

# Betrouwbaarheidsanalyse IJsseldelta-Zuid

Analyse inzet bypass en kunstwerken



4 maart 2013  
Definitief rapport  
9V4747.D0





Documenttitel Betrouwbaarheidsanalyse IJsseldelta-Zuid  
Analyse inzet bypass en kunstwerken  
Verkorte documenttitel Betrouwbaarheidsanalyse IJDZ  
Status Definitief rapport  
Datum 4 maart 2013  
Projectnaam IJsseldelta-Zuid Betrouwbaarheidsanalyse  
Projectnummer 9V4747.D0  
Opdrachtgever Provincie Overijssel  
Referentie 9V4747.D0/R0006/904358/VVDM/Nijm

Auteur(s) ir. E.B. Peerbolte, ir. F. van der Ziel, ir. P.W. van de Kreeke  
Collegiale toets Ir. B. van Lammeren  
Datum/paraaf 4 maart 2013  
Vrijgegeven door ir. G. Gerrits  
Datum/paraaf 4 maart 2013




## SAMENVATTING

In deze rapportage zijn de resultaten weergegeven van een betrouwbaarheidsanalyse die is uitgevoerd voor het systeem bypass en de waterkerende kunstwerken die in het project IJsseldelta-Zuid worden gerealiseerd.

In relatie met de betrouwbaarheidsanalyse zijn 2 aanverwante onderwerpen aan de orde gekomen, te weten

- hoe om te gaan met de veiligheid van de gehele dijkkring 11 en
- hoe om te gaan met het constructief functioneren van de schutsluis in de Roggebotkering die in feite oneigenlijk wordt gebruikt als spuumiddel. Hierbij wordt ook het bestaande spuumiddel beschouwd, dat zwaarder wordt belast dan waar het ontwerp op is gemaakt. In navolgende paragraaf worden de onderzoeksvragen nader aangeduid.

### Betrouwbaarheidsanalyse

In deze betrouwbaarheidsanalyse is nagegaan hoe het systeem bypass na de eerste realisatiefase moet functioneren en of deze werking voldoende betrouwbaar is in relatie met de hoogwaterveiligheid. De betrouwbaarheid die met de configuratie van kunstwerken kan worden gehaald wordt getoetst aan de veiligheidsnormen, die voor de waterkeringen rondom de bypass zijn vastgesteld.

Uit een overall-analyse van de hoogwaterveiligheid volgt dat de bypass als systeem voldoende betrouwbaar is en voldoet aan de normen, die hiervoor zijn aangereikt in de Leidraad Kunstwerken. Voor de waterkerende kunstwerken apart is de hoogwaterveiligheid getoetst. Ook hieruit blijkt dat de ontworpen kunstwerken die in de waterkering liggen (de recreatieschutsluis, extra spuikoker, inlaatwerk) in de SNIP3 voldoende waarborgen hebben om aan de vereiste normen voor hoogwaterveiligheid te voldoen.

Uit de toets blijkt dat voldoende ruimte aanwezig is bij de toets van de faalkansen aan de normen. Bij de kunstwerken hoeven ten opzichte van het technisch ontwerp dat in SNIP3 is gegeven geen extra maatregelen te worden getroffen om de benodigde betrouwbaarheid te halen. Bij de Roggebotschutsluis het bestaande spuumiddel dienen wel aanpassingen te worden gedaan (aanpassen bodembescherming, afdichten kelders bewegingswerk etc.).

Binnen de (voor)ontwerpen van de werken is voldoende ruimte om aan de eisen van betrouwbaarheid te voldoen. In de verdere uitwerking van het ontwerp en de realisatie van de werken zullen de keermiddelen en constructies moeten worden voorzien van voldoende betrouwbare installaties. Naast de technische middelen zal de aansturing en bediening een zekere betrouwbaarheid moeten garanderen om te voorkomen dat de NAP+1,70m in de Roggebotsluis wordt overschreden. Dit moet technisch en operationeel worden uitgewerkt. Zo zal er voldoende garantie moeten zijn, dat in geval zaken fout gaan er tijdig de nodige herstelacties worden ingezet.

De uitgewerkte faalkansen dienen in de vervolgdokumentatie te worden geborgd als normen. In de realisatiefase dient de opdrachtnemer in verschillende ontwerp- en realisatiestadia via de gebruikte methoden aan te tonen dat aan de normen (faalkansen) wordt voldaan.

Onderzoek Rogebotschutsluis en bestaand keermiddel

Bij ingebruikname van de bypass ontstaan geen statisch hydraulische belastingen op de Rogebotsluis en het spuimiddel, waardoor de standzekerheid van de constructies in gevaar komt.

Door de stroomsnelheden worden mogelijk wel belastingen veroorzaakt, die mogelijk schade aan de huidige bodembescherming en bewegingswerken en keermiddelen van de schutsluis kunnen veroorzaken. Hiervoor zijn passende maatregelen mogelijk en die bij ingebruikname van de bypass moeten worden genomen. Deze maatregelen moeten in de realisatiefase nader worden uitgewerkt en gedetailleerd en in de beheer- en bedieningsprotocollen worden opgenomen.

Dijkkring 11

Ten aanzien van dijkkring 11 en het overstromingsrisico is de conclusie dat het overstromingsrisico door realisatie van de bypass niet groter wordt ten opzichte van de huidige situatie. Dit leidt ertoe dat geen aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn om het overstromingsrisico te verkleinen (en de hoogwaterveiligheid te vergroten).

## NHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Nadere aanduiding onderzoeksvragen	1
1.2.1	Betrouwbaarheidsanalyse fase 1 (waterveiligheid)	1
1.2.2	Dijkkring 11	3
1.2.3	Constructief falen Roggebotschutsluis en huidig spuimiddel	4
1.3	Leeswijzer	5
2	UITGANGSPUNTEN BETROUWBAARHEIDSANALYSE	7
2.1	Algemeen	7
2.2	Onderdelen bypass fase 1	7
2.2.1	Het systeem de bypass	7
2.2.2	Benodigde kunstwerken fase 1	8
2.3	Functioneren gebied bypass in verschillende scenario's fase 1	9
2.4	Veiligheidsnormen	12
3	SCENARIO'S EN VERKENNING RISICO'S	15
3.1	Inleiding	15
3.2	Selectie scenario's	15
3.3	Beschouwde scenario's	17
3.3.1	SC4 extreme storm NW	17
3.3.2	SC5 extreme storm ZW	22
3.3.3	SC6 extreme afvoer 8000 – 15.500 m <sup>3</sup> /s	25
3.3.4	SC7 extreme afvoer > 15.500m <sup>3</sup> /s	28
3.3.5	Scenario oefenen in gebruik nemen Bypass	32
4	TOETSING HOOGWATERVEILIGHEID	33
4.1	Faalkansen en norm, inleiding	33
4.2	Bypass	35
4.2.1	Functie	35
4.2.2	Norm	35
4.2.3	Werking systeem (kunstwerken) en bediening	35
4.2.4	Faaldefinitie systeem Bypass	37
4.2.5	Faalkansanalyse en foutenboom	38
4.2.6	Conclusie	40
4.3	Roggebotsluis	40
4.3.1	Functie waterkeren	40
4.3.2	Norm	40
4.3.3	Werking systeem en bediening	41
4.3.4	Faalkansanalyse en foutenboom	41
4.3.5	Conclusie	42
4.4	Recreatieschutsluis IJsseldijk	42

4.4.1	Functie en beschrijving	42
4.4.2	Norm	42
4.4.3	Faalkansanalyse en conclusie	42
4.5	Inlaat	43
4.5.1	Functie en beschrijving	43
4.5.2	Norm	43
4.5.3	Faalkansanalyse en conclusie	43
4.6	Bestaand Spuimiddel in Roggebotkering	43
4.6.1	Functie en beschrijving	43
4.6.2	Norm	43
4.6.3	Faalkansanalyse en conclusie	44
4.7	Extra spuikoker in de Roggebotkering	44
4.8	Gemalen (Reeve en Kamperveen)	44
4.9	Doorkijk naar fase 2	44
4.10	Conclusie en vervolgtraject	46
5	DIJKRING 11	47
5.1	Resultaten uitgevoerd onderzoek en beschouwing	47
5.2	Noodzaak maatregelen	49
5.3	Conclusie analyse dijkkring 11	50
6	CONSTRUCTIEF FALEN ROGGEBOT	51
6.1	Toetsing constructieve veiligheid: verkenning risico's	51
6.2	Verdere onderbouwing, toetsing constructie, uitwerking maatregelen	57
6.3	Conclusie	64
7	REFERENTIES	65

## BIJLAGEN

1. Faalkansanalyse technisch falen keermiddelen
2. Foutenboom systeem Bypass
3. Foutenboom Schutsluis Roggebot
4. Toets belasting Roggebotsluis
5. FMEA analyse technische constructies



## 1 INLEIDING

### 1.1 Aanleiding

Door bevoegde gezagen en stakeholders is bij de oplevering van de SNIP3 documenten aangegeven dat de hoogwaterveiligheid moet worden gegarandeerd. Voor de inzet van de bypass zijn maatregelen nodig (inzet van werken en operationeel beheer) die in het project IJsseldelta Zuid worden gerealiseerd. Deze maatregelen moeten zodanig zijn vormgegeven dat deze garantie kan worden geleverd. Tevens dient het beheer van de kunstwerken en hoogwaterkeringen zodanig te zijn ingericht dat aan de eisen voor hoogwaterveiligheid kan worden voldaan.

In de SNIP3 producten is de hoogwaterveiligheid uitgewerkt. Met name in de producten 'systeemanalyse', 'technisch ontwerp', 'waterkeringsplan' en 'beheer en onderhoudsplan' zijn de eisen aan de betrouwbaarheid van de werking van kunstwerken en waterkeringen aangegeven en uitgewerkt. In deze uitwerking zijn de aandachtspunten genoemd op welke wijze de kunstwerken functioneren en hoe de vereiste betrouwbaarheid kan worden gehaald.

Door bevoegde gezagen en stakeholders is aangegeven dat een meer gedetailleerde betrouwbaarheidsanalyse moet worden gemaakt. Kwantitatief moet naar faalkansen en eventuele aanvullende beheersmaatregelen worden gekeken (om de faalkansen te verkleinen).

De resultaten van deze betrouwbaarheidsanalyse moeten worden meegenomen in de vast te stellen bestemmingsplannen en projectplannen en de vraagspecificatie voor de realisatie van het plan.

In relatie met de betrouwbaarheidsanalyse zijn 2 specifieke onderwerpen aan de orde gekomen, te weten hoe om te gaan met de veiligheid van de gehele dijkkring 11 en hoe om te gaan met het constructief functioneren van de schutsluis in de Roggebotkering die in feite oneigenlijk wordt gebruikt als spuumiddel. Hierbij wordt ook het bestaande spuumiddel beschouwd, dat zwaarder wordt belast dan waar het ontwerp op is gemaakt. In navolgende paragraaf worden de onderzoeksvragen nader aangeduid.

### 1.2 Nadere aanduiding onderzoeksvragen

#### 1.2.1 Betrouwbaarheidsanalyse fase 1 (waterveiligheid)

In relatie tot hoogwaterveiligheid is een betrouwbaarheidsanalyse voor fase 1 van het project IJsseldelta-Zuid opgesteld, waarin voor de daarin functionerende kunstwerken wordt getoetst of er wordt voldaan aan de veiligheidsnormen. In deze betrouwbaarheidsanalyse wordt aangeduid welke functies de verschillende werken moeten vervullen en wordt nagegaan welke faalkansen optreden of deze voldoende klein zijn in relatie tot de normen. Concreet richt de betrouwbaarheidsanalyse zich op de volgende onderdelen.

### Het systeem 'bypass'

Het systeem bypass moet werken om ervoor te zorgen dat de normwaterstand bij Zwolle niet wordt overschreden. In fase 1 van het project wordt hiervoor water ingelaten bij de inlaatconstructie aan de oostkant van het gebied, dat bij de Roggebotsluis en het bestaande spuimiddel wordt uitgelaten. Het systeem bypass moet een bepaalde bijdrage leveren aan de waterstandsdeling bij Zwolle. Volgens het project ruimte voor de rivier dient deze bijdrage 41 cm te bedragen. Met een inlaatdebiet van 220 m<sup>3</sup>/s kan wordt een bijdrage van 12,8 cm geleverd aan deze waterstandsdeling door de bypass. Dit inlaatdebiet kan door de bestaande schutsluis Roggebot en het bestaande spuimiddel worden uitgelaten. Het maximale afvoerdebiet door de bypass wordt beperkt door de afvoercapaciteit bij Roggebots. Bij het inlaatwerk kan meer worden ingelaten. Als de bijdrage aan de waterstandsdeling op de IJssel hoger moet worden zal extra spui capaciteit bij de Roggebot nodig zijn en moet een extra spui koker worden gerealiseerd. Een extra spui koker behoort tot de scope van het project, maar er zal pas na 2015 een definitief besluit worden genomen over de realisatie. In de betrouwbaarheidsanalyse is de extra spui koker als onderdeel van het systeem bypass meegenomen.

De meestromende bypass wordt afgesloten van het Drontermeer door de twee keersluizen die in de Reevedam zijn gepland af te sluiten. Het systeem faalt als de betrokken kunstwerken technisch niet werken of dat ze onjuist bediend worden. Uit de betrouwbaarheidsanalyse volgen mogelijk voorzieningen die getroffen moeten worden om de betrouwbaarheid te vergroten. Deze voorzieningen zullen vooral ingrijpen op het bediening van de kunstwerken. De analyse is de basis voor het bedieningsprotocol van de kunstwerken in en rondom de bypass.

### Waterkerende kunstwerken

Naast het systeem bypass is ook een aantal kunstwerken in de waterkeringen rondom de bypass opgenomen, die met voldoende betrouwbaarheid water moeten keren en moeten voldoen aan de normen, die aan de hoogwaterveiligheid in het achterliggende land zijn gesteld. Dit betreft de inlaatconstructie, de recreatieschutsluis, 2 gemalen, de bestaande Roggebotsluis en het bestaande spui middel. Deze min of meer autonoom functionerende kunstwerken worden ook beschouwd, waarbij het name gaat om voldoende betrouwbaarheid van sluiting van de kunstwerken.

**Doel:** met een betrouwbaarheidsanalyse aantonen dat het systeem bypass en waterkerende kunstwerken voldoende waarborgen biedt om te voldoen aan de normen voor hoogwaterveiligheid. De resultaten van de betrouwbaarheidsanalyse (maatregelen en richtlijnen) worden verwerkt in vergunningsbesluiten, projectplannen, bestemmingsplannen en realisatie van de werken (vraagspecificatie).

Bij de start van deze betrouwbaarheidsanalyse zijn de volgende concrete vragen en punten van aandacht ingebracht door verschillende partijen:

- Als de bypass als hoogwatergeul in gebruik wordt genomen, zal het gebied moeten worden ontruimd. Niet alleen van recreanten en scheepvaart, ook losse obstakels die door de waterstroom kunnen worden meegevoerd dienen te worden afgevoerd en/of vastgezet. Bijvoorbeeld bij recreatiepaviljoen 't Haasje, camping en de jachthavens kunnen obstakels voor problemen zorgen (drijvende obstakels als caravans en gestalde recreatievaartuigen).

- Is bij ingebruikname van de bypass de geul voldoende erosiebestendig? Dit is in de uitwerking van het technisch ontwerp meegenomen, en is er voldoende sturing dat de stroomsnelheden waar rekening mee is gehouden niet worden overschreden.
- Worden de schutsluis en het gemaal bij het woongebied Kampen meegenomen in de analyse? Ook deze kunstwerken in de waterkering moeten voldoende waterveilig zijn (dit zijn weliswaar kunstwerken die in fase 2 worden gerealiseerd). Deze kunstwerken werken in principe autonoom en zijn als waterkerend kunstwerk opgenomen in de waterkering die de achterliggende polder beschermt.
- Kan vanuit waterveiligheid de bypass in fase 1 vaker worden ingezet dan 1/ 1100 per jaar (dit is een frequentie die hoort bij het voorkomen van een afvoer van 15.500 m<sup>3</sup>/s bij Lobith). In deze betrouwbaarheidsanalyse wordt er van uitgegaan dat de bypass een uiterste maatregel is die tijdelijk in fase 1 wordt ingezet. Fase 1 is tijdelijk en duurt 10 jaar. Voor de uitwerking van fase 1 is dat het uitgangspunt, waar in principe niet van wordt afgeweken.
- Hoe gaan het beheer / de beheerprotocollen er uit zien? In deze betrouwbaarheidsanalyse wordt op hoofdlijnen aannamen gedaan van bedienings- / beheerprotocollen. Mocht blijken dat deze protocollen (met bediening- en beheersmaatregelen) onvoldoende zijn om de veiligheid te garanderen, dan worden aanvullende (beheers/bedienings)maatregelen beschreven zodoende wel wordt voldaan aan de waterveiligheid. Het beheer en de bediening wordt in een aparte rapportage samengevat. In deze rapportage zijn ook de resultaten van de analyse van het waterkwaliteitsbeheer verwerkt, zodat een goed totaalbeeld van het beheer en de bediening per kunstwerk in alle omstandigheden ontstaat.
- Is er voldoende berging op de randmeren bij inzet van de bypass? (er kan dan geen water worden afgevoerd vanaf het Veluwerandmeer naar het Vossemeer). Het antwoord op deze vraag is af te leiden uit twee reeds gedane studies tijdens de SNIP3 fase. Eén studie bekeek of de randmeren voldoende berging hadden om de IJsseldijken te ontlasten, de tweede studie bekeek of de bypass al in fase 1 ingezet kon worden. Hieruit is gebleken dat er kwantitatief mogelijkheden tot berging van water op de randmeren zijn om een waterstandsval op de IJssel te realiseren; vanuit het oogpunt van waterkwaliteit is het bergen van (IJssel)water op de randmeren niet mogelijk geacht. De tweede studie heeft opgeleverd dat de bypass in gebruik kan worden genomen en dat bij ingebruikname van het systeem bypass het systeem Randmeren moet worden gescheiden van de bypass. Tijdens het gebruik van de bypass kan het waterbezwaar dat in die periode op de randmeren komt worden geborgen of worden afgevoerd naar het zuiden.
- In de beschouwing van de veiligheid wordt het accent gelegd op het functioneren en het beheer van de kunstwerken die in fase 1 van het project IJsseldelta Zuid worden gerealiseerd. In fase 2 wordt de situatie veranderd en worden functies gewijzigd. Voor fase 2 wordt een doorkijk gegeven welke consequenties dit heeft voor de toets op de hoogwaterveiligheid.

### 1.2.2 Dijkkring 11

Als gevolg van de realisatie van de bypass wordt dijkkring 11 in tweeën gesplitst wat van invloed is op de inundatie van de dijkkring. Uit bestaande inundatieberekeningen blijkt dat de realisatie van de bypass mogelijke effecten heeft op de hoeveelheid schade en slachtoffers. Deze mogelijke effecten hebben geleid tot zorgen bij de bevolking van de dijkkring (met name de stad Kampen).

Door Waterschap Groot Salland is in een hoorzitting in 2009 de toezegging gedaan dat gekeken wordt naar mogelijk extra maatregelen om negatieve effecten teniet te doen. Vraag is te onderzoeken of deze maatregelen nodig zijn. Dit wordt onderzocht door de inundatieberekeningen kritisch te beschouwen en daar mogelijke maatregelen uit af te leiden.

In deze analyse worden de berekeningen en beschreven effecten beoordeeld op basis van expert-judgement. Uit deze beoordeling volgt de nut en noodzaak voor het nemen van aanvullende maatregelen in het kader van hoogwaterveiligheid en beperking overstromingsrisico.

**Doel:** Antwoord geven aan vragen voor de noodzaak voor het treffen van maatregelen die zijn ontstaan naar aanleiding van inundatieanalyses.

### 1.2.3 Constructief falen Roggebotschutsluis en huidig spuumiddel

In dit onderdeel worden de gevolgen voor de constructie van de schutsluis en het bestaande spuumiddel onderzocht. Als de bypass in gebruik wordt genomen treden er andere belastingen op dan in de huidige omstandigheden (met name verhoogde stroombelasting). In het technisch ontwerp (referentie [2]) is een aantal maatregelen opgenomen (aanvullende bodemverdediging, stroomgeleiding etc.) om ervoor te zorgen dat de stroombelasting kan worden opgenomen. De waterbouwkundige constructies zijn in het Technisch Ontwerp niet expliciet getoetst op de water- en gronddrukken die ontstaan bij ingebruikname van de bypass.

