanten maatregelen nemen ter bestrijding van de gevolgen van de noodsituatie binnen de installatie. De minister van Binnenlandse Zaken is bevoegd om de bepalingen van de bilaterale en internationale overeenkomsten van hulpverlening in geval van catastrofes en zware ongevallen, afgesloten tussen België en andere landen en organisaties, uit te voeren.

In dit globaal kader, kunnen volgende instellingen en hulpdiensten gevraagd worden om technische ondersteuning te geven aan Kerncentrale Doel:

- KMI (Koninklijk Meteorologisch Instituut)
- WIV (Wetenschappelijk Instituut voor Volksgezondheid)
- SCK-CEN (Studie Centrum voor Kernenergie)
- IRE (Instituut voor Radio Elementen)
- Civiele Bescherming permanente éénheid Liedekerke
- Waterwegen en Zeekanaal NV
- Universiteit Gent
- FOD Defensie departement Landsverdediging
- Brandweer Beveren. Met Brandweer Beveren is een formeel samenwerkingsverband in 2010 van kracht gesteld in een protocolakkoord. Dit protocolakkoord legt de modaliteiten rond training, communicatie, bevelvoering interventies en dosimetrie-aspecten vast.

C. Procedures

Doel beschikt over 28 noodplanprocedures (NP), die rechtstreeks gelieerd zijn aan het noodplan, aanvullend met tientallen andere procedures en documenten (praktische richtlijnen). Al deze procedures ter bestrijding van nucleaire ongevallen worden regelmatig geactualiseerd. De noodplanhandleiding (NP/02) wordt met bijzondere aandacht bijgewerkt en bijgehouden.

De bedrijfsploegen hanteren **accidentprocedures (ERG's)** en **severe accidentprocedures (BK's)** wanneer zich een ongevalssituatie zou voordoen.

D. Opleiding en oefeningen

Competente wachtrollen

Alle medewerkers met een specifieke functie bij de noodplanprocedures krijgen een individueel aangepaste opleiding, rekening houdend met hun voorkennis. De opleidingsonderwerpen zijn bepaald per wachtrol en per functie in de noodplanwerking, op basis van de specifieke taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden.

Na het succesvol afwerken van dit initieel opleidingsprogramma wordt een wachtrollid na afleggen

ERG- procedures:

Emergency Response Guidelines: accident (ongevals-)procedures die gehanteerd worden voor referentieongevallen.

BK-procedures:

bedrijfskamer procedures: bijzondere ongevalsprocedures (hoger) die worden gehanteerd bij de bestrijding van een zwaar ongeval.

van een kennisproef bevoegd verklaard. Vanaf dan zal iedereen het jaarlijkse terugkeerprogramma voor diens wachtrol moeten volgen. Elk wachtrollid is ook verplicht om elk jaar deel te nemen aan minstens één noodplanoefening, als speler of als scenarist.

Elk jaar worden in Doel een tiental noodplanoefeningen uitgevoerd. Enkele voorbeelden:

- oefening met de overheidsdiensten CGCCR, CELEVAL,... (jaarlijks);
- oefening (site security) met de politie (jaarlijks);
- preventieve oefening ter evacuatie van de site (driejaarlijks);
- grootschalige oefening met overheid, hulpdiensten,... (zesjaarlijks);
- oefening met de brandweer (jaarlijks);
- severe accident oefening (table top) voor WR2 en WRSTA (zesmaandelijks);
- oefening met milieuscenario (jaarlijks);
- volledige oefening (per entiteit) waarbij alle noodplancentra bezet worden (drie per jaar).

Deze oefeningen helpen ons om verder te verbeteren.

Bedrijfspersoneel

Het bedrijfspersoneel en de kaderleden bedrijf oefenen de instructies in de accidentprocedures (ERG's) in op een simulator in het opleidingscentrum. Deze opleiding neemt 9 dagen per jaar in beslag. Er wordt 1 dag besteed aan een specifieke initiële vorming van de bedrijfsploegen en de kaderleden voor het gebruik van de BK-procedures. Er is recyclage voorzien om de 5 jaar. Daarnaast worden de BK-procedures ingeoefend tijdens de noodplanoefeningen (table top) hierboven vermeld.

E. Beschikbare infrastructuur (locaties op site)

Noodplankamer (NPK)

- De Noodplankamer (NPK) beschikt over een verzekerde voeding via hulpdiesels.
- De NPK beschikt over een ventilatie die radioactief jodium en aerosolen kan capteren.
- De NPK kan draaien op interne ventilatie.
- De Noodplankamer is uitgerust met een keuken met voedselvoorraad, sanitaire voorzieningen (douches en toiletten) en persoonlijke beschermingsmiddelen voor het beperken van inwendige besmetting. Er zijn jodiumpillen aanwezig.
- De Noodplankamer beschikt over twee fysiek gescheiden toegangswegen.
- De Noodplankamer is gelegen aan de rand van de site, in de kelder van het toegangsgebouw en geniet dus een goede biologische afscherming.
- Er is voorzien in radiologische overwaking via een omgevingsmeetketen die continu het dosistempo meet.

Bedrijfskamers (BK)

- De Bedrijfskamers (BK) maken fysiek deel uit van de Hoofdcontrolezaal en beschikken over een verzekerde voeding via de veiligheidsdiesels.
- De BK beschikken over een ventilatie die radioactief jodium en aerosolen kan capteren.
- De BK kan draaien op interne ventilatie.
- De BK is uitgerust met een keuken met voedselvoorraad, sanitaire voorzieningen (douches en toiletten) en persoonlijke beschermingsmiddelen voor het beperken van inwendige besmetting. Er zijn jodiumpillen aanwezig..
- Er is voorzien in radiologische overwaking via een omgevingsmeetketen die continu het dosistempo meet.

SPDS:

Safety Parameter Display System: veiligheidspaneel in controlezaal en stafkamer (noodplan) dat overzicht geeft van belangrijkste parameters nodig voor behandelen van reactorongevallen.

DIMOS:

DI-stributed Monitoring S-system: informaticasysteem dat via schermen werkinginformatie* van de installatie geeft aan de operatoren in de controlezaal. (*geen bedieningen uitrustingen).

On Site Technical Support Centra (OTSC)

- Het On Site Technical Support Center (OTSC) van Doel 1&2 maakt deel uit van de machinezaal van Doel 1&2. Het OTSC van Doel 3&4 maakt deel uit van het Gebouw Elektrische Hulpdiensten (GEH) van Doel 4.
- Het OTSC van Doel 3&4 heeft zicht op de belangrijkste parameters van de toestand van de kern via het **SPDS** paneel en op de radioactieve lozingen door de schouwen. Het OTSC van Doel 1&2 heeft zicht op de belangrijkste bedrijfsparameters via **DIMOS**. Het OTSC van Doel 3&4 kan als terugplooi-centrum van het OTSC Doel 1&2 dienen.

- De voeding van het OTSC van Doel 3&4 en van Doel 1&2 is verzekerd via hulpdiesels.
- De mogelijkheid bestaat om op interne ventilatie te draaien. Er zijn filters aanwezig die radioactief jodium of radioactieve stofdeeltjes kunnen tegenhouden.
- De OTSC zijn uitgerust met een keuken met voedselvoorraad (alleen in Doel 3&4), sanitaire voorzieningen (douches (alleen in het OTSC van Doel 3&4) en toiletten) en persoonlijke beschermingsmiddelen voor het beperken van inwendige besmetting. Er zijn iodumpillen aanwezig.
- Er is voorzien in radiologische overwaking via een omgevingsmeetketen die continu het dosistempo meet.

De paraatheid van alle noodplaninfrastructuur wordt opgevolgd via maintenance plans.

6.1.1.2 Gebruik van bestaande hulpmiddelen

Bij een zwaar nucleair ongeval zijn de volgende hulpmiddelen primordiaal:

- niet-geboreerd water om te injecteren in de stoomgeneratoren,
- geboreerd water om te injecteren in de primaire kring of in het reactorgebouw,
- elektriciteit om de vitale pompen aan te drijven.

Severe Accident Management behelst o.m. dat het potentieel van de bestaande installaties maximaal wordt benut, ook al maakt dit ongewone uitlijningen noodzakelijk.

- Bij Doel 3&4 bestaan er vaste verbinding sleidingen tussen de kringen LU (Lac Ultime) en AFW (Auxiliary Feed Water). Die laten toe om AFW-pompen te voorzien van water uit de LU-vijvers.
- Bij Doel 1&2 zijn er aansluitpunten op de AFW-kring voorzien om hetzelfde effect te bekomen met brandweerslangen.
- Zowel bij Doel 1&2 als bij Doel 3&4 bestaan er vaste verbinding sleidingen tussen de kringen SI (Safety Injection) en SP (Containment Spray). Die laten toe om de SI- of SP-pompen alternatief te gebruiken. Op Doel 12 kan dit enkel met open RC-kring.
- Zowel bij Doel 1&2 als bij Doel 3&4 zijn er maatregelen genomen om de Refueling Water Storage Tanks (RWST) alternatief te kunnen bijvullen. Dit is procedurematig uitgewerkt.
- Zowel bij Doel 1&2 als bij Doel 3&4 zijn er maatregelen genomen om elektrische borden alternatief te kunnen voeden. Dit is procedurematig uitgewerkt.

Alternatieve elektrische voedingen vergen straps. De hulpstukken die hiervoor nodig zijn, liggen klaar in de controlezalen. Een speciaal punt vormt de voeding van de batterijen die de meet-, signalisatie- en bedieningskringen voeden.

6.1.1.3. Gebruik van mobiele hulpmiddelen, beschikbaarheid van deze middelen en de tijd nodig om deze op de site te brengen en in dienst te nemen

Indien de alternatieve elektrische uitlijningen volgens de procedures niet lukken, zijn er aldus op de site ook nog mobiele elektrogeengroepen beschikbaar om de gelijkrichters alternatief te voeden gebruik makend van aangepaste schuiven en kabels. Zij zullen het back up 380 V net vormen. Op die manier kan een langere periode van 'station blackout' overbrugd worden, met behoud van de metingen, signalisatie en bediening.

Op dezelfde manier zullen veiligheidsgebonden componenten (compressoren, afsluiters, ...) gevoed worden.

Hierdoor stijgt ook de kans om tijdig de vitale elektrische voedingen te recupereren.

Bij Doel 1&2 zijn er verder ook elektrogeengroepen om de SP-pompen alternatief te voeden. Bij Doel 3&4 bestaat die behoefte niet zo, omdat er meer redundantie aanwezig is.

Prolonged station blackout

Naar aanleiding van de gebeurtenis in Fukushima werd via een systematische studie de mogelijke behoefte aan extra middelen in kaart gebracht. Ons uitgangspunt daarbij was een 'prolonged station blackout', de situatie waarbij alle elektrische wisselspanning plots en gedurende lange tijd verloren gaat. Deze hypothese is omhullend voor alle extreme situaties en brengt alle mogelijke toestanden van de centrale in beeld.

In de eerste plaats is het voorkomen van de kernsmelt onderzocht, met vragen als: welke functies zijn essentieel om een kernsmelt te vermijden, wat zijn de noden van de operatoren om preventief te kunnen optreden. Vervolgens is gepeild naar de behoeften na het verlies van de koeling. Alle gevolgen van een kernsmelt – tot en met het verlies van de containment-functie – werden opgelijst, samen met een overzicht van de nodige middelen om die gevolgen te beperken.

Het resultaat van deze analyse is een tijdslijn per centrale, die in chronologische volgorde aangeeft wanneer een essentiële functie zonder bijkomende middelen niet langer gegarandeerd is. Met 'essentieel' gaat het over het behoud van:

- de afvoer van de nakomende warmte van de kern en de opslagdokken,
- de integriteit van de primaire kring,
- de containment-functie,
- de controle van de reactiviteit.

De respectieve tijdslijnen bieden de mogelijkheid om voor de betrokken functie een alternatief te formuleren, om het tijdstip te bepalen waarop dit alternatief (of niet-conventioneel middel) operationeel moet zijn, en om de nodige capaciteit te voorzien om de functie over te nemen.

Niet-conventionele middelen

De lijst van niet-conventionele middelen – concrete acties die deel uitmaken van deze lijst worden verder in de tekst aangegeven in vet gedrukte tekst - die daaruit voortvloeit, geeft ook aan op welke manier die extra middelen het best worden ingeschakeld. Afhankelijk van de beschikbare tijdspanne en de vereiste capaciteit kunnen we bepalen,

- of het extra middel permanent geïnstalleerd en startklaar moet zijn,
- of het volstaat het middel toe te voegen aan de draagbare of mobiele uitrustingen op de site,
- of eerder (na meerdere dagen) moet worden gezocht naar hulp van buitenaf – hierbij is uitgegaan van het principe dat externe hulp de eerste 72 uur niet beschikbaar is.

Verder is het belangrijk te onderstrepen dat deze niet-conventionele middelen dienen te functioneren ongeacht de toestand van de andere eenheden op de site. Ondersteunende functies zoals de elektrische voeding, de water- en brandstofvolumes die voor de nodige autonomie moeten zorgen, maken eveneens deel uit van de uitgewerkte lijst.

Deze lijst zal in de toekomst getoetst worden aan de middelen die voorzien zijn in de Extensive Damage Mitigation Guidelines (ontwikkeld door de NEI), zodat ook situaties die niet omhuld worden door het uitgangspunt van een abrupt en langdurig verlies van alle elektrische wisselspanning, gedekt zijn.

De huidige noodverlichting zal vervangen worden door noodverlichting met lange autonomie (LED's). Er zullen tevens extra verlichtingstorens aangekocht worden die mobiel kunnen worden ingezet.

De niet-conventionele middelen die niet ter plaatse in de installaties aanwezig dienen te zijn, zullen worden opgeslaan op en stockageplaats op de site die bestand is tegen externe invloeden.

6.1.1.4. Beschikbaarheid van hulpbronnen

Voor de veiligheidsgebonden kringen zijn minimale voorraden vereist. Dit wordt geregeld via de Technische Specificaties (TS). Onderstaande tabellen geven een overzicht van alle alternatieve bronnen en/of items die in uiterste omstandigheden kunnen worden aangesproken – (*) wil zeggen dat er voor die bron geen TS bestaan.

Het is aan de bedrijfsploegen en wachttrollen om deze bronnen aan te wenden. De Bedrijfskamer (BK)-procedures zijn daarbij hun leidraad.

Tabel 4 ↘

Watervoorraad (zonder Boor)

Kring of bron	Bestemd voor
FE	Voeding AFW Doel 1&2
LU	Voeding AFW Doel 3&4
FE	Bijvulling PL-dokken Doel 1&2
FE	Bijvulling PL-dokken Doel 3
FE	Bijvulling PL-dokken Doel 4
FE	Bijvulling EF tank Doel 1&2
TW0R1/MW0R12	Gravitaire bijvulling RW Doel 1&2
M1R1/MW2R1	Gravitaire bijvulling RW Doel 1&2
RW0R1	Gravitaire bijvulling RW Doel 1&2
Sproeipompen draaiende zeef (*)	Bijvulling RW Doel 1&2 met Scheldewater
Schip op Polaris-leiding (*)	Bijvulling RW Doel 1&2
FE	Bijvulling RN koeltorens Doel 3&4
AWW	Bijvulling D1/2TW0R1
TW	Bijvulling van AFW-tank Doel 1&2 met behulp van dieselpomp

Tabel 5 ↘

Watervoorraad (met Boor)

Kring of bron	Bestemd voor
Doel 1&2 PL-dokken	Voeding RWST D1/2
WAB LNP-RR-39/40	Voeding RWST Doel 1&2 en 3&4
WAB PB-RR-01/02/03	Voeding RWST Doel 1&2 en 3&4
WAB PB-RR-26	Voeding RWST Doel 3&4 – EA Doel 3&4
WAB BR-RR-01/02/03/04	Voeding RWST Doel 1&2 en 3&4 – EA Doel 3&4
Doel 1&2 PB OR 8C	Voeding RWST Doel 1&2
Doel 3 PL-RR-01/02	Voeding RWST Doel 3
Doel 3 PL-RR-10/35	Voeding RWST Doel 3
Doel 4 PL-RR-01/02	Voeding RWST Doel 4
Doel 4 PL-RR-10/35	Voeding RWST Doel 4

Tabel 6 ↘

Elektrische voedingen

Kring of bron	Bestemd voor
Elektrogroepen (*)	Voeding gelijkrichters, afsluiters en kleine tuigen
Elektrogeengroepen (*)	Voeding SP-pompen Doel 1&2
ELIA	Voeding hulpdiensten

Tabel 7 ↘

Verbruiksgoederen

Kring of bron	Bestemd voor
Draadbruggen, brugginnen, verlengkaarten, kabels, kabelschoenen, bouten, moeren (*)	Alternatieve voedingswegen voor elektrische borden Doel 1&2 en 3&4
Brandweerslangen (*)	Voeding AFW Doel 1&2
Brandstof voor elektrogroepen (*)	Voeding gelijkrichters
Brandstof voor elektrogeengroepen (*)	Voeding SP-pompen Doel 1&2
Smeerolie (*)	Veiligheids- en nooddieselaggregaten
Catering (voedsel, drank) (*)	KZ Doel 1&2 en 3&4
Filters voor maskers (*)	KZ Doel 1&2 en 3&4
Persluchtflessen (*)	KZ Doel 1&2 en 3&4
Zaklampen en lampen op helmen (*)	op stock
Reservebatterijen (*)	op stock
Zandzakjes (*)	KCD-Brandweer
Boorzuur (*)	Voorbereiding boorzuurwater
Brandstof (fuel) voor diesels	Alle veiligheids- en nooddiesels
Dompelpompen (*)	Strijd tegen overstrooming

Er wordt een studie uitgevoerd om de nodige aansluitpunten te voorzien, zodat fuel uit de voorraad tanks kan worden gezogen. Er is een tankwagen ter plaatse die fuel over de site kan transporteren.

6.1.1.5. Beheer van radioactieve lozingen

Bij een nucleair ongeval dient alle aandacht te gaan naar:

- de lektheid van het reactorgebouw (RGB),
- de vermindering van de druk in het RGB indien het RGB niet meer lektdicht is,
- het jodium en de aerosolen neerslaan door voldoende te sproeien,
- de waterinventaris in het RGB,
- het onder water houden van de splijtstof.

Gasvormige lozingen

Reactorgebouw

Wanneer er radioactiviteit in het reactorgebouw (RGB) vrijkomt, zorgen het containment en de bijbehorende systemen ervoor dat de radioactieve gassen binnen het reactorgebouw blijven. Er is met andere woorden geen lozing naar de buitenwereld. Meer details hieronder:

- Het reactorgebouw wordt automatisch geïsoleerd in de beginfase van het ongeval
- Door de sproei in het reactorgebouw (RGB) worden de radioactieve deeltjes en het jodium afgevangen in het water. Ook door de sproei neemt de druk in het RGB af, wat op zijn beurt het risico op lozingen in de atmosfeer doet afnemen. Indien de sproei 24 uur kan doorgaan, is een reductie van de bronterm tot 1 % haalbaar.

Opmerking: in het reactorgebouw van Doel 3&4 is ook NaOH aanwezig. Dit NaOH maakt dat het jodium op efficiëntere wijze in het water wordt afgevangen.

- Ook de interne ventilatie zorgt ervoor dat de druk in het reactorgebouw daalt.
- Zolang de radioactiviteit in het containment blijft, en er dus geen lozing optreedt, speelt de factor radioactief verval een grote rol. Afhankelijk van de betrokken isotopen kan de bronterm al na een halve dag retentie herleid zijn tot 5 à 25 % afhankelijk van het isotoop.
- Indien het containment toch doorbroken wordt, kunnen gasvormige lozingen die ontsnappen vanuit een vloeistofbad (**Inter System LOCA**) nog een retentie kennen van 80 %.
- De tussenruimte staat op een lagere druk dan de omgevingsdruk en de druk in het reactorgebouw.
- Doel 1&2 beschikt over compressoren in de tussenruimte die eventuele gassen afkomstig uit het primaire containment kunnen terugvoeren naar het primaire containment, om zo op korte termijn de inventaris maximaal binnen het reactorgebouw te houden.

ISLOCA:

Inter System Loss of Coolant accident: reactorongeval waarbij verlies van koelvloeistof via met de primaire kring verbonden systemen.