In dit onderzoek is een toets uitgevoerd welke hydraulische belastingen en water- en gronddrukken kunnen ontstaan en of de constructies deze belastingen kunnen opnemen en niet bezwijken. Op basis van dit onderzoek zijn de maatregelen bepaald, die moeten worden gerealiseerd om functiebehoud te garanderen. Deze maatregelen zijn mogelijk aanvullend op de maatregelen die reeds in het SNIP3 ontwerp (ref [2]) zijn gedefinieerd.

**Doel:** Op basis van het constructief onderzoek en de daaruit geformuleerde maatregelen wordt zekerheid geboden dat de Roggebotsluis en het huidige spuumiddel de functies kan hervatten na ingebruikname van de bypass in fase 1.

Concrete vragen die in het voortraject van deze analyse aan de orde zijn gekomen en zijn ingebracht door verschillende partijen zijn de volgende:

- Bezwijkt de Roggebotsluis niet bij ingebruikname van de bypass. Als de bypass in gebruik wordt genomen en de Roggebotsluis als spuumiddel wordt ingezet wordt de sluis anders belast, dan oorspronkelijk in het ontwerp vastgelegd. Bij het doorlaten van een debiet van maximaal 195 m<sup>3</sup>/s door de sluis (dit treedt op bij de maatgevende afvoer op de IJssel) en 25 m<sup>3</sup>/s door het spuumiddel ontstaan relatief hoge stroomsnelheden en kan de waterstand in de bypass oplopen tot NAP+1,70m. Deze waterstand mag niet worden overschreden, omdat dan het sluisplateau van de schutsluis overstroomt erosie optreedt en de sluis mogelijk bezwijkt.
- Bij de Roggebotsluis zijn droogzetschotten op de bodem gelegd; deze kunnen bij ingebruikname van de bypass daar waarschijnlijk niet blijven liggen.
- Kan na ingebruikname van de bypass de Roggebotsluis met voldoende betrouwbaarheid weer worden gesloten als er een hoge waterstand dreigt op het Vossemeer (storm / opwaaiing vanuit het noorden / noordwesten).

- Kan de Roggebotsluis weer openen na een hoogwatergebeurtenis en zijn functie voor waterafvoer uit de Randmeren, waterkeren bij hoog water op het Vossemeer en de scheepvaartfunctie weer vervullen.

### 1.3 Leeswijzer

In de nu volgende hoofdstukken worden allereerst de uitgangspunten weergegeven (hoofdstuk 2).

In de hoofdstukken 3 en 4 wordt de betrouwbaarheidsanalyse behandeld. In hoofdstuk 3 wordt het functioneren van het systeem in verschillende situaties (scenario's) beschreven, waarbij de risico's zijn verkend die samenhangen met de hoogwaterveiligheid. In hoofdstuk 4 wordt deze betrouwbaarheid getoetst aan de normen en worden de faalkansen nader onderbouwd.

In hoofdstuk 5 en 6 volgen de deelvragen ten aanzien van dijkkring 11 (gevolgen overstroming) en het constructief falen van de Roggebotsluis.



**Tauw**



## 2 UITGANGSPUNTEN BETROUWBAARHEIDSANALYSE

### 2.1 Algemeen

De by-pass zal pas worden ingezet wanneer de afvoer bij Lobith 15.500 m<sup>3</sup>/s bedraagt. Bij deze extreme omstandigheid moet een goede werking zijn zeker gesteld. De betrouwbaarheidsanalyse is gericht op het bepalen van de kansen dat het systeem de bypass niet werkt en welke schade dat gevolg kan hebben.

Daartoe is een goed begrip vereist van de componenten van het systeem, de werking daarvan en met name ook de onderlinge samenhang.

Om te kunnen bepalen of het systeem faalt dient bekend te zijn onder welke randvoorwaarden met betrekking tot rivierafvoer en stormopzet het moet werken. Bij omstandigheden daarbuiten “mag” het systeem falen.

In de navolgende hoofdstukken wordt ingegaan op de onderdelen van de bypass, de werking en de voorwaarden waaronder werking moet zijn gegarandeerd en welke risico's het meest in het oog springen.

### 2.2 Onderdelen bypass fase 1

#### 2.2.1 Het systeem de bypass

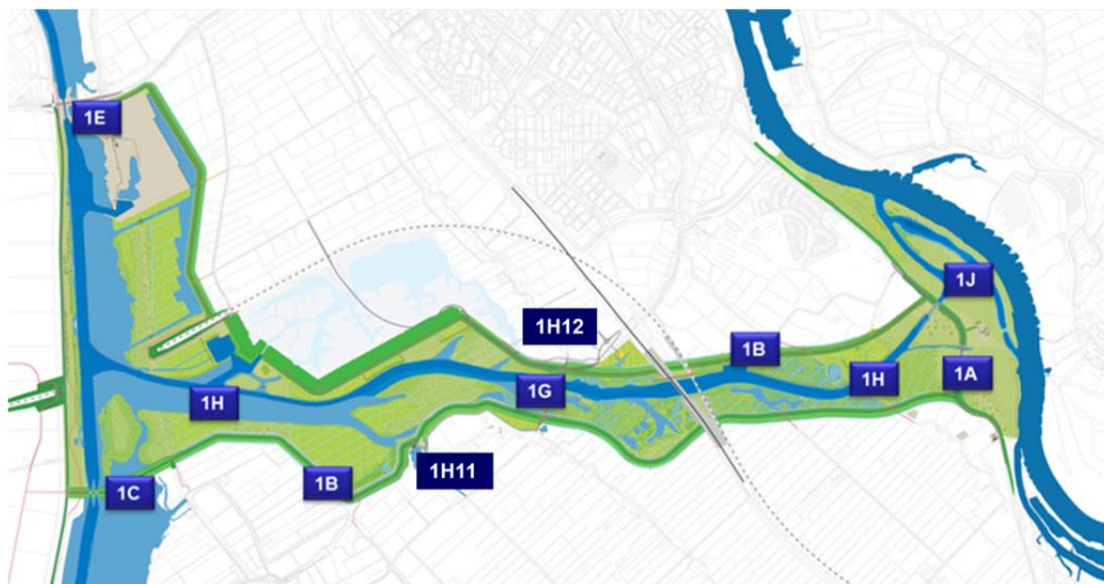
Het systeem bestaat uit een aftakking van de IJssel naar het Drontermeer, by-pass genoemd, welke bij een afvoer van 15.500m<sup>3</sup>/s bij Lobith in werking treedt. Deze by-pass loost via de Roggebotsluizen op het Vossemeer. Aan de Roggebotsluizen worden voorzieningen aangebracht zodat dit technisch mogelijk is.

De afvoer via de by-pass wordt geregeld door een inlaatwerk met regelbare schuiven in de IJsseldijk.

Het is ongewenst dat het IJsselwater vanuit de bypass richting Drontermeer stroomt. Daarom is voorzien in een waterkering tussen het Drontermeer en het Vossemeer: de Reevedam. Hier komen twee afsluitbare openingen in ten behoeve van de scheepvaart en waterafvoer vanuit het Drontermeer.

Naast deze drie essentiële componenten zijn er een aantal aanvullende werken nodig voor de bypass fase 1. Deze komen in de navolgende paragrafen aan de orde. Een totaaloverzicht wordt gegeven in figuur 2.1.





Figuur 2.1: Werken bypass fase 1

## 2.2.2 Benodigde kunstwerken fase 1

Voor een compleet beeld worden alle werken die worden gerealiseerd in fase 1 van het project IJsseldelta Zuid vanaf de IJsselzijde naar het oosten toe opgesomd (zie figuur 2.1 voor de locatie en aanduiding van de codes). De werken die onderdeel uitmaken van het systeem bypass en de werken die als waterkerend kunstwerk in de waterkering liggen zijn vetgedrukt.

### Instroomgebied:

- 1J Onderdijkse Waard met meestromende nevengeul, natuurinrichting en buitendijkse geul voor recreatievaart;
- 1A IJsseldijk als verbindende waterkering met daarin het **inlaatwerk** en de **recreatieschutsluis**. Hierbij wordt de bestaande dijk voor een deel verlegd en de Kamperstraatweg aangepast.

### Bypass:

- 1B aanleg dijken langs by-pass;
- 1H11 **Gemaal Kamperveen**;
- 1H12 Klimaatdijk woongebied, met aan de waterkering het **Gemaal Reeve**, dat is gepland voor de waterhuishouding van het woongebied en uitslaat op de bypass;
- 1H Inrichting by-pass met vaargeul, natuurinrichting, maaiveldverlaging, fiets- en wandelpaden, migratiegeul, recreatieve voorzieningen;
- 1G Brug Nieuwendijk.

### Uitstroomgebied:

- 1C Reevedam met **2 keersluizen** (scheiding Drontermeer);
- 1E Aanpassingen Roggebot schutsluis en spuumiddel (afvoer naar Vossemeer).
- De extra spuiukoker behoort tot de scope van het project en ligt bij de Roggebotsluis (naast het bestaande spuumiddel, bij 1 E).

De benodigde werken zijn in een technisch ontwerp [2] gedocumenteerd.



In fase 2 wordt de Roggebotsluis en het (huidige) spuumiddel weggehaald en de keersluizen in de Reevedam vervangen door een schutsluis en een spuumiddel. Tevens wordt in de Reevedam een migratievoorziening gerealiseerd.

Daarnaast wordt in fase 2 nabij het geplande woongebied voor Kampen een schutsluis voorzien voor de recreatievaart. In de uiterwaard bij de IJssel wordt de migratiegeul gerealiseerd.

### 2.3 Functioneren gebied bypass in verschillende scenario's fase 1

Om een goede betrouwbaarheidsanalyse te kunnen uitvoeren dient het functioneren van de bypass en de kunstwerken daarin opgenomen onder verschillende kenmerkende omstandigheden in kaart te worden gebracht. Dit is gebeurd in de systeemanalyse [1] en wordt hier in het kort herhaald.

#### SC1: dagelijkse omstandigheden

Onder normale dagelijkse omstandigheden is de inlaat gesloten. Het bypass-gebied wordt gebruikt voor recreatie en pleziervaart. De toegang vanuit de IJssel wordt gerealiseerd door een recreatiesluis in de IJsseldijk. Scheepvaart op het Drontermeer en Vossemeer vindt op normale wijze plaats, waarbij de geopende keersluizen in de Reevedam een nieuw element vormen.

#### SC2: spuien naar Vossemeer

Als dat nodig is kan water vanuit het Drontermeer gespuid worden op het Vossemeer. Dit gebeurt dan door de geopende keersluizen in de Reevedam en de spuisluis in het Roggebotcomplex. Als het nodig is kan de schutsluis worden ingezet voor het spuien. Het inlaatwerk in de IJsseldijk blijft gesloten. De recreatiesluis blijft op de normale wijze in gebruik.

#### SC3: doorspoelen bypass

Er kan zich onder dagelijkse omstandigheden de noodzaak voordien het systeem door te spoelen. Dit kan door water in te laten via de rinketten in de recreatiesluis. Bij lage waterstanden op de IJssel kan eventueel ook via de recreatiesluis water worden afgelaten op de IJssel.

#### SC4: extreme storm NW

Stormen uit het noordwesten hebben mogelijk invloed op de bediening van de recreatiesluis in de IJsseldijk. Deze is in het stormseizoen sowieso gestremd, maar buiten het stormseizoen wordt er gesloten tenzij de weersomstandigheden dat niet toelaten. Dat kan dus het geval zijn bij een NW-storm tijdens het open seizoen. Het inlaatwerk in de IJsseldijk blijft gesloten.

Het water op het Vossemeer wordt bij deze omstandigheden opgezet tegen de Roggebotsluis. Zowel de schutsluis als het spuumiddel zijn dan gesloten. De keersluizen in de Reevedam zijn in principe geopend, echter de scheepvaart zal onder dergelijke omstandigheden gestremd zijn, vanwege te hoge stroomsnelheden door de keersluizen.

Een analyse van windfrequenties en stroomsnelheden door de sluis levert op dat deze situatie slechts zeer sporadisch voorkomt (eens in de 10 jaar) en praktisch dus geen stremming oplevert voor scheepvaart (zie ook SNIP3-rapport systeemanalyse, paragraaf 3.5.1 (functie scheepvaart). Vanuit het oogpunt van waterkwaliteit is aangegeven dat tegelijk met de stremming van de scheepvaart de keersluizen worden gesloten om de belasting van Bypasswater op het Drontermeer te beperken.

#### SC5: extreme storm ZW

Bij stormen uit het zuidwesten wordt op dezelfde manier met de recreatieschutsluis omgegaan als bij stormen uit het noordwesten: in het stormseizoen is de sluis gestremd en in het open seizoen wordt er gesloten als de omstandigheden dat toelaten. Het inlaatwerk in de IJsseldijk blijft gesloten.

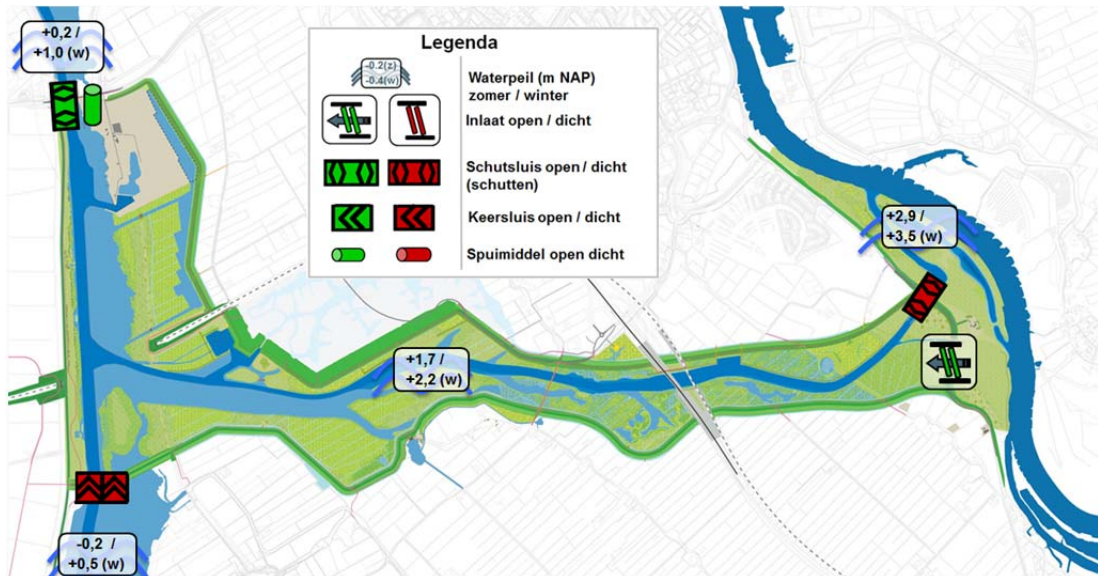
Het waterpeil wordt tegen de Reevedam en het Roggebotsluiscomplex opgezet. Zowel de keersluizen in de Reevedam als de spuisluis in het Roggebotcomplex kunnen worden geopend als dat wenselijk is voor het afdalen van water. Waarschijnlijk zal de scheepvaart worden gestremd vanwege de hoge stroomsnelheden ter plaatse van de keersluizen. Bepaald is dat bij een stroomsnelheid van meer dan 0,5 m/s door de keersluizen de scheepvaart niet door de keersluis kan varen. Op basis van een analyse van windfrequenties en stroomsnelheden is bepaald dat dit gemiddeld 13 keer per jaar met een totale duur van 24 uur voorkomt.

#### SC6: extreme afvoer tot 15.500 m<sup>3</sup>/s

Bij hoge tot extreme rivierafvoeren tot 15.500 m<sup>3</sup>/s bij Lobith wordt het systeem bypass niet gebruikt en blijft het inlaatwerk en de extra spuikoker in de Roggebotkering gesloten. De recreatiesluis in de IJsseldijk zal dan in de praktijk in die situatie niet of nauwelijks worden gebruikt (in de periode waarin een hoge afvoer kan worden verwacht (1 oktober – 1 april) wordt in de sluis alleen op afroep in beperkte tijden gesloten). De recreatieschutsluis wordt in principe altijd buiten de schuttijden met gesloten deuren achtergelaten. De keersluizen in de Reevedam en de Roggebotsluis blijven in principe normaal functioneren.

#### SC7: extreme afvoer >15.500 m<sup>3</sup>/s

Bij een afvoer van 15.500 m<sup>3</sup>/s wordt de by-pass in werking gezet. Allereerst dient de bypass ontruimd te worden en dient te zijn zeker gesteld dat de recreatieschutsluis is gesloten en buiten gebruik is. Ook de keersluizen in de Reevedam dienen te zijn gesloten. De Roggebotsluis dient geprepareerd te worden voor het hoge spuidebiet dat zal optreden bij geopend inlaatwerk in de IJsseldijk (hiervoor zullen de opening tussen sluisdeuren en deurkassen moeten worden afgesloten met demontabele schotten. Eerst moet dan de waterstand in het Reevediep (de bypassgeul) worden genivelleerd naar een niveau gelijk of even hoger dan het Vossemeer voordat de Roggebotsluisdeuren kunnen openen. Verder dient het huidige spuumiddel en de extra spuikoker te worden geopend. Als dat allemaal is gebeurd, dan kan het inlaatwerk in de IJsseldijk worden geopend en afgeregeld op het gewenste debiet door de by-pass. De maximaal toelaatbare waterstand in de bypass bij de Roggebotsluis aan de Drontermeerzijde (Drontermeer Noord) bedraagt NAP+1,7m.



Figuur 2.2: Situatie bij ingebruikname bypass

#### SC8: extreme storm+ extreme afvoer

Tijdens een extreme afvoer, waarbij de bypass in gebruik kan worden genomen, kan ook een extreme storm optreden. Een storm vanuit het noordwesten zorgt voor opwaaiing tegen de Roggebotkering aan en belemmert de mogelijkheid voor afvoer van water vanuit de bypass naar het Vossemeer/ Ketelmeer en kan waterstanden veroorzaken die hoger zijn dan de normwaterstand en een hogere belasting geven voor de bypassdijken, dan waarop zij zijn gedimensioneerd. In de systeemanalyse is bepaald, dat de combinatie van voorkomen van een storm en een extreme afvoer een dusdanig lage kans heeft, dat dit geen bijdrage levert aan de maatgevende belasting. In de systeemanalyse is afgeleid dat kans van voorkomen van deze gecombineerde belasting lager is dan 1/40.000 per jaar en dus geen bijdrage levert aan de normbelasting van 1/4000 per jaar.

#### Scenario: oefening in gebruiknemen systeem bypass

Een extra scenario dat in deze betrouwbaarheidsanalyse in beschouwing wordt genomen is het oefen-scenario. Om het systeem bypass te testen en de juiste bediening toe te passen kan bij een hogere afvoer op de IJssel van orde 1000 m<sup>3</sup>/s (dit is de IJsselafvoer die optreedt bij een afvoer van 8000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith) water worden ingelaten. De waterstand bij de inlaat is dan orde NAP+1,5m (na zomerbedverlaging NAP+1m). Er kan dan maximaal orde 100 m<sup>3</sup>/s door de bypass stromen. De waterstand achter de inlaat op het Reevediep zal NAP+0,5 m zijn en nabij de Roggebotsluis zal orde NAP+0,3m zijn.

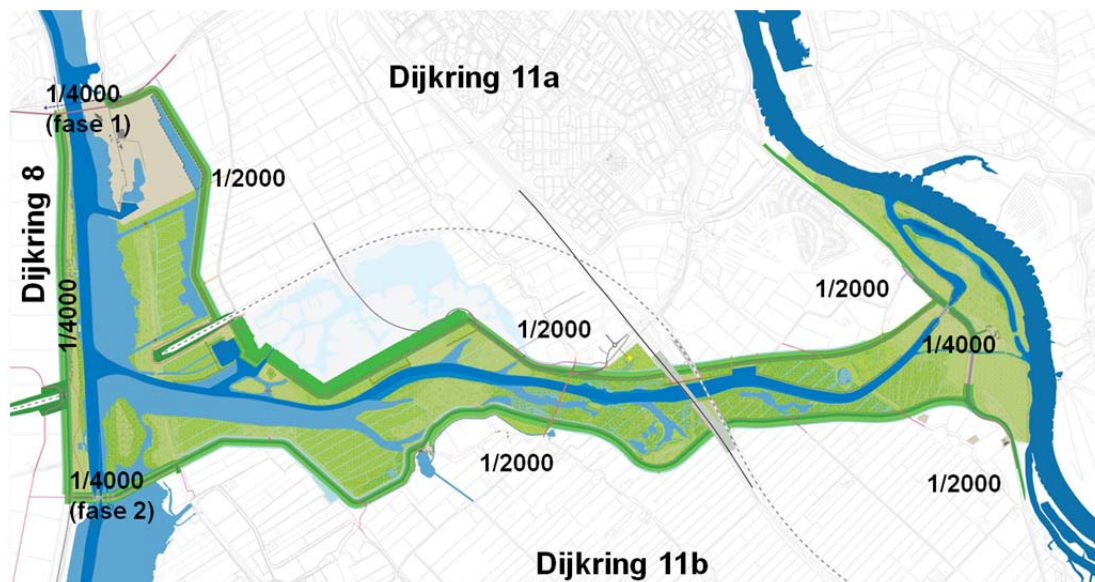
Deze afvoer treedt gemiddeld eens per jaar op en meestal in de periode december – januari. Vanuit waterkwaliteitsoogpunt is dit ook de meest gunstige periode, waardoor geen nadelige beïnvloeding van de waterkwaliteit in het Reevediep optreedt (zie ook paragraaf 5.2.6 van het Beheerplan waterkwaliteit Reevediep). Het protocol voor ingebruikname van de bypass kan dan worden toegepast met de juiste volgorde van openen en sluiten van de verschillende kunstwerken. De volgende acties kunnen worden geoefend:

- Mobilisatie bediend personeel en zorgen dat centrale post wordt bezet;
- Afsluiten keersluizen Reevedam;

- Prepareren schutsluis Roggebot en openen sluis;
  - Openen bestaand spuimiddel en nieuwe spuiwerker;
  - Openen inlaat;
  - Tijdens het gebruik: monitoren waterstanden en regelen inlaatdebiet.
- In hoofdstuk 3 wordt kort ingegaan op de hoogwaterveiligheidsrisico's die bij het scenario oefenen kunnen optreden.

## 2.4 Veiligheidsnormen

De kunstwerken (sluizen, spuiwerken, gemalen) die in het project IJsseldelta Zuid worden gerealiseerd liggen in een waterkering (bestaand of nieuw te maken). Dit houdt in dat deze kunstwerken een bepaalde betrouwbaarheid keren moeten hebben. Deze betrouwbaarheid hangt samen met de waterstandsnorm, die aan de waterkeringen rondom IJsseldelta zuid is opgelegd (1/2000 per jaar – 1/4000 per jaar, zie onderstaande figuur).



Waterkerende kunstwerken en bijzondere constructies in primaire waterkeringen dienen met voldoende betrouwbaarheid de waterkerende functie te vervullen. Hierbij moet een kunstwerk voldoende kerende hoogte hebben, de afsluitmiddelen dienen met voldoende betrouwbaarheid te sluiten en dienen voldoende sterkte en stabiliteit te hebben.

Een kerend kunstwerk faalt als er door het kunstwerk teveel water wordt doorgelaten of als het kunstwerk constructief bezwijkt. De kans dat teveel water doorgelaten door een geopend kunstwerk moet kleiner zijn dan  $1/10 \times$  (de norm). De kans dat een kunstwerk door constructief bezwijken faalt, moet kleiner zijn  $1/100 \times$  (de norm).

De betrouwbaarheidsanalyse richt zich op de betrouwbaarheid van de werking van het systeem bypass en op de werking van de waterkerende kunstwerken in de waterkering (betrouwbaarheid sluiten van de kunstwerken). Deze betrouwbaarheid wordt getoetst aan de normen die aan hoogwaterveiligheid zijn gesteld.



Het bijzondere van het systeem bypass is dat de bypass zelf en daarvoor sommige kunstwerken met voldoende betrouwbaarheid open of dicht moeten worden gezet om ervoor te zorgen dat de waterstandsnorm (1/2000 per jaar op de IJssel) wordt gehaald.

Constructief bezwijken van nieuw te maken kunstwerken wordt niet beschouwd in de betrouwbaarheidsanalyse. De ontwerpen van de kunstwerken dienen te voldoen aan betrouwbaarheidsklassen die in de bouwnormen zijn beschreven. In de realisatie zullen de ontwerpen verder worden uitgewerkt volgens deze eisen. Hiermee wordt aan de faalkanseisen voor constructief bezwijken voldaan. Ook de kerende hoogte van kunstwerken is zodanig bepaald dat wordt voldaan aan de waterstandsnorm.

Het constructief bezwijken van bestaande constructies (Roggebotsluis, bestaande spuiwerker naast de Roggebot) is in een aparte deelvraag beantwoord.



**Tauw**



### 3 SCENARIO'S EN VERKENNING RISICO'S

#### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de scenario's geselecteerd, waarbij extreme waterstanden optreden en waarbij de hoogwaterveiligheid moet zijn gewaarborgd. In deze scenario's is nagegaan op welke wijze de kunstwerken functioneren en water fout kan gaan. Dit functioneren is uitgewerkt in gebeurtenissenbomen, waarmee inzichtelijk wordt welke acties en gebeurtenissen plaatsvinden en tot welke gevolgen. In deze gebeurtenissenbomen zijn ook gebeurtenissen opgenomen, die leiden tot niet functioneren van het systeem. Het niet functioneren van het systeem (of deelsystemen) dan wel het niet meer kunnen openen en sluiten van waterkerende constructies leidt in extreme omstandigheden tot overschrijding van maatgevende waterstanden en wordt als een ongewenste gebeurtenis gezien, die als falen kan worden aangemerkt. Door bij de gebeurtenissen die leiden tot falen kansen af te leiden (op basis van kentallen /literatuur) ontstaat inzicht in de faalkans van het (deelsysteem).

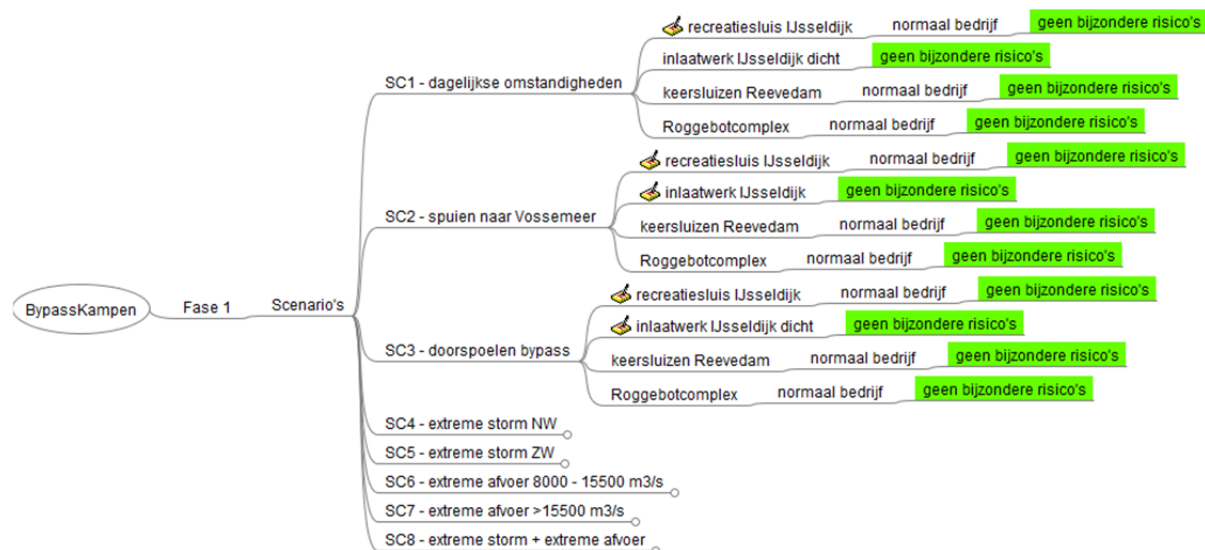
In navolgende paragrafen zijn de gebeurtenissenbomen uitgewerkt bij de scenario's, waarbij extreme waterstanden ontstaan. In een schematische voorstelling van opeenvolgende situaties en gebeurtenissen wordt afgeleid welke gebeurtenissen ongewenst zijn. Deze ongewenste gebeurtenissen zijn in tabellen nader beschreven (oorzaak, gevolg en beoordeling kans). Op deze wijze ontstaat een totaaloverzicht van de verschillende scenario's en welke risico's kunnen optreden.

In het volgende hoofdstuk 4 is de werking van het systeem bypass en de overige waterkerende kunstwerken getoetst aan veiligheidsnormen, met een nadere kwantitatieve onderbouwing van de faalkansen.

#### 3.2 Selectie scenario's

In relatie met de veiligheid zijn de scenario's, die zich onder normale omstandigheden afspelen niet meegenomen in de faalkansanalyse (scenario 1 tot en met 3). Tevens is het scenario 8, combinatie van extreme storm en extreme afvoer niet meegenomen omdat de frequentie van voorkomen lager is dan 1/20.000 per jaar. Zie onderstaand schema welke scenario's niet verder worden beschouwd in relatie met de waterveiligheid (groen gemarkeerd).

Het scenario oefenen wordt apart toegelicht (paragraaf 3.3.5).



Toelichting: Roggebotcomplex heeft 3 functies: schutsluis in schutfunctie, schutsluis in spui functie en het spuumiddel.

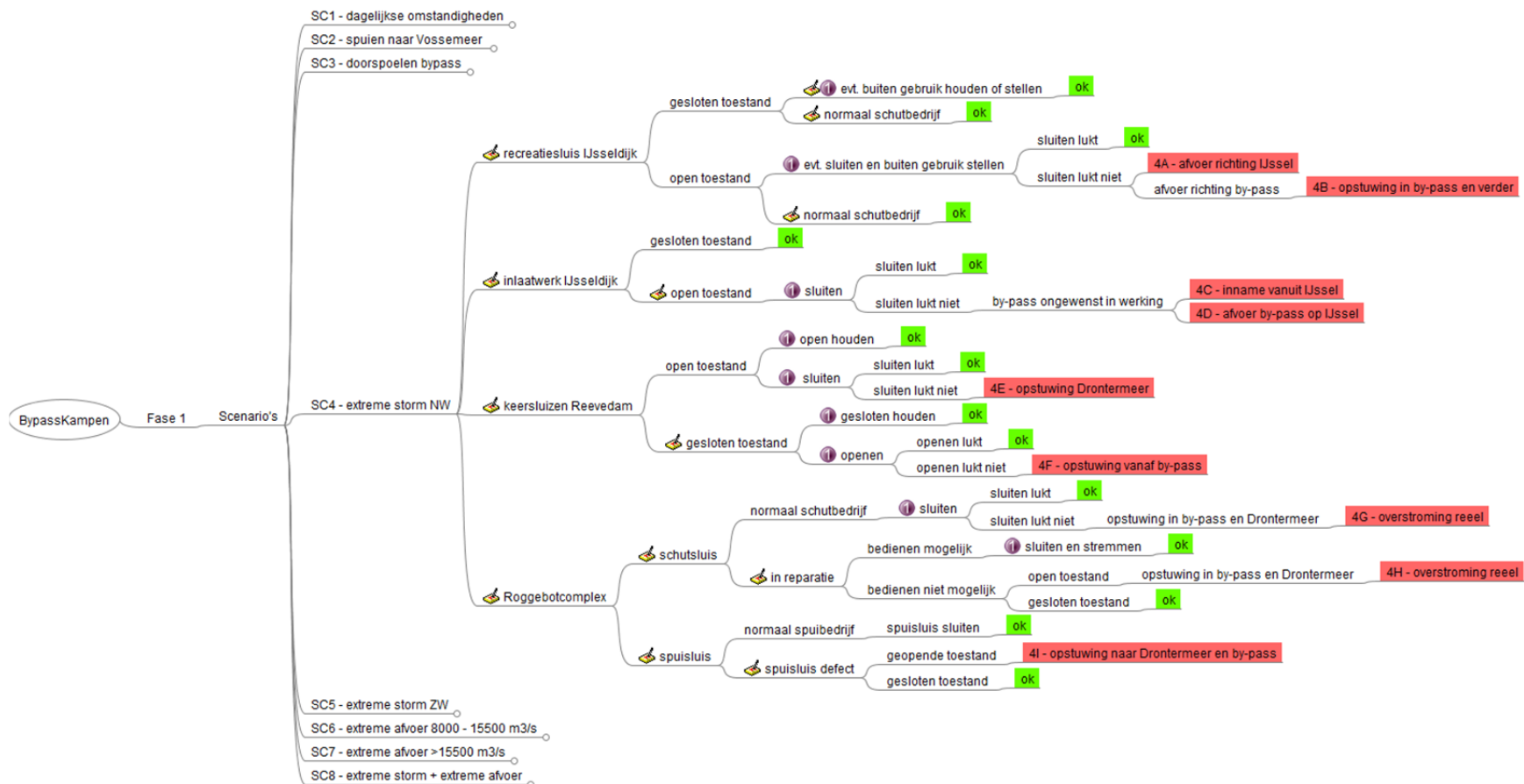
De scenario's 4 tot en met 7 worden in relatie met waterveiligheid verder beschouwd. Hierbij wordt per scenario een schema gepresenteerd in welke toestand het systeem zich kan bevinden en wat de (ongewenste) gevolgen zijn van bepaalde gevallen. Bij het Roggebotcomplex wordt onderscheid gemaakt in de schutsluis en de spuisluis, waaronder het huidige spuumiddel en de extra spui koker vallen).

Opmerking: in de toelichtende tabellen bij de gebeurtenissenbomen wordt onder 'beoordeling kans' een ruwe inschatting van de faalkans gegeven, mede gebaseerd op de nadere analyse die in hoofdstuk 4 en bijlage 1 en 2 is gepresenteerd. In dit hoofdstuk wordt geen uitgebreide onderbouwing gegeven.



### 3.3 Beschouwde scenario's

#### 3.3.1 SC4 extreme storm NW



Risico's SC4, extreme storm NW	Oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
4A afvoer richting IJssel	Recreatiesluis staat open en kan niet worden gesloten EN Roggebot kan niet worden gesloten	Als het water in de by-pass hoger is dan het IJsselwater vindt er afvoer plaats richting IJssel. Dit is mogelijk als het Roggebotcomplex niet kan worden afgesloten. Bij deze situatie is dus het afsluiten van de recreatiesluis EN het afsluiten van de Roggebot niet mogelijk.	Recreatiesluis staat normaal gesproken dicht; de kans dat deze zich in open toestand bevindt is gering (stel $10^{-2}$ tot $10^{-3}$ ; de kans dat de sluis niet kan worden gesloten is orde maximaal orde $10^{-3}$ (zie bijlage 1 en 2); de kans dat de Roggebot niet kan worden gesloten bedraagt $1 \cdot 10^{-5}$ ; de totale kans op deze gebeurtenis bedraagt dus maximaal $10^{-2} \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-5} = 10^{-9}$ , verwaarloosbaar klein dus.
4B opstuwung in by-pass en verder	Recreatiesluis staat open en kan niet worden gesloten	<p>Als het water op de IJssel hoger is dan in de by-pass stroomt er IJsselwater de by-pass in. Omdat bij NW-storm de Roggebot is gesloten zal de by-pass afwaaien naar het Drontermeer of opstuwen tegen de gesloten keersluizen in de Reevedam. De waterstanden zullen dus oplopen. De keersluizen in de Reevedam kunnen eventueel worden geopend om ontoelaatbaar hoge waterstanden in de by-pass te voorkomen.</p> <p>Als op dat moment de keersluizen in de Reevedam niet kunnen worden geopend kunnen de waterstanden in de by-pass kritieke grenzen overschrijden.</p> <p>Verder is het IJsselwater vuiler dan het by-passwater en het Drontermeer water. Er kan dus vervuiling optreden</p>	<p>NW-stormen komen de facto alleen in het winterseizoen voor. In die periode wordt de schutsluis alleen op aanvraag bediend. De schutsluis wordt normaliter buiten de bedientijden altijd gesloten achtergelaten</p> <p>De kans op falen is dus (zie ook 4A): <math>1E-2</math> (sluis open) * <math>1E-3 = 1 E-5</math></p> <p>De kans dat bovenstaande optreedt EN dat de Reevesluizen niet kunnen worden geopend als dat nodig is wordt verwaarloosbaar klein geacht</p>
4C inname vanuit IJssel	inlaatwerk IJsseldijk staat open en kan niet worden gesloten	Als het water op de IJssel hoger is dan in de by-pass stroomt er IJsselwater de by-pass in.	De kans op niet kunnen sluiten inlaatwerk IJsseldijk bedraagt orde $1E-3$ (zie onderbouwing in volgende hoofdstuk), waarin de faalkans is bepaald voor het niet sluiten van de schuiven); de schuiven staan normaal gesproken dicht.

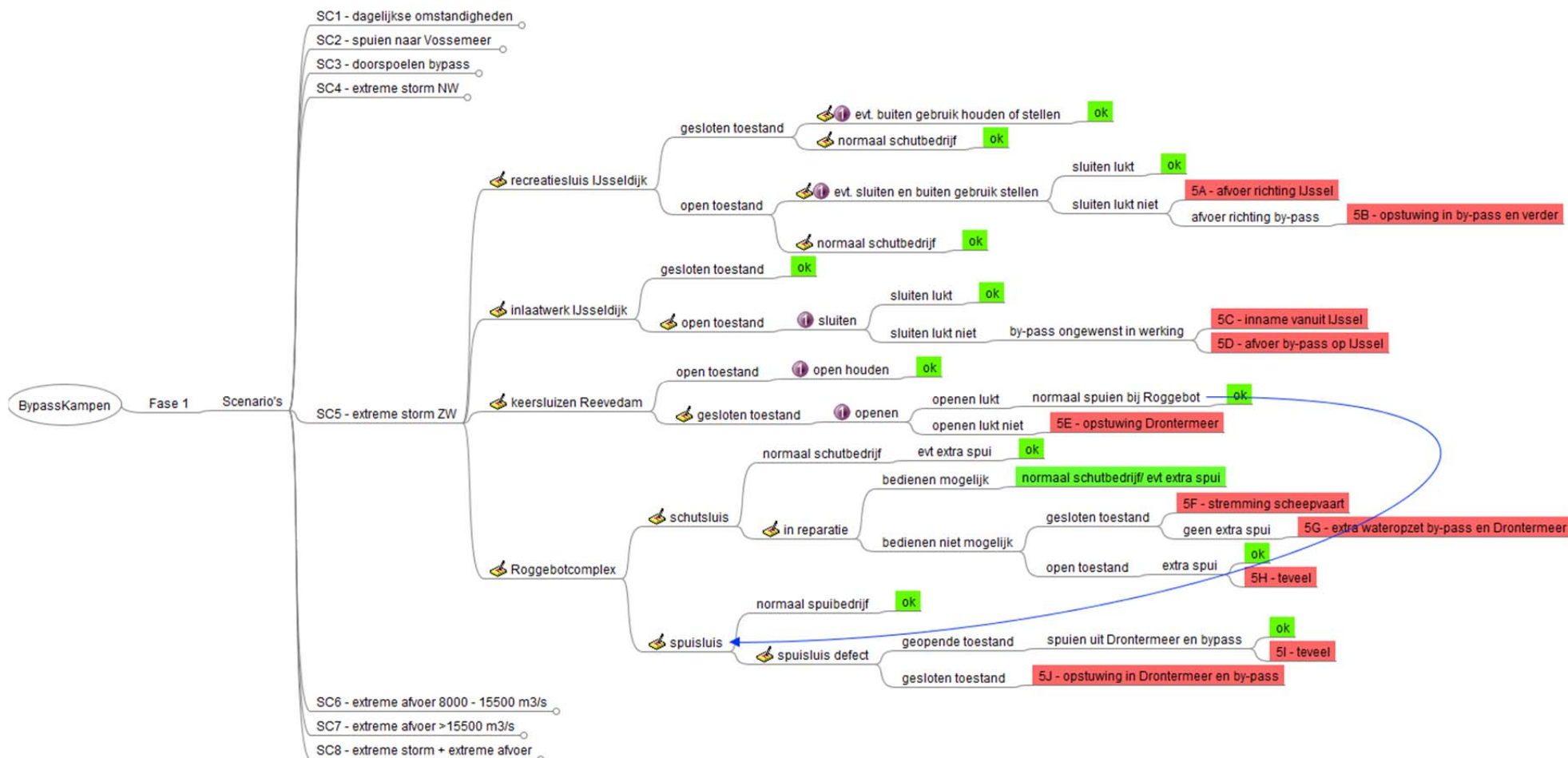
Risico's SC4, extreme storm NW	Oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
		Omdat bij NW-storm de Roggebot is gesloten zal de by-pass afwaaien naar het Drontermeer of opstuwen tegen de gesloten keersluizen in de Reevedam. De waterstanden zullen dus oplopen. De keersluizen in de Reevedam kunnen eventueel worden geopend om ontoelaatbaar hoge waterstanden in de by-pass te voorkomen. Als op dat moment de keersluizen in de Reevedam niet kunnen worden geopend kunnen de waterstanden in de by-pass kritieke grenzen overschrijden. Verder is het IJsselwater vuiler dan het by-passwater en het Drontermeer water. Er kan dus vervuiling optreden.	De kans dat deze onverhoopt open staat wordt geschat op 1 E-2 tot 1 E-3; de kans op deze gebeurtenis is dus orde 1 E-5 .
4D inlaatwerk IJsseldijk staat open en kan niet worden gesloten	inlaatwerk IJsseldijk staat open en kan niet worden gesloten	Zie omschrijving risico 4A	Kans is vergelijkbaar met 4C (orde 1 E-5).
4E opstuwing Drontermeer	Dit betreft de situatie dat de keersluizen gesloten zouden moeten worden maar weigeren. De reden van sluiten kan zijn dat de Roggebot niet kan worden gesloten en onder water komt te staan en dat verdere opwaaiing in het Drontermeer moet worden voorkomen. <b>NOTA BENE: dit een uitzonderingssituatie; in principe blijven de keersluizen in dit scenario altijd OPEN</b>	De keersluizen zijn in principe open al zal de scheepvaart gestremd zijn vanwege de harde wind. Door de harde NW-wind zal het water worden opgestuwd in het Drontermeer. Onder deze omstandigheden wordt de Roggebotsluis dicht gezet (stormvloeddeuren). Echter als Roggebot weigert te sluiten is er de noodzaak de Reevesluis te sluiten. Dit is dus wel een extra mogelijkheid ten opzichte van de huidige toestand met alleen de Roggebotsluizen.	Kans wordt verwaarloosbaar klein geacht: Roggebot weigert te sluiten (orde 2 E-5) EN keersluizen weigeren te sluiten (orde 1 E-3). Kans op deze gebeurtenis 2 E-8.
4F opstuwing vanaf by-pass	De keersluizen kunnen niet worden geopend hetgeen wel wordt gewenst om een te groot verval over de sluisen te voorkomen.	Er zal enige opstuwing tegen de keersluis optreden, echter dit vormt geen gevaar omdat de Roggebot is afgesloten. Er is dus alleen water vanuit de by-pass beschikbaar voor deze opstuwing.	De kans dat de keersluizen in de Reevedam gesloten zijn en niet kunnen worden geopend bedraagt orde 1E-3 Deze kans is gelijk aan het niet sluiten van puntdeuren bij de recreatieschutsluis (zie onderbouwing hoofdstuk 4)