Gassen die uit het reactorgebouw ontsnappen, komen sowieso terecht in de omringende gebouwen, zijnde de gebouwen van de nucleaire hulpdiensten of de tussenruimte. Indien het nodig is om van het reactorgebouw druk af te laten, zullen er lozingen zijn via de schouw van het reactorgebouw. Momenteel is er geen bijkomend reductiemechanisme voorzien om deze lozingen te reduceren.

Een voorstudie naar haalbaarheid en optimale technologie wat betreft de installatie van een Filtered Containment Vent op alle eenheden zal uitgevoerd worden.

Splijstofbekkens

Bij een ongeval in de splijstofbekkens – met een waterlaag van 10 m – kunnen de lozingen van jodium en van aerosolen beperkt worden tot 0,2 % van de bronterm.

Gebouw van de nucleaire hulpdiensten

Bij radioactieve lozing langsheen het gebouw van de nucleaire hulpdiensten (GNH) wordt de te lozen lucht over filterbatterijen gestuurd

Vloeibare afvalstoffen

Zowel in de kelders van de nucleaire hulpgebouwen als in de kelders van het WAB-gebouw (water en afvalbehandeling) is een grote opslagcapaciteit aanwezig zodat een mogelijke lozing maximaal kan worden uitgesteld.

6.1.1.6. Communicatie- en informatiesystemen (intern en extern)

In de Noodplankamer (NPK) is een videoconferentiesysteem aanwezig waarlangs de communicatie verloopt met het CGCCR, CELEVAL en Electrabel Corporate (CMCPB). Voor het telefonisch contact met de overheid staat een REGETEL-toestel (onafhankelijk van het Belgacom-netwerk) klaar.

Tientallen openbare en directe telefoonlijnen – via het Belgacom-netwerk – zorgen voor contact met de buitenwereld. Om de beschikbaarheid van zowel de interne als externe telefoonlijnen te garanderen wordt gebruikgemaakt van het Emergency Response Facility-systeem (ERF). Dit systeem zorgt ervoor dat niet-noodzakelijke telefoongesprekken naar buitenuit worden geblokkeerd, zodat de lijnen beschikbaar blijven. En verder:

- In de NPK en het OTSC zijn ook enkele Belgacom-faxlijnen voorzien, uitgerust met een alternatieve voeding.

- **Vijf satelliettelefoons kunnen gebruikt worden in het geval de communicatie-infrastructuur vernield zou zijn.**
- Via een ASTRID-zender is rechtstreeks contact mogelijk met de gemeentelijke brandweer van Beveren. Om de medewerkers op de site te informeren zijn volgende middelen beschikbaar:
- Op de televisieschermen (in de verzamellokalen) kunnen vanuit de NPK belangrijke boodschappen geprojecteerd worden.
- Public Address is een intern omroepsysteem via luidsprekers en een sirene.
- De NPK beschikt ook over de noodplaninterfonie om met de verzamellokalen te communiceren. Dit systeem heeft een verzekerde voeding.
- Het e-mailverkeer loopt via het interne Electrabel-netwerk.

De noodplancentra

De noodplancentra kunnen onderling communiceren via verschillende onafhankelijke kanalen:

- Doel beschikt over een eigen telefoonnetwerk dat volledig gescheiden is van het publieke Belgacom-netwerk. Het gedeelte op de centrale wordt volledig gevoed door batterijen, met een autonomie van zes uur. Met het netwerk is een personenzoekstelsel verbonden – via zakontvangers met alarm bij oproep.
- De noodplancentra kunnen onderling communiceren via het publieke Belgacom-netwerk. De dekingsgraad van de gsm-toestellen in de NPK en OTSC is gegarandeerd.
- Het pc-netwerk is voorzien op intern mailverkeer via speciaal aangemaakte functionele e-mail-adressen: NPK/KCD, OTSC D12/KCD, OTSC D34/KCD, BK12/KCD, BK3/KCD, BK4/KCD.
- Stafkamer en Bedrijfskamer zijn verbonden met een interfoniesysteem.
- Vanuit de OTSC en NPK kunnen faxen verstuurd worden via het interne telefonie-netwerk. De voeding is verzekerd.
- De noodplaninterfonie legt de verbinding tussen: NPK en verzamellokalen, bedrijfskamers en lokalen van stralingsbescherming op de vier eenheden, toegangsgebouw en locaties van bewaking. Ook van en naar de medische dienst.
- De noodplankamer ontvangt de bedrijfsparameters van de getroffen eenheden via een netwerktoepassing. In ultieme omstandigheden zijn hiervoor satelliettelefoons beschikbaar.
- In het OTSC van Doel 3&4 zijn de belangrijkste gegevens ivm de veiligheid van de reactoren van Doel 3 en Doel 4 aanwezig via het SPDS paneel.

Genefoon:

Autonoom telefoonnetwerk zonder (externe) elektrische voeding of batterij.

GNS:

Gebouw van de noodsystemen. Gebouw bestand tegen externe explosie bevat uitrustingen welke de reactor in een gecontroleerde veilige toestand houdt.

In het OTSC van Doel 1&2 zijn de belangrijkste gegevens in verband met veiligheid van de reactoren aanwezig via DIMOS.

- In de technische gebouwen van Doel 3&4 is een **genefoonssysteem** (autonoom systeem) aanwezig, en in de technische gebouwen van Doel 1&2 een **GNS**-telefoniesysteem.
- De stentofon is een draadloze punt tot puntverbinding tussen NPK, controlezaal en bewaking.
- Er is handsfree interfonie.
- Het videoconferentiesysteem in de NPK kan aangewend worden voor communicatie met Electrabel GDF Suez in Brussel.
- Niet-noodzakelijke telefoongesprekken worden afgeleid naar een aantal antwoordapparaten die in cascade geprogrammeerd zijn en waarop gekijkte telefoonnummers staan van de crisiscommunicatiecel van Electrabel GDF Suez Corporate in Brussel.

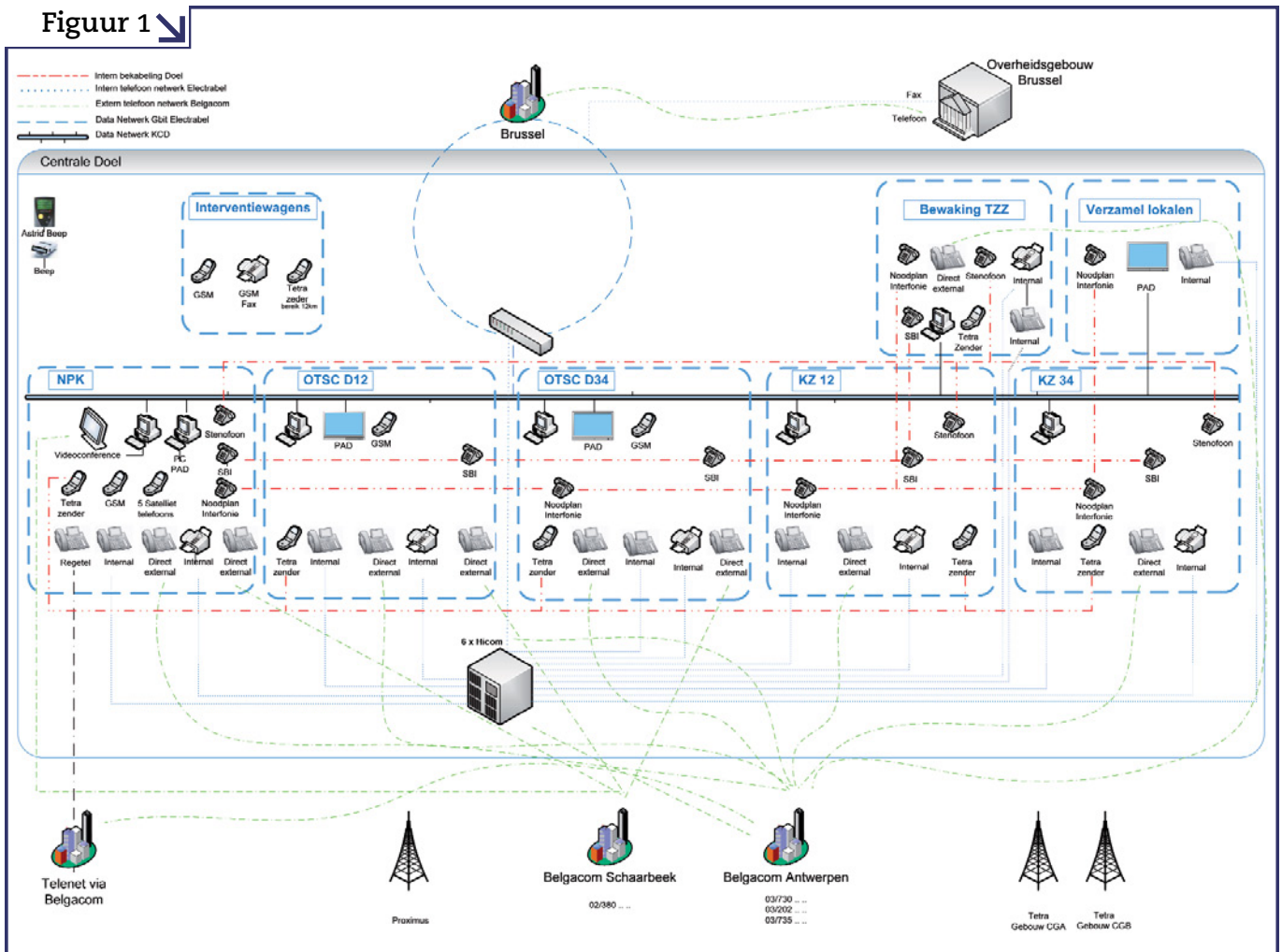
Andere kanalen

Voor de medewerkers die buiten de noodplancentra aan het werk zijn, staan de volgende communicatiekanalen ter beschikking:

- Het noodplanzendersysteem is een netwerk van radiozenders-ontvangers, dat in de eerste plaats bedoeld is voor de communicatie met de interventiewagens (KCD en SCK).
- Er zijn ook walkie-talkies met een aanzienlijk vermogen.
- In de noodplancentra en meetwagens liggen gsm-toestellen voor bepaalde wachttroleden en hulpdiensten.
- Het videoconferentiesysteem kan eveneens ingezet worden voor de communicatie met het Gemeentelijk Crisiscentrum in Beveren, met het COS in Tihange, met de crisiscentra van de provincies Oost-Vlaanderen en Antwerpen, en met het Crisiscentrum van de regering.
- De wachttroleden die zich niet op de site bevinden, kunnen worden opgeroepen via drie onafhankelijke systemen: publieke telefoon, semafoon (ASTRID pager) en personenzoekers (beeps),... De

oproep gebeurt automatisch door het ECOS (Emergency Call Out System)-systeem. Mochten de klassieke communicatiemiddelen niet beschikbaar zijn, zal de noodplanorganisatie de medewerkers oproepen via de openbare radio-omroep.

Figuur 1



Schematisch overzicht van de communicatiemiddelen

6.1.2. Mogelijke storingen met betrekking tot maatregelen ter bestrijding van accidenten en hiermee geassocieerd management

6.1.2.1. Ernstige schade aan de infrastructuur

Bij beschadiging van de installaties op de site dient de eigen organisatie de nodige interventies uit te voeren. Bij zware beschadigingen of belangrijke obstructies op de site (bijv. omgevallen pylons, beschadigde wegen,...) dienen aangepaste middelen (zwaar interventiematerieel,...) ingezet te worden, al dan niet via de corporate organisatie.

De infrastructuur buiten de site valt niet onder de bevoegdheid van de exploitant. Het noodplan voorziet wel in de nodige coördinatie met de bevoegde instanties (ministeries, provincie, civiele bescherming), die op hun beurt de nodige middelen kunnen inzetten om de toegang tot de site te verzekeren.

Verschiedende gebouwen op de site zijn gebunkerd en kunnen verder gebruikt worden in het geval andere gebouwen verwoest zijn. Om wegen of toegangen weer vrij te maken kunnen we – via contracten of corporate support – beschikken over zwaar materieel.

6.1.2.2. Hoge stralingsdosissen, radioactieve besmetting en verwoesting op de site

Bestaande situatie

Om een ongeval correct te beheersen kunnen volgende centra operationeel zijn: controlezaal, controlezaal 2de niveau, Noodplankamer, bedrijfskamer, OTSC.

Bewoonbaarheid per eenheid van de controlezaal en bedrijfskamer ('leefzones')

De toegankelijkheid en leefbaarheid van de controlezalen en bedrijfskamer worden beschreven in paragraaf 6.2.1.4.

Bij besmetting van de site voorzien de bestaande procedures één toegangsweg naar de leefzones van elke eenheid. Deze toegang bestaat uit een tussensas en is voorzien van een omkleedruimte, de nodige meetapparatuur voor detectie van eventuele radioactieve besmetting, decontaminatiemiddelen en beschermingsapparatuur om te verzekeren dat er geen besmetting infiltreert in de leefzones en dat personen die de leefzone verlaten zich kunnen beschermen in opvolging van de instructies van stralingsbescherming. Deze leefzones zijn voorzien op een langdurig verblijf, met douches en andere sanitaire voorzieningen.

Noodplankamer (OTSC)

De toegang tot de Noodplankamer en OTSC is voorzien van een omkleedruimte, de nodige meetapparatuur voor detectie van eventuele radioactieve besmetting, decontaminatiemiddelen en beschermingsapparatuur om te verzekeren dat er geen besmetting infiltreert in de leefzones en dat personen die de leefzone verlaten zich kunnen beschermen in opvolging van de instructies van stralingsbescherming. De Noodplankamer is voorzien op een langdurig verblijf, met douches en andere sanitaire voorzieningen. Het OTSC Doel 3&4 is uitgerust als back-up voor de Noodplankamer.

Staalnamepunten, herstel- en machinewerkplaatsen

De gebouwen voor nucleaire hulpdiensten zijn uitgerust met staalnamepunten, en er is een herstel- en machinewerkplaats. Ook in het Water- en afvalbehandelingsgebouw is een grote werkplaats aanwezig. Deze gebouwen zijn seismisch berekend en van bij het ontwerp werd er voorzien in biologische afscherming op plaatsen waar men in accidentomstandigheden handelingen moet stellen.

Externe opvangbasis

Als externe opvangbasis voor medewerkers van de site is er een locatie voorzien in het domein Puyenbroeck, gelegen in de gemeente Wachtebeke op ca. 45 km van de site verwijderd. Op het domein zijn de nodige interventiemiddelen voorzien voor controle van besmetting en decontaminatie van voertuigen en personen.

Analyse van de robuustheid van de huidige situatie t.o.v. weerhouden scenario's

Bewoonbaarheid per eenheid van de controlezaal en bedrijfskamer ('leefzones')

Zoals beschreven in paragraaf 6.2.1.4 zijn deze locaties gelegen in gebouwen die bestand zijn tegen extreme omstandigheden, maar in geval van SBO is de ventilatie niet meer operationeel.

Noodplankamer (OTSC)

De noodplankamer biedt een goede biologische bescherming, een bescherming tegen inwendige besmetting en heeft een verzekerde voeding. Het gebouw waarin de noodplankamer zich bevindt is niet seismisch. Als back-up van de noodplankamer is het OTSC Doel 3&4. Het OTSC Doel 3&4 beschikt over dezelfde metingen en faciliteiten als de noodplankamer, doch is minder performant voor biologische afscherming.

Externe opvangbasis

De externe opvangbasis bevindt zich in Puyenbroeck, op 45 km van de site.

Externe uitvalsbasis

Als uitvalsbasis in mode high (zie paragraaf 6.1.2.3.) dient een locatie te worden gezocht. Hierbij wordt gedacht aan het opleidingscentrum Scaldis in Kallo.

Gepaste radiologische opvolging in geval van severe accidents

De noodplankamer, OTSC en bedrijfskamer/controlezaal zijn uitgerust met de nodige vast geïnstalleerde meetinstrumenten voor een adequate opvolging van vloeibare en gasvormige lozingen via de bestaande lozingswegen.

De nodige meetinstrumenten voor manuele opvolging van radioactieve besmetting en straling van de betrokken lokalen zijn op de vermelde locaties aanwezig. Een camionette voor radiologische metingen staat op de site klaar voor interventie.

In geval van zware radiologische besmetting of hoge omgevingsstraling kunnen de bestaande uitgangsmontoren van de eenheden onbeschikbaar worden. De montoren aan de uitgang van de site kunnen eventueel dienen als back-up. De montoren zijn voorzien van een verzekerde voeding in geval van verlies van elektrische voeding.

Een meer gedetailleerde analyse van de bijkomende middelen voor radiologische opvolging in geval van beyond design accidents die meerdere eenheden treffen zal uitgevoerd worden.

6.1.2.3. Management van zware ongevallen met externe oorsprong (aardbeving, overstroming)

Externe gebeurtenissen ten gevolge van natuurlijke fenomenen kunnen in uitzonderlijke omstandigheden meerdere eenheden van eenzelfde site gelijktijdig treffen.

Voor een ongeval dat meerdere eenheden op dezelfde site treft, dient op korte termijn een aangepaste noodplanorganisatie uitgebouwd te worden (zie verder). In afwachting van deze organisatie worden de bestaande wachttrollen verdeeld over de nodige coördinatiecentra en aangevuld zodra meerdere personen beschikbaar zijn.

Werkingsniveaus

In de noodplanorganisatie kunnen drie werkingsniveaus onderscheiden worden:

- Mode Standard: single unit impact. In dit geval wordt de huidige noodplanorganisatie toegepast.
- Mode Alert: voor dreigende noodplansituaties waarbij meerdere eenheden getroffen kunnen zijn (stormvloed in KCD,...). In dit geval zullen de nodige wachttrollen en sommige technische diensten preventief op de site verblijven gedurende de mode Alert.
- Mode High: niet-voorspelbare fenomenen van extreme omvang waarbij meerdere eenheden getroffen zijn.

Volgende krachtlijnen worden hierbij aangehouden:

Periode < 24 u na begin accident (mode high)

- De eerste fase van de accidentbestrijding dient opgevangen te worden door de aanwezige continu-ploegen samen met de titularissen van wacht.
- Zo snel als mogelijk worden de noodplankamer en bedrijfskamers bezet om het accident verder te bestrijden.
- Indien nodig wordt zo snel mogelijk beroep gedaan worden op niet-titularissen van wacht. Zij dienen zich ter beschikking te stellen van de noodplanorganisatie op site.
- **De noodplanstructuur Corporate wordt uitgebreid met een bijkomende wachttrol 'liaison officer' die instaat voor de communicatie tussen site en corporate. De liaison officer komt naar de getroffen site.**
- De operationele accidentbestrijding wordt voor elke getroffen eenheid verzekerd via de bedrijfskamer. Daartoe worden in de bedrijfskamer van de getroffen eenheden de wachttrollen dusdanig versterkt dat dezelfde functies aanwezig zijn zoals bij een incident op één getroffen eenheid.
- De focus van de noodplankamer ligt op communicatie, het behandelen van site-bekommernissen en algemene coördinatie logistiek.

- De organisatie en de beschikbare resources dient aangepast te zijn aan de accidentbestrijding en de eventueel in te zetten non conventional means, nodig voor de eerste 72 uur.

Periode > 24 uur na begin accident (mode high)

Bij mode HIGH zal de site-organisatie ten laatste na 24 u kunnen rekenen op een uitgebreide bijstand vanuit de corporate structuur (CMCPB). Via het CMCPB zal een aangepaste organisatiestructuur worden opgezet in functie van de precieze toestand op de site en de gebeurtenissen die er hebben plaatsgevonden. De bijkomende wachttol liaison officer verzorgt in dat opzicht de communicatie tussen de getroffen site en de corporate structuur.

De organisatiestructuur die zal worden opgezet voor het incidentbeheer > 24u gaat uit van de volgende principes:

- Eén NP-verantwoordelijke op siteniveau in de noodplankamer.
- De technische accidentbestrijding gebeurt in de bedrijfskamer met de voorziene wachttollen.
- Supportfuncties worden door corporate ingevuld via een uitvalsbasis.
- Indien bijstand nodig is in de noodplankamer/bedrijfskamer kan deze via Corporate al naargelang de noden uitgebreid worden (experten,...).

De support functies die kunnen ingevuld worden door de corporate structuur zijn onder meer logistiek, radiologische bijstand, personeelszaken, lange termijn planning, communicatieaspecten,...

De organisatie corporate en de benodigde menselijke en materiële middelen zal geanalyseerd worden en zal precies bepaald worden.