Risico's SC4, extreme storm NW	Oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
	Dit grote verval kan alleen optreden als de Roggebot open is of dat er water vanuit de IJssel instroomt vanuit een (ongewenste) opening van het inlaatwerk of de recreatieschutsluis	De opstuwing zal veel meer zijn als er door falen van de recreatiesluis of het inlaatwerk in de IJsseldijk IJsselwater toetreedt tot de by-pass.	De kans dat dit tegelijkertijd optreedt met een falen (niet kunnen sluiten vanuit geopende toestand) van of de recreatiesluis of het inlaatwerk in de IJsseldijk wordt verwaarloosbaar klein geacht
4G overstrooming reëel	Door technische mankementen of fouten in de bediening wordt de schutsluis niet gesloten	Het water wordt vanuit het Vossemeer opgestuwd in de by-pass en op het Drontermeer, normaal gesproken staan de keersluizen in de Reevedam open	De faalkans niet sluiten bedraagt orde 2 E-5 (zie projectplan dijkverbetering Roggebot [3]).
4H overstrooming reëel	De Roggebotsluis kan niet worden gesloten vanwege lopende herstelwerkzaamheden na inzet van het inlaatwerk in de IJsseldijk	Door de harde NW storm zal het water opstuwen in de by-pass. Om dit te beperken zijn de keersluizen in de Reevedam geopend. Daardoor zal het waterpeil in het Drontermeer ook stijgen, wellicht tot boven ontwerppeil. Overstromingen zijn dan niet uitgesloten	De kans dat de Roggebotsluizen onder normaal gebruik niet kunnen worden afgesloten in de huidige situatie is orde 2 E-5 De jaarlijkse kans op het in werking zetten van de by-pass is 1/1000. Stel dat dit ook voor een willekeurig stormseizoen geldt (dus aangenomen wordt dat er geen ontwerpafoeren optreden buiten het stormseizoen). Stel dat de kans 10% bedraagt op schade en reparatie aan de Roggebotsluis na werking van de by-pass. Dit is een ruime inschatting; zie hoofdstuk 6, waarin de kans op schade is afgeschat en waarin maatregelen zijn aangegeven, die kunnen worden genomen om schade te voorkomen. Dus de jaarlijkse kans op schade zodanig dat de Roggebotsluizen niet kunnen worden dichtgezet is dan $1/1000 \times 1/10 = 1E-4$ . Stel dat de reparatieduur 10 dagen bedraagt. In een stormseizoen van 200 dagen heb ik $200 \cdot 10 = 190$ mogelijke realisaties van een aaneengesloten periode van 10 dagen. De trekkans uit deze verzameling reparatieperiodes op 1 bepaalde realisatie is dan 1/190.



Risico's SC4, extreme storm NW	Oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
			<p>Iedere dag kan door 10 verschillende realisaties getroffen worden. Dus de dagelijkse kans binnen een stormseizoen op een reparatiedag bedraagt 10/190, als er in dat jaar een reparatie wordt uitgevoerd. Dit allemaal bij de jaarlijkse kans op inzet van de bypass in het stormseizoen: 1/1000.</p> <p>Dus de dagelijkse kans op blokkade door reparatie en een NW storm met een jaarlijkse kans van 1 waarbij de sluis dicht zou moeten: <math>1/1000 \times 1/10 \times 10/190 = 5E-6</math></p> <p>In het bovenstaande wordt er van uitgegaan dat de sluis in reparatie open staat. Dat hoeft niet, het is waarschijnlijk dat het reparatie betreft aan bodem en oever bescherming. Geschat wordt dat bij 1 op de 10 reparatiegevallen de sluis noodgedwongen open staat. Dan is bovenbepaalde kans een factor 10 kleiner: 5E-7.</p> <p>Het falen van de sluiting van de Roggebotsluis wordt nader beschouwd in hoofdstuk 4 (toetsing veiligheidsnorm).</p>
4l opstuwning naar Drontermeer en by-pass	spuisluis (spuimiddel) kan niet worden gesloten	Door de harde NW storm zal het water opstuwten in de by-pass. Om dit te beperken zijn de keersluizen in de Reevedam geopend. Daardoor zal het waterpeil in het Drontermeer ook stijgen, wellicht tot boven ontwerppeil. Overstromingen zijn dan niet uitgesloten.	De kans op niet sluiten van het spuimiddel bedraagt orde 1 E-3.

3.3.2 SC5 extreme storm ZW



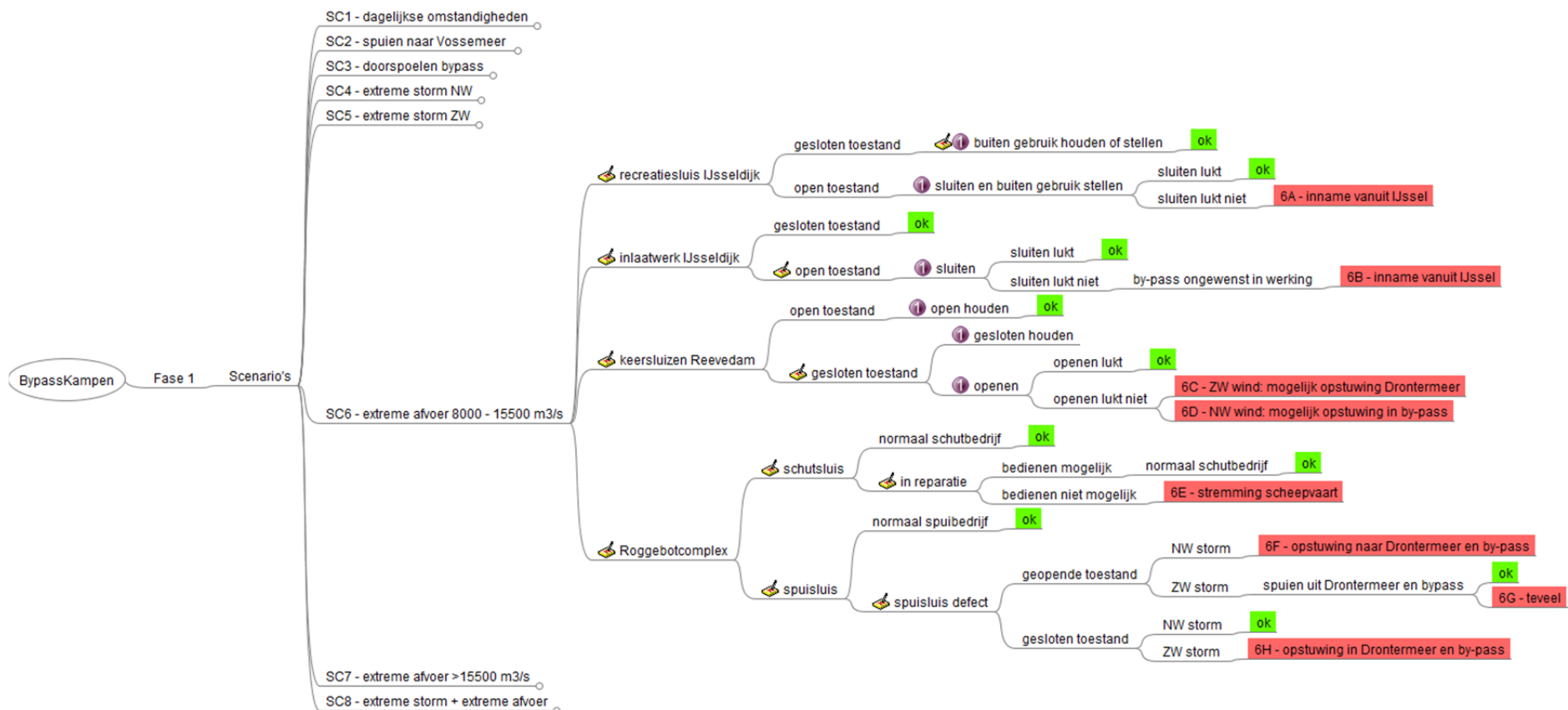
Risico's SC5, extreme storm ZW	oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
5A afvoer richting IJssel	Recreatiesluis staat open en kan niet worden gesloten	Als het water in de by-pass hoger is dan het IJsselwater vindt er afvoer plaats richting IJssel. Dit is bij ZW storm mogelijk als het water in de by-pass wordt opgestuwd doordat er niet gespuid kan worden bij Roggebot. Bij deze situatie kan dus de recreatiesluis niet worden gesloten EN de spuisluis en/of de schutsluis in het Roggebotcomplex niet worden geopend	Sluis staat normaal gesproken dicht; de kans dat deze zich in open toestand bevindt is gering (stel $10^{-2}$ tot $10^{-3}$ ; de kans dat de sluis niet kan worden gesloten is orde $10^{-3}$ ; de kans dat de Roggebot niet kan worden geopend bedraagt orde $10^{-3}$ ; de totale kans op deze gebeurtenis bedraagt dus maximaal $10^{-2} * 10^{-3} * 10^{-3} = 10^{-8}$ , verwaarloosbaar klein dus.
5B opstuwung in by-pass en verder	Recreatiesluis staat open en kan niet worden gesloten.	Als het water op de IJssel hoger is dan in de by-pass stroomt er IJsselwater de by-pass in. Omdat bij ZW-storm de spuisluis bij Roggebot mogelijk is geopend zal de by-pass afwaaien naar het Vossemeer.  Door de ZW storm is er geen gevaar dat dit water in het Drontermeer terecht komt (dus geen vervuiling).	ZW-stormen komen de facto alleen in het gesloten seizoen voor. Dan is de recreatiesluis buiten gebruik en normaal gesproken dicht. Bij onderhoudswerkzaamheden in het gesloten seizoen wordt er voor gezorgd dat de sluis dicht blijft. De kans is dus heel klein (orde 1 E-7).
5C inname vanuit IJssel	inlaatwerk IJsseldijk staat open en kan niet worden gesloten	Zie omschrijving risico 5B	Het inlaatwerk staat normaalgesproken dicht. De kans dat het werk open staat is geschat op orde 1 E-2; de kans dat de stoneyschuiven niet kunnen worden gesloten is orde 1 E-3 (zie hoofdstuk 4 voor nadere uitwerking). De kans op deze gebeurtenis is dus orde 1 E-5 .
5D afvoer by-pass op IJssel	inlaatwerk IJsseldijk staat open en kan niet worden gesloten	Zie omschrijving risico 5B	Zie 5C
5E opstuwung Drontermeer	Keersluizen Reevedam kunnen niet worden geopend	Opstuwung op het Drontermeer. Daarnaast kunnen de keersluizen een beperkt verval opnemen van het Drontermeer zuid naar het Drontermeer noord (de keersluizen zijn voorzien van een enkele set puntdeuren). De gevolgen voor de hoogwaterveiligheid zijn niet te verwachten.	De keersluizen staan normaliter open. De kans dat de keersluizen zijn gesloten en dat een zuidwesterstorm voor opstuwung tegen de Reevedam zorgt is zeer klein.



Risico's SC5, extreme storm ZW	oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
		Als door een te groot verval de deuren worden opgedrukt en schade optreedt, kunnen de keersluizen niet worden gesloten als de bypass wordt ingezet.	
5F stremming scheepvaart	De Roggebotsluis kan niet worden geopend/bediend vanwege lopende herstelwerkzaamheden na inzet van het inlaatwerk in de IJsseldijk.	Stremming scheepvaart	Kans inzet by-pass: 1/1000 Kans op reparatie na inzet: 1/10 geschat; Kans dat het een reparatie betreft aan de sluis zelf die stremming veroorzaakt (een op de 10 gevallen, zie 4H) Kans op stremming door deze oorzaak: $1/1000 \times 1/10 \times 1/10 = 1 \cdot 10^{-5}$
5G extra wateropzet by-pass en Drontermeer	De Roggebotsluis kan niet worden geopend/bediend vanwege lopende herstelwerkzaamheden na inzet van het inlaatwerk in de IJsseldijk.	Doordat de Roggebotsluis niet kan worden geopend is er niet de mogelijkheid spuicapaciteit in te zetten. In principe is de sluis bij ZW storm gesloten en wordt deze niet ingezet als spuisluis. Het Drontermeer is ingericht op waterstanden bij ZW storm. Onderzoek van Deltares heeft aangetoond dat ook met de Reevedam de waterstanden op het Drontermeer bij opwaaiing vanuit het Zuidwesten de huidige grenswaarden niet overschrijden (zie systeemanalyse, [1]).	Kans inzet by-pass: 1/1000 Kans op reparatie na inzet: 1/10 geschat Kans dat reparatie aan sluis zelf nodig is: 1/10 Kans op stremming door deze oorzaak: $1/1000 \times 1/10 \times 1/10 = 1 \cdot 10^{-5}$
5H. teveel	De schutsluis is in reparatie na inzet van de by-pass, staat open en kan niet worden bediend.	Door de ZW wind stroomt er teveel water uit het systeem.	Kans inzet by-pass: 1/1000 Kans op reparatie na inzet: 1/10 geschat Kans dat reparatie aan sluis zelf nodig is: 1/10 Kans op ongewenste open toestand door deze oorzaak: $1/1000 \times 1/10 \times 1/10 = 1 \cdot 10^{-5}$
5I teveel	Spuisluis kan niet worden bediend en staat open.	Door de ZW wind stroomt er teveel water uit het systeem.	De schuiven in de spuisluis kunnen niet sluiten. Kans orde $1 \cdot 10^{-3}$ .
5J opstuwing in Drontermeer en by-pass	Spuisluis Roggebotcomplex kan niet worden geopend	Ongewenst hoge waterstanden in by-pass en Drontermeer	Falen openen spuisluis orde $1 \cdot 10^{-3}$ (zie 5I).



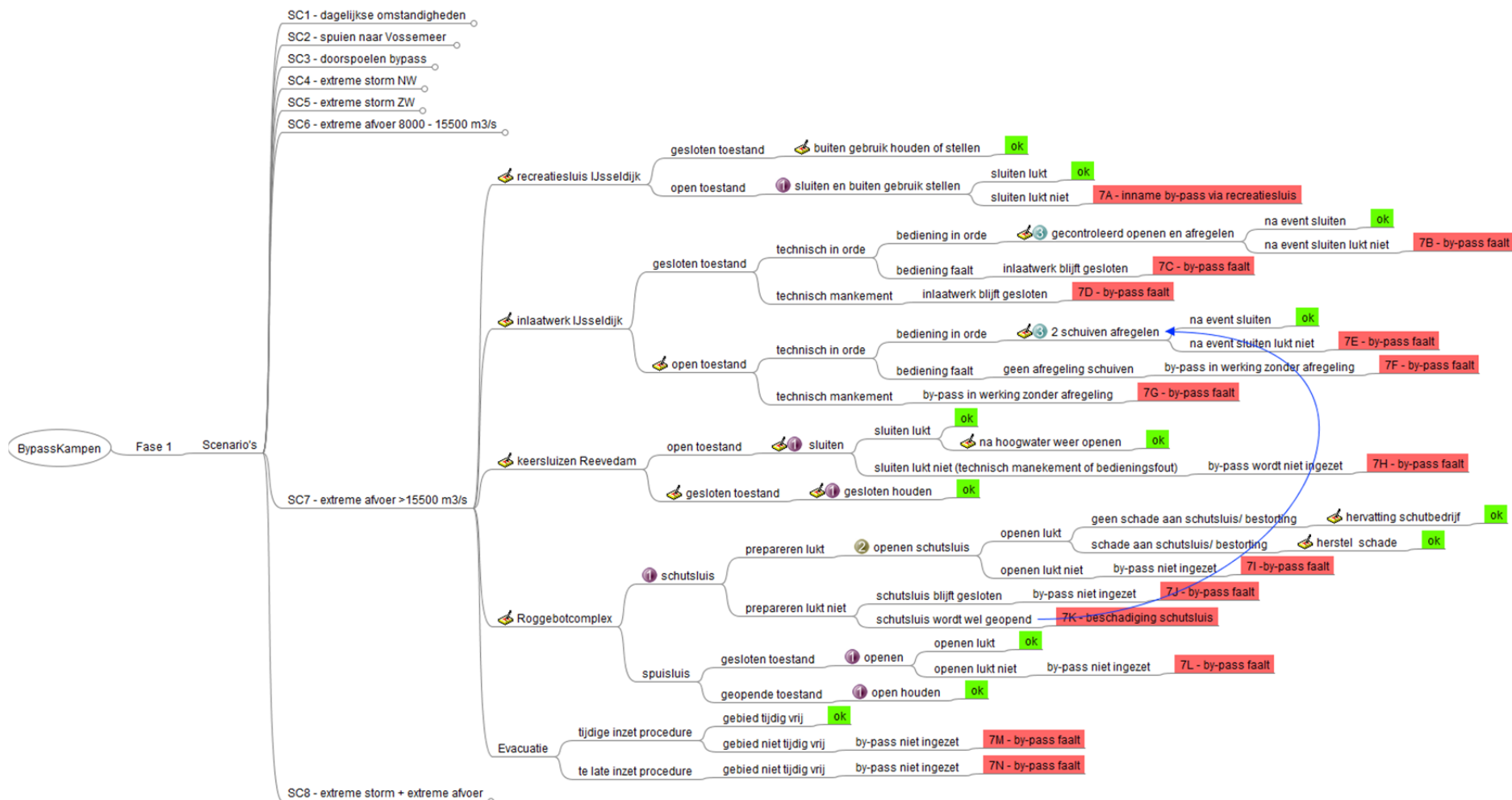
3.3.3 SC6 extreme afvoer 8000 – 15.500 m<sup>3</sup>/s



Risico's SC6 extra. afvoer <15,5k	Oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
6A inname vanuit IJssel	De recreatiesluis is normaal gesproken dicht gedurende het gesloten seizoen. Vanwege bijzondere redenen is de sluis open.	Water stroomt vanuit de IJssel de by-pass in. Mogelijk opstuwung in de by-pass en vervuiling Drontermeer. Het systeem is hier overigens wel op berekend, dus de gevolgen zijn niet groter dan een officiële inzet van de by-pass bij afvoeren > 15.5000 m <sup>3</sup> /s	Zeer kleine kans (recreatiesluis open in gesloten seizoen EN kan niet worden gesloten). De kans dat de schuiven niet kunnen worden gesloten is orde 1 E-3, zie voor nadere kwantitatieve uitwerking hoofdstuk 4. Schatting totale kans 1 E-2 * 1 E-3= orde 1 E-5.
6B inname vanuit IJssel	Het inlaatwerk in de IJsseldijk is normaal gesproken dicht. Vanwege bijzondere redenen staat het inlaatwerk open.	Water stroomt vanuit de IJssel de by-pass in. Mogelijk opstuwung in de by-pass en vervuiling Drontermeer. Het systeem is hier overigens wel op berekend, dus de gevolgen zijn niet groter dan een officiële inzet van de by-pass bij afvoeren > 15.5000 m <sup>3</sup> /s	Zeer kleine kans (inlaatwerk in IJsseldijk staat open EN kan niet worden gesloten). Kans op niet kunnen sluiten inlaatwerk IJsseldijk bedraagt: -Allereerst de kans dat het inlaatwerk onder normale omstandigheden open staat is zeer klein: 1E-2 tot 1 E-3 -De kans dat het inlaatwerk dan niet kan worden gesloten: orde 1 E-3 De kans dat aan beide voorwaarden wordt voldaan bedraagt dan orde 1 E-5.
6C ZW wind: mogelijk opstuwung Drontermeer	De keersluizen in de Reevedam zijn om een of andere reden gesloten kunnen niet worden geopend. Dit is een uitzonderlijk geval, want normaalgesproken zijn de keersluizen geopend.	Bij ZW wind kan dit tot opstuwung op het Drontermeer leiden	Kans dat Reevesluizen zijn gesloten: 1 E-3 kans dat Reevesluizen weigeren te openen: 1 E-3 De kans dat aan beide voorwaarden wordt voldaan is dus zeer orde 1 E-6.
6D NW wind: mogelijk opstuwung in by-pass	De keersluizen in de Reevedam zijn om een of andere reden gesloten kunnen niet worden geopend. Dit is een uitzonderlijk geval, want normaalgesproken zijn de keersluizen geopend.	Bij NW wind kan dit tot opstuwung in by-pass leiden.	Zie 6F

Risico's SC6 extra. afvoer <15,5k	Oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
6E stremming scheepvaart	De schutsluis is in reparatie na inzet van de by-pass en kan niet worden bediend	Stremming van de scheepvaart	Kans inzet by-pass: 1/1000 Kans op reparatie na inzet: 1/10 geschat Kans dat reparatie aan sluis zelf: 1/10 Kans op stremming door deze oorzaak: $1/1000 \cdot 1/10 \cdot 1/10 = 1 \text{ E-5}$
6F opstuwing naar Drontermeer en bypass	Spuisluis is defect geraakt door ingebruikname bypass en kan niet gesloten worden	Bij NW storm leidt dit tot te hoge waterstanden op het Drontermeer	Zie 4H: de kans dat de spuisluis defect is en er een noordwester storm in de reparatieperiode van 10 dagen optreedt: 5 E-7.
6G teveel	Defecte spuisluis in open toestand	Teveel gespuid uit by-pass	De schuiven in de spuisluis kunnen niet sluiten. Kans orde 1 E-3
6H opstuwing in Drontermeer en by-pass	Defecte spuisluis in gesloten toestand	Opstuwing in by-pass op Drontermeer bij ZW storm.	De schuiven in de spuisluis kunnen niet openen. Kans orde 1 E-3 (zie hoofdstuk 4)

3.3.4 SC7 extreme afvoer > 15.500m<sup>3</sup>/s



Risico's SC7 extra afvoer >15,5k	Oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
7A inname by-pass via recreatiesluis	De recreatiesluis is normaal gesproken dicht gedurende het gesloten seizoen. Vanwege bijzondere redenen is de sluis open.	Door de hoge waterstand op de IJssel gaat de recreatiesluis als spuumiddel functioneren. Daar is hij niet op gebouwd, er treedt schade op. Daarnaast treden mogelijk hoge waterstanden in het Reevediep op, omdat er geen water wordt geloosd naar het Vossemeer via de spuumiddelen (bestaand spuumiddel, extra spuiwerker en Roggebotsschutsluis)	Kans is gering (recreatiesluis onbedoeld open EN kan niet worden gesloten). Kans orde 1 E-5 (zie ook 4B).
7B inlaat faalt en systeem bypass leidt mogelijk tot veiligheidsproblemen	Na de hoogwater golf van > 15.5000 m <sup>3</sup> /s blijkt het inlaatwerk niet te kunnen worden gesloten.	De by-pass blijft langer werken dan de bedoeling, tijdens lagere afvoer. Het debiet in de by-pass zal lager worden dan het ingestelde debiet. Op zich leidt dit niet tot overstromingen of schade omdat de stroomsnelheden afnemen.	Het falen van de sluiting van de stoneyschuiven is orde 1 E-3 (zie hoofdstuk 4)
7C by-pass faalt	Het inlaatwerk in de IJsseldijk is technisch in orde maar de bediening faalt.	Het inlaatwerk blijft gesloten terwijl het geopend had moeten worden.	De kans op weigering van de opening van de schuiven in het inlaatwerk is orde 1 E-3 (zie hoofdstuk 4 voor een nadere uitwerking en onderbouwing).
7D by-pass faalt	Het inlaatwerk in de IJsseldijk is technisch niet in orde en kan niet worden gesloten	Het inlaatwerk blijft gesloten terwijl het geopend had moeten worden.	Een technisch mankement valt binnen de totale faalkans van de opening van de schuiven. Kans dus orde 1 E-3 (zie hoofdstuk 4).
7E inlaat by-pass faalt en leidt mogelijk tot veiligheidsproblemen	Na een eerdere hoogwater golf van > 15.5000 m <sup>3</sup> /s blijkt het inlaatwerk niet te kunnen worden gesloten	De by-pass blijft langer werken dan de bedoeling, tijdens lagere afvoer. Het debiet in de by-pass zal onder het debiet zakken waarop de bypass is ingesteld.  Doordat het inlaatwerk niet gesloten is geweest sinds de voorlaatste keer dat de by-pass werd ingezet, heeft eventuele benodigde reparatie aan de schutsluis van het Roggebotcomplex ook niet kunnen plaatsvinden. Dit betekent een grotere kans op voortschrijdende schade aan de schutsluis.	Een weigering van sluiting van de schuiven heeft een kans van orde 1 E-3 (zie hoofdstuk 4).

Risico's SC7 extra afvoer >15,5k	Oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
7F by-pass faalt	<p>Hoewel het inlaatwerk IJsseldijk technisch in orde is faalt de bediening.</p> <p>Hierdoor vindt er geen juiste afregeling van de schuiven plaats op het in te stellen debiet door de bypass</p>	De by-pass werkt zonder juiste afregeling van het debiet. Schade aan Roggebotsluizen en te hogere waterstanden langs het Reevediep dan waar voor fase 1 op is gerekend.	De regeling van de schuiven faalt; de faalkans ligt binnen de faalkans voor het niet sluiten en wordt ingeschat op orde 1 E-3.
7G by pass faalt	Het inlaatwerk IJsseldijk is technisch niet in orde en kan niet worden afgeregeld. Het staat echter wel open.	De by-pass werkt zonder juiste afregeling van het debiet, waardoor mogelijk hogere waterstanden optreden dan waar bij een geregeld debiet in fase1 op is gerekend in het Reevediep.	Faalkans dat regeling niet werkt is orde 1 E-3. De kans op de gebeurtenis is echter zeer klein, omdat de kans dat het inlaatwerk open staat zeer gering is (het inlaatwerk wordt in principe altijd gesloten gehouden) en de kans dat na een test is gebleken dat er mankementen optreden èn dat de componenten niet tijdig zijn gerepareerd is zeer klein.
7H by pass faalt	Keersluizen in Reevedam kunnen niet worden gesloten	Omdat de keersluizen in de Reevedam niet kunnen worden gesloten wordt de by-pass niet ingezet.	Kans op niet sluiten keersluis: orde 1 E-3 (hoofstuk 4).
7I by-pass faalt	De schutsluis is op tijd geprepareerd om de afvoer van maximaal 220 m <sup>3</sup> /s te kunnen verwerken maar de bediening werkt niet en de sluis kan niet worden geopend	De beoogde waterstandsdeling op de IJssel wordt niet gehaald.	Falen bediening valt binnen de totale kans dat de schuiven niet werken: orde 1 E-3 (hoofdstuk 4)
7J by pass faalt	De schutsluis is niet op tijd geprepareerd om de afvoer van maximaal 220 m <sup>3</sup> /s max te kunnen verwerken	De beoogde waterstandsdeling op de IJssel wordt niet gehaald.	Het falen van het prepareren heeft het karakter van een operationele actie, waar relatief veel menselijk handelen in benodigd is (net als bij het monteren van een demontabele kering). De kans op falen wordt ingeschat op 1 E-3.
7K beschadiging schutsluis	De schutsluis is niet op tijd geprepareerd om de afvoer van 220 m <sup>3</sup> /s max te kunnen verwerken, maar kan wel worden geopend.	De schutsluis raakt beschadigd doordat deze niet is geprepareerd om de grote debieten te kunnen verwerken	Geschat wordt dat er 50% kans is dat de ongeprepareerde schutsluis beschadigd raakt bij inzet van de by-pass. Verder is de kans dat de schutsluis niet geprepareerd kan worden bij voorgenomen inzet by-pass geschat op 1 E-3 (zie 7J). Uiteindelijk is de kans op beschadiging van de schutsluis dan 1 E-3 x 0,5 = 0,5 x E-3.

Risico's SC7 extra afvoer >15,5k	Oorzaak	Gevolg	Beoordeling kans
			Dit valt binnen de kans dat de Roggebotsluis na ingebruikname bypass in reparatie is (deze is aangenomen bij SC4H, namelijk 10%).
7L by pass faalt	De spuisluis van het Roggebotcomplex kan niet worden geopend.	De beoogde waterstandsdeling op de IJssel wordt niet gehaald.	Voor de afsluitschuiven is de faalkans op niet openen orde 1 E-3.
7M by pass faalt	Ondanks een tijdig ingezette evacuatie-procedure is het gebied niet op tijd ontruimd.	De by-pass wordt dan niet ingezet	Ingeschat op basis ervaring orde 1 E-2
7N by pass faalt	Door te late inzet van de procedure waardoor het gebied niet tijdig is ontruimd	De by-pass wordt dan niet ingezet	Ingeschat op basis ervaring orde 1 E-2

### 3.3.5 Scenario oefenen in gebruik nemen Bypass

Bij het scenario oefenen treden in principe dezelfde risico's op als bij het daadwerkelijk ingebruiknemen van de bypass bij een extreme afvoer op de IJssel (scenario 7). Zoals geschetst wordt voor het oefenen gedacht aan een IJsselaflow van orde 1000 m<sup>3</sup>/s (afvoer Lobith orde 8000 m<sup>3</sup>/s). De effecten van het inlaten van water in het Reevediep in die situatie zijn veel beperkter dan bij het daadwerkelijk ingebruiknemen van de bypass. De waterstanden liggen lager (maximaal NAP+0,5m) en zullen vanuit het oogpunt van hoogwaterveiligheid geen risico van overstroming met zich meebrengen. De stroomsnelheden bij ingebruikname van de bypass zullen in de Roggebotsluis ook fors lager liggen (maximaal orde 1m/s). Dit is dan nog als het gehele inlaatdebiet bij de Roggebotsluis wordt doorgelaten.

De risico's die volgen uit het oefenen zouden kunnen zijn:

- De Roggebotsluis is niet geprepareerd; het falen van de preparatie van de sluis heeft geen gevolgen voor de hoogwaterveiligheid; de inlaat zal dan niet open worden gezet en er is geen kans op schade aan de schutsluis. Indien de bypass toch in gebruik wordt genomen, ontstaat in principe kans op schade aan de schutsluis. De stroomsnelheid door de schutsluis is echter veel lager en de kans dat obstakels voor schade zorgen is ook zeer gering, omdat er weinig kans is dat obstakels vanuit het gebied worden meegevoerd. De kans van optreden bij het oefenscenario is dus veel geringer dan bij gebruik van de bypass bij hogere afvoeren. Bovendien is het zo, dat er minstens tijd net zoveel tijd is om de schade te herstellen voordat een hoogwater bij Noordwestenwind ontstaat of ingeval van geen herstel noodmaatregelen te treffen (afdichten schutsluis met big-bags).
- De keersluizen weigeren te sluiten; in principe zal de inlaat dan niet worden geopend. Als er toch water wordt ingelaten stroomt water naar het Drontermeer zuid. Dit heeft negatieve gevolgen voor de waterkwaliteit. Voor de hoogwaterveiligheid ontstaat geen risico (geen extreme waterstand op het Drontermeer te verwachten).
- Het evacueren van het recreatiegebied (Reevediep en bij Roggebot) kan worden geoefend; als dit mislukt treden geen noemenswaardige risico's op. Het water stroomt alleen door de vaargeul (het maaiveld naast de geul ligt op orde NAP+1m) en zal dus niet tot drijvende obstakels leiden die de kunstwerken bij Roggebot kunnen beschadigen.

De risico's voor hoogwaterveiligheid zijn zeer gering en vallen qua gevolgen nagenoeg binnen de normale omstandigheden waarin het Reevediep functioneert.



## 4 TOETSING HOOGWATERVEILIGHEID

### 4.1 Faalkansen en norm, inleiding

#### Algemeen kader voor waterkerende kunstwerken

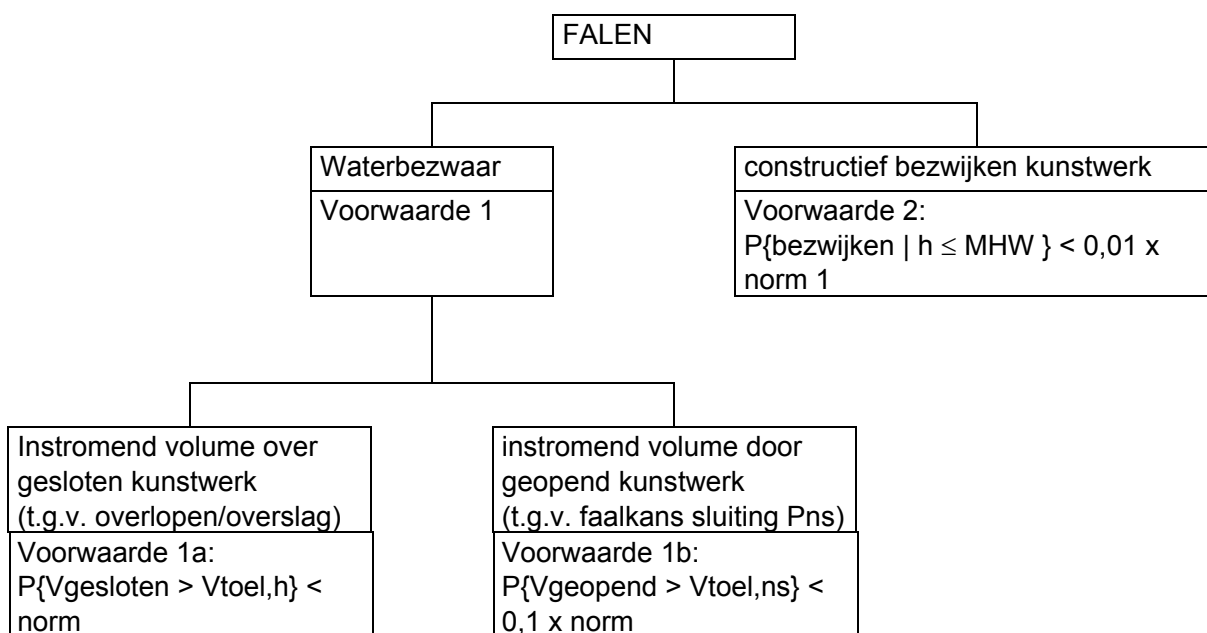
De verschillende werken vervullen een functie in voor de hoogwaterbescherming van verschillende dijkringen. Hoge waterstanden op de bypass hebben een norm 1/2000 per jaar (dijkkring 11 met dijk langs de IJssel en de bypass dijken), 1/4000 per jaar (Drontermeerdijk met als voorliggende keringen de Reevekering met daarin het Roggebotcomplex en de verbindende waterkering langs de IJssel).

Waterkerende kunstwerken in primaire waterkeringen dienen op grond van de Waterwet met voldoende betrouwbaarheid een waterkerende functie te vervullen. Om die reden worden aan dergelijke constructies eisen gesteld ten aanzien van:

- kerende hoogte (maximum instromend volume via gesloten kunstwerk);
- betrouwbaarheid afsluitmiddelen (maximum instromend volume via geopend kunstwerk);
- sterkte en stabiliteit (constructief bezwijken van het kunstwerk).

Hierbij wordt opgemerkt dat voor sommige constructies niet alle drie deze aspecten relevant zijn, zoals de kerende hoogte bij duikers, of de betrouwbaarheid van afsluitmiddelen bij een gesloten keermuur.

In Figuur 3.1 is de normstelling voor een kunstwerk, uitgaande van de dijkvak-overbelastingsbenadering, in beeld gebracht. Aan deze normstelling dient het kunstwerk gedurende de gehele planperiode te voldoen. Daarnaast kunnen er uiteraard nog aanvullende eisen zijn gesteld, samenhangend met de andere functies van het kunstwerk.



Figuur 3.1: Schema overbelastingsbenadering voor een waterkerend kunstwerk

De essentie van de overbelastingsbenadering is dat primair eisen wordt gesteld aan de kans per jaar op overschrijding van een toelaatbaar instromend volume buitenwater via het gesloten kunstwerk (voorwaarde 1a) of geopende kunstwerk (voorwaarde 1b).

Daarnaast wordt als aanvullende eis gesteld dat de kans op constructief bezwijken van het kunstwerk, gegeven dat normomstandigheden niet worden overschreden, klein dient te zijn ten opzichte van de kans op overschrijding van het toelaatbaar instromend volume (voorwaarde 2).

De in deze studie uitgevoerde analyse richt zich enkel op het bepalen van de kans per jaar op overschrijding van een toelaatbaar instromend volume buitenwater via het geopende kunstwerk (voorwaarde 1b).

Waterkerende kunstwerken met afsluitmiddelen, zoals de recreatieschutsluis, inlaatwerk, Roggebotcomplex (schutsluis en keersluis) dienen in geval van een dreigend hoogwater te worden gesloten, om overstroming van het achterland te voorkomen. Vanuit veiligheidsoverwegingen bezien hoeft het kunstwerk alleen te worden gesloten op het moment dat de buitenwaterstand de maximaal toelaatbare waterstand waarbij binnendijks problemen zijn te verwachten, dreigt te overschrijden. De betrouwbaarheid van sluiten (gemiddelde kans per jaar op overschrijding van het toelaatbaar instromend volume buitenwater) voor het geopende kunstwerk dient hierbij een factor 10 kleiner te zijn dan de normfrequentie (ofwel 0,1 maal de normfrequentie).

#### Norm voor het functioneren van de bypass

Het functioneren van het systeem bypass speelt in deze toetsing een bijzondere rol. Het systeem als geheel moet functioneren om de normwaterstand van de IJssel niet te laten overschrijden. In de werking van het systeem dienen kunstwerken op een bepaald moment en in een bepaalde volgorde te worden geopend en gesloten. Analoog aan de betrouwbaarheid sluiting van een waterkerend kunstwerk in een waterkering wordt als norm voor de werking van het systeem 1/10 van de waterkeringsnorm van de IJssel aangehouden. Dit betekent dat het functioneren van het systeem getoetst moet worden aan een maximale toelaatbare faalkans van  $0,1 \times \text{norm IJssel} = 1/20.000$  per jaar.

#### Toetsing van aan de faalkansnorm

In de nu volgende paragrafen 4.2 tot en met 4.7 wordt het systeem bypass en de sluiting van de waterkerende kunstwerken getoetst aan de hoogwaterveiligheidsnorm. Hierbij is het systeem bypass en het functioneren van de sluiting van de Roggebotsluis het belangrijkste. Daarnaast is een aantal kunstwerken van belang die zich in de waterkeringen rondom de bypass bevinden.

Per onderdeel wordt de functie, de bijbehorende norm, de werking van het systeem en de faalkansanalyse behandeld. De totale faalkans van het systeem of het falen van sluiting van een kunstwerk wordt getoetst aan de norm.

In paragraaf 4.8 is een doorkijk naar fase 2 gegeven voor het falen van het systeem bypass en de overige kunstwerken.