Om er voor te zorgen dat deze corporate organisatie zijn taken naar best vermogen kan uitvoeren worden volgende her-evaluaties gestart:

- De bestaande noodplaninfrastructuren, in het bijzonder de lokalisatie van de uitvalsbasis;
- de performantie van de communicatiemiddelen, in het bijzonder de externe communicatie;
- de radiologische berekeningsmodellen.

6.1.2.4. Onbeschikbaarheid van voedingen

Zie paragrafen 6.2 en 6.3: station black-out wordt als omhullend scenario gebruikt.

6.1.2.5. Mogelijke falings instrumentatie

Zie paragrafen 6.2 en 6.3.

6.1.2.6. Mogelijke impact vanuit naburige installaties

Van bij het ontwerp van de installaties wordt rekening gehouden met mogelijke impact vanuit naburige installaties. Tijdens de Tienjaarlijkse Herziening voor de centrales werd deze impact geherevalueerd. Er werd besloten dat er geen grotere impact te verwachten is dan waarvan werd uitgegaan in de oorspronkelijke studies.

6.2

Kernreactoren



De allereerste zorg bij een zwaar ongeval bestaat erin de kernkoeling te herstellen. Hiertoe dienen alle mogelijke beschikbare middelen te worden aangewend. Mogelijke waterstofconcentraties dienen strikt onder controle gehouden.

Indien er ondanks alle voorzorgsmaatregelen toch een gedeeltelijke of volledige kernsmelt zou optreden, dient alle aandacht gericht te zijn op het handhaven (of herstellen) van de integriteit van de veiligheidsfuncties. Het ultieme doel is dan: radioactieve lozingen vermijden of alleszins tot een minimum beperken, en het containment en de kern stabiliseren.

6.2.1. Verlies van kernkoeling

6.2.1.1. Maatregelen om kernschade (onder hoge druk) te vermijden



De strategie van de accidentprocedures (ERG, Emergency Response Guidelines) bestaat erin om:

- kernkoeling te verzekeren,
- het containment te behouden, en
- lozingen tegen te gaan.

RWST:

Reactor Water Storage Tank: Voorraad tanks geboreerd water voor opvullen van de reactordokken (herlading) of voeding van de veiligheidsinjectiepomp (Safety Injection).

EF:

Emergency Feedwater of Noodvoedingswater: Gebunkerd systeem dat koelwater levert aan de stoomgeneratoren bij extern ongeval (gaswolk, explosie, vliegtuigcrash).

LU:

(Lac d'Urgence) Emergency Cooling of Noodkoeling: Ruw water voorraad in afgelegen spaarbekkens welke als ultieme koelbron voor de centrale dient bij extern ongeval.

Doel 1&2

Kernschade vermijden

Om de splijtstof te allen tijde te kunnen koelen is de aanwezigheid vereist van een primair koelmiddel en van een koudebron. Wanneer de kernkoeling wegvalt in de initiële fase van het ongeval, grijpen meerdere noodstopsignalen in: een laag peil van de stoomgeneratoren, wegvallen van het primair debiet, overtemperatuur, ... De noodstop zorgt ervoor dat de kettingreactie wordt stilgelegd.

- Het primair koelmiddel kan worden aangevuld via de injectiewegen SI (hoge en lage druk), CV, RJ en PB. Deze respectieve watervoorraden zijn opgeslagen in tanks: **RWST**, SI-accu's, CV-tanks, PB-tanks.
- De koudebron kan op de volgende manieren gerealiseerd worden: via de stoomgeneratoren waarbij stoom naar de atmosfeer wordt afgeblazen, via steam release naar de condensor of naar de AFW-turbovoedingspomp. De watertoevoer naar de stoomgeneratoren wordt gegarandeerd via de kringen EW-FW, AFW of **EF**, die gevoed worden via MW en FE, die op hun beurt kunnen worden gevoed vanuit **LU** of TW.

Wanneer de centrale zich in een toestand $PRC < 30$ bar en $TRC < 177$ °C bevindt, zal de SC-kring de warmte afvoeren via CC/RW, met bijvulmogelijkheden vanaf TW, RW, FE (LU) en CW.

Bij gebrek aan elektrische voeding leidt procedure E-0 na noodstop prioritair naar procedure ECA-0.0, waarbij getracht wordt van minstens één bord de elektrische voeding te herstellen. Via procedure FR-H.1 wordt nadien de koudebron hersteld – door over minstens één stoomgenerator te beschikken.

De betreffende procedure voorziet vier mogelijkheden om de kernkoeling te herstellen:

- starten van de SI-pompen,
- geforceerd koelen met de stoomgeneratoren zodat de SI-accu's of de LDSI kunnen injecteren,
- herstarten van de primaire pompen voor koeling en drukverlaging,
- feed en bleed.

Verlagen van de primaire druk

Bij het vermijden van kernschade is het van belang om de druk in de primaire kring te doen dalen en zodoende de mogelijkheden om water toe te voegen aan de primaire kring te verhogen en het beheer van het ongeval in het algemeen te vergemakkelijken. Dit kan in eerste instantie door de sproei in het drukregelvat te handhaven. Dit veronderstelt dat de primaire pompen in dienst zijn. Zoniet is vanuit de CV-kring ook een hulpsproei aanwezig. Ten slotte is er nog de mogelijkheid om vanuit de RJ-kring te sproeien.

Procedureel wordt er voorzien in:

- een geforceerde afkoeling door de stoomgeneratoren (zie procedure ½ ECA-0.0 en FR-C-1). Voorwaarden: de afblaas eventueel manueel geopend, de AFW-turbopomp in dienst om de stoomgeneratoren te voeden.
- een geforceerde drukdaling door een van de geassisteerde veiligheidskleppen SEBIM op het drukregelvat te openen. De veiligheidsklep kan ook vanuit het GNS bediend worden. Batterijen zorgen voor een autonomie van meer dan 10 uur.

Doel 3&4**Kernschade vermijden**

Om de splijtstof te allen tijde te kunnen koelen is de aanwezigheid vereist van een primair koelmiddel en van een koudebron. Wanneer de kernkoeling wegvalt in de initiële fase van het ongeval, grijpen meerdere noodstopsignalen in: een laag peil van de stoomgeneratoren, wegvallen van het primair debiet, overtemperatuur,... De noodstop zorgt ervoor dat de kettingreactie wordt stilgelegd.

- Het primair koelmiddel kan worden aangevuld via de injectiewegen SI (hoge en lage druk), CV, SP (via SI-leiding), EA, RJ en PB. Deze respectieve watervoorraden zijn opgeslagen in tanks: RWST, SI-accu's, CV-tanks, EA-tanks, PB tanks.
- De koudebron kan op de volgende manieren gerealiseerd worden: via de stoomgeneratoren waarbij stoom naar de atmosfeer wordt afgeblazen, via steam release naar de condensor of naar de AF-turbovoedingspomp. De watertoevoer naar de stoomgeneratoren wordt gegarandeerd via de kringen EW-FW, AF of EF, die gevoed worden via MW, EW, AF, EF, LU of DD.

Wanneer de centrale zich in een toestand $PRC < 31$ bar en $TRC < 180$ °C bevindt, zal de SC-kring de warmte afvoeren via CC/LU/RN, met bijvoelmogelijkheden vanaf CD/CW en FE.

Bij gebrek aan spanning na noodstop leidt de accidentprocedure prioritair naar een andere procedure waarbij getracht wordt van minstens één bord de elektrische voeding te herstellen. Nadien wordt procedureel de koudebron hersteld – door over minstens één stoomgenerator te beschikken.

De betreffende procedure voorziet in vier mogelijkheden om de kernkoeling te herstellen:

- starten van de SI-pompen,
- geforceerd koelen met de stoomgeneratoren zodat de SI-accu's of de LDSI kunnen injecteren,
- herstarten van de primaire pompen voor koeling en drukverlaging,
- feed en bleed,

Verlagen van de primaire druk

Bij het vermijden van kernschade is het van belang om de druk in de primaire kring te doen dalen en zodoende de mogelijkheden om water toe te voegen aan de primaire kring te verhogen en het beheer van het ongeval in het algemeen te vergemakkelijken. Dit kan in eerste instantie door de sproei in het drukregelvat te handhaven. Dit veronderstelt dat de primaire pompen in dienst zijn. Zoniet is vanuit de CV-kring ook een hulpsproei aanwezig. Tenslotte is er nog de mogelijkheid om vanuit de EA-kring te sproeien. Procedureel wordt er voorzien in:

- Een geforceerde afkoeling door de stoomgeneratoren. Voorwaarden: de afblaas eventueel manueel geopend, de AFW-turbopomp parallel om de stoomgeneratoren te voeden.
- Een geforceerde drukdaling door PORV/MORV op het drukregelvat te openen. PORV/MORV kan bediend worden vanuit BKZ en HKZ. Batterijen geven de PORV/MORV een autonomie van 4 uur.

6.2.1.2. Curatieve maatregelen nadat kernschade is opgetreden

Wanneer de procedures gericht op het vermijden van kernschade hierboven beschreven niet tot succes leiden en de temperatuur aan de uitgang van de kern splijtstofschaade aanwijst, wordt overgegaan naar het beheer van het ongeval aan de hand van de BK-procedures.



Met de BK-procedures willen we de volgende doelstellingen bereiken – in volgorde van prioriteit:

- mogelijke lozingen in de atmosfeer onderbreken;
- het containment stabiel houden of het naar een stabiele en gecontroleerde toestand terugbrengen;
- de kern terugbrengen naar een stabiele en gecontroleerde toestand.

Verlies van kernkoeling die gepaard gaat met kerndegradatie (kernsmelt) kan leiden tot doorboring van het reactorvat. Het spreekt voor zich dat dit te allen tijde voorkomen moet worden.

Geen doorboring

Om de kernkoeling te herstellen en de kern terug naar een stabiele en gecontroleerde toestand te brengen, worden onderstaande BK-procedures gevolgd.

Stoomgeneratoren

Om de koudebron te garanderen dienen de stoomgeneratoren bijgevuld. Als voorwaarde geldt dat het peil in meer dan één stoomgenerator te laag is. De middelen die hiertoe nodig zijn:

- de hulpvoedingswaterpompen,
- de noodvoedingswaterpompen,
- de voedingswaterpompen voor stoomgeneratoren onder hoge druk, en
- de extractiepompen voor stoomgeneratoren onder lage druk.

Primaire druk

De primaire druk dient verlaagd opdat de veiligheidsinjectie-accumulatoren en/of de lagedruk-veiligheidsinjectiepompen in de primaire kringen zouden kunnen injecteren. Als voorwaarde geldt dat de primaire druk te hoog is. De middelen die hiertoe nodig zijn:

- de afblaasventielen van de stoomgeneratoren naar de condensor en naar de atmosfeer,
- de SEBIM's (Doel 1&2) of MORV's/PORV's (Doel 3&4) van het drukregelvat, en
- de hulpsproei of de ultieme sproei van het drukregelvat.

Opmerking: De perslucht van de PORV wordt voorzien vanuit de IA van de bunker. De betreffende compressor (380 V) wordt gevoed door een bunkerdiesel. De compressor levert een druk van 7 bar. De PORV's gaan niet meer open bij een tegendruk in het RGB van 4.0 bar absoluut. De BK-procedures begeleiden het personeel om de druk RGB onder 3,8 bar absoluut te houden.

Waterinjectie naar de primaire kring

De primaire kring dient geïnjecteerd om de kern te koelen, om warmte-overdracht tot stand te brengen tussen de kern en de stoomgeneratoren, en om te voorkomen dat gesmolten kernmateriaal het reactorvat doorboort. Als voorwaarde geldt dat de temperatuur aan de uitgang van de kern een maat is voor kerndegradatie. De middelen die hiertoe nodig zijn:

- de hoge- en lagedruk-veiligheidsinjectiepompen,
- de pompen van het noodsuppletiewater van de primaire kring (Doel 3&4),
- de containment-sproeipompen (Doel 3&4),
- de ladingspompen,
- de pompen van het noodkoelsysteem van de dichtingen van de primaire pompen,
- de primaire pompen, en
- de afblaasventielen van de stoomgeneratoren (voor refluxcondensatie in de primaire kring).

Reactorgebouw

De waterinventaris in het reactorgebouw dient groot genoeg te zijn teneinde het waterpeil te verhogen wat recirculatie mogelijk maakt, en de reactorput onder water te zetten.

De middelen om de waterinventaris in het reactorgebouw te verhogen zijn:

- de containment-sproeipompen,
- de lagedruk-veiligheidsinjectiepompen,
- het gravitaire afdrainen van de vultank van het reactordok, door het openen van de recirculatie-afsluiters, en
- de middelen voor injectie in de primaire kring, zodat water via breuk en/of SEBIM's (Doel 1&2) of MORV's/PORV's (Doel 3&4) in het reactorgebouw terechtkomt.

Opmerking. De BK-procedures maken duidelijk hoe het ogenblik van de doorboring van het reactorvat vastgesteld kan worden. Daartoe is een schema opgenomen op basis van de volgende parameters:

- de temperatuur aan de uitgang van de thermokoppels,
- de primaire druk,
- de druk in het RGB,
- de straling in het RGB en
- de vrijgestelde hoeveelheid H₂ in het RGB

Wel doorboring

Het geval waarbij het reactorvat wel degelijk doorboord is: om de kernkoeling te herstellen en de kern terug naar een stabiele en gecontroleerde toestand te brengen, worden onderstaande BK-procedures gevolgd.

Primaire kring

Bij de doorboring van het reactorvat is het mogelijk dat een deel van de splijtstof nog steeds in het reactorvat aanwezig is, in de kern en/of op weg naar de bodem van het reactorvat. De BK-procedures geven daarom altijd aan om in de primaire kring te injecteren, zodat de fragmenten die niet gerelocaliseerd zijn in de reactorput gekoeld kunnen worden, maar ook zodat water naar de reactorput wordt gebracht via de doorboring in het reactorvat. De middelen die hiertoe nodig zijn:

- de hoge- en lagedruk-veiligheidsinjectiepompen,
- de pompen van het noodsuppletiewater van de primaire kring (Doel 3&4),
- de containment-sproeipompen (Doel 3&4),
- de ladingspompen, en
- de pompen van het noodkoelsysteem van de dichtingen van de primaire pompen.

Er dient water toegevoerd te worden naar het reactorgebouw, één, om de reactorput onder water te zetten, wat de kans verhoogt dat het gloeiend kernmateriaal wordt afgekoeld, en twee, om het waterpeil te verhogen wat dan weer recirculatie mogelijk maakt. De middelen om de waterinventaris in het reactorgebouw te verhogen zijn:

- de containment-sproeipompen,
- de lagedruk-veiligheidsinjectiepompen,
- het gravitaire afdrainen van de vultank van het reactordok door het openen van de recirculatie-afsluiters, en
- de middelen voor injectie in de primaire kring, via de breuk van het reactorvat.

6.2.1.3. Cliff edge effecten en hun timing

Doel 1&2

Bij de bepaling van de cliff edge effecten die in Doel 1&2 tot verlies van kernkoeling leiden, zijn twee gevallen te onderscheiden:

- Wanneer de RC-kring gesloten is, wordt de nakomende warmte afgevoerd door de stoomgeneratoren.
- Wanneer de RC-kring open is, warmt de RC-kring op tot kookpunt en wordt stoom vrijgezet in het reactorgebouw.

De gevolgen van het verlies van de elektrische voeding en/of van de ultieme koelbronnen, bijv. door extreme uitwendige omstandigheden, zijn gedekt door een volledige station black-out te veronderstellen in de meest gevoelige configuratie van de eenheden.

Gesloten RC-kring

De vol-vermogen-toestand is de meest penaliserende. Bij een volledig verlies van elektrische voeding blijft enkel de AFW-turbopomp beschikbaar om de SG'en bij te vullen. Deze configuratie wordt gekenmerkt door:

- een hoge primaire en secundaire druk en hoge temperaturen,
- de afvoer van de secundaire stoom via de atmosferische ontlastingsafsluiters of de veiligheidskleppen, en
- de thermische schok van de primaire dichtingen, die op korte termijn tot beperkte lekken kan leiden.

De ongevalsprocedure schrijft voor om in deze omstandigheden de RC-kring zo snel mogelijk af te koelen, om zodoende de belasting van de primaire dichtingen te beperken. Het afkoelen van de RC-kring en het afvoeren van de nakomende warmte leidt tot een groot watergebruik van de AFW-kring. Na anderhalf uur treedt het eerste cliff edge effect op: het ledigen van de AFW-reservoirs (2 x 90 m³). Zonder afkoeling bedraagt de autonomie van deze tanks 7 uur, waardoor de SG'en nog meerdere uren de RC-kring kunnen blijven koelen. **Nadien moet in alternatieve bijvulling voorzien worden:**

- **er werden een dieselpomp en tijdelijke leidingen voorzien om de AFW-tank bij te vullen vanuit de grote MW-tank.**
- **er worden aansluitpunten voorzien voor de toevoer van FE naar de aanzuig en steek van de AFW-turbopomp (onder studie).**
- **de leidingen die het FE-water tot naar de AFW-pomp dienen te brengen zullen seismisch worden uitgevoerd (onder studie).**

Wanneer de bevoorradingsproblemen van de AFW-tank opgelost zijn, is de belasting van de primaire dichtingen de volgende prioriteit. De voorgeschreven afkoeling en drukverlaging van de RC-kring tot 12 bar reduceert in sterke mate de belasting van de dichtingen. Zodra deze druk (na meerdere uren) bereikt is, moet door manuele tussenkomst ter hoogte van de atmosferische ontlastingsafsluiters de afkoeling gestopt worden om stikstofinjectie in de RC-kring door de SI-accumulatoren en het verlies van de turbopomp te vermijden. **In de procedures voor koeling met de stoomgeneratoren zal gewezen worden op de mogelijkheid om de afblaaskleppen van de stoomgeneratoren manueel te openen.**

Het verlies van gelijkstroom van de controlebediening en de instrumentatie (als gevolg van lege batterijen) leidt niet tot het verlies van de turbopompp functie: het debiet kan immers manueel geregeld worden. Het leidt wel tot het verlies van het overzicht over het verloop van het ongeval. De eerste zorg is dan het leegkoken of overvullen van de SG'en bij gebrek aan informatie over het niveau. Dit geval kan zich voordoen 10 uur na de station black-out. **Er zal voorzien worden in een back-up 380 V-net om de gelijkrichters van de batterijen alternatief te kunnen voeden.**

Wanneer de koeling door de SG verloren gaat, begint de primaire kring te koken en stijgt zijn druk tot de drempel van de SEBIM's van het drukregelvat. De primaire kring verliest progressief zijn waterinventaris wat achtereenvolgend leidt tot de ontbloting en het smelten van de splijtstof, de relocatie van het corium naar de onderkant van de kuip en tenslotte tot de doorboring van het reactorvat. Zonder tussenkomst van de operator duurt dit proces 2 à 3 uur.

De ERG- en de BK-procedures schrijven voor wanneer de koeling aan de hand van de SG verloren gaat om de druk van de primaire kring te verlagen en zo het injecteren in de primaire kring te vergemakkelijken en het proces van primaire "feed and bleed" te starten. De opening van de SEBIM's leidt tot de drukverlaging van de primaire kring wat de injectie van de inventaris van de accumulatoren toelaat op een passieve manier. **Via het back-up 380 V-net zal er voor gezorgd worden dat de SEBIM's op het drukregelvat ook in omstandigheden van station black out kunnen geopend worden.** Deze actie is in staat de vordering van de kerndegradatie enkele uren te vertragen. Gedurende deze tijdspanne is het nodig actieve uitrustingen te recupereren of mobiele middelen te ontplooiën om in de primaire kring te injecteren. **Er zijn kabels voorzien om de SP-pompen alternatief te kunnen voeden met electrogeengroepen. Op die manier zal de mogelijkheid bestaan om via de SP-sproei in het RGB water af te leiden naar de SC-kring langs de SI-SP-verbinding in geval van open primaire kring. Teneinde deze actie te kunnen doen bij gesloten primaire kring zal voorzien worden in een manuele isolatie afsluiter op de sproeileiding (onder studie).**

Open RC-kring

Hier is sprake van een groot aantal configuraties van de RC-kring, die allemaal sterk verschillen door de waarde van de nakomende warmte en door het watervolume van de RC-kring (RGB-dokken inclusief). De eerste midloop van een splijtstofwisselstop is omhullend voor de timing van de cliff edge

effecten bij een open RC-kring, omdat ze een nog hoge nakomende warmte combineert met een beperkte RC-inhoud. Na het verlies van alle elektrische voedingen warmt het primaire water op, en het kookt binnen het half uur, gevolgd door de stoomontlasting in het RGB. In Doel 1&2 kan het gravitair bijvullen vanuit de R11-tank het ontbloten van de kern gedurende meerdere uren vertragen. Bij aanvang van de revisie, wanneer de reactor slechts 1 à 3 dagen gestopt is, bedraagt het uitstel 12 à 18 uur. **Er zijn kabels voorzien om de SP-pompen alternatief te kunnen voeden met electrogeengroepen. Op die manier zal de mogelijkheid bestaan om via de SP-sproei in het RGB water af te leiden naar de SC-kring langs de SI-SP-verbinding in geval van open primaire kring.**

Bij de configuratie met gevulde dokken in het RGB wordt de tijd die verstrijkt voor de splijstofelementen blootliggen, geschat op meerdere dagen.