## 4.2 Bypass

### 4.2.1 Functie

De functie van het systeem bypass is doorlaten en afvoeren van IJsselwater naar het IJsselmeer, zodanig dat de waterstandsnorm 1/2000 jaar op de IJssel wordt gehaald. Concreet houdt dit in voor fase 1 van het project een bepaalde hoeveelheid water moet worden ingelaten, zodanig dat een bepaalde waterstandsdeling bij Zwolle wordt bereikt. De taakstelling ruimte voor de rivier is 41 cm waterstandsdeling bij Zwolle.

### 4.2.2 Norm

De kans op falen van het systeem als gevolg van een falend opening- en sluitproces en de norm waaraan deze kans moet voldoen is als volgt te schrijven:

$P(\text{fa}) = P(\text{niet functioneren}) * n < 0,1 * \text{norm}$ , waarin

- $P(\text{fa})$  = kans op falen van het systeem als geval van een falend openings- en sluitproces [1/jaar];
- $P(\text{niet functioneren})$  = de kans op falen van het proces per keer dat werking van het systeem wordt gevraagd [1/jaar];
- $n$  = het aantal keren dat het systeem moet functioneren [vragen / jaar];
- norm = ontwerp- of normfrequentie zoals vastgelegd in de waterwet.

De kans op niet functioneren per vraag wordt getoetst en is als volgt om te schrijven:

$P(\text{niet functioneren}) < (0,1 * \text{norm}) / n$ ;

Bij het systeem bypass gelden de volgende waarden:

- $n=1/1100$  jaar (dit is de frequentie van voorkomen van de afvoer van 15.500 m<sup>3</sup>/s bij Lobith;
- norm = 1/2000 per jaar (waterstandsnorm op de IJssel).

Hieruit volgt voor het systeem bypass:

$P(\text{niet functioneren}) < 0,1 * \text{norm} / (1/1100) = 5,5 * 10^{-2}$  per jaar

### 4.2.3 Werking systeem (kunstwerken) en bediening

Het systeem bypass bestaat qua kunstwerken uit het inlaatwerk, de Keersluizen in de Reevedam, het (bestaande) Spuimiddel Roggebot, en de schutsluis Roggebot. Er wordt van uitgegaan dat al de kunstwerken worden bediend vanuit één centrale post, gelegen op een regiogebonden locatie. Ook de voorbereidende werkzaamheden bij de Roggebotsluis en het eventueel inzetten van handbediening ter plaatse van de kunstwerken zelf wordt gecoördineerd vanuit de centrale post. Er wordt van uitgegaan dat een team van maximaal 4 personen kan worden gemobiliseerd voor de bediening van het systeem, waarvan tenminste één bedienaar op de centrale post aanwezig is en een als reserve standby staat.

De kunstwerken kunnen vanuit de een centrale post op regionaal gebonden locatie op afstand worden bediend. De kunstwerken zijn hiervoor aangesloten op een glasvezelnet. Er wordt vanuit gegaan dat de bediening van het systeem wordt voorzien van de nodige controle- en terugmeldsystemen om een juiste bediening te faciliteren. In de uitwerking van bediening en de schermindeling op de bedieningslessenaars kan het sturingssysteem zo worden geprogrammeerd dat bepaalde veiligheden worden ingebouwd. De volgende informatie en terugmelding wordt minimaal noodzakelijk geacht op de bedieningspost:

- Waterstanden op de IJssel, in de bypass, het Drontermeer en het Vossemeer;
- De stand van zaken per object (schuif open/ schuif dicht, deur open/ deur dicht);
- Een overzicht van alle objecten in het bypass-systeem;
- Een signalering van de volgorde van handelen die
- Een blokkade moet in de bediening worden ingebouwd inclusief een signalering als objecten onterecht open/ dicht worden gezet. Zo zal een blokkade worden aangebracht, dat de schuiven van de inlaatconstructie niet kunnen worden geopend als de keersluizen niet zijn gesloten en de schutsluis bij de Roggebot niet open staat;
- Beeldinformatie van de objecten (camera).

Het systeem bypass wordt als volgt in werking gezet:

- De waarschuwingsdienst geeft een verwachting af, dat een maatgevende afvoer wordt verwacht en dat de bypass moet worden ingezet. Deze melding komt binnen bij de centrale post. Er wordt vanuit gegaan dat er twee dagen de tijd is om het bypass systeem in werking te stellen.
- Vanuit de centrale post wordt bedieningspersoneel gemobiliseerd. Er wordt vanuit gegaan dat voor de bediening en coördinatie tenminste één bedienaar op de post aanwezig moet zijn.
- De voorbereidende werkzaamheden bij de Roggebotsluis worden uitgevoerd (preparatie van de sluis). Schotten worden in de openingen tussen de deuren en de sluisdeuren gezet, de kelders voor het bewegingswerk worden drooggezet, de openingen van omloopriolen dichtgezet, noodkeringen worden van de bodem opgehesen, etc. Hiervoor wordt een onderhoudsploeg van tenminste 2 man gemobiliseerd, die met een mobiele kraan de werkzaamheden kan uitvoeren.
- Er wordt voor zorggedragen dat het bypassgebied wordt geëvacueerd en dat geen losse obstakels nabij de hoofdgeul van de bypass aanwezig zijn of zijn vastgezet. Dit betreft bij de jachthaven aan het Drontermeer een aantal jachten, die mogelijk op het droge zijn opgesteld en bij de camping het Haasje zullen losse obstakels, die naar de stroomgeul kunnen worden meegevoerd moeten worden vastgezet. Grotere elementen, zoals stacaravans zullen eventueel moeten blijven staan. Dit levert geen risico op voor de geul, omdat bij ingebruikname van de bypass de stroomsnelheid ter plaatse van de jachthaven slechts maximaal  $0,2 \text{ m/s}^1$  bedraagt, waarbij geen erosie en/of verplaatsing van grote elementen is te verwachten.

<sup>1</sup> Deze stroomsnelheid volgt uit de hydraulische tweedimensionale berekening die voor de bypass is gemaakt (zie SNIP3 deelproduct 9 hydraulica en veiligheid, hoofdstuk 8.1 en 8.2). Het blijkt dat ook in fase 2, waarbij orde  $700 \text{ m}^3/\text{s}$  in de bypass wordt ingelaten de stroomsnelheid niet hoger wordt dan  $0,2 \text{ m/s}$ .

- Het recreatiecomplex het Haasje zelf is beschermd tegen hoogwater (hoogwaterkering bestaande uit dam, keermuur en coupure. In de huidige situatie is de het Haasje beschermd tot NAP+1,6m; dit wordt verhoogd naar NAP+2,7m.
- De keersluizen worden gesloten. In principe gebeurt dit op afstand, indien dit niet werkt worden sluisbedienaars ingezet, die de keersluizen ter plaatse met een lokale bedieningsconsole kunnen afsluiten.
- De Roggebotsluis en het (bestaande) spuimiddel wordt opengezet. Deze worden beide lokaal bediend.
- De inlaat wordt opengezet (op afstand). Indien er een probleem met de opening bestaat, zal lokale bediening worden ingezet.
- Als het water door de bypass stroomt, wordt de waterstand op verschillende locaties in de bypass gemeten en wordt het inlaatdebiet automatisch geregeld door de schuiven van het inlaatwerk te sturen (meer open of dicht). Op deze wijze wordt continu geregeld dat het debiet niet meer wordt dan het vastgestelde inlaatdebiet en de waterstand bij de Roggebot niet hoger oploopt dan NAP+1,70m.

#### 4.2.4 Faaldefinitie systeem Bypass

Onder 'niet-functioneren' of falen van gehele het systeem wordt verstaan, dat als één van de componenten faalt en niet werkt, zoals dit bedoeld is, het gehele systeem faalt. Dit is een conservatief maar robuust uitgangspunt, wat tot een 'strenge' toetsing leidt van het functioneren van het systeem bypass. Het is immers denkbaar dat als bijvoorbeeld de keersluizen weigeren te sluiten er wel water kan worden ingelaten en er water naar de Roggebotsluis en het spuimiddel wordt afgevoerd en water wordt geborgen op de randmeren. Hiermee kan mogelijk de vereiste waterstands daling op de IJssel geheel of gedeeltelijk worden gehaald. Echter bij falen van de sluiting van de keersluizen treden ongewenste effecten op in de randmeren (verhoogde waterstand en verslechtering waterkwaliteit) op, die in principe als onaanvaardbaar worden beschouwd.

Bij het niet werken van de kunstwerken hoort ook het falen als gevolg van menselijk falen bij aanvang en als gevolg van een verkeerde bediening. In de faalkansanalyse zijn deze bijdragen meegenomen.

Concreet kunnen de volgende oorzaken voor het falen van het systeem bypass worden onderscheiden:

- Het inlaatwerk gaat niet open of kan niet goed worden ingeregeld;
- Het bestaande spuimiddel (2 kokers in de Roggebotkering) weigert open te gaan;
- Het extra spuimiddel in de Roggebotkering (2 kokers in de Roggebotkering) weigert open te gaan;
- De keersluizen in de Reevedam weigeren te sluiten;
- De Roggebotschutsluis kan niet worden geopend;
- Het voortraject (hoogwatermelding, mobilisatie) faalt;
- Tijdens uitvoering worden operationele fouten gemaakt.

#### 4.2.5 Faalkansanalyse en foutenboom

De analyse van de faalkansen is opgesplitst in het technisch falen van de keermiddelen schuiven die moeten worden geopend, de kans dat een belemmering het sluiten of openen van de kunstwerken onmogelijk maakt, en de kans dat menselijk handelen (in het voortraject en tijdens de uitvoering) het systeem doet falen. In bijlage 2 is de totale faalkansenboom opgenomen.

In de boom worden de faalkansbijdragen gepresenteerd met de volgende parameters:

- $Q$  = niet beschikbaarheid (kans/ tijd) of kans/vraag;
- $w$  = faalfrequentie (1/ tijd);
- FBT = faalkans/vraag (falen bij aanspraak).

De foutenboom is opgesplitst in drie delen:

1. De bewegingswerken falen van de keermiddelen. De faalkansen worden uitgedrukt in het technisch falen per tijdseenheid. De faalkans per vraag wordt berekend door het testinterval hierin mee te nemen.
2. Belemmering van de deuren of de schuifbeweging. Deze worden uitgedrukt in een faalkans bij aanspraak. Er zijn 3 kansbijdragen onderkend, te weten een blokkade door ijsvorming, een blokkade door slib of een blokkade door een onzichtbaar obstakel.
3. Falen door menselijk handelen. Hierbij is een opsplitsing gemaakt in het voortraject en in het falen tijdens de uitvoering van de actie.

##### Ad 1. Toelichting bij technisch falen

De toelichting bij het technisch falen is opgenomen in bijlage 1.

##### Ad 2. Toelichting belemmering

- De kans dat ijsvorming de bewegingswerken belemmert is  $1 \text{ E-}9$ , op basis van kental in de leidraad kunstwerken.
- Blokkade door slib: bij de Roggebotsluis en de Keersluizen in de Reevedam is de kans dat een blokkade door slibvorming optreedt aanwezig bij het gebruik van de puntdeuren. De kans dat hierdoor een belemmering optreedt is beperkt, door regelmatig gebruik van de sluis en scheepsbewegingen en verhoogde stroomsnelheden (in geval van de keersluizen), waardoor slib in elk geval niet nabij de drempel bezinkt. Op basis van ervaringen bij de huidige Roggebotsluis is voor de kans op een blokkade door slib een waarde van  $1 \text{ E-}4$  aangehouden (zie ook referentie [5], toetsrapport).
- Kans op een obstakel is aangehouden op  $1 \text{ E-}4$  (op basis van de leidraad kunstwerken).

Per kunstwerk of onderdeel zijn de kansen op falen door belemmering meegenomen. Voor ieder deel van een werk waar een sluiting plaatsvindt zijn bovenstaande kansen aangehouden. Dus in het geval er bijvoorbeeld 2 spuikokers in aanwezig zijn, is rekening gehouden met tweemaal bovenstaande kansen. In bijlage 1 en 2 is dit per kunstwerk beschreven.



### Ad 3. Toelichting menselijk handelen

#### **Voortraject**

In het voortraject wordt een hoogwaterwaarschuwing afgegeven, die moet leiden tot mobilisatie van personeel, dat op de centrale post aanwezig moet zijn en coördineren/ bedienen op afstand. In het voortraject kunnen de volgende zaken fout gaan:

- Het hoogwateralarmsysteem faalt. Het falen ontstaat wanneer geen goede waterniveaumeting wordt gedaan, waardoor geen reactie op optredend hoogwater ontstaat, of doordat er geen verbinding wordt gelegd met de centrale post de mobilisatie te starten. De kans op geen goede niveaumeting wordt ingeschat op 1 E-6.

Het falen van één niveaumeting is orde 1 E-3; er wordt van uitgegaan dat meerdere onafhankelijk van elkaar functionerende niveaumeters voor de hoogwaterwaarschuwing worden gebruikt. De kans 1 E-6 kans als een ruime inschatting van de faalkans worden gezien. Het falen van de communicatie is aangenomen op 1 E-5 (combinatie van de kans dat communicatiemiddelen niet werken en dat geen herstel optreedt).

Er is geen rekening gehouden met een fout in de voorspelling van hoogwater, die door het hoogwater meldcentrum van Rijkswaterstaat wordt afgegeven. Er wordt van uitgegaan dat de foutenmarge in de voorspelling geen significante faalkansbijdrage heeft.

- Geen personeel aanwezig. De kans dat geen (extra) personeel voor bediening en coördinatie aanwezig heeft kan doordat personeel niet bereikbaar is of ziek. Uitgaande van een team van 4 personen, dat gebeld kan worden en waar ook procedureel afspraken voor zijn gemaakt kan door de volgende combinaties van omstandigheden:
  - 4 personen niet bereikbaar;
  - 1 persoon ziek, 3 niet bereikbaar;
  - 2 ziek, 2 niet bereikbaar;
  - 3 ziek, 1 niet bereikbaar;
  - 4 ziek.

De kans dat iemand ziek is 5 E-2 en niet bereikbaar is 1 E-2. Optelling van de verschillende combinatiekansen levert een totale faalkans op van 2,1 E-5. Dit is een overschatting van de kans, omdat er is aangenomen dat geen aanvullende maatregelen worden ondernomen als niemand op de post aanwezig kan zijn. Bovendien kan er van worden uitgegaan dat er een goed ingeregelde organisatie wordt neergezet, waarin diensten in roosters worden geregeld en achtervang is geregeld als iemand onverhoopt ziek is. Dit zal in de nadere detaillering van het beheer en de bediening moeten worden meegenomen.

- Foute beslissing; gegeven de melding kan een foute beslissing worden genomen. De kans hierop wordt ingeschat als vergelijkbaar met het verkeerd aflezen of het neme van een verkeerde beslissing bij het instellen van instrumentatie en wordt aangenomen op 1 E-3; er is wel een herstelmogelijkheid meegenomen bij een foute beslissing, omdat bij de bedieningsoperatie meer mensen meekijken. De kans dat herstel niet optreedt is 1 E-2, waarmee de kans op een foute beslissing 1 E-5 wordt.
- De preparatie van de sluis, gegeven een gemobiliseerd team wordt gesteld op 1 E-5, analoog aan het niet kunnen plaatsen van de schotbalken of het niet kunnen sluiten van de deuren. Bij het prepareren kan ook de mechaniek van de vergrendeling niet werken.



Deze faalkans wordt gelijk gesteld aan 1 E-3 (op basis van kentallen voor weigeren bewegingswerk in de leidraad kunstwerken).

De totale faalkans preparatie Roggebotsluis faalt bedraagt 1 E-3.

- Evacuatie van mensen, losse obstakels en het fixeren van obstakels. Hiervoor is een faalkans aangenomen van 1 E-2.

### Tijdens uitvoering

Tijdens uitvoering kunnen de volgende faalkansen optreden:

- Geen aanwezigheid; deze wordt 1 E-5 opgesteld, analoog aan de niet-aanwezigheid bij het voortraject, maar lager, omdat dan ieder al is gemobiliseerd.
- Bedieningsfout en geen herstel. Een bedieningsfout kan optreden doordat de sluiswachter onwel raakt of dat een bedieningsfout optreedt door verkeerd aflezen of een verkeerde keuze van knopbediening. Op basis van cijfers van de GGD is de kans dat een sluiswachter onwel wordt orde 1 E-3. De kans dat verkeerd wordt afgelezen of een bedieningsfout optreedt wordt laag ingeschat: 1 E-5. Dit kan door de bediening eenvoudig te maken en veiligheden en terugmeldingen in te bouwen, zodat een goede bediening is gewaarborgd. De kans dat herstel niet lukt is gesteld op 1 E-2.

Opmerking: de kwantitatieve bepaling van de faalkansen voor menselijk handelen is gedaan op basis van is de leidraad kunstwerken. Het menselijk handelen en de bedienacties moeten nog meer in detail worden nagegaan, waarbij de kwantitatieve bepaling met behulp van het zogenaamde Rijkswaterstaat opscheppmodel (toegelicht in de leidraad risicogestuurd beheer en onderhoud (referentie [9])).

#### 4.2.6 Conclusie

De totale faalkans bedraagt 1,9 E-2 en is kleiner dan de maximaal toegestane van 5 E-2.

### 4.3 Roggebotsluis

#### 4.3.1 Functie waterkeren

In geval er maatgevend hoogwater gekeerd moet worden moeten de vloeddeuren in de Roggebotsluis zijn gesloten en een MHW stand van NAP+3,7m (huidige toetspeil NAP+3,4m + een toeslag van 0,3 m). Met toeslagen moeten de vloeddeuren een waterstand van NAP+4,30 m kunnen keren (zie referentie [3]).

#### 4.3.2 Norm

De kans op niet sluiten wordt getoetst en is als volgt om te schrijven:

$$n * P(\text{niet sluiten}) < (0,1 * \text{norm});$$

Bij de Roggebotsluis gelden de volgende waarden:

- Uit het projectplan (referentie [3]) volgt dat de vloeddeuren (hoogwaterdeuren) normaliter bij een waterstand van NAP+0,85m worden gesloten.

Het open keerpeil bedraagt echter NAP+2,1m (deze waterstand komt met een frequentie 1/10 per jaar voor); dit is de waterkerende hoogte van de schutdeuren in het buitenhoofd van de Roggebotsluis die buiten de bedieningstijden altijd dicht worden gezet. Bij hoogwater gaat het Drontermeer dus pas vollopen als de schutdeuren in het buitenhoofd overlopen.

- norm = 1/4000 per jaar

Hieruit volgt voor de schutsluis Roggebot:

$$\rightarrow n \cdot P_n S < 0,1 \cdot \text{norm} = 2,5 \times 10^{-5} \text{ per jaar}$$

#### 4.3.3 Werking systeem en bediening

Bij een hoogwaterwaarschuwing wordt in de praktijk bij een peil van NAP+0,85m op het Vossemeer besloten de vloeddeuren te sluiten en het schutbedrijf te stoppen. Bij gesloten schutdeuren in het bovenhoofd (kerend tot NAP+2,1m) is ligt het open keerpeil in principe op NAP+2,1m.

Na het ingebruiknemen van de Roggebotsluis als spuumiddel (bij ingebruikname bypass) moeten de afsluitingen van de ruimte tussen de deuren en de deurenkasten van de vloeddeuren en de schutdeuren worden verwijderd, om sluiting van deze deuren weer mogelijk te maken. Ook zijn de deuren vergrendeld bij gebruik als spuumiddel in functie van de bypass. Deze vergrendeling moet worden uitgeschakeld als het normale schutbedrijf weer doorgaat en de vloeddeuren indien noodzakelijk moeten kunnen worden gesloten.

#### 4.3.4 Faalkansanalyse en foutenboom

De faalkans in de huidige situatie dat gegeven het feit dat de schutdeuren in het bovenhoofd zijn gesloten het aantal keren dat de vloeddeuren moeten worden gesloten (dat is de frequentie dat het open keerpeil 1/10 per jaar). Bij deze frequentie is aangegeven in het verbeterplan van de Roggebotkering (referentie [3]) dat de totale faalkans Roggebotkering niet gesloten 2,1 E-5 is.

Bij deze (huidige) faalkans komt nu een nieuwe tak in de foutenboom, te weten dat als de Bypass in gebruik genomen, er vervolgens schade optreedt. De bijdrage door de bypass is als volgt samengesteld uit kansbijdragen:

- De bypass is ingebruikgenomen (kans 1/1000 per jaar) EN;
- De Roggebot heeft schade opgelopen (kans 1/10 per vraag) EN;
- Er is geen snel herstel van de schade mogelijk of het is niet mogelijk met noodmaatregelen de sluis af te sluiten (kans 1 E-2) EN;
- Het open keerpeil treedt op (1/2 per jaar). Voor het open keerpeil is de algemene kans genomen per jaar. In principe kan deze kans nog gereduceerd worden, als je bedenkt dat de kans dat een storm optreedt alleen in het stormseizoen optreedt en deze storm ook nog moet optreden binnen de tijd dat de sluis kan worden gerepareerd.

De gezamenlijke kans van deze nieuwe tak bedraagt 2,5 E-6.

De totale faalkans / vraag bedraagt 2,1 E-5 + 2,5 E-6 = 2,3 E-5.

#### 4.3.5 Conclusie

De faalkans per vraag van de Roggebotsluis is 2,3 E-5 en is kleiner dan de vereiste 2,5 E-5. De faalkansbijdrage veroorzaakt door het ingebruiknemen van de bypass is 2,5 E-6.

### 4.4 Recreatieschutsluis IJsseldijk

#### 4.4.1 Functie en beschrijving

Waterkeren in de voorliggende kering voor dijkkring 8. De sluis dient als waterkerend kunstwerk gesloten bij maatgevend hoogwater. De sluis wordt lokaal bediend en wordt is buiten de schuttijden gesloten achtergelaten. In het hoogwaterseizoen wordt de sluis op aanvraag bediend.

#### 4.4.2 Norm

De norm voor de faalkans kan als volgt worden afgeleid:

$$Pns * n < 0,1 * norm \rightarrow Pns < (0,1 * norm) / n$$

- $n=1/2$  per jaar. Voor de verbindende kering langs de IJssel (waarin de werken recreatieschutsluis en inlaat) geldt, dat bij een peil van orde NAP +1,30m gesloten moet worden; deze stand heeft een frequentie van  $1/2$  per jaar.
- $norm = 1/4000$  per jaar.

$$\rightarrow Pns < 0,1 * norm / 0,5 = 5 \times 10^{-5} \text{ per jaar}$$

#### 4.4.3 Faalkansanalyse en conclusie

De faalkans faalkans wordt bepaald door de situatie dat de schutsluis open is EN gegeven het open keerpeil moet worden gesloten en weigert.

Het falen van de sluiting valt uiteen in 3 faalkansbijdragen:

- Technisch falen. De kans hierop is afgeleid van de kans dat de puntdeuren bij de keersluizen niet sluiten (zie bijlage 1). De faalfrequentie dat een deurstel van één keersluis niet sluit bedraagt per vraag 4,2 E-4 (inclusief 50% reservering voor nadere detaillering).
- Falen door obstakel (belemmering): 2 E-4 (zie onderbouwing bij systeem bypass (paragraaf 4.2)).
- Falen door menselijke handelingen. De totale kans is, analoog aan de analyse bij het functioneren van de bypass en gelijk aan 5,2 E-5 per vraag (dit zijn alle faalkansbijdragen door menselijk handelen exclusief de faalkans voor evacuatie; deze speelt hier geen rol).

De totale faalkans per vraag bedraagt 6,3 E-4.

De kans dat de sluis buiten tijden bij een vraag onbedoeld open staat ingeschat op 1 E-2. Tezamen met de kans dat bij een vraag de sluis niet is gesloten is de totale faalkans 6,3E-6, wat lager is dan de maximaal toelaatbare kans (5 E.-5 per vraag).

## 4.5 Inlaat

### 4.5.1 Functie en beschrijving

De functie van de inlaat is ook dat deze water keert voor de voorliggende waterkering voor dijkkring 8. De inlaatconstructie dient als waterkerend kunstwerk gesloten te zijn bij maatgevend hoogwater. De 2 compartimenten waar de schuiven beweegbaar worden bediend vanuit de centrale post en zijn normaliter gesloten.

### 4.5.2 Norm

$$Pns * n < 0,1 * norm \rightarrow Pns < (0,1 * norm) / n$$

- $n=1/2$  per jaar. Voor de verbindende kering langs de IJssel (waarin de werken recreatieschutsluis en inlaat) geldt, dat bij een peil van orde NAP +1,30m gesloten moet worden; deze stand heeft een frequentie van  $1/2$  per jaar.
- $norm = 1/4000$  per jaar.

$$\rightarrow PnS < 0,1 * norm / 0,5 = 5x 10^{-5} \text{ per jaar}$$

### 4.5.3 Faalkansanalyse en conclusie

De faalkans wordt bepaald door de situatie dat de inlaat open is EN gegeven het open keerpeil moet worden gesloten en weigert.

Het falen van de sluiting van de keermiddelen bij de inlaat valt uiteen in 3 faalkansbijdragen:

- Technisch falen (inclusief falen door obstakel). Aangenomen wordt dat de faalkans voor niet sluiten gelijk is aan de faalkans niet openen, die is afgeleid voor de inlaat in het systeem bypass (zie bijlage 1 en 2). De faalkans per vraag is  $8,8 E-4$ .
- Falen door menselijke handelingen. De totale kans is, analoog aan de analyse bij het functioneren van de bypass en gelijk aan  $5,2 E-5$  per vraag.

De totale faalkans per vraag bedraagt  $9,3 E-4$ .

De kans dat de inlaat onbedoeld open staat is ingeschat op  $1 E-2$ . Tezamen met de kans dat bij een vraag de sluis niet is gesloten is de totale faalkans  $9,3 E-6$ , wat lager is dan de maximaal toelaatbare kans ( $5 E-5$  per vraag).

## 4.6 Bestaand Spuimiddel in Roggebotkering

### 4.6.1 Functie en beschrijving

Het bestaande spuimiddel ligt in de voorliggende kering voor dijkkring 8. De schuiven in de koker dienen als waterkerend kunstwerk gesloten te zijn bij maatgevend hoogwater. Het spuimiddel wordt lokaal bediend vanuit de Roggebotsluis en is normaliter gesloten.

### 4.6.2 Norm

$$Pns * n < 0,1 * norm \rightarrow Pns < (0,1 * norm) / n$$

- $n=1/2$  per jaar. Voor de verbindende Roggebotkering (waarin de het spuumiddel is gelegen) geldt, dat bij een peil van orde NAP +0,85m gesloten moet worden; deze stand heeft een frequentie van  $1/2$  per jaar.
- norm =  $1/4000$  per jaar

→  $PnS < 0,1 * \text{norm} / 0,5 = 5x 10^{-5}$  per jaar

#### 4.6.3 Faalkansanalyse en conclusie

De faalkans faalkans wordt bepaald door de situatie dat het spuumiddel open is EN gegeven het open keerpeil moet worden gesloten en weigert.

Het falen van de sluiting valt uiteen in 3 faalkansbijdragen:

- Technisch falen (inclusief falen door obstakel). De kans hierop is afgeleid van de kans dat het spuumiddel weigert te openen (zie bijlage 1 en 2). De faalkans per vraag bedraagt  $1,3 E-3$ .
- Falen door menselijke handelingen. De totale kans is, analoog aan de analyse bij het functioneren van de bypass en gelijk aan  $5,2 E-5$  per vraag.

De totale kans per vraag bedraagt  $1,4 E-3$ .

De kans dat het spuumiddel onbedoeld open staat bij een vraag open is ingeschat op  $1 E-2$ . Tezamen met de kans dat bij een vraag de sluis niet is gesloten is de totale faalkans  $1,4E-5$ , wat lager is dan de maximaal toelaatbare kans ( $5 E.-5$  per vraag).

#### 4.7 Extra spuikoker in de Roggebotkering

De extra spuikoker in de Roggebotkering functioneert hetzelfde als het bestaande spuumiddel. De faalkans per vraag is hetzelfde. De conclusie is dat de totale faalkans  $1,4 E-5$ , wat lager is dan de toelaatbare kans ( $5 E-5$ ).

#### 4.8 Gemalen (Reeve en Kamperveen)

In fase 1 is voorzien dat een gemaal bij het woongebied in de waterkering wordt geplaatst voor het afvoeren van kwelwater. Het is afhankelijk van het ontwerp van het gemaal in hoeverre het gemaal als een waterkerend kunstwerk in de kering aanwezig is. Het ontwerp is in het technisch ontwerp (SNIP3) niet uitgewerkt (buiten de scoop). Als het gemaal met toebehoren in de kering liggen, dan zal met voldoende afsluitmiddelen er voor moeten worden gezorgd, dat het gemaal als een afgesloten kunstwerk in de kering ligt en dat de betrouwbaarheid sluiten voldoende is gewaarborgd.

Daarnaast wordt bij het gemaal Kamperveen een verlengde afvoerkoker onder de kering doorgeleid. Deze wordt van voldoende keermiddelen voorzien zodat deze afgesloten is als het gemaal niet in werking is en de waterkerende functie is gewaarborgd.

#### 4.9 Doorkijk naar fase 2

In fase 2 veranderen een aantal zaken die invloed hebben op de faalkansanalyse van het systeem bypass en de van invloed zijn op de faalkansen van de aparte kunstwerken in relatie tot hoogwaterveiligheid (bescherming achterland). De verschillende invloeden zijn hierna aangegeven.

### Nieuwe schutsluis in noordelijke bypassdijk

In fase 2 zijn wordt een nieuw kunstwerk toegevoegd langs de bypass, te weten een schutsluis bij het te plannen woongebied. Deze dient afzonderlijk te voldoen aan de norm 0,1 x 1/2000 per jaar. In een ontwerp met voldoende onafhankelijke keermiddelen en een adequate bediening zullen deze kunstwerken kunnen voldoen aan de maximaal toelaatbare faalkans. Voor de schutsluis is geen ontwerp gemaakt en kan de betrouwbaarheid sluiting niet in detail worden getoetst. Er zullen hoogwaterdeuren moeten worden gerealiseerd, die met voldoende betrouwbaarheid moeten sluiten.

### Roggebotkering opgeheven en Reevekering

Voorts is het zo, dat de Roggebotsluis gaat verdwijnen, en de Reevedam gaat functioneren als voorliggende kering (categorie-B kering) voor de Veluwerandmeren. De Reevesluis wordt vervangen door een schutsluis en één van de keersluizen wordt omgebouwd tot spuisluis.

De Reevesluis en het spuisluis moeten als waterkerend kunstwerk functioneren als hoogwaterkering bij Noordwester storm; deze dient te voldoen aan de faalkans, zoals deze nu voor de Roggebotsluis is afgeleid. De Reevesluis wordt standaard gesloten (net als nu de Roggebotsluis) en functioneert als categorie-B kering.

De Reeveschutsluis en het spuisluis dienen zodanig te worden ontworpen dat deze constructief voldoende sterkte en voldoende betrouwbaarheid van sluiting hebben. Als deze sluis buiten de bediende uren altijd gesloten wordt achtergelaten, functioneren de deuren in het bovenhoofd altijd als hoogwaterkering.

In de Reevekering wordt ook een migratievoorziening gemaakt, die een open verbinding vormt tussen het Drontermeer en de Bypass. Bij noordwesterstorm dient deze migratievoorziening te worden gesloten met voldoende betrouwbaarheid. In het ontwerp is voorzien in een beweegbare roldeur, die moet worden afgesloten en als tweede keermiddel een schuifconstructie. Deze moeten voldoende garantie bieden dat de kering tijdig kan worden gesloten bij Noordwesterstorm.

### Verbindende waterkering langs IJssel en functioneren systeem bypass

Doordat de Roggebotkering wordt verwijderd wordt het bypass gebied buitendijks en functioneert aan de IJsseljzijde het dijklichaam niet meer als voorliggende waterkering en is slechts een verbindende waterkering. In principe hoeven de inlaat en de recreatieschutsluis vanuit hoogwaterveiligheid niet aan de normen voor overstrooming te voldoen. Het is een scheidingsdam tussen de bypass en de IJssel. Een segment van de inlaat is permanent geopend voor de migratiegeul en vormt een open verbinding tussen de IJssel en de bypass (migratievoorziening). De overige segmenten staan open tot NAP+1,5m, waardoor de bypass vanaf die stand op de IJssel met een groter debiet gaat meestromen. Als het debiet bij Lobith hoger wordt dan 15.500 m<sup>3</sup>/s worden de schotten uit de inlaat weggehaald en stroomt de inlaat met een drempel op NAP+0,5m mee. Bij inzet van de bypass dient de activiteit verwijderen schotten zodanig te worden georganiseerd, dat de totale faalkans niet hoger wordt dan de norm 5 E-2 per jaar (zie analyse voor fase 1). Bij de totale faalkans voor het systeem bypass valt in fase 2 een aantal bijdragen weg:

- de sluiting van de keersluizen in de Reevekering is niet meer aan de orde en levert geen faalkansbijdrage;



- de opening van de schutsluis en het spuumiddel in de Roggebotkering is niet meer van belang;
- de instelling van het inlaatdebiet en de werking van de debietregeling op de schuiven vereist minder nauwkeurigheid en is vervangen door een inlaat met een vaste drempel op NAP+0,5m;
- het systeem is minder gevoelig voor obstakels;
- de bediening is eenvoudiger en levert ook minder kans op falen.

#### 4.10 Conclusie en vervolgtraject

Uit een overall-analyse van de veiligheid volgt dat de bypass als systeem voldoende betrouwbaar is en voldoet aan de normen, die hiervoor zijn aangereikt in de Leidraad Kunstwerken.

Uit de toets blijkt dat voldoende ruimte aanwezig is bij de toets van de faalkansen aan de normen. Bij de kunstwerken hoeven ten opzichte van het technisch ontwerp dat in SNIP3 is gegeven geen extra maatregelen te worden getroffen om de benodigde betrouwbaarheid te halen. Bij de Roggebotschutsluis het bestaande spuumiddel dienen wel aanpassingen te worden gedaan (aanpassen bodembescherming, afdichten kelders bewegingswerk etc.). Deze worden in hoofdstuk 6 nader aangeduid.

Binnen de (voor)ontwerpen van de werken is voldoende ruimte om aan de eisen van betrouwbaarheid te voldoen. In de verdere uitwerking van het ontwerp en de realisatie van de werken zullen de keermiddelen en constructies moeten worden voorzien van voldoende betrouwbare installaties. Naast de technische middelen zal de aansturing en bediening een zekere betrouwbaarheid moeten garanderen om te voorkomen dat de NAP+1,70m in de Roggebotsluis wordt overschreden. Dit moet technisch en operationeel worden uitgewerkt. Zo zal er voldoende garantie moeten zijn, dat in geval zaken fout gaan er tijdig de nodige herstelacties worden ingezet.

De uitgewerkte faalkansen dienen in de vervolgdokumentatie te worden geborgd als normen. In de realisatiefase dient de opdrachtnemer in verschillende ontwerp- en realisatiestadia via de gebruikte methoden aan te tonen dat aan de normen (faalkansen) wordt voldaan. Per kunstwerk zal aan de volgende normen (afgeleid uit de faalkansen) moeten worden voldaan:

- Inlaatwerk met beweegbare schuiven in 2 segmenten: Betrouwbaarheid openen: maximale faalkans technische middelen per vraag bedraagt 8,8 E-4. Deze maximale faalkans geldt ook voor het afsluiten van de schuiven.
- Recreatieschutsluis: Betrouwbaarheid sluiten buitendeuren: 1,3 E-3 / vraag.
- Keersluizen Reevedam: betrouwbaarheid sluiten keerdeuren: 1,2 E-3/ vraag.
- Nieuwe spuikoker in de Roggebotkering: betrouwbaarheid openen en/ of sluiten van de keermiddelen: 1,3 E-3 / vraag.
- Voor gemaal Kamperveen wordt voor de koker vereist dat een dubbele kering in de koker wordt gerealiseerd.



## 5 DIJKRING 11

### 5.1 Resultaten uitgevoerd onderzoek en beschouwing

Voor de dijkringanalyse wordt de inundatieberekening die is vastgelegd in het rapport 'veiligheidsaspecten van de bypass Kampen' (HKV, 2009, in opdracht van Provincie Overijssel) beschouwd en wordt afgeleid in welke mate veranderingen in overstromingsrisico er ontstaan. In deze rapportage is een kwantitatief beeld gegeven naar de overstromingsgevolgen in termen van schade en slachtoffers op basis van inundatieberekeningen bij diverse zogenaamde breslocaties. Voor de oversromingskans is kwalitatief naar de overstromingskans gekeken.

Dijkkring 11 is in een aantal onderzoeksfases nader beschouwd en onderzocht. Door de bypass wordt dijkkring 11 in tweeën gesplitst. Het onderzoeksrapport [4] vat alle onderzoeksresultaten samen.

Het overstromingsrisico bestaat uit een overstromingskans en de overstromingsgevolgen (risico = kans x gevolg).

#### Gevolgen dijkdoorbraak

Er zijn inundatieberekeningen gemaakt voor een vijftal locaties (referentie [4]). Bij deze berekeningen zijn schade- en slachtofferberekeningen gemaakt voor 2 jaartallen 2010 en 2030 en voor 2 situaties: met bypass (voor de afzonderlijke dijkringen 11a en 11b en zonder bypass (voor de gehele dijkkring 11).



Figuur 4.1 : 6 doorbraaklocaties (figuur uit referentie [4])

De conclusies met betrekking tot de effecten van de bypass voor de gevolgen (schade en slachtoffers) van dijkdoorbraak zijn de volgende:

- Doorbraaklocatie De Zandjes: Het aanleggen van de bypass heeft voor de doorbraaklocatie bij De Zandjes geen grote toename in de schade.
- Doorbraaklocatie Kampen-Noord: De toenemende economische waarde van het gebied (situatie 2030) veroorzaakt geen extra toename in de schade verandering van het aantal slachtoffers.

- Doorbraaklocatie Kampen–Zuid: Met de bypass neemt de totale overstromingsschade af omdat het zuidelijke deel door de bypass wordt ‘beschermd’. Beschouwd voor alleen dijkkring 11a neemt de totale schade door de bypass toe. Met de bypass kan bij deze doorbraaklocatie het aantal slachtoffers in een worst case toenemen (worst case).
- Doorbraaklocatie Zalk: Bij een overstroming met een doorbraaklocatie bij Zalk neemt het aantal slachtoffers af; de schade neemt door de bypass toe. Voor het jaartal 2030 heeft de bypass als effect dat het aantal slachtoffers gelijk blijft.
- Doorbraaklocatie in de bypass: De omvang van schade en slachtoffers is bij een doorbraak van de noordelijke dijk van de bypass vergelijkbaar met een doorbraak bij in Kampen-Zuid; Voor dijkkring 11b ligt het aantal schade en slachtoffers in dezelfde orde van grootte in de situatie met en zonder bebouwing. Een doorbraak in het zuidelijke dijktracé van de bypass veroorzaakt een aantal slachtoffers en schade in orde grootte van 2/3 van een doorbraak in de IJsseldijk bij Zalk.

Kijkend naar de gevolgen valt op dat een inundatieberekening bij breslocatie Kampen Zuid (nabij de molen) mogelijk significante effecten oplevert.

Bij de inundatieberekeningen kunnen de volgende kanttekeningen worden geplaatst:

- Voor de dijkdoorbraaklocaties zijn aannamen gedaan voor de bresgroei op de betreffende doorbraaklocaties. Voor deze bresgroei zijn conservatieve aannamen gedaan ten aanzien van de dijkopbouw. Zo is aangenomen dat de dijken overal uit zand bestaan, wat de een ruime inschatting van de bresgroei oplevert. In werkelijkheid zijn de dijken heterogeen van opbouw, wat een mindere bresgroei tot gevolg heeft en dus minder instroming en dus minder gevolgen qua schade en slachtoffers.
- In de berekeningen is geen rekening gehouden met de zomerbedverlaging, waardoor instromend volume belangrijk veel minder is bij de breslocaties Zalk dan nu volgt uit de berekeningen.
- Bij het bezwijken van het profiel en de analyse van de bresgroei is geen rekening gehouden met aanwezig voorland. Bij de beschouwde breslocatie Kampen zuid levert op dat minder instroming kan worden verwacht en minder negatieve gevolgen dan verwacht.

*Conclusie:*

*Ten aanzien van de overstromingsgevolgen kan worden gesteld, dat deze niet significant zullen veranderen als gevolg van realisatie van de bypass. De geschetste overstromingsgevolgen op basis van de inundatieberekening leveren een overschatting, omdat conservatieve aannamen voor de uitvoering van de inundatieberekeningen.*

#### overstromingskans

Ten aanzien van de overstromingskans is een kwalitatief beeld gegeven van de factoren die van invloed zijn op het verhogen en verlagen van de overstromingskans door de bypass. In het algemeen kan men zeggen dat de aanleg van de bypass een positief effect op de overstromingskansen zal hebben van de bestaande primaire a-waterkeringen van dijkkring 11 (na realisatie bypass op gesplitst in dijkkring 11A en 11B).