Doel 3&4

Bij de bepaling van de cliff edge effecten die in Doel 3&4 tot het verlies van kernkoeling leiden, zijn twee gevallen te onderscheiden:

- Wanneer de RC-kring gesloten is, wordt de nakomende warmte afgevoerd door de stoomgeneratoren.
- Wanneer de RC-kring open is, warmt de RC-kring op tot kookpunt en wordt stoom vrijgezet in het reactorgebouw.

De gevolgen van verlies van de elektrische voeding en/of van de ultieme koelbronnen – bijv. bij extreme uitwendige omstandigheden – zijn gedekt door een volledige station black-out te veronderstellen in de meest gevoelige configuratie van de eenheden.

Gesloten RC-kring

Het meest penaliserende geval is een vol-vermogen-toestand als initiële situatie. Bij een volledig verlies van elektrische voeding blijft enkel de AF-turbopomp beschikbaar om de SG'en bij te vullen. Deze configuratie wordt gekenmerkt door:

- een hoge primaire en secundaire druk en hoge temperaturen,
- de afvoer van de secundaire stoom via de atmosferische ontlastingsafsluiters of de veiligheidskleppen, en
- de thermische schok van de primaire dichtingen, die op korte termijn tot beperkte lekken kan leiden.

De ongevalsprocedure schrijft voor om in deze omstandigheden de RC-kring zo snel mogelijk af te koelen, om zodoende de belasting van de primaire dichtingen te beperken. Dit gebeurt door de gecontroleerde (manuele) opening van de atmosferische ontlastingskleppen terwijl de SG'en gevoed blijven door de AF-turbopomp. De grote inhoud van de AF-reservoirs (min. 700 ton) stemt overeen met een correcte bijvulling gedurende 8 uur waarna de SG'en nog meerdere uren de RC-kring kunnen blijven koelen.

Er wordt bovendien voorzien in alternatieve bijvulling:

- de AFW-turbopompen kunnen rechtstreeks aanzuigen vanuit de LU-vijver.
- er worden aansluitpunten voorzien voor de toevoer van FE naar de aanzuig en steek van de AFW-turbopomp (onder studie).
- de leidingen die het FE-water tot naar de AFW-pomp dienen te brengen zullen seismisch worden uitgevoerd (onder studie).

De voorgeschreven afkoeling van de RC-kring tot 16 bar reduceert in sterke mate de belasting van de dichtingen. Zodra deze druk (na meerdere uren) bereikt is, moet door manuele tussenkomst ter hoogte van de atmosferische ontlastingskleppen de afkoeling gestopt worden om stikstofinjectie in de RC-kring door de SI-accumulatoren en het verlies van de turbopomp te vermijden. **In de procedures voor koeling met de stoomgeneratoren zal gewezen worden op de mogelijkheid om de afblaaskleppen van de stoomgeneratoren manueel te openen.**

Het verlies van gelijkstroom van de controlebediening en de instrumentatie (als gevolg van lege batterijen) leidt niet tot het verlies van de turbopompfunctie: het debiet kan immers manueel geregeld worden. Het leidt wel tot het verlies van het overzicht over het verloop van het ongeval. De eerste zorg

is dan het leegkoken of overvullen van de SG'en bij gebrek aan informatie over het niveau. Dit geval kan zich voordoen 4 à 6 uur na de station black-out. **Er zal voorzien worden in een back-up 380 V-net om de gelijkrichters van de batterijen alternatief te kunnen voeden.**

Wanneer de koeling door de SG verloren gaat, begint de primaire kring te koken en stijgt zijn druk tot de drempel van de ontlastingskleppen of de veiligheidskleppen van het drukregelvat. De primaire kring verliest progressief zijn waterinventaris wat achtereenvolgend leidt tot de ontbloting en het smelten van de splijtstof, de relocatie van het corium naar de onderkant van de kuip en tenslotte tot de doorboring van het reactorvat. Zonder tussenkomst van de operator duurt dit proces 2 à 3 uur. De ERG- en de BK-procedures schrijven voor wanneer de koeling aan de hand van de SG verloren gaat om de druk van de primaire kring te verlagen en zo het injecteren in de primaire kring te vergemakkelijken en het proces van primaire "feed and bleed" te starten. De opening van de PORV's/MORV's leidt tot de drukverlaging van de primaire kring wat de injectie van de inventaris van de accumulatoren toelaat op een passieve manier. **Er zal voorzien worden in alternatieve voeding van de IAK-compressoren vanuit het back-up 380 V net. Via het back-up 380 V-net zal er tevens voor gezorgd worden dat de PORV's op het drukregelvat ook in omstandigheden van station black out kunnen geopend worden.** Deze actie is in staat de vordering van de kerndegradatie enkele uren te vertragen. Gedurende deze tijdsperiode is het nodig actieve uitrustingen te recupereren of mobiele middelen te ontplooiën om in de primaire kring te injecteren. **Momenteel loopt er een studie om externe aansluitpunten te voorzien op de aanzuig en steek van de SP-pompen zodat via een mobiele pomp een alternatief SP-debiet kan gerealiseerd worden dat naar de primaire kring uitgelijnd kan worden.**

Open RC-kring

Hier is sprake van een groot aantal configuraties van de RC-kring, die allemaal sterk verschillen door de waarde van de nakomende warmte en door het watervolume van de RC-kring (RGB-dokken inclusief). De eerste midloop van een splijtstofwisselstop is omhullend voor de timing van de cliff edge effecten bij een open RC-kring, omdat ze een nog hoge nakomende warmte combineert met een beperkte RC-inhoud. Na het verlies van alle elektrische voedingen warmt het primaire water op, en het kookt binnen het half uur, gevolgd door de stoomontlasting in het RGB. In Doel 3&4 kan het gravitair bijvullen vanuit de RWST-tank het ontbloten van de kern meerdere uren vertragen. Bij aanvang van de revisie, wanneer de reactor slechts 1 à 3 dagen gestopt is, bedraagt dit uitstel 10 tot 18 uur. **Momenteel loopt er een studie om externe aansluitpunten te voorzien op de aanzuig en steek van de SP-pompen zodat via een mobiele pomp een alternatief SP-debiet kan gerealiseerd worden dat naar de primaire kring uitgelijnd kan worden.**

Bij de configuratie met gevulde dokken in het RGB wordt de tijd die verstrijkt voor de splijtstofelementen blootliggen, geschat op meerdere dagen.

6.2.1.4. Toereikendheid bestaande maatregelen en mogelijke bijkomende maatregelen

a. Bestaande en nieuwe procedures

De maatregelen die momenteel bestaan om het hoofd te bieden aan een scenario met verlies van kernkoeling en om de integriteit van het containment te beschermen, zijn beschreven in de ERG-procedures, alsook in de BK-procedures en dit om de verschillende stadia van het ongeval en de verschillende toestanden van de centrale – de vermogen- en stop-toestanden – te kunnen dekken.

Bij elke ERG-procedure hoort een backgrounddocument. Dit document legt de link tussen de generieke ERG-procedures van de WOG en de specifieke ERG-procedures per eenheid. Op die manier krijgt men zicht op de gelijkenissen en verschillen met de generieke ERG-procedures, en kan men daar waar nodig toelichting geven.

Aanpassingen aan bestaande procedures of nieuwe procedures kunnen het gevolg zijn van:

- interne feedback,
- externe feedback,
- aanpassingen aan de installaties,
- feedback als gevolg van het gebruik van de simulator,
- integratie van de generieke ERG-procedures (Direct Work Request van de WOG),

- integratie van de opmerkingen vanwege Bel V,
- periodiek nazicht.

De BK-procedures voor Doel zijn geïnspireerd op de filosofie van de Westinghouse Owners Group (WOG) Severe Accident Management Guidance (SAMG), aangevuld met specifieke procedures. De BK-0 en BK-1-procedures van Doel 3&4 zijn nagezien door de Veiligheidsautoriteiten. Deze procedures lopen parallel voor Doel 3&4 en Doel 1&2, wat maakt dat de opmerkingen en antwoorden van de Veiligheidsautoriteiten gelden voor alle vier de eenheden.

De BK-procedures zijn zogenaamd 'symptom based', met andere woorden opgesteld volgens de toestand van de eenheid. Ze zijn van toepassing voor alle scenario's die de toegangscriteria van BK-0 bereiken: temperatuur aan de uitgang van de kern en een specifiek criterium als de thermokoppels aan de uitgang van de kern onbeschikbaar zijn tijdens revisie.

De BK-procedures (en de hierin ontwikkelde strategieën) worden gevalideerd in het kader van de tienjaarlijkse herziening voor Doel 1&2 en Doel 3&4. Bij de eerste herziening gebeurde dit aan de hand van verschillende zwaar ongeval-scenario's, waarbij ook de shutdown-problematiek aan bod kwam. Uit de twee validatiedossiers die toen werden opgesteld, kwam de betrouwbaarheid van de procedures naar voor. De procedures bleken daarenboven zelfdragend te zijn, aanvullende informatie bleek niet nodig om beslissingen te kunnen nemen. Enkele aanpassingen en verbeteringen hebben de procedures achteraf niet grondig gewijzigd.

De sterkte van de BK-procedures zit ongetwijfeld in de veelheid aan beschikbare middelen om de verschillende strategieën uit te voeren. Om het beheer van een zwaar ongeval nog te verbeteren, en om het risico op het bezwijken van het containment door een trage drukopbouw beter te beheersen, werd de toepassing van gefilterde containment venting bij de vier eenheden aan een haalbaarheidsstudie onderworpen.

De invoering van nieuwe, al dan niet conventionele middelen impliceert uiteraard dat deze middelen opgenomen worden in de ongevalprocedures en in de BK-procedures. De nodige instructies om de niet conventionele middelen te installeren zullen worden opgenomen in de procedures.

b. Instrumentatie

De geschiktheid en beschikbaarheid van de instrumentatie worden hieronder beschreven. We merken vooraf op dat de uiteenzetting hieronder maar geldt indien de instrumentatie effectief beschikbaar is. Het onderstaande geldt dus niet bij verlies van de elektrische voeding komende van het netwerk en van de nooddiesels, gecombineerd met de volledige ontlading van de DC-batterijen – de tabel hieronder geeft de geschatte uitstelperiode van de DC-batterijen na een totaal verlies van de andere elektrische bronnen. **Er zal voorzien worden in een back-up 380V-net om de gelijkrichters van de batterijen alternatief te kunnen voeden.** Nochtans is het zo dat een totaal verlies van de instrumentatie ons niet verhindert om beslissingen te nemen op basis van de BK-procedures.

Tabel 8 ↘

Minimale tijd tot verlies van instrumentatie ten gevolge van verlies van DC-batterijen

Doel 1&2	Doel 3	Doel 4
minimum 4 uur	minimum 3 uur	minimum 3 uur

In de ERG-procedures worden de post-ongeval meetketens (PAMS) gebruikt om het ongeval te beheeren. Deze meetketens zijn gekwalificeerd voor ontwerp-ongevallen. De informatie die deze meetketens verstrekken wordt eventueel bevestigd door alle andere ketens die geldig blijken te zijn – bijv. de controleketens voor de regeling – inclusief de instrumentatie van de **BKZ** indien deze beschikbaar is.

De BK-procedures omvatten een toestandsboom, die de concrete toepassing is van een beperkt aantal sleutelparameters, en die toelaat zware ongevallen te beheeren:

- temperatuur aan de uitgang van de kern,
- druk in de primaire kring,
- waterpeil in de stoomgeneratoren,
- druk in het reactorgebouw,
- waterpeil in het reactorgebouw,
- reële lozingen ter hoogte van de site,
- H₂ in het reactorgebouw.

De geschiktheid van deze parameters en bijgevolg ook van de geassocieerde, redundante instrumentatie werd aangetoond tijdens de validatie van de BK-procedures.

De BK-procedures beschrijven de middelen voor de meting van de sleutelparameters, en hun nauwkeurigheid in post-LOCA-omstandigheden. Ze geven ook bijkomende uitleg over het gebruik van deze metingen, refererend aan tabellen of figuren die een indirecte schatting van de sleutelparameters mogelijk maken.

De strategieën achter de BK-procedures laten toe de toestand in het reactorgebouw te beheeren, wat een gunstig effect heeft op de integriteit van de instrumentatie.

De aanpak van de generieke WOG SAMG wordt op internationaal niveau als geschikt beschouwd voor de behoeften en de mogelijkheden van de instrumentatie, en wel daarom:

- Analyses hebben aangetoond dat de instrumentatie, die op een conservatieve manier voor ontwerp-ongevallen gekwalificeerd werd, operationeel zal blijven bij een zwaar ongeval.
- Er zijn redundante en alternatieve middelen voorhanden om informatie in te winnen over de sleutelparameters, zodat de waarden die uit de instrumentatie komen, betrouwbaar zijn.
- De kennis van een beperkt aantal sleutelparameters is voldoende voor een goed beheer van een zwaar ongeval.

c. Controlezalen

Controlezaal Doel 1&2

Interne ventilatie

Het ventilatiesysteem (VP) in de controlezaal (KZ) van Doel 1&2 bestaat uit één of twee ventilatoren, elk met een capaciteit van 100 %. De lucht wordt gekoeld met CF en ververst via een inblaasventilator. In de controlezaal staan ook nog vier aparte en autonome luchtkoelgroepen (4 x 50 %).

Bij een inwendig ongeval zal de ventilatie automatisch isoleren. De veiligheidsventilatoren (2 x 100 %) met hun filterbatterijen (voorfilter, absoluutfilter, actieve kool- en nafilter) komen op dat ogenblik mee in dienst. Ze worden gevoed door de veiligheidsdiesels. De batterijen kunnen gedurende 720 uur beschikbaar blijven.

De efficiëntie voor het afvangen van radioactieve stofdeeltjes bedraagt 99 %, die voor het afvangen van radioactief jodium 90 %. Eén van de twee veiligheidsventilatoren wordt gestopt door de blokleider bij uitvoering van de ongevalsprocedure (100 % debiet = 20.000 m³/u).

Bij problemen op een naburige installatie zal de ventilatie automatisch isoleren opgewekt door detectie van ioniserende straling. De toegangsdeuren worden gesloten gehouden om besmetting tegen te gaan. De operatoren kunnen de ventilatie ook manueel afsluiten van de buitenwereld, conform procedure.

Indien de ventilatie van de controlezaal onbeschikbaar is door verlies van voeding, komt niet gefilterde lucht binnen.

BKZ:

Bunker Controlezaal:
Controlezaal voor
controle en bediening
van gebunkerdiseerde
noodsystemen.

Noodcontrolezaal Doel 1&2

Het personeel van de controlezaal heeft de mogelijkheid om te verhuizen naar een noodcontrolezaal indien de leefbaarheid van de hoofdcontrolezaal dit noodzakelijk maakt.

Interne ventilatie

De interne ventilatie wordt gevoed vanuit de systeem van het GNS. Bij detectie van toxische gassen wordt de toevoer afgesloten. Er zijn geen filters aanwezig om radioactieve deeltjes of radioactief jodium af te vangen.

Controlezaal Doel 3&4**Interne ventilatie**

Het ventilatiesysteem van de controlezaal in Doel 3&4 bestaat uit één of twee ventilatoren (elk 100 %). De ventilatie van de noodcontrolezaal wordt gevoed door de bunkerdiesels.

Bij een inwendig ongeval zal de ventilatie automatisch isoleren. Op dat ogenblik sluit de aanvoer van verse lucht en sluit ook de normale interne recirculatie. Veiligheidsventilatoren (2 x 100 %) met hun filterbatterijen (voorfilter, absoluutfilter, actieve kool- en nafilter) komen in dienst met koelingssysteem CD/CF. De kring is dus redundant uitgevoerd en wordt gevoed door de veiligheidsdiesels. Een van beide veiligheidsventilatoren wordt gestopt door de blokleider conform de accident-procedures (100 % debiet = 20.000 m³/u). De filterbatterijen kunnen gedurende 720 uren beschikbaar blijven.

Bij problemen op een naburige installatie zal de ventilatie isoleren via een signaal opgewekt door detectie van ioniserende straling. Deze metingen van radioactiviteit zijn seismisch opgesteld. De toegangsdeuren worden gesloten gehouden om besmetting tegen te gaan. De operatoren kunnen de ventilatie ook manueel afsluiten van de buitenwereld, conform procedure. De lucht in de controlezaal circuleert dan over de interne filters. De toegangsdeuren worden gesloten gehouden om besmetting tegen te gaan. De absoluutfilters hebben een efficiëntie van 99 % bij normaal debiet. De actieve koolfilters hebben een rendement van > 90%.

Indien de ventilatie van de controlezaal onbeschikbaar is door verlies van voeding, komt niet gefilterde lucht binnen.

Bunkercontrolezaal Doel 3&4

Het personeel van de controlezaal heeft de mogelijkheid om te verhuizen naar een bunkercontrolezaal indien de leefbaarheid van de hoofdcontrolezaal dit noodzakelijk maakt.

Interne ventilatie

De interne ventilatie wordt gevoed vanuit de systeem van de BKR. Bij detectie van toxische gassen wordt de toevoer afgesloten. Er zijn geen filters aanwezig om radioactieve deeltjes of radioactief jodium af te vangen.

Beschermingsmiddelen

De dosis die het personeel oploopt wordt opgevolgd. De wettelijke dosislimieten worden niet overschreden. Personeelsrotatie is voorzien.

Op verschillende plaatsen in de centrale zijn voldoende filtermaskers met gepaste patronen (klasieke poluënten, stof en jodium) aanwezig, plus voldoende zuurstofmaskers. Een specifieke procedure beschrijft hoe de zuurstofflessen dienen bijgevuld.

Naargelang de omgevingslucht al dan niet besmet is met radioactiviteit, zorgt een pendeldienst ervoor dat de ademluchtflessen kunnen worden bijgevuld in Kiendrecht of Kallo.

In de controlezalen, de noodcontrolezaal, aan de ingang van de gecontroleerde zones, in de noodplankamers en de interventievoertuigen zijn voldoende jodiumpillen aanwezig om het personeel afdoende te beschermen. Er zijn ook persoonlijke beschermingsmiddelen aanwezig tegen andere vormen van besmetting. Zaklampen en lampen op helmen kunnen worden gebruikt wanneer de batterijen van de noodverlichting zijn uitgeput.

d. Accumulatie van waterstof

De aanmaak van waterstofgassen is hoofdzakelijk het gevolg van zirkonium-cladding-oxidatie in de reactorkern of van corium-beton-interactie na een mogelijke breuk van de reactorkuip. De waterstof kan mogelijk van de primaire kring in het reactorgebouw terechtkomen.

De passieve autokatalytische recombinatoren in het reactorgebouw werden ontworpen om de gemiddelde waterstofconcentratie in het reactoromhulsel onder 5 vol. % te houden, om zo te voorkomen dat een deflagratie leidt tot een verlies van integriteit van het reactorgebouw.

De waarde van 5 vol % is een piekconcentratie die slechts optreedt bij aanvang van het ongeval en die vervolgens afneemt.

De geïnstalleerde capaciteit aan recombinatoren heeft daarenboven een bijkomende veiligheidsmarge van 20 % t.o.v. de berekende ontwerpcapaciteit. Er dient opgemerkt dat de passieve autokatalytische recombinatoren ook doeltreffend zijn voor de recombinitie van koolstofmonoxide.

De passieve autokatalytische recombinatoren kunnen op langere termijn worden bijgestaan door de thermische Rockwell recombinator.

De impact van een mogelijke waterstofaccumulatie op de gebouwen naast het reactoromhulsel zal hoe dan ook beperkt zijn. Dit heeft te maken met het feit dat een mogelijk waterstoflek is ingecalculleerd in de maatregelen en procedures bij een zwaar ongeval. Bovendien doen de aanwezige PAR's in het reactoromhulsel de H₂-concentratie dalen. De potentiële lekpaden van de primaire kring of het reactoromhulsel naar de gebouwen errond zijn:

- ongevalsequentie met bypass van het reactoromhulsel (stoomgenerator pijpbreuk, Interfacing Systems Loss of Coolant Accident (ISLOCA)),
- ontwerp lekdebië van het reactoromhulsel,
- uitvoeren van de niet-gefilterde containment venting,
- falen van de uitvoering van de isolatie van het reactoromhulsel,
- structurele breuk of lek van het reactoromhulsel als gevolg van een zwaar ongeval.

In onderstaande gevallen is waterstofaccumulatie in de gebouwen rond het reactoromhulsel onmogelijk.

- Bij een pijpbreuk aan een stoomgenerator, gevolgd door een correctieve actie om de getroffen stoomgenerator te isoleren. Het waterstofgas wordt mogelijk via de veiligheidsklep of de atmosferische ontlastingsafsluiters van het secundair circuit naar de atmosfeer geleid.
- Het potentieel aan waterstofaccumulatie in de tussenruimte als gevolg van het ontwerp lekdebië kan worden verwaarloosd door de werking van de ventilatiekring. Ook indien de ventilatiekring niet functioneel is, kan waterstofaccumulatie in de tussenruimte verwaarloosd worden. Zoals vermeld in het veiligheidsrapport bedraagt het lekdebië van het reactorgebouw van Doel 3 naar de tussenruimte maximum 30 m³/u in een ongevalsituatie. Voor een maximale waterstofconcentratie van 5 vol. % in het reactorgebouw komt dit overeen met een lekdebië van 1,5 m³H₂/u. Alvorens de waterstofconcentratie in de tussenruimte (25.000 m³) de ontvlambaarheidsgrens (4 Vol. %) bereikt, moeten een tiental dagen verstreken zijn. Deze redenering is geldig voor Doel 1&2 en Doel 3&4.

De allereerste zorg bij een zwaar ongeval bestaat erin te beletten dat de kern komt bloot te liggen. De kernkoeling dient dan ook met alle beschikbare middelen veilig gesteld. Mogelijke waterstofconcentraties worden strikt onder controle gehouden.

Indien er ondanks alle voorzorgsmaatregelen toch een gedeeltelijke of volledige kernsmelt zou optreden, dient alle aandacht gericht te zijn op het handhaven (of herstellen) van de integriteit van de veiligheidsfuncties. Het ultieme doel is dan: radioactieve lozingen vermijden of alleszins tot een minimum beperken, en het containment en de kern stabiliseren.

6.2.2. Maatregelen en ontwerpkenmerken ter vrijwaring van het containment nadat kernschade is opgetreden

6.2.2.1. Beheer van waterstofconcentraties in en rond het containment

De verschillende compartimenten binnen de containments van Doel 1&2 en Doel 3&4 zijn uitgerust met volledig passieve autocatalytische recombinatoren (PAR's): dit moet voorkomen dat het reactorgebouw het begeeft als gevolg van een waterstofexplosie. Het is een feit dat de PAR's de gemiddelde waterstofconcentratie in het reactorgebouw tot 5 vol % beperken.

Bij het ontwerp werd de totale autocatalytische oppervlakte overgedimensioneerd, en wel met een marge van 20 %. PAR's zijn daarenboven doeltreffend bij de recombinate van koolstofmonoxide. De ventilatoren zorgen op hun beurt voor een gelijkmatige verspreiding in het RGB; de sproeipompen en de ventilatiekoelbatterijen staan in voor het inert maken van de atmosfeer in het RGB.

De niet-gefilterde containment venting wordt bij Doel 1&2 uitgevoerd in de tussenruimte, bij Doel 3&4 in het Gebouw voor Nucleaire Hulpdiensten (GNH). In beide gevallen kan accumulatie van waterstof normaliter uitgesloten worden:

- De niet-gefilterde containment venting wordt overwogen indien de druk in het reactoromhulsel tot een niveau is gestegen dat een gevaar betekent voor het behoud van de integriteit van het reactoromhulsel (7 bar rel bij Doel 1&2, 5 bar rel bij Doel 3&4).
- Er ontstaat hoge druk in het reactoromhulsel op lange termijn, na een breuk in de reactorkuip en het afschrikken (quenchen) van het corium bij afvoer van de vervalwarmte.
- Door de werking van de PAR's is de waterstofconcentratie in het reactoromhulsel gedaald tot onder de ontvlambaarheidsgrens.

Indien het quenchen van het corium niet leidt tot een koelbare geometrie van het corium, kunnen beton-corium-interacties optreden. In zo'n scenario kan de accumulatie van waterstof in de tussenruimte (Doel 1&2) of in het Gebouw voor Nucleaire Hulpdiensten GNH (Doel 3&4) – na het uitvoeren van de niet-gefilterde containment venting-, hoewel erg onwaarschijnlijk, niet uitgesloten worden. De installatie van een gefilterde containment venting biedt hier een mogelijke oplossing.

Een voorstudie naar haalbaarheid en optimale technologie wat betreft de installatie van een Filtered Containment Vent op alle eenheden zal uitgevoerd worden.

Een dergelijke installatie zal de niet-gefilterde containment venting vervangen en de hieraan verbonden risico's uitsluiten.

Met een Interfacing Systems Loss of Coolant Accident, kortweg ISLOCA, en met het falen van de isolatie van het reactoromhulsel wordt rekening gehouden bij het ontwerp, namelijk door voldoende redundantie te voorzien. Mochten deze problemen zich toch voordoen, dan dienen de ongeval- en BK-procedures gevolgd. In de procedures worden specifieke acties beschreven om de ISLOCA te localiseren en te isoleren, zodat niet-gecontroleerde uitstoten naar het GNH vermeden worden.

De BK-procedures onderstrepen het belang, zelfs de prioriteit ervan, om het reactoromhulsel te isoleren. De ongevalsprocedures en het specifieke ontwerp van de systemen, waaronder de passieve autocatalytische recombinatoren die de waterstof in het reactorgebouw aan de bron inperken, zijn de beste garantie om het risico op waterstofaccumulatie in de gebouwen naast het reactoromhulsel zo klein mogelijk te houden.

In het kader van de tienjaarlijkse herziening zijn bovendien maatregelen toegevoegd aan de reeds bestaande procedures voor zware ongevallen. Binnen deze maatregelen, werd voorgesteld om de opvolging van de detectie van radioactieve lozingen (en dus ook waterstof gassen) te benadrukken om als dusdanig de mogelijke efficiëntie van correctieve maatregelen te verbeteren. Deze aanvullingen worden hic et nunc in de bestaande ongevalsprocedures geïmplementeerd.

6.2.2.2. Vermijden van overdruk in het containment

Om te voorkomen dat het containment faalt door overdruk bij de doorboring het reactorvat is het essentieel dat de druk in de primaire kring binnen de perken blijft. Een lage druk bevordert immers de vei-

ligheidsinjectie naar de primaire kring en tempert of voorkomt ook op het ogenblik van het falen van de reactorkuip de plotse drukstijging in het reactorgebouw door het vrijkomen van grote hoeveelheden stoom en het fenomeen van Direct Containment Heating.

Direct Containment Heating is een gevolg van het plots vrijkomen van corium en de inhoud van de primaire kring onder hoge druk via de doorboring van het reactorvat.

Hierdoor komt massaal stoom, waterstof en corium vrij in het reactorgebouw. Dit veroorzaakt een plotse drukstijging.

Primaire druk verlagen

Het komt er dus op aan om de primaire druk te verlagen; dat kan op de volgende manier:

- Via de ontlastingsafsluiters van de stoomgeneratoren – naar de condensor en naar de atmosfeer – kan de secundaire kring afgekoeld worden, en kan de druk in de kring verlaagd worden.
- Via de hulpsproei, via de ultieme sproei of via de SEBIM's (Doel 1&2) of MORV's/PORV's (Doel 3&4) van het drukregelvat kan de druk in de primaire kring ook rechtstreeks verlaagd worden.

Er zal voorzien worden in alternatieve voeding van de IAK-compressoren vanuit het back-up 380 V-net. Via het back-up 380 V-net zal er tevens voor gezorgd worden dat de SEBIM's (Doel 1&2) / PORV's/MORV's (Doel 3&4) op het drukregelvat ook in omstandigheden van station black out kunnen geopend worden.

Containment druk verlagen

Naast het risico op overdruk bij het falen van het reactorvat, kan de druk langzaam stijgen door het progressief vrijkomen van stoom en/of niet condenseerbare gassen.

Wanneer de druk in het RGB de drempelwaarden van respectievelijk 3,5 (voor Doel 1&2), 3,8 (Doel 3) en 4,0 (Doel 4) bar abs overschrijdt, vragen de procedures om al het mogelijke te doen om de druk te verlagen. Het RGB moet dus afgekoeld worden, en dat kan met behulp van de volgende middelen:

- de containment sproeipompen – in directe injectiewerking vanaf de RWST of in recirculatiewerking vanaf de sterfputten van het RGB;
- de lagedruk-veiligheidsinjectiepompen – via een verbinding tussen de lagedruk-veiligheidsinjectielijnen en de lijnen van het containment sproeisysteem; deze uitlijning zorgt voor een directe injectie vanaf de RWST en recirculatie vanaf de sterfputten;
- de ventilatiekoelbatterijen van het RGB;
- het afblazen van het RGB, indien er geen andere opties meer bestaan.

Momenteel loopt er een studie om voor Doel 3&4 externe aansluitpunten te voorzien op de aanzuig en steek van de SP-pompen zodat via een mobiele pomp een alternatieve sproei kan gerealiseerd worden.

Voor Doel 1&2 zijn kabels voorzien om de SP-pompen alternatief te kunnen voeden met electrogeengroepen.

Een voorstudie naar haalbaarheid en optimale technologie wat betreft de installatie van een Filtered Containment Vent op alle eenheden zal uitgevoerd worden.

Wanneer er een risico bestaat voor onderdruk in het RGB, worden de containment sproeipompen gestopt, en worden de ventilatiekoelbatterijen buiten werking gesteld.

6.2.2.3. Vermijden van herkritikaliteit

Vóór de doorboring van het reactorvat is het enkel toegelaten om boorhoudend water naar het reactorvat te voeren.

Na doorboring van het reactorvat is het zaak om de kernreactor niet opnieuw in een kritische toestand (kritikaliteit) te brengen. Om dit te vermijden wordt – wanneer alle geboreerde watervoorraden uitgeput zijn – slechts in beperkte mate zuiver water (zonder boorzuur) in het RGB geïnjecteerd.

6.2.2.4. Vermijden van basemat melt through: behoud van corium in het reactorvat

Uiteraard moet een doorboring van het reactorvat te allen tijde voorkomen worden. Het is daarom van essentieel belang om water in de primaire kring te injecteren. Dat kan aan de hand van de volgende middelen:

- de hoge- en lagedruk-veiligheidsinjectiepompen, hetzij in directe injectiewerking vanaf de RWST, hetzij in recirculatiewerking vanaf de sterfputten van het reactorgebouw;
- de pompen van het noodsuppletiewater van de primaire kring (enkel voor Doel 3&4);
- de containment sproeipompen (enkel voor Doel 3&4), via een verbinding tussen de lijnen van het containment sproeisysteem en de lagedruk-veiligheidsinjectielijnen; deze uitlijning zorgt voor een directe injectie vanaf de RWST of recirculatie vanaf de sterfputten;
- de ladingspompen;
- de pompen van het noodkoelsysteem van de dichtingen van de primaire pompen;
- de primaire pompen;
- de ontlastingsafsluiters van de stoomgeneratoren (voor refluxcondensatie in de primaire kring).

Opmerking: het gebruik van de lagedruk-injectiemiddelen impliceert een voorafgaande drukverlaging van de primaire kring volgens de in 6.2.2.2 opgesomde middelen.

Een andere preventieve maatregel bestaat erin de reactorput te injecteren door de RWST gravitair af te drainen en de recirculatie-afsluiters te openen.

Na een doorboring van het reactorvat kan op twee manieren geïnjecteerd worden in de reactorput:

- door injectie van de primaire kring via bovengenoemde injectiemiddelen via de doorboring van het reactorvat;
- door te sproeien in het reactorgebouw ; het geïnjecteerde water zal de reactorput bereiken via de verbinding tussen de sterfputten en de reactorput.

Momenteel loopt er een studie om voor Doel 3&4 externe aansluitpunten te voorzien op de aanzuig en steek van de SP-pompen zodat via een mobiele pomp een alternatieve sproei kan gerealiseerd worden.

Voor Doel 1&2 zijn kabels voorzien om de SP-pompen alternatief te kunnen voeden met electrogeengroepen.

De inzichten met betrekking tot de problematiek interactie corium - beton zullen opgevolgd worden.

6.2.2.5. Alternatieve elektrische voedingen ter vrijwaring van de integriteit van het containment

De BK-procedure BK-3 beschrijft de elektrische voedingen van de uitrustingen die nodig zijn om de integriteit van de derde barrière te beschermen. Dezelfde procedure stelt ook alternatieve elektrische voedingen voor. Bij onderstaande systemen worden de pompen gevoed door de hulp-of noodvoedingsdiesels:

- het hulpvoedingswatersysteem,
- het noodvoedingswatersysteem,
- het veiligheidsinjectiesysteem,
- het noodsuppletiewatersysteem van de primaire kring (Doel 3&4),
- het noodkoelsysteem van de dichtingen van de primaire pompen,
- het ladingsysteem, en
- het containment sproeisysteem.

Batterijen en noodvoedingsdiesels staan in voor de controlebediening van de pompen. Voor de ontlastingsafsluiters van de stoomgeneratoren – naar de condensor en naar de atmosfeer – is geen wisselstroom nodig. De ultieme sproei van het drukregelvat, de koeling van de ventilatiebatterijen en de ventilatoren worden gevoed door de hulp- of noodvoedingsdiesels.

Voor de SEBIM's (Doel 1&2) van het drukregelvat is gelijkstroom nodig, gevoed door batterijen, met diesels als noodvoeding. Voor de PORV's (Doel 3&4) is naast gelijkstroom ook perslucht nodig. Voor de MORV's (Doel 3&4) is naast gelijkstroom ook 380 V nodig.

Er zal worden voorzien in alternatieve voeding van de IAK-compressoren vanuit het back-up 380 V net. De stuurspanning voor PORV's/MORV's en SEBIM's zal tevens via het back-up 380 V net verzekerd worden.

IAK:

(nood-)Instrument Air of gebunkerd perslucht voor controlebediening van noodsystemen nodig voor opvang van extern ongeval.

6.2.2.6. Cliff edge effecten en hun timing

De vier reactorgebouwen (RGB) in Doel zijn van het type 'large dry containment'. Het water, de stoom en de niet-condenseerbare gassen in het RGB vinden in de eerste plaats een uitweg in het grote volume, wat tot een geringe drukverhoging leidt.

Het primair containment van Doel 1&2 bestaat uit een stalen bol, gekenmerkt door een grote mechanische sterkte. Bij Doel 3&4 is het primair containment een voorgespannen betonnen cilinder met een metalen liner. Het secundair containment van Doel 1&2 en Doel 3&4 is eveneens een betonnen cilinder, die dus van het primair containment gescheiden is via een tussenruimte. Door de onderdruk in de tussenruimte zullen mogelijke lekken van het primair containment afgeleid worden naar de tussenruimte en daar gefilterd worden.

Onderstaande tabel geeft de eigenschappen van de reactorgebouwen weer met betrekking tot de bescherming van hun integriteit bij ongevallen buiten ontwerp. De ultieme bezwijkdruk van Doel 1&2 stemt overeen met een breuk in de stalen bol ter hoogte van een penetratie. Bij Doel 3&4 is een falen eerder het gevolg van een lek ter hoogte van de materiaalpoorten.

Tabel 9



Eigenschappen van de reactorgebouwen

	Doel 1&2	Doel 3	Doel 4
Ontwerpdruk [bar abs]	3,86	4,5	4,7
Bezwijkdruk [bar abs]	8	> 6	> 6
Vrij volume [m ³]	42.828	60.758	60.302
Dikte betonplaat [m]	2,45 + 1,4	3,25	3,45
Aantal PAR's [-]	24	40	37
Oppervlakte PAR's [m ²]	227	306	336

De veiligheidsuitrustingen die de druk en temperatuur in het RGB bij een ongeval beheersen, zijn redundant en divers uitgevoerd:

- de SP-pompen en de SC- of LDSI-pompen sproeien om de vrijgekomen stoom te condenseren;
- de VC-koelbatterijen en ventilatoren zijn ontworpen om bij ontwerp-ongevallen de vrijgekomen warmte te kunnen afvoeren, onafhankelijk van de sproei.

De reactorput bevindt zich helemaal onderaan in het RGB. Het water dat in het RGB terechtkomt na een ongeval of als gevolg van de gevolgde procedures, komt via een toegevoegde verbinding in de reactorput terecht waardoor reeds een hoeveelheid water in de sterfput aanwezig is. **Voor Doel 1&2 zijn kabels voorzien om de SP-pompen alternatief te voeden met elektrogeengroepen. Voor Doel 3&4 is een studie lopende waarbij voorzien wordt in externe aansluitpunten voor aanzuig en steek van SP-pomp en mobiele pomp, zodat SI-debiet en SP-debiet gerealiseerd kan worden met een mobiele pomp.** Dankzij de vele pompen, die rechtstreeks of onrechtstreeks via de RC-kring in het RGB injecteren, is het mogelijk om de reactorput onder water te brengen, voor een mogelijke kuipbreuk met uitstoot van corium uit de reactorkuip.

Bij een beperkte tegendruk is het ook mogelijk om vanuit de RWST-reservoirs gravitair water toe te voegen. Indien bij het ongeval corium op de vloer van de reactorput terechtkomt, speelt de dikte van de vloerplaat een rol bij de mogelijke doorboring ervan. In Doel 3&4 bestaat de vloer uit een enkelvoudige plaat. In Doel 1&2 bevindt zich onder de eerste betonnen vloer een tussenruimte met een tweede vloerplaat.

Bij een ongeval met kernschade zijn een aantal scenario's denkbaar waarbij het RGB in het vizier komt en niet de reactorkuip. Een overzicht.

- Er is een bypass ontstaan ter hoogte van een penetratie in het RGB. Om dit euvel zo veel mogelijk te voorkomen zijn alle penetraties uitgevoerd met twee redundante dichtingen en/of isolatieafsluiters die automatisch sluiten wanneer de sturing uitvalt. Nadat een lek is vastgesteld, kunnen ook de fluïdumhoudende leidingen in de meeste gevallen manueel afgesloten worden. Zulke lekken – vrij onwaarschijnlijk maar toch niet helemaal uit te sluiten – kunnen in principe correct opgevangen worden voor de kern schade oploopt en voor er gassen in de atmosfeer ontsnappen.
- Gedurende de eerste uren van een kernsmelt kan een bypass ontstaan als gevolg van een geïnduceerde stoomgeneratorpijpbreuk. Dit kan echter vermeden worden. Een dergelijke SG-pijpbreuk kan enkel optreden bij een hoge primaire druk gecombineerd met stoomgeneratoren die aan de secundaire kant droog en drukloos zijn. Dit mankement kan voorkomen worden door de primaire druk te verlagen en door de SG'en te isoleren en/of te vullen.
- Tijdens de kernsmelt wordt door de oxidatie van het hulsmateriaal waterstof aangemaakt. Wanneer de waterstof in het RGB terechtkomt, bestaat het gevaar op een waterstofexplosie. Oplossing: in de verschillende compartimenten van de reactorgebouwen zijn passieve autokatalytische recombinatoren (PAR) opgesteld, die de waterstofconcentraties beperken tot waarden die niet tot explosies kunnen leiden waaraan het RGB zou bezwijken. De PAR's gaan het explosiegevaar tegen, ook na het falen van de reactorkuip.

Faling reactorkuip

De reactorkuip die het begeeft, is een kantelmoment in het verloop van een ongeval met kernschade. De aanpak dient bijgestuurd, en wat nadien volgt kan mogelijk fataal zijn voor de integriteit van het containment. De timing voor het falen van de reactorkuip hangt hoofdzakelijk af van de mate waarin de nakomende warmte kan worden afgevoerd voor er kernschade optreedt. De scenario's die er mogelijk uit voortvloeien, worden gedekt door het omhullende scenario van de langdurige Station Black-out (SBO).

Kernschade kan meerdere uren uitgesteld worden. In een configuratie met gesloten RC-kring kan het aan de hand van de voeding van de SG'en via de turbopomp. In een configuratie met open RC-kring kan het aan de hand van het gravitair bijvullen met de RWST-tanks. Wanneer de koeling op deze manier niet volgehouden kan worden, verliest de primaire kring progressief zijn waterinventaris wat achtereenvolgens leidt tot de ontbloting en het smelten van de splijtstof, de relocalisatie van het corium naar de onderkant van de kuip en tenslotte tot de doorboring van het reactorvat. Zonder tussenkomst van de operator duurt dit proces enkele uren.

In deze fase kunnen een aantal fenomenen leiden tot verlies van integriteit van het RGB. Een overzicht.

- Corium dat zich verspreidt in het RGB (High Pressure Melt Ejection) kan leiden tot een plotse opwarming en expansie van de aanwezige lucht (Direct Containment Heating).
- Grote hoeveelheden stoom en water in het RGB kunnen de druk doen stijgen.
- Uitstromend corium dat in contact komt met water in de reactorput kan een stoomexplosie veroorzaken.

De eerste twee fenomenen kunnen voorkomen worden door de primaire druk te verlagen vóór de reactorkuip het begeeft. Hiervoor is een ontlasting via de SEBIM's (Doel 1&2) of de PORV's/MORV's (Doel 3&4) het meest aangewezen.

Het optreden van een stoomexplosie is weinig waarschijnlijk. Men heeft het optreden ervan nog nooit experimenteel kunnen vaststellen.

Basemat Melt Through en langzame overdruk

Voor de reactorgebouwen zijn er op lange termijn twee mogelijke falingen:

- De vloer wordt doorboord – dit is de zgn. Basemat Melt Through.
- In het RGB ontstaat overdruk als gevolg van de stoomontwikkeling door de nakomende warmte, en/of van de niet-condenseerbare gassen voortkomend uit de reactie tussen corium en beton.

Omdat de reactorput waarschijnlijk onder water staat op het ogenblik van het falen van de reactor-

kuip is de kans reëel dat het corium afgeschrikt wordt en in brokstukken opgebroken wordt, waardoor het ook sneller wordt afgekoeld door het omringende water. Wanneer dit slechts gedeeltelijk zo is of wanneer er te weinig koelwater kan worden toegevoegd, is het niet uitgesloten dat de betonnen vloer van de reactorput wordt aangetast door de gesmolten corium-beton-interacties. Dit proces zal echter trager verlopen dan het opdrukken van het RGB door de stoomontwikkeling eigen aan het afvoeren van de nakomende warmte. Zonder toevoer van koelwater naar de reactorput kan de vloerplaat falen na meer dan naar schatting vijf dagen (waarde Doel 3).

De nakomende warmte in het RGB kan op middellange termijn worden afgevoerd via de sproei en/of via de recuperatie van een koelkring met warmtewisselaar (SI/SP in recirculatiemode of VC-kring). Wanneer de koeling echter niet snel genoeg verloopt, kan de warmte onder de vorm van stoom ertoe leiden dat het RGB wordt opgedrukt.

Volgens realistische schattingen kan de ontwerpdruk van het RGB hierdoor bereikt worden na 40 à 48 uur na het verlies van alle koelbronnen. Dezelfde schattingen wijzen op een bezwijkdruk die bereikt wordt na 3 à 4 dagen. De BK-procedures schrijven voor om in zulke gevallen een niet-gefilterde afblaas naar de atmosfeer te creëren. Volgens de meest conservatieve schattingen kan dit nodig zijn na 24 uur.

Momenteel loopt er een studie om voor Doel 3&4 externe aansluitpunten te voorzien op de aanzuig en steek van de SP-pompen zodat via een mobiele pomp een alternatief SP-debiet kan gerealiseerd worden.

Voor Doel 1&2 zijn kabels voorzien om de SP-pompen alternatief te kunnen voeden met electrogeengroepen.

Een voorstudie naar haalbaarheid en optimale technologie wat betreft de installatie van een Filtered Containment Vent op alle eenheden zal uitgevoerd worden.

6.2.2.7. Toereikendheid bestaande maatregelen en mogelijke bijkomende maatregelen

Tabel 10 

Samenvattende tabel maatregelen ter vrijwaring van containment

Strategie	Doelstellingen	Middelen	Hulp- of noodvoeding	Link
Druk RGB verlagen	Voorkomen dat RGB bezwijkt onder statische druk	Containment sproeipompen Lagedruk-veiligheidsinjectie-pompen Ventilatie koelbatterijen van het RGB Afblazen van het reactorgebouw (indien totaal geen andere uitweg)	Pompen gevoed door de hulp- of noodvoedingsdiesels Koeling van de ventilatiebatterijen gevoed door de hulp- of noodvoedingsdiesels Het hulp- en noodvoedingssysteem voor controlebediening van de pompen bestaat uit batterijen en de diesels	6.2.2.2., hoofdstrategie
Primaire druk verlagen	Doorboring van het reactorvat op hoge druk voorkomen Lagedruk-injectie bevorderen	Ontlastingsafsluiters van de stoomgeneratoren naar de condensor Ontlastingsafsluiters van de stoomgeneratoren naar de atmosfeer Hulp-sproei of de ultieme sproei van het drukregelvat Via de SEBIM's (Doel 1&2) of MORV's/PORV's (Doel 3&4) van het drukregelvat	Wisselstroom is niet nodig voor de ontlastingsafsluiters van de stoomgeneratoren naar de condensor en naar de atmosfeer Ultieme sproei van het drukregelvat gevoed door hulp- of noodvoedingsdiesels Voor de SEBIM's (Doel 1&2) is gelijkstroom nodig gevoed door batterijen en de diesels als noodvoedingssysteem Voor de PORV's (Doel 3&4) is naast de gelijkstroom ook perslucht nodig Voor de MORV's (Doel 3&4) is 380 V nodig	6.2.2.2., preventieve strategie 6.2.2.4., preventieve strategie
Injecteren in de primaire kring	Doorboring van het reactorvat voorkomen Gevolgen van corium-beton-interacties in de reactorput milderen	Hogedruk-veiligheidsinjectiepompen Lagedruk-veiligheidsinjectiepompen Pompen van het nood-suppletiewater van de primaire kring (enkel Doel 3&4) Containment-sproeipompen (enkel Doel 3&4) Ladingspompen Alternatieve systemen	Veiligheidsinjectiesysteem gevoed door hulp- of noodvoedingsdiesels Noodsuppletiewatersysteem (Doel 3&4) gevoed door hulp- of noodvoedingsdiesels Containment-sproeisysteem gevoed door hulp- of noodvoedingsdiesels Ladingssysteem gevoed door hulp- of noodvoedingsdiesels Hulp- en noodvoedingssysteem voor controlebediening van de pompen bestaat uit batterijen en diesels	6.2.2.4., preventieve en hoofdstrategie
Injecteren in de reactorput	Gevolgen van corium-beton-interacties in de reactorput milderen	Gravitair afdrainen van de RWST	Passief	6.2.2.4., preventieve strategie
-	Waterstofexplosies voorkomen	Autocatalytische recombinatoren	Passief	6.2.2.1.

Bestaande en nieuwe maatregelen

Zie paragraaf 6.2.1.4.

Instrumentatie

Zie paragraaf 6.2.1.4.

Controlezaal

Zie paragraaf 6.2.1.4.

Accumulatie van waterstof

Zie paragraaf 6.2.1.4.

Zie paragraaf 6.2.2.1.

6.2.3. Curatieve maatregelen bij verlies van integriteit containment

Bij verlies van het containment kunnen we terugvallen op de BK-procedures die beschrijven hoe de gevolgen beperkt kunnen worden.

a. Radioactieve lozingen

Zodra de radioactieve lozingen uit het RGB boven de drempelwaarde uitstijgen, treedt de toepasselijke BK-procedure in werking. De in te zetten middelen staan in functie van het lozingspad. Deze middelen zijn:

- de isolatie van het containment,
- de ventilatie-filtratie van het GNH,
- de isolatie van de recirculatielijnen – als de druk in het RGB te hoog is of als een lek in de recirculatiekamer wordt vastgesteld,
- het sproeien in het RGB – om jodium en aerosols neer te slaan,
- de verlaging van de druk in het RGB,
- de injectie in de primaire kring – om de kern onder water te zetten,
- de injectie in het RGB – zodat de reactorput overstroomt en de splijtstof onder water staat, en
- de toevoeging van NaOH aan het water in de sterfputten van het RGB (enkel voor Doel 3&4) – zodat het jodium beter wordt vastgehouden.

b. Stoomgeneratoren

Zodra de radioactieve lozingen uit de stoomgeneratoren boven de drempelwaarde uitstijgen, dient een waterlaag boven de pijpenbundels aangebracht te worden, zodat de radioactieve stoffen worden weggewassen bij een lek in een van de pijpenbundels. Het uitgangspunt is dat het peil in een of meer stoomgeneratoren effectief te laag is. De in te zetten middelen zijn:

- de hulpvoedingswaterpompen,
- de noodvoedingswaterpompen,
- de voedingswaterpompen voor stoomgeneratoren onder hoge druk, en
- de extractiepompen voor stoomgeneratoren onder lage druk.

c. Injectie primaire kring

De primaire kring dient geïnjecteerd om de kern onder water te zetten. Het uitgangspunt is dat de temperatuur van de thermokoppel aan de uitgang van de kern aangeeft dat de kern ontbloot is. De in te zetten middelen zijn:

- de hoge- en lagedruk-veiligheidsinjectiepompen,
- de pompen van het noodsuppletiewater van de primaire kring (enkel Doel 3&4),
- de containment-sproeipompen (enkel Doel 3&4),
- de ladingspompen,
- de pompen van het noodkoelsysteem van de dichtingen van de primaire pompen,
- de primaire pompen en de ontlastingsafsluiters van de stoomgeneratoren (voor refluxcondensatie in de primaire kring).

d. Injectie reactorgebouw

Het reactorgebouw (RGB) dient geïnjecteerd om de sterfput onder water te zetten zodat de splijtingsproducten in het water gevangen worden gehouden. Het uitgangspunt is dat het waterpeil in het RGB effectief te laag is. De in te zetten middelen zijn:

- de containment sproeipompen,
- de lagedruk-veiligheidsinjectiepompen,
- het gravitair afdrainen van de RWST, door de recirculatie-afsluiters te openen, en
- de injectiemiddelen voor de primaire kring – via breuk en/of SEBIM's (Doel 1&2) of MORV's/PORV's (Doel 3&4).

e. Jodium en aerosols in het reactorgebouw

Het aanwezige jodium en de aerosols in het RGB dienen zo snel mogelijk neergeslaan. Het uitgangspunt is dat de druk in het RGB niet stabiel en gecontroleerd is. De in te zetten middelen zijn:

- de containment sproeipompen,
- de lagedruk-veiligheidsinjectiepompen,
- de ventilatiekoelbatterijen van het RGB, en
- dat de reactiviteit van de kern gecontroleerd blijft.

6.2.3.1. Toereikendheid bestaande maatregelen en mogelijke bijkomende maatregelen

a. bestaande en nieuwe procedures

zie paragraaf 6.2.1.4.

b. Instrumentatie

zie paragraaf 6.2.1.4.

c. Controlezaal

zie paragraaf 6.2.1.4.

d. Accumulatie van waterstof

zie paragraaf 6.2.1.4.

6.2.4. Herstel stabiele toestand

In een aantal gevallen (beyond design) kan de impact van een externe agressie zodanig zijn dat essentiële veiligheidsfuncties dreigen verloren te gaan. Al het voorgaande wilde duidelijk maken dat in de eerste plaats preventief moet worden gehandeld. Als er dan toch veiligheidsfuncties verloren gaan, dienen de gevolgen beheerst te worden. Alle aandacht richt zich dan op het herstel van een stabiele en gecontroleerde toestand. Dit houdt in:

- dat de lozingen in de atmosfeer voldoende laag zijn;
- dat de druk en temperatuur in het RGB genormaliseerd en stabiel zijn;
- dat de kern gekoeld wordt en de nakomende warmte afgevoerd.

Afhankelijk van de toestand van de centrale vóór het ongeval, afhankelijk ook van het verloop van het ongeval en van de beschikbaarheid van de nodige uitrustingen voor afvoer van de nakomende warmte, kan de configuratie voor de kernkoeling verschillend zijn.

Op korte en middellange termijn is warmte-afvoer door koken in de primaire kring of in de reactorput (wanneer de kuip faalde) een aanvaardbare koelconfiguratie. Als voorwaarde geldt wel dat de watertoevoer – ter compensatie van de verdamping en het condenseren of afvoeren van de stoom in het RGB – gegarandeerd is.

Op lange termijn is een koelconfiguratie met gesloten kring aangewezen, om de watertoevoer naar de sterfputten te stoppen. Zonder gesloten kring zou het waterpeil – door sproeien in het RGB en/of injecteren in de primaire kring – zodanig stijgen dat veiligheidsuitrustingen verloren gaan en de stabiliteit van het gebouw in het gedrang komt.

Opslag gebruikte splijtstof



Bij een incident van verlies aan actieve koeling van de splijtstofdokken, wat een traag maar progressief proces is, moet koste wat het kost vermeden worden dat de splijtstofstaven komen bloot te liggen. Om de dokken bij te vullen, en aldus de koeling te blijven verzekeren, kunnen we meerdere alternatieve (water)bronnen aanspreken. Zelfs indien de koeling van de dokken wegvalt, duurt het nog verschillende dagen voor de gebruikte splijtstof helemaal blootligt. Die tijd stelt ons ruimschoots in staat om alle voorhanden zijnde middelen aan te spreken, inclusief de niet-conventionele.

6.3.1. Maatregelen om de gevolgen van verlies van koeling van de splijtstofdokken te beheersen

Doel 1&2

Koelen van de dokken

De PL-kring (Pool Loop) van Doel 1&2 bestaat uit twee gedeelten:

- een zuiveringsgedeelte met twee pompen, met verzekerde voeding 1ste niveau;
- een koelgedeelte met drie pompen en drie koelers:
 - drie pompen, elk met een verzekerde voeding; twee pompen zijn gevoed vanaf het 2de niveau met de GNS-diesels als backup; de derde pomp is gevoed vanaf het 1ste niveau met de veiligheidsdiesels als backup;
 - twee koelers worden gekoeld door de CC-lus A en B (CC-kring is een veiligheidskring van het 1ste niveau); een andere koeler wordt gekoeld met lucht (geforceerde ventilatie op het dak van GNS), is seismisch 2de niveau-veiligheidsstuw, samen met bijbehorende ventilator.

Tussen het zuiveringsgedeelte en het koelgedeelte bestaan verbindingen die toelaten om over de PL-koelers te circuleren met PL-pompen OP7 in plaats van PL-pompen OP6. Zo ontstaat er bijkomende redundantie. De handelingen die nodig zijn om de koeling uit te lijnen via (delen van de) zuiveringskring, zijn in de incident-procedure met als titel: “slechte werking PL-kring” beschreven.

Bijvullen van de dokken

De normale bijvulmogelijkheden voor de PL-dokken zijn de MW-kring en de PL-kring van de WAB. In noodgevallen is het mogelijk om de watervoorraad in de RWST's (reservoirs R11) te gebruiken. Ook bijvulling met FE-water is mogelijk. Dit FE-water is afkomstig uit de TW-tank van Doel 1&2 of uit de LU-vijvers van Doel 3. Voor dit laatste dienen de FE-kringen van Doel 1&2 en Doel 3 wel parallel te staan.

De normale bijvulling van de PL-dokken – met MW-water of met PL-water uit WAB – staat procedureel in ‘Vullen en ledigen van dokken in GNH’. De alternatieve bijvulling vanuit PB-reservoirs wordt ook procedureel beschreven.

Bij een aardbeving is de FE-kring in het GNS de gegarandeerde waterbron. De voeding gebeurt vanuit de LU-vijver van Doel 3. Indien nodig kan er vanaf de FE-kring in het GNS een brandweerslang gelegd worden tot aan de PL-dokken. Voor een debiet van 13 ton per uur volstaat één brandweerslang.

Doel 3&4***Koelen van de dokken***

De PL-kring (Pool Loop) van Doel 3&4 bestaat uit twee loops. Elke loop bevat een pomp met verzekerde voeding en een koeler, gekoeld door CC of LU.

Er bestaat een incidentprocedure waarbij één pomp de PL-koeling garandeert wanneer de andere pomp wegvalt, om welke reden dan ook (elektrisch of mechanisch). Er is een reservepomp ter plaatse, samen met de nodige toebehoren om ze aan te koppelen. Ook zijn de middelen aanwezig om de elektrische voeding van de ene pomp naar de andere over te zetten.

De incidentprocedure geeft ook alternatieve koelmogelijkheden wanneer de normale koeling via CC/LU niet beschikbaar is. Zo wordt gebruik gemaakt van een FE-darm op LU-VV9300 waarbij dan FE-pompen als drijvende kracht ingezet worden. De LU-vijver wordt als intact verondersteld. De procedure houdt ook rekening met mogelijke hoge dosisdebieten en koken in de dokken, en stelt op dat moment een alternatieve plaats van aansluiting voor.

Indien het FE-net intact is, legt de procedure de link naar aansluitingen van FE-darmen op hydranten. Indien het FE-net geïsoleerd is als gevolg van veiligheidssignalen, wordt een alternatieve plaats van aansluiting voorgesteld.

Mocht de bunkerdiesel niet beschikbaar zijn, dan kan het bord B/R-HVS-K, die de borden B/R-LVS-K voedt, gevoed worden door de borden B/RHVS-M (zie procedure BK-3).

Bijvullen van de dokken

Bij een ongecontroleerde peildaling in de splijstofdokken kunnen we terugvallen op een specifieke incidentprocedure. In eerste instantie zullen de pompen die instaan voor de zuivering van de kring, stilgelegd worden. Op die manier worden mogelijke lekken gelokaliseerd. Bijvulmogelijkheden zijn SI (vanuit RWST), MW en FE. Een watertoevoer van 13 m3 per uur is voldoende om de verdamping te compenseren.

Er wordt een studie uitgevoerd om te voorzien in een vaste leiding voor de bijvulling van de splijstofdokken van Doel 12 en Doel 34.

6.3.1.1. Clif edge effecten en hun timing

Het incident van verlies aan actieve koeling van de splijstofdokken is een proces met een traag en progressief verloop. De grote watervolumes, die nodig zijn voor de biologische afscherming, en de (in vergelijking met de vermogens in de kern) lage nakomende warmte leiden tot grote inerties. De nog altijd belangrijke bronterm van de splijststof en de beperkte lektheid van de splijststofgebouwen vragen om een adequaat ongevalbeheer, zodat het ontbloten en het verlies van integriteit van de splijststofelementen kunnen worden vermeden.

Verlies PL-koeling

Het langdurig verlies aan koeling van de splijstofdokken verloopt in een aantal etappes:

- Na de opwarming (tot koken) zijn het lokaal van de dokken en andere omliggende lokalen minder toegankelijk voor een eventuele manuele interventie, zoals het bijvullen van de dokken, of het herstellen van de actieve koeling (door geforceerde convectie).
- Nadat verschillende meters water boven de splijststofelementen verdampt zijn, gaat de biologische afscherming verloren. Dit maakt de lokalen bijkomend minder toegankelijk maar leidt ook tot het verlies van de uitlijning voor de geforceerde convectie.
- Zodra de splijststofelementen bloot liggen, begint de temperatuur van de splijststofstiften te stijgen. Op termijn leidt dit tot het verlies van hun integriteit en mogelijk tot het smelten van de splijststofelementen.

Dit progressief verloop kan doorbroken worden door water toe te voegen en door de geforceerde convectie te herstellen. Daarbij moet rekening gehouden worden met de beperkingen eigen aan de verschillende etappes. De timing van de etappes bij een verlies van PL-koeling-incident is weergegeven in onderstaande tabellen.

Drie configuraties zijn voorgesteld: de normale werking van de centrale in vermogen waarvan het begin van de cyclus omhullend is voor wat betreft de splijfstofdokken; het einde van een volledige ontlasting met en zonder koppeling van de dokken in het GNH/SPG en het RGB.

Tabel 11



Inertie van de splijstofdokken

Etappe / Configuratie	Vermogenwerking	Ontlading zonder koppeling RGB	Ontlading met koppeling RGB
DOEL 1&2			
Koken (in uren)	43	15	15
Bio afscherming (in dagen)	7	3	5
Ontbloting (in dagen)	11	4	9
DOEL 3			
Koken (in uren)	26	8	8
Bio afscherming (in dagen)	5	2	3
Ontbloting (in dagen)	8	3	5
DOEL 4			
Koken (in uren)	34	10	10
Bio afscherming (in dagen)	7	2	3
Ontbloting (in dagen)	11	3	6

De grootste verhouding tussen nakomende warmte en watervolume in de dokken vinden we bij Doel 3. Dit betekent dat na 3 dagen – in de meest bezwarende configuratie – water moet worden toegevoegd om ontbloting van de SSE'en te vermijden. Deze meest bezwarende configuratie komt echter slechts gedurende een beperkte periode voor in de cyclus van de centrale. De inertie bedraagt meer dan een week in het grootste deel van de cyclus van de vier eenheden.

Splijststofcontainergebouw

De gebruikte splijststof wordt opgeslagen in het **splijststofcontainergebouw (SCG)**, in transportcontainers die tegen extreme omstandigheden bestand zijn. Samen met het opslaggebouw zorgen de containers voor de nodige biologische afscherming, en in normale omstandigheden voor een verbeterde warmteafvoer.

SCG:

Splijststof Container
Gebouw: gebouw voor
droge stockage van
verbruikte splijststof.

De cliff edge effecten die tot splijststofschaade en radiologische gevolgen buiten ontwerp kunnen leiden, komen voort uit de oververhitting van de splijststof door een onvoldoende koeling en/of het falen van de dichtheid van de container ter hoogte van de dubbele dichting van het primaire deksel. Het verloren gaan van de neutronenabsorberende harsverbinding van de containers en/of de biologische afscherming van het gebouw leiden niet tot splijststofschaade. De radiologische gevolgen zijn steeds aanvaardbaar.

De splijststof kan wel oververhit geraken mocht de container gedurende meerdere dagen bedolven worden over meer dan drie kwart van zijn oppervlakte. Instorting van het opslaggebouw leidt tot een bedekking van maximum 50 % van de oppervlakte. Dit risico is dus uitgesloten.

De containers zijn bestand tegen een 60 minuten durende brand, bijv. als gevolg van een vliegtuigcrash. Bij het ontwerpongeval dooft het vuur vanzelf omdat het uitgesloten is dat de metalen containers zelf zouden branden. Voor het geval een brand beyond design uitbreekt, zijn aanzienlijke marges ingebouwd ter hoogte van de zwakste schakel, zijnde de primaire dichtingen. In die omstandigheden is uiteraard ook de brandweer ter plaatse.

6.3.1.2. Toereikendheid bestaande maatregelen en mogelijke bijkomende maatregelen

Doel 1&2

De maatregelen in een zwaar-ongevalssituatie zijn niet anders dan de maatregelen voor het ongeval: altijd zijn ze gericht op het voorkomen van splijstofschade. De aandacht gaat daarbij naar het bijvullen en koelen van de dokken. Koeling van de splijstofdokken in het GNH kan op verschillende manieren.

Stralingsbescherming beschikt over een procedure waarin voor interne ongevallen en kritikaliteitsongevallen wordt aangegeven welke stralingsmeetketens geraadpleegd dienen te worden om de situatie in te schatten. Deze procedure geeft ook richtlijnen voor interventies en welke regels dienen gerespecteerd te worden voor blootstelling in noodsituaties.

Er is ventilatie aanwezig boven de dokken maar zonder veiligheidsfunctie. De ventilatie van het GNH, die leidt naar de schouw van het GNH, vormt de veiligheidsgebonden ventilatie voor de dokken. Er zijn filters voorzien maar die kunnen enkel radioactiviteit capteren indien de vochtigheid van de aangeboden lucht beperkt kan worden.

Er bestaat ook een specifieke procedure met richtlijnen over een ongecontroleerde peildaling in een dok met geactiveerde splijststof. De procedure beschrijft hoe het personeel zich in veiligheid kan brengen en hoe de voorbereiding op mogelijke interventies ter hoogte van de dokken verloopt.

In de wanden van de dokken zijn een aantal functionele gaten voor detectie van scheuren in de liner voorzien. Ze kunnen preventief afgestopt worden.

Doel 3&4

De maatregelen in een zwaar-ongevalssituatie zijn niet anders dan de maatregelen voor het ongeval: altijd zijn ze gericht op het voorkomen van splijstofschade. De aandacht gaat daarbij naar het bijvullen en koelen van de dokken.

Stralingsbescherming beschikt over een procedure waarin voor interne ongevallen en kritikaliteitsongevallen wordt aangegeven welke stralingsmeetketens geraadpleegd dienen te worden om de situatie in te schatten. Deze procedure geeft ook richtlijnen voor interventies en welke regels dienen gerespecteerd te worden voor blootstelling in noodsituaties.

De ruimte van de splijstofdokken wordt geventileerd door het veiligheidsgedeelte van de VF, die uit twee redundante treinen bestaat (R en B) en waarbij het gebruik van de filters in gebruik worden genomen na detectie door gekwalificeerde metingen van de aanwezigheid van radioactiviteit. Omdat de filters doeltreffend zouden werken, moet de graad van vochtigheid beheerst worden. De afgezogen lucht wordt afgeleid naar een schouw waarbij geklasseerde P-I-G ketens de lozing registreren.

Er is ook een procedure met richtlijnen over een ongecontroleerde peildaling in een dok met geactiveerde splijststof. De procedure beschrijft hoe het personeel zich in veiligheid kan brengen en hoe de voorbereiding op mogelijke interventies ter hoogte van de dokken verloopt.

6.3.2. Specifieke punten

6.3.2.1. Toereikendheid en beschikbaarheid instrumentatie

Doel 1&2

In het GNH zijn twee dokken met splijstofelementen aanwezig. Beide zijn uitgerust met twee metingen van de temperatuur en twee metingen van het peil. Een van beide metingen wordt telkens gevoed vanaf het 1ste niveau, de andere vanaf het 2de niveau.

- Meting 1ste niveau: wordt gevoed vanaf ondulatoren waarvan de voeding verzekerd is door batterijen met een autonomie van tien uur. De metingen kunnen ook rechtstreeks gevoed worden door de veiligheidsdiesels.
- Meting 2de niveau: wordt gevoed vanaf 24V-batterijen. Er zijn acht batterijen voorzien, elk met voldoende capaciteit om gedurende minstens tien uur de voeding van twee verbruikersborden te verzekeren. In een normale oplijning is er één batterij per verbruikersbord. De batterijen kunnen worden opgeladen door gelijkrichters die gevoed worden door de nooddiesels. De gelijkrichters hebben ook een alternatieve voeding vanaf het 1ste niveau.

Alle ketens in de dokken of gekoppeld aan de dokken zijn seismisch opgesteld.

Tabel 12 ↘

Vitale instrumentatie met weergave in de controlezaal

Merkteken	Meting	Meetbereik
T-0PL 02	Temperatuur in dok 6	10-150 °C
T-0PL 03	Temperatuur in dok 7	10-150 °C
T-0PL 15	Temperatuur uitgang van PLkoeler7A	0-150 °C
T-0PL 16	Temperatuur uitgang van PLkoeler7B	0-150 °C
T-1PL 05	Temperatuur in het opslagdok	10-150 °C
T-2PL 05	Temperatuur in het opslagdok	10-150 °C
L-0PL 42	Niveau in dok 6	13,3-24,3 m
L-0PL 43	Niveau in dok 7	13,3-24,3 m
L-1PL 46	Niveau opslagdok	13,3-24,3 m
L-2PL 46	Niveau opslagdok	13,3-24,3 m

13,3 meter komt overeen met dokken leeg. Kernontbloting in de dokken zal optreden bij 16 meter peil.

Tabel 13 ↘

Vitale instrumentatie met weergave in het GNS (NKZ)

Merkteken	Meting	Meetbereik
T-0PL 501	Temperatuur aan de uitgang van de luchtkoeler	0-100 °C
T-0PL 502	Temperatuur aan de ingang van de luchtkoeler	0-100 °C
T-0PL 505	Temperatuur in dok 7	0-100 °C
T-0PL 507	Temperatuur in dok 6	0-100 °C
F-0PL 503	Waterdebiet in de luchtkoeler	0-300 m3/u
L-0PL 504	Niveau dok 7	0-15 m
L-0PL 506	Niveau dok 6	0-15 m

0 meter komt overeen met de dokken leeg.

Er zijn omgevingsmeetketens aanwezig rond de dokken, maar deze hebben geen veiligheidsfunctie. De radioactiviteitsketens op de schouw van het GNH hebben wel een veiligheidsfunctie.

Er is lokale ventilatie boven de dokken, maar zonder veiligheidsfunctie. De ventilatie van het GNH, het gebouw waar de dokken zich bevinden, vormt de veiligheidsgebonden ventilatie voor de dokken. De metingen van radioactiviteit op de schouw van het GNH triggeren de filtering van de lozingen.

Doel 3&4

In het SPG zijn twee dokken met splijstofelementen aanwezig. Beide zijn uitgerust met twee metingen van de temperatuur en twee metingen van het peil. Elke meting wordt gevoed via ondulatoren vanuit de bunker.

- De ene set van metingen wordt gevoed via een ondulator met polariteit R. De ondulator wordt gevoed door een batterij met drie uur autonomie en door de bunkerdiesel van polariteit R.
- De andere set wordt gevoed via een ondulator met polariteit G. De ondulator wordt gevoed door een batterij met drie uur autonomie en door de bunkerdiesel van polariteit B.

Tabel 14 ↘

Dok 1 (SPG)

Merkteken	Meting	Meetbereik
PL-TIA 1623	Temperatuur in 220V bunkervoeding RK	0-100 °C
PL-TIA 1625	Temperatuur in 220V bunkervoeding BK	0-100 °C
PL-LIA1624	Peil in bunkervoeding RK	-46,47 tot +100 %
PL-LIA1626	Peil in bunkervoeding BK	-46,47 tot +100 %

- 46,47 % komt overeen met de bodem van het dok, 0 % met het niveau van ontbloting van de splijstof, 100% met een volledig gevuld dok. De metingen zijn zowel in de controlezaal (op overeenkomstig 1ste niveau-paneel) als in de bunkercontrolezaal afleesbaar.

Tabel 15 ↘

Dok 2 (SPG)

Merkteken	Meting	Meetbereik
PL-TIA 1629	Temperatuur in 220V bunkervoeding RK	0-100 °C
PL-TIA 1631	Temperatuur in 220V bunkervoeding BK	0-100 °C
PL-LIA1630	Peil in bunkervoeding RK	-46,47 tot +100 %
PL-LIA1632	Peil in bunkervoeding BK	-46,47 tot +100 %

- 46,47 % komt overeen met de bodem van het dok, 0% met het niveau van ontbloting van de splijstof, 100% met een volledig gevuld dok. De metingen zijn zowel in de controlezaal (op overeenkomstig 1ste niveau-paneel) als in de bunkercontrolezaal afleesbaar.

Stralingsmeetketens dokken SPG

De ventilatie van de lokalen van de splijstofdokken is een veiligheidsgebonden kring die uit twee redundante treinen bestaat (R en B). Bij detectie van de aanwezigheid van edelgassen aan de hand van redundante gekwalificeerde metingen, worden de filters in dienst genomen.

Rond de dokken in het SPG zijn er twee omgevingsketens aanwezig die kunnen worden afgelezen in de controlezaal

6.3.2.2. Beschikbaarheid en bewoonbaarheid van de controlezaal

Zie paragraaf 6.2.1.4.

6.3.2.3. Mogelijke waterstofaccumulatie

Bij de studie van het koelingverlies van de desactiveringsdokken zijn twee parameters van belang:

- de tijd die nodig is – na verlies van de koeling – opdat het water in de dokken begint te koken, en
- de tijd die verstrijkt voor de splijtstofstaven blootliggen, als er niets wordt gedaan om het waterverlies door verdamping te compenseren.

Beide parameters werden geëvalueerd uitgaande van een conservatieve hypothese wat het tijdstip van het ongeval betreft, nl. net na de volledige ontlading van de kern. De afvalwarmte geproduceerd door het splijtstofmateriaal in de desactiveringsdokken, is dus mee in rekening gebracht. Onderstaande tabel geeft de resultaten:

Tabel 16



Inertie van de splijtstofdokken

Eenheid	Tijd na stop reactor (in dagen)	Tijdspanne voor koken (in uren)	Tijdspanne voor blootliggen splijtstofstaven (in dagen)
Doel 1&2	7	15,6	4,8
Doel 3	7	8,1	3,2
Doel 4	7	10,0	3,8

Om het risico op waterstofaccumulatie in het gebouw met de desactiveringsdokken te evalueren, is een schatting vereist van de waterstofproductie. Er zijn twee mogelijke waterstofbronnen:

- Reactie van het zirkonium-omhulsel van de splijtstofstaven met de stoom aanwezig in de dokken na de ontbloting van de splijtstof. De timing van dit fenomeen is hierboven beschreven.
- Radiolyse van het water als gevolg van de straling van de splijtstofelementen. Deze waterstofproductie bestaat ook in normale omstandigheden. In ongevalsomstandigheden kan deze echter op lange termijn tot accumulatie van waterstof leiden indien de ventilatie van het splijtstofopslaggebouw niet beschikbaar is.

Op basis van bovenstaande elementen kunnen volgende conclusies getrokken worden:

- Het blootliggen van de splijtstofstaven en bijgevolg de oxidatie van het zirkonium-omhulsel kan vermeden worden door waterinjectie in de dokken. Aangezien minimum drie dagen verstrijken voor de splijtstofstaven ontbloot worden en de toevoer van water sterk gediversifieerd is, is deze watertoevoer haalbaar. Een watertoevoer van 13 m³/u is voldoende om de verdamping te compenseren.
- Een permanente luchtverversing in het gebouw met de desactiveringsdokken is belangrijk. Als de ventilatie gedurende meerdere dagen niet werkt, kan radiolyse leiden tot waterstofaccumulatie in het gebouw. Drie dagen na het wegvallen van de ventilatie bedraagt de waterstofconcentratie 4 vol.%, en dat volgens een (conservatief) scenario waarbij de reactorkern volledig ontladen is in de splijtstofdokken. Het gevaar van een waterstofexplosie kan dan niet uitgesloten worden.

Bij een ongeval met verlies van koeling is de invloed van de mogelijke waterstofproductie in het gebouw met de desactiveringsdokken beperkt.

Er zal een studie uitgevoerd worden om de waterstofproblematiek in de splijtstofopslaggebouwen te beoordelen.

6.3.2.4. Herstel stabiele en gecontroleerde toestand

Na het langdurige verlies van de koeling van de splijtstofopslagdokken bestaat het terugkeren naar een stabiele en gecontroleerde toestand in de eerste plaats uit het recupereren van het normale niveau in de dokken. Zonder actieve koeling bestaat de configuratie uit de toevoer van water om de verdamping uit de kokende dokken te compenseren en de passieve afvoer van de stoom naar de buitenwereld. Om het vrijkomen van stoom naar de buitenwereld op langere termijn te voorkomen, moet een gesloten koelkring gerealiseerd worden.

7

DOEL – SAMENVATTING EN ACTIEPLAN



7 Inleiding	p. 220
7.1 Benadering van Electrabel	p. 221
7.1.1. Organisatie en methodologie	
7.1.2. Eerste verbeteringen van de installaties	
7.2 Resultaten en evaluaties	p. 222
7.2.1. Aardbevingen	
7.2.2. Overstroming en extreme natuurfenomenen	
7.2.3. Verlies van de elektrische voeding en de koelbronnen	
7.2.4. Crisisorganisatie en beheer van zware ongevallen	
7.3 Planning van de acties	p. 225

7

Inleiding



Het doel van dit rapport was te onderzoeken in welke mate de reactoren van de kerncentrale van Doel, uitgebaat door Electrabel, bestand zijn tegen initiërende gebeurtenissen en ‘Beyond Design’-ongevallen van natuurlijke oorsprong naar aanleiding van het ongeval te Fukushima.

Het oorspronkelijke ontwerp van de installaties van de kerncentrale van Doel is gebaseerd op de veiligheidsnormen van de USNRC, waarin het ‘defense in depth’-concept één van de pijlers van de veiligheidsfilosofie is. In dit concept wordt het ontwerp en de uitbating van nucleaire installaties benaderd met als doel het voorkomen van ongevallen die tot een lozing van radioactieve stoffen kunnen leiden of het beperken van de gevolgen van dergelijke ongevallen. Conform het ‘defense in depth’-concept streeft Electrabel in zijn uitbating van de kerncentrales een dubbel doel op lange termijn na:

- eerst en vooral ongevallen voorkomen (preventiebeleid);
- vervolgens, in de veronderstelling dat de preventieve maatregelen niet zouden werken en de insluiting van radioactieve stoffen niet langer gegarandeerd zou zijn, de lozing van deze stoffen naar de omgeving tot een minimum beperken.

Van bij het ontwerp van deze reactoren werd er overigens rekening gehouden met de bescherming tegen onvoorziene gebeurtenissen van natuurlijke oorsprong. Deze gebeurtenissen en de weerstand van de installaties tegen dergelijke gebeurtenissen worden geherevalueerd in het kader van de periodieke veiligheidsherzieningen die om de tien jaar worden uitgevoerd.

Door deze benadering worden er, sinds het begin, en bij alle periodieke veiligheidsherzieningen ontwerpcriteria toegepast die vaak de internationale veiligheidsnormen overschrijden met als doel de robuustheid van de installaties te versterken. Daarom werden alle eenheden van de kerncentrale van Doel uitgerust met:

- een dubbelwandig containment van de reactor;
- meerdere onafhankelijke koelbronnen (rivierwater, water uit de noodkoelvijvers en luchtkoeling);
- twee beveiligingsniveaus (veiligheids- en noodsystemen) die gebruik maken van onafhankelijke en diverse uitrustingen (diesels, batterijen, elektrische borden, tanks, pompen);
- passieve katalytische waterstofrecombinatoren in het reactorgebouw.

Op 4 juli 2011 publiceerde het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) de definitieve versie van de specificaties voor de weerstandstesten die van toepassing zijn op de Belgische kernreactoren. Dit document is gebaseerd op de ENSREG-specificaties. De weerstandstesten passen in het kader van twee parallelle logica's:

- een eerste logica gaat uit van de definitie van initiërende gebeurtenissen (aardbevingen, overstromingen) en vergt een onderzoek naar de gevolgen van deze gebeurtenissen en de maatregelen die kunnen worden getroffen om te vermijden dat de operatoren de controle over de reactor verliezen en om de gevolgen van mogelijke ongevallen te beperken.
- een tweede logica gaat uit van de veronderstelling (aannemelijk of niet) van het verlies van belangrijke veiligheidsvoorzieningen (verlies van de elektrische voeding vanaf het extern net en van de elektriciteitsproductiemiddelen op de site, verlies van de ultieme koelbron of een combinatie van deze gebeurtenissen) zonder rekening te houden met de initiërende gebeurtenissen die aan de oorsprong ervan liggen. Zoals de eerste logica, vergt ook de tweede logica een onderzoek naar de gevolgen en de maatregelen die kunnen worden getroffen om te vermijden dat de operatoren de controle over de reactor verliezen en om de gevolgen van mogelijke ongevallen te beperken.

Benadering van Electrabel

7.1.1. Organisatie en methodologie

Als uitbater van de kerncentrale van Doel heeft Electrabel snel de organisatie geïmplementeerd die nodig was voor de uitvoering van de analyse vereist volgens de specificaties van het FANC.

Deze organisatie was vooral gebaseerd op de nucleaire competenties van de eigen medewerkers van de Groep GDF SUEZ, met name de eigen teams van beide kerncentrales en die van Tractebel Engineering en de betrokken Corporate diensten, en op die van meerdere externe experts (Belgische en buitenlandse).

De methodologie die bij de uitvoering van de weerstandstesten werd toegepast, werd beschreven in het voortgangsrapport (het zogenoemde 'Progress Report') dat op 15 augustus 2011 werd gepubliceerd. Deze methodologie bekijkt of de installaties conform hun ontwerpbasis zijn en of ze bestand zijn tegen 'Beyond Design'-situaties (evaluatie van de marges). Hierbij zal vooral gesteund worden op de resultaten van bestaande veiligheidsstudies, aangevuld met evaluaties van experts of engineering judgment. In enkele gevallen worden er specifieke bijkomende studies uitgevoerd om de marges beter in te schatten.

De algemene veiligheidsdoelstelling nagestreefd door Electrabel in het kader van deze evaluaties, was radioactieve lozingen in de omgeving zo veel mogelijk te vermijden door het behoud van de essentiële veiligheidsfuncties, ofwel met behulp van de (redundante en diverse) uitrustingen en systemen die deel uitmaken van de installaties, ofwel met behulp van de mobiele middelen die op de site worden voorzien. Dit houdt in dat de voorrang wordt gegeven aan het voorkomen van ongevallen.

7.1.2. Eerste verbeteringen van de installaties

Dit onderzoek is gebaseerd op de toestand van de installaties op 30 juni 2011. In dit verband werd er heel snel na het ongeval van Fukushima een analyse uitgevoerd om rekening te houden met de eerste lessen getrokken uit dit ongeval zonder de resultaten van de weerstandstesten af te wachten. Er werden verbeteringen aangebracht aan de installaties, de organisatie van de uitbater en de procedures. Dit leidde tot een onmiddellijke verhoging van de robuustheid van de installaties, bovenop de talrijke reeds bestaande defense in depth-barrières. Enkele voorbeelden:

- er werden aanvullende mobiele middelen voorzien evenals een aantal procedures werden ontwikkeld met het oog op de toevoer van water naar de splijtstofopslagbekkens en de stoomgeneratoren om het behoud van de koeling van de splijtstof te garanderen.
- enkele uitrustingen werden versterkt om te garanderen dat ze bij een aardbeving hun functie kunnen blijven vervullen.

7.2

Resultaten en evaluaties

In de vorige hoofdstukken van dit rapport werden de gedetailleerde resultaten van deze evaluatie gegeven. In de volgende paragrafen worden deze resultaten samengevat. De bijgevoegde tabel geeft een lijst van de belangrijkste acties die in de vorige hoofdstukken werden voorgesteld. Deze acties kunnen van verschillende aard zijn:

- aanpassing of versnelling van lopende wijzigingen of studies;
- nieuwe technische wijzigingen of aanpassingen;
- aanpassing of ontwikkeling van nieuwe procedures;
- bijkomende R&D-studies en –programma’s;
- wijziging van de organisatie (middelen, organisatie van het crisismanagement, externe ondersteuning);
- aanvullende mobiele middelen.

In het algemeen hebben de evaluaties die in het kader van de weerstandstesten werden uitgevoerd, aangetoond dat **de installaties van de kerncentrale van Doel het behoud van de essentiële veiligheidsfuncties kunnen garanderen**, ofwel met behulp van de (redundante en diverse) uitrustingen en systemen die deel uitmaken van het concept van de installaties, ofwel met behulp van de mobiele middelen die op de site worden gebruikt. In enkele gevallen werden er verbeteringsvoorstellen geformuleerd, om de robuustheid nog te verhogen.

Dit toont aan dat de installaties robuust genoeg zijn om bestand te zijn tegen extreme situaties, mede rekening houdend met de talrijke defense in depth-barrières en mobiele middelen die heel snel na het ongeval van Fukushima werden voorzien.

Uit de evaluaties blijkt ook dat er de eerste dagen na een dergelijke situatie op geen enkele externe uitrusting beroep moet worden gedaan. Alle noodzakelijke technische uitrustingen zijn immers op de site aanwezig.

7.2.1. Aardbevingen

De toereikendheid van het seismisch ontwerp van de centrale werd nagegaan aan de hand van een eerste studie van het seismisch risico, uitgevoerd door de Koninklijke Sterrenwacht van België. Op basis van deze studie werden de maximale versnellingen op grondniveau berekend. De bekomen resultaten zijn nog steeds in overeenstemming met de waarden die bij het ontwerp van de vier eenheden gebruikt werden. Bovendien hebben de evaluaties die uitgevoerd werden in het kader van de weerstandstesten aangetoond dat de uitrustingen van de eenheden zeer robuust zijn en een grote marge vertonen tegenover de vereiste weerstand tegen de ontwerp-aardbeving.

De evaluatie van de marges in het ontwerp werd voor alle eenheden van de site uitgevoerd tegenover een “Review Level Earthquake” die 1,7 keer zwaarder is dan de ontwerp aardbeving van de recentste eenheden Doel 3 en Doel 4. De resultaten van deze evaluatie toonden aan dat alle Structuren, Systemen en Componenten (SSC’s) die nodig zijn om de eenheden in een veilig gestopte toestand te brengen en te houden, voldoende robuust zijn om te weerstaan aan dergelijke zware aardbeving, met uitzondering van enkele mechanische componenten, die mits eenvoudige ingrepen voldoende kunnen verstevigd worden.

Tenslotte werd aangetoond dat een overstroming of wateroverlast op de site, als gevolg van een zware aardbeving, enkel het gevolg kan zijn van breuken van waterreservoirs die zich op de site zelf bevinden, en dat deze wateroverlast geen invloed op de veiligheid heeft.

7.2.2. Overstroming en extreme natuurfenomenen

Bij het ontwerp van de centrales werd de ontwerpbasisoverstroming of design basis flood (DBF) vastgelegd op 9.13 mTAW (Tweede Algemene Waterpassing). Deze vloed heeft een terugkeerperiode van 1 op 10000 jaar. Recentelijk werd deze ontwerpwaarde geherëvalueerd in het kader van de Tienjaarlijkse Herziening (TJH), en lichtjes bijgesteld naar 9.35 mTAW. Op te merken valt dat het hoogste Scheldepeil ooit opgetekend in België, zich situeert op 8.10 mTAW.

Bij ontwerp zijn er 2 grote beschermingsmaatregelen genomen tegen overstroming. De eerste voorziening betreft de Scheldedijk, ter hoogte van de site, die initieel is opgehoogd tot 12.08 mTAW en te allen tijde hoger dan 11.08 mTAW dient te zijn. De tweede maatregel omvat de verhoging van de site ten opzichte van de omringende polders: het platform van de site lag bij ontwerp op 8.86 mTAW, dit is enkele meters hoger dan de polders.

Deze voorzieningen zorgen ervoor dat de eenheden met hun veiligheidssystemen beschermd zijn tegen de 10000 jaarlijkse vloed.

In het kader van de TJH werden diverse theoretische stormscenario's gecombineerd met diverse vloedhoogtes wat aanleiding zou kunnen geven tot enige golfoverslag over de Scheldedijk met een terugkeerperiode van 1 op 10000 jaar.

Bijkomend werd een beyond design situatie bekeken waarbij het Scheldepeil nog eens 85 cm werd opgetrokken boven het ontwerppeil en dit in combinatie met een hypothetische dijkbreuk op de meest penaliserende locatie. De wateroverlast op de site die volgt uit deze theoretische denkoefening, alsook deze die volgt uit het golfoverslag-fenomeen, kan opgevangen worden door het aanbrengen van perimetrische bescherming van enkele tientallen centimeter hoogte aan de ingangen van de betrokken veiligheidsgebouwen.

Het vroegtijdig waarschuwingssysteem laat trouwens toe om steeds tijdig preventieve maatregelen te nemen gezien het trage karakter van dergelijk natuurfenomeen.

De diverse extreme meteorologische omstandigheden (hevige regenval, hevige wind, tornado, bliksem, sneeuw en hagel) werden in aanmerking genomen bij het ontwerp van de centrales. Deze fenomenen hebben geen gevolgen voor de veilige uitbating van de centrales.

7.3.3. Verlies van de elektrische voeding en de koelbronnen

Dankzij de meervoudige verbindingen met het uitwendige net, de vele interne dieselaggregaten en de diverse, onafhankelijke, koude bronnen zijn de centrales van Doel zeer goed uitgerust om deze gebeurtenissen op te vangen.

– De eenheden Doel 1 en Doel 2 kunnen beroep doen op drie onafhankelijke koudebronnen, die allemaal zelfstandig in staat zijn de centrales gekoeld te houden :

- de Schelde
- atmosferische koeltorens met geforceerde trek
- door de omgevingslucht gekoelde warmtewisselaars

– Ook de eenheden Doel 3 en Doel 4 kunnen beroep doen op onafhankelijke koudebronnen, die allemaal zelfstandig in staat zijn de centrales gekoeld te houden :

- atmosferische koeltorens met geforceerde trek, met bijvulling vanuit de Schelde en de koelvijvers.
- 3 koelvijvers van 30.000 m³.

– Er zijn in elke eenheid 2 niveaus van interne elektrische voedingen. Deze 2 niveaus werken onafhankelijk van elkaar en zijn grotendeels fysisch van elkaar gescheiden. Voor de voeding van de veiligheidstuigen zijn er 19 dieselgeneratoren met in totaal een brandstofvoorraad voor enkele weken. Bovendien zijn de meeste dieselaggregaten luchtgekoeld waardoor ze onafhankelijk zijn van een externe koude bron.

– Elke eenheid heeft bovendien een door een stoomturbine aangedreven pomp om koelwater te kunnen blijven leveren. Dit koelwater is beschikbaar in diverse tanks en de koelvijvers.

Bovendien zijn er mobiele dieselgeneratoren op de site waarmee de belangrijkste batterijen en noodzakelijke tuigen opnieuw kunnen gevoed worden. Er zijn ook dieselaangedreven pompen om de stoomgeneratoren en dokken met water te kunnen blijven voeden. Een aantal kabels, leidingen en aansluitpunten zijn reeds voorzien om een aantal mobiele tuigen met het aanwezige personeel binnen de beschikbare tijd te kunnen inzetten.

Zelfs in de gevraagde analyse van het hypothetische scenario, waarbij men alle externe voedingen, alle interne voedingen en alle koude bronnen laat verloren gaan, is het zo goed als zeker dat dankzij de beschikbare middelen, de koeling van de kern en de splijtstof die opgeslagen is in de dokken niet verloren gaat. Voor dit gepostuleerde extreme scenario kan het risico op belangrijke radioactieve lozingen zo goed als uitgesloten worden.

Op de site zijn de eigen hulpmiddelen en hun autonomie toereikend om gedurende lange tijd dit type accident op te vangen. Deze tijd is voldoende om terug elektrische voeding te krijgen van uit het uitwendige net of de nodige hulpmiddelen van buiten de centrale aan te voeren.

Om de centrale nog verder te verbeteren worden enkele maatregelen overwogen :

- de nodige aansluitpunten voorzien op aanzuiging en steek van sproeipompen om met een mobiele pomp een alternatief sproeidebiet te kunnen realiseren (Doel 3 & 4).
- de inzetbaarheid van de mobiele middelen vergemakkelijken door het voorzien van extra leidingen, kabels en aansluitpunten.
- de uitbreiding van de bestaande procedures (voeding van uitrusting met niet conventionele middelen, beheer van de splijtstofopslagdokken, beheer van de noodgeneratoren en hun verbruik in geval het uitwendig net langdurig onbeschikbaar is.)

7.3.4. Crisisorganisatie en beheer van zware ongevallen

Tot op dit moment is de noodplanorganisatie gericht op het opvangen van gebeurtenissen op één eenheid op de site en op het beheersen van externe invloeden op de centrales zoals beschouwd in het ontwerp.

De performantie van de noodplanorganisatie wordt regelmatig getest tijdens oefeningen. De nodige verbeteringen worden geïmplementeerd. De noodplanorganisatie is een site-organisatie maar ze kan beroep doen op middelen en competenties bij overheidsdiensten, bij de Corporate organisatie en bij Tractebel Engineering.

Naar aanleiding van het ongeval te Fukushima, heeft ELECTRABEL haar noodplanorganisatie geëvalueerd om rekening te houden met situaties die sterk afwijken van de ontwerpongevallen die tot nog toe werden beschouwd: situaties die mogelijks meerdere eenheden tegelijk treffen, die een gedeelte van de noodplaninfrastructuur treft of die de toegankelijkheid van de site of de bewoonbaarheid van lokalen beïnvloeden.

In dit opzicht werden reeds meerdere beslissingen genomen :

- er zal een uitvalsbasis gedefinieerd worden van waaruit interventies op de site in geval van moeilijke toegankelijkheid van de site zullen georganiseerd worden.
 - de krachtlijnen werden bepaald van hoe de noodplanorganisatie er dient uit te zien respectievelijk in volgende alarmtoestanden: ‘standard’ (huidige organisatie), ‘alert’ (preventieve versterking van de noodplanorganisatie wanneer zich een voorspelbare noodtoestand aankondigt; zoals overstroming, orkaan, ... die meerdere eenheden kan treffen) en ‘high’ (meerdere eenheden zijn getroffen maar deze noodtoestand deed zich onaangekondigd voor).
- Voor de alarmtoestand ‘high’ zal de noodplanorganisatie versterkt worden zodat ter hoogte van elke eenheid het incident technisch beheerst kan worden.
- De noodplanorganisatie van het Corporate niveau zal eveneens versterkt worden zodat deze binnen een periode van maximum 24 uur logistieke taken kan opnemen en de mobilisatie van technische ondersteuning en bijkomend personeel kan organiseren.

- Er zal een studie gebeuren teneinde de mobiele middelen te optimaliseren evenals waar deze gestockeerd zullen worden (site of centrale opslag).
- De gedefinieerde mobiele middelen zullen getoetst worden aan deze gedefinieerd in de EDMG.

Daarnaast werden de scenario's van zware ongevallen terug bestudeerd teneinde maatregelen te definiëren die bijkomend kunnen genomen worden om eventuele lozingen naar de omgeving te kunnen vermijden. Zo versterken we onze defense in depth, in de wetenschap dat preventie van ongevallen nog steeds de belangrijkste pijler van onze nucleaire veiligheidsstrategie vormt.

In dit kader zullen ondermeer volgende maatregelen genomen worden:

- het lanceren van een haalbaarheidsstudie waarbij elke eenheid voorzien zal worden van een filtered containment vent (deze studie werd reeds gelanceerd voor de centrales Doel 1 & 2 in het kader van hun levensduurverlenging).
- het lanceren van een studie om de problematiek van waterstofontwikkeling en –accumulatie in de splijtstofopslaggebouwen te beoordelen.
- het opvolgen van de R&D betreffende de problematiek van corium – beton interacties.

7.3

Planning van de acties

De uitvoeringsplanning van de studies en de wijzigingen moet nog definitief worden vastgelegd. Dit zal gebeuren na een gedetailleerde evaluatie van de inhoud en gevolgen ervan, rekening houdend met de wisselwerking met andere lopende studie- en uitvoeringsprojecten, de beschikbare interne en externe middelen en de bevoorradings- en uitvoeringstermijnen op de site. Om die reden werden in bijgevoegde tabel, naast de verbeteringsvoorstellen naar aanleiding van de weerstandstesten, ook een aantal actiepunten voortvloeiend uit het project LTO opgenomen teneinde de robuustheid van de installaties te verhogen.

De bijgevoegde tabel geeft voor elke vermelde actie een richttermijn voor de uitvoering ervan. Sommige acties zullen al in 2012 voltooid worden (korte termijn).

Tabel 1

KCD - SYNTHESE van de belangrijkste acties uit het rapport

	Objectief	Actie	Betrokken paragraaf	Indicatieve planning
1	Verbetering van de bescherming tegen externe bedreigingen (aardbevingen, overstromingen en extreme weersomstandigheden)	Upgraden van de componenten die "low" geklasseerd werden (refererend naar de RLE)	2.2.1.3	2012
		Seismisch maken van de RWST's Doel 1 en Doel 2 teneinde de robuustheid van de installaties nog te verhogen.	2.2.1.3	2014
		Doel 1&2 : verhogen van de betrouwbaarheid van de watertoevoeging naar de SG'n in geval van seisme (automatische start van de EF-pompen). Voorzien in het kader van het project LTO.	LTO	zie planning LTO
		Perimetrische bescherming van de betrokken nucleaire veiligheidsgebouwen tegen wateroverlast	3.2.7	2012-2013
		Bijkomende dijkversterkingen	3.2.7	2012
2	Verbetering van de robuustheid van de elektrische voedingen	Alternatieve voeding (380 V) van veiligheidsgebonden componenten (compressoren, afsluiters, ...) in verscheidene gebouwen met nucleaire veiligheidssystemen, gebruikmakend van aangepaste schuiven en kabels	5.1.3.5	2012-2013
		Alternatieve voeding (380 V) van de gelijkrichters in verscheidene gebouwen met nucleaire veiligheidssystemen, gebruikmakend van aangepaste schuiven en kabels	5.1.3.5	2012-2013
		Op punt stellen van procedure om de fuelconsumptie van de diesels te verminderen door niet-noodzakelijke tuigen te stoppen	5.1.1.4	2012
		Aankoop van tankwagen om dieselfuel op de site te transporteren, en evaluatie van de nodige aansluitpunten	5.1.1.3	2012
3	Verhoging van de robuustheid van de watertoevoer-voorzieningen	Alternatieve bijvulmogelijkheden van veiligheidsgebonden waterreservoirs (AFW, RW- en RN-koeltorens), met zo nodig bijkomende aansluitpunten. (Wijzigingen om de bijvulling van de RW-koeltorens D1&2 robuuster te maken zijn reeds voorzien in het kader van project LTO).	5.1.3.5	2012-2013
		Afsluiters voorzien op de SP-sproeileidingen om met de SP-pompen naar de SC-kring te kunnen blijven injecteren als de RC druk hoog wordt (D 12)	5.1.3.5	2014
		Aansluitpunten voorzien op de aanzuig en steek van SP-pomp en aankoop mobiele pomp om alternatief SP-debiet te realiseren (D3 en D4)	5.1.3.5	2014

Objectief	Actie	Betrokken paragraaf	Indicatieve planning	
3	Verhoging van de robuustheid van de watertoevoer-voorzieningen	Alternatieve bijvulmogelijkheden van splijstofdokken (PL), met zo nodig bijkomende aansluitpunten	5.1.3.5	2012-2013
		Seismisch deel van FE-kring van Doel 1&2 doortrekken tot in BAR en aansluitpunten voor FE voorzien op aanzuiging (rechtstreeks of via AFW-tank) van AFW-turbopomp (voorzien in het kader van het project LTO)	LTO	zie planning LTO
4	Optimalisatie uitbating (= procedures)	Op punt stellen van een uitbatingsprocedure in geval van totale SBO of LUHS (o.a. snelle afkoeling met behulp van stoomgeneratoren)	5.1.3.5	2013
		Op punt stellen van procedures voor uitlijning en indienstname van alternatieve elektrische voedingen	5.1.3.5	2012-2013
		Op punt stellen van procedures voor uitlijning en indienstname van alternatieve watervoedingen	5.1.3.5	2012-2013
5	Versterking van de noodplanorganisatie	Beschrijving van de aangepaste noodplanorganisatie en -logistiek om rekening te houden met multi-unit events	6.1.2.3	midden 2012
		Implementatie van de aangepaste noodplanorganisatie en -logistiek	6.1.2.3	2013
6	Beheer van zware ongevallen (SAM)	Uitvoeren van een voorstudie naar haalbaarheid en optimale technologie w.b. de installatie van een Filtered Containment Vent op alle eenheden (reeds aan de gang in het kader van het project LTO voor D1&2 en T1)	6.1.1.5	2012
		Toetsing van de gedefinieerde Niet Conventionele Middelen aan de Extensive Damage Mitigating Guidelines	6.1.1.3	2013
		Evaluatie van het restrisico op H2-productie en -accumulatie rond de splijstofdokken	6.3.2.3	2012
		Opvolging van de R&D met betrekking tot de problematiek van de interactie "corium-beton"	6.2.2.4	Permanent



Verantwoordelijke uitgever: Electrabel, Groep GDF SUEZ
Simon Bolivarlaan 34
B-1000 Brussel
www.electrabel.be



Concept en realisatie:  SPÉCIFIQUE
9, passage Sainte-Avoye 75003 Paris.
Spécifique is een bedrijf van de groep  NEXT
LAB
www.specifique.com
Grafieken: Yuvanoé