Een verlaging van de overstromingskans kan worden verwacht doordat:

- door realisatie van de bypass en zomerbedverlaging de waterstanden zullen dalen; hierdoor daalt de waterstand op de IJssel, waardoor de belasting afneemt; dit levert een lagere kans dat de dijken bezwijken door piping.
- de dijken langs de bypass robuust worden ontworpen (een deel is klimaatdijk).

Een verhoging van de overstromingskans kan worden verwacht doordat in principe de totale lengte van de keringen toeneemt (dijkring 11 wordt in tweeën gesplitst en gecompartmenteerd). De nieuwe dijkvakken en dijk lengte die door realisatie van de bypass wordt toegevoegd betreft de nieuwe bypass-dijken. De overstromingskans neemt af doordat de dijken robuust ontworpen worden. Voor Kampen (gelegen in dijkkring 11A) wordt de overstromingskans geringer, omdat dijkkring 11A een geringere lengte heeft dan de gehele dijkkring 11.

In het rapport [4] is aangegeven dat de volgende factoren van invloed zijn op de overstromingskans in het gebied van dijkkring 11A en 11B:

- De faalkans van het inlaatwerk bij de IJssel en
- Een stormvloedkering bij de Roggebot.

Als deze beide werken niet goed functioneren dan werkt de bypass niet en wordt de waterstands daling niet gehaald. Deze rapportage ten aanzien van de betrouwbaarheidsanalyse toont dat de inlaat robuust is ontworpen en voldoende betrouwbaarheid van werking heeft. De stormvloedkering bij de Roggebot is uit de plannen gehaald na het verschijnen van het inundatieonderzoek in 2009.

*Conclusie:*

*Ten aanzien van de overstromingskans kan worden gesteld dat deze voor dijkkring 11A per saldo afneemt en voor de dijkkring 11B gelijk blijft of afneemt.*

## 5.2 Noodzaak maatregelen

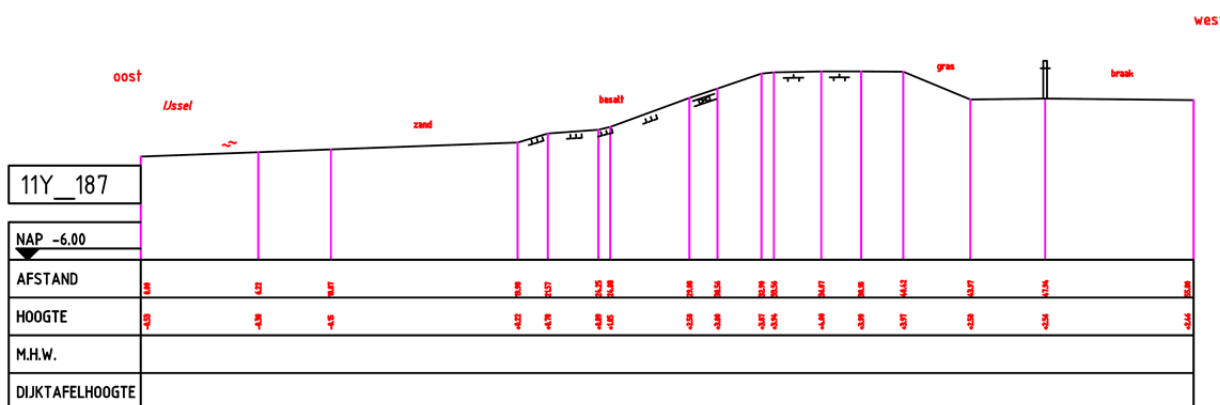
Om te bepalen of aanvullende maatregelen nodig zijn in dijkkring 11 als gevolg van de realisatie van de bypass moet het overstromingsrisico worden beoordeeld. Als het overstromingsrisico significant wijzigt moet worden bepaald of er plaatsen zijn waar aanvullende maatregelen kunnen worden genomen om de veiligheid van dijkkring 11 te waarborgen en het overstromingsrisico niet toe te laten nemen. Hierbij is het zinvol een afweging te maken op welke plaatsen eventuele maatregelen het meest effectief zijn; dit zal zijn daar waar veel verbetering kan worden bereikt op het gebied van de overstromingskans of ten aanzien van de overstromingsgevolgen.

Het overstromingsrisico voor dijkkring 11 is globaal af te leiden uit de reeds uitgevoerde studie [4]. Het overstromingsrisico zal in het kader van het project Veiligheid Nederland in Kaart verder in detail worden bestudeerd. Voor de afweging waar mogelijk maatregelen moeten worden genomen kunnen nog niet worden beschikt over de resultaten van dit project. Er wordt nu volstaan met een inschatting op basis van bovenstaande informatie.

Op basis van de kennis tot nu toe en de beschouwing daarvan (zie paragraaf 5.1) kan ten aanzien van het nemen van aanvullende veiligheidsmaatregelen worden gesteld dat als gevolg van de realisatie van de bypass geen aanvullende dijkversterkingsmaatregelen noodzakelijk zijn om de volgende overwegingen:

- Uit de inundatieberekeningen komt een beeld dat voor de dijkkring 11 als geheel het overstromingsrisico in elk geval gelijk of minder wordt als de bypass wordt gerealiseerd.
- Aan de gevolgenkant is berekend dat bij breslocatie Kampen zuid de meeste effecten zijn te verwachten. De kans op overstroming door een bres op deze locatie is echter zeer gering. In onderstaand figuur 4.2 is een kenmerkend dijkprofiel gegeven ter plaatse van deze doorbraaklocatie. Uit de toetsing van de waterkering op veiligheid (referentie [9]) volgt dat dit dijkvak de score 'goed' heeft en ruim aan de norm voldoet.

Uit de stabiliteitsanalyse volgt dat de stabiliteitsfactoren voor stabiliteit buitenwaarts, stabiliteit binnenwaarts en opbarstveiligheid ruim voldoen, waarmee de kans dat hier een doorbraak optreedt door constructief falen verwaarloosbaar klein is. Een versterkingsmaatregel levert geen bijdrage aan een reductie van het overstromingsrisico. Hierbij wordt opgemerkt dat de toetsing is uitgevoerd op basis van de HR2006 waarin de waterstandsdeling als gevolg van Ruimte voor de Rivier niet is verdisconteerd. De toetsing geeft op de locaties waar waterstandsdeling gerealiseerd wordt een onderschatting van de veiligheid.



Figuur 4.2: Profiel bij breslocatie Kampen Zuid

### 5.3 Conclusie analyse dijkkring 11

Ten aanzien van dijkkring 11 en het overstromingsrisico is de conclusie dat het overstromingsrisico door realisatie van de bypass niet groter wordt ten opzichte van de huidige situatie. Dit leidt ertoe dat geen aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn om het overstromingsrisico te verkleinen (en de hoogwaterveiligheid te vergroten).

## 6 CONSTRUCTIEF FALEN ROGGEBOT

### 6.1 Toetsing constructieve veiligheid: verkenning risico's

De schutsluis Roggebot is doorgelicht op functioneren bij de belastingen die ontstaan bij het spuien van 220 m<sup>3</sup>/s of meer (maatgevende afvoer) door de bypass. Er ontstaan verhoogde stroomsnelheden en waterstanden, waar de schutsluis oorspronkelijk niet op is berekend. De waterstand bij de Roggebotsluis die ontstaat is maximaal NAP+1,70m; het aandeel in het totale debiet dat door de bypass wordt gelaten is 195 m<sup>3</sup>/s en stroomsnelheid in de schutsluis bedraagt 4,6 m/s. Deze waterstand is berekend bij een totaal inlaatdebiet van 220 m<sup>3</sup>/s en een waterstand op het Vossemeer van NAP+0,6m (een combinatie met een 1 jaarsstorm vanuit het IJsselmeer). Indien meer water bij de inlaat moet worden ingelaten wordt een extra spuiwerker bij de Roggebotkering geplaatst om de waterstand te beperken tot maximaal NAP+1,7m en om de stroomsnelheid in de huidige schutsluis en spuimiddel niet hoger te laten worden dan nu berekend bij 220 m<sup>3</sup>/s. De combinatie van de 1 jaarsstorm en de maatgevende afvoer treedt op met een frequentie van 1/20.000. per jaar. In veel gevallen zal de waterstand op het Vossemeer lager zijn, waardoor het inlaatdebiet kan worden gehaald bij een lagere waterstand voor de Roggebotsluis. Het water stuwt minder op en de waterstand van NAP+1,7m zal niet worden gehaald.

Voor de Roggebotsluis is een risico-analyse uitgevoerd, waarbij vanuit het oogpunt van constructief functioneren de mogelijk gevaarlijke situaties in beeld zijn gebracht. Hierbij is ingeschat met welke kans deze situatie kan optreden en welke maatregel mogelijk is om het restrisico aanvaardbaar laag te krijgen. Bij de items, waar de kans dat een gevaarlijke situatie/ risico op bezwijken reëel lijkt wordt een nadere toetsing / verificatie van belastingen uitgevoerd en worden maatregelen nader aangeduid (paragraaf 6.2).

Nr.	Gevaar	Gevaarlijke situatie	Maatregel/Restrisico	Beoordeling Restrisico
1	Erosie bodembescherming	Constructieve schade aan de bodem kan ervoor zorgen dat na het spuien de sluis niet meer kan worden gebruikt voor het schutten c.q. keren.	Door de bodembescherming te verzwaren kan schade door erosie worden voorkomen/geminaliseerd. <b>Deze verzwarende maatregel is opgenomen in het technisch ontwerp [2].</b>  Verder wordt er op gestuurd dat er niet meer dan in totaal door de spuisluis en de schutsluis tezamen niet meer dan orde 220 m <sup>3</sup> /s door de sluis wordt afgevoerd (150 m <sup>3</sup> /s door de schutsluis), zodat de stroomsnelheid beperkt blijft tot de berekende 4,6 m/s.	Laag

Nr.	Gevaar	Gevaarlijke situatie	Maatregel/Restrisico	Beoordeling Restrisico
			<p>Deze sturing wordt gebaseerd op een debietmeting bij de inlaat en een waterstands- en snelheidsmeting in de schutsluis.</p> <p><b>In de realisatiefase dient deze sturing met instrumentatie nader te worden uitgewerkt. Eisen hiertoe zullen worden gesteld.</b></p>	
2	Schade aan deuren en bewegingswerken door mogelijke trillingen, die zijn opgewekt door stroomwervelingen	Door het langsstromend water met hoge snelheid kunnen er wervelingen ontstaan waardoor de deuren in trilling geraken en er schade optreedt aan de deuren en de bewegingswerken. Hierdoor is het niet meer mogelijk om de deur(en) te bewegen en is geen schutten, dan wel keren mogelijk.	Door de deuren te fixeren en eventueel van stromingsschotten te voorzien waardoor er geen wervelingen ontstaan, wordt voorkomen dat er schade aan de deur en het bewegingswerk optreedt door trillingen. <b>Deze maatregelen zijn aangeduid in het technisch ontwerp [2] en in paragraaf 6.2 nader bepaald.</b>	Laag
3	Vollopen van de machinekamers met water.	Doordat de sporingen van het bewegingswerk bij het spuien beneden de hoogwaterlijn (NAP+1,7m) liggen kan er water in de machinekamers lopen. Hierdoor ontstaat er schade aan de installaties waardoor er geen automatische deurbeweging meer mogelijk is.	Door afdichtingen te voorzien bij de sporingen van de bewegingswerken en een lenspomp te plaatsen om eventueel lekwater af te voeren, wordt voorkomen dat de machinekamers onder water lopen. <b>Deze maatregelen zijn voorzien in het technisch ontwerp [2]. De afdichtingen worden nader aangeduid in paragraaf 6.2.</b>	Laag



Nr.	Gevaar	Gevaarlijke situatie	Maatregel/Restrisico	Beoordeling Restrisico
4	Erosie sluisplateau	Als gevolg van erosie kan er schade aan het sluisplateau ontstaan waardoor de kerende functie van de sluis niet meer gewaarborgd is.	Het risico is nihil omdat het sluisplateau zich niet in het doorgaande natte profiel bevindt vanwege de smalle doorgang onder de brug. Bovendien zal de afvoer door de bypass zodanig worden gestuurd dat de waterstand bij de sluis niet hoger dan NAP+1,7m wordt. Hiervoor wordt de waterstand gemonitord op diverse plaatsen in het bypass gebied en aan weerszijden van de inlaat, zodat direct bekend is welke afvoer door de inlaat wordt ingelaten.	Nihil
5	Blokade van de deuren door objecten op de sluisbodem	Door het snelstromende water kunnen er objecten mee de sluis worden ingenomen waardoor de deurbeweging geblokkeerd kan worden. Op de bodem van de sluis liggen o.a. de droogzetschotten die kunnen verplaatsen.	De droogzetschotten kunnen het best verplaatst worden naar een andere permanente bergplaats. Eventuele ongewenste objecten op de bodem van de sluisbodem moeten worden verwijderd voordat de deuren weer bediend kunnen worden. Er dient vooraf aan de ingebruikname van de bypass er voor te worden gezorgd dat losstaande grote objecten in veilig gebied worden opgeslagen (caravans, boten in de jachthaven). Bovendien zijn de stroomsnelheden ter plaatse van die gebieden laag (maximaal 0,2 tot 0,3m/s) omdat deze gebieden buiten het stroomvoerende diepere gedeelte van de geul liggen. Hierdoor is de kans dat een groot object wordt meegevoerd en de sluis bereikt zeer klein. Bovendien zijn bij recreatiegebied 't Haasje zijn voorzieningen getroffen om de hoge waterstand te keren.	Laag



Nr.	Gevaar	Gevaarlijke situatie	Maatregel/Restrisico	Beoordeling Restrisico
			<p>Het gaat hierbij met name om de stormvloeddeuren, die na het ingebruiknemen van de bypass vanwege de hoogwaterveiligheid weer moeten kunnen worden gesloten. Deze worden bij het ingebruiknemen van de bypass opengezet en in de deurkassen vergrendeld. Bovendien wordt voor de stroomgeleiding de deur van beplating voorzien die nog enige bescherming biedt tegen obstakels. Als de stormvloeddeuren dusdanig zijn beschadigd kan een noodkering worden ingezet (schotbalken of zandzakken).</p> <p><b>Hiervoor zijn operationele maatregelen opgenomen in het technisch ontwerp [2].</b></p>	
6	Opdrijven en opbarsten van de sluisolk	Door na-ijlen van het grondwaterniveau en de snel variërende waterstanden in de sluis, bestaat het gevaar dat na het spuien de sluisolk opdrijft of opbarst.	De sluisolk is voorzien van droogzet voorzieningen (in het kader van onderhoud). Dit impliceert voldoende sterkte en verticale stabiliteit om een aanzienlijk waterdrukverschil op te nemen. <b>Dit wordt nader beschouwd in paragraaf 6.2.</b>	Laag
7	Opdrijven van de machinekamers	Door het na-ijlen van het grondwaterniveau en de snel variërende waterstanden in de sluis bestaat het gevaar dat de machinekamers gaan opdrijven en er schade aan de constructie ontstaat.	Uit de tekeningen volgt dat de machinekamers zijn geïntegreerd in de sluisconstructie. Ze kragen niet zodanig uit dat zich lokaal een oprijf-probleem kan voordoen. <b>Dit wordt nader beschouwd in paragraaf 6.2.</b>	Nihil

Nr.	Gevaar	Gevaarlijke situatie	Maatregel/Restrisico	Beoordeling Restrisico
8	IJs in de kolk	Door ijs in de kolk kan de deurbeweging geblokkeerd worden, waardoor schutten c.q. kerens niet mogelijk is.	De kans op ijshinder (hinder deurbeweging) na het spuien is nihil omdat grootschalige ijsvorming optreedt in nagenoeg stromingsarm water. Bovendien is de kans op de combinatie ijs en hoge waterstanden erg klein ( <b>zie paragraaf 6.2</b> ). Bovendien kunnen er maatregelen worden genomen om te voorkomen dat ijs vast gaat zitten.	Nihil
9	Blokade van of schade aan de deuren door drijvende objecten	Door het snelstromende water kunnen (zware) drijvende objecten de sluis in stromen, daar vast geraken en de deurbeweging blokkeren of de deuren beschadigen.	Blokade van de deuren door drijvende objecten is mogelijk. Er zijn echter meer deurstellen, waarvan verwacht kan worden dat de kans op gelijktijdige schade erg klein is. Zie ook toelichting bij punt 5.  Bij ingebruikname van de bypass wordt als <b>operationele maatregel</b> meegenomen, dat losliggende obstakels worden vastgezet of worden verwijderd uit het gebied.	Laag
10	Afschuiven gehele sluiscomplex / spuumiddel	Door het snelstromend water ontstaat een vrij groot verval over de sluis, bij een groot nat oppervlak door de relatief hoge waterstanden. Mogelijk is kan de sluis en het spuumiddel uit de dijk schuiven door horizontale krachten.  Instabiliteit door onder- of achterloopsheid kan ook ontstaan, zie hiervoor punt 12.	Als de bypass in gebruik wordt genomen bedraagt de waterstand aan de zuidzijde van de Roggebotkering bedraagt maximaal NAP+1,7m. In deze situatie is de waterstand op het Vossemeer NAP+0,6m. Het verval over de sluis en het spuumiddel bedraagt dus 1,1 m. Dit is lager dan het verval bij waterkeren van 3,7m. Het verval van 1,1 m werkt weliswaar de andere kant op, maar kan de sluis niet uit de kering drukken. Ook bij het spuumiddel wordt de koker door wrijving en standzekerheid van het in- en uitstroomhoofd op zijn plaats gehouden. Het (niet maatgevende) verval van 1,1 m is kleiner dan het verval bij hoogwater en kan worden opgevangen.	Laag

Nr.	Gevaar	Gevaarlijke situatie	Maatregel/Restrisico	Beoordeling Restrisico
			<p>Bij de schutsluis kan het bovendien zo zijn dat de waaierdeuren water van binnen naar buiten keren. Deze kunnen tot NAP1,77m keren en zorgen voor belasting van binnen naar buiten. Hierop is sluis uitgerekend.</p> <p>Tenslotte volgt uit de tekeningen volgt dat de sluis is voorzien van meerdere kwelschermen waardoor de kans op afschuiven erg klein is.</p> <p>Zie figuur 6.1 en 6.2 voor een beeld van de constructies.</p>	
11	Sluiten waaierdeuren door waterstandsverschil over de deur	<p>Bij snelstromend water en geopende schuiven in het omloopriool kan er een waterverschil ontstaan over de waaierdeuren.</p> <p>Dit door waterstandsverlaging (insnoering bij intrede door versnelling van het water) voor de deur (energiehoogte) en aan de achterzijde van de deur door de hydrostatische druk van het omloopriool waardoor de deuren worden dichtgedrukt. Wanneer de waaierdeuren gaan kieren worden deze zwaar belast door het langstromend water (impulskracht) waardoor schade kan ontstaan. Bij het eventueel falen van het bewegingswerk zouden de deuren dicht kunnen slaan met een grote snelheid en kracht.</p>	Door te zorgen dat de afsluiters in het omloopriool worden gesloten zal er geen drukverschil over de waaierdeur optreden.	Laag
12	Instabiliteit door onder- en achterloopsheid	Doordat de belasting andersom werkt en een kwel stroom ontstaat door een verval van binnen naar buiten gericht ontstaat een dusdanige kwelstroom dat piping ontstaat en gevaar voor instabiliteit	De sluis is gecontroleerd op piping voor het keren van buitenwater (Vossemeer), dat een maatgevende waterstand heeft van NAP+3,4 m; het verval over het complex is 3,7m. In het toetsrapport [5] en zijn verbetermaatregelen voor achterloopsheid toegepast (verbeterplan, zie [3]).	Laag

Nr.	Gevaar	Gevaarlijke situatie	Maatregel/Restrisico	Beoordeling Restrisico
			Bij belasting andersom ook; bovendien kunnen de waaierdeuren tot NAP+1,77m waterkeren dus dit geeft een maatgevender verval. <b>Zie paragraaf 6.2 voor een nadere toelichting</b>	
13	Erosie beton benedenhoofd	Door erosie instabiliteit van het benedenhoofd	Uit het toetsrapport [5] volgt dat het betonwerk in goede staat verkeert en dat dit voor de sterkte en stabiliteit een voldoende scoort.	Zeer laag

## 6.2 Verdere onderbouwing, toetsing constructie, uitwerking maatregelen

### Ad 1, erosie

In het technisch ontwerp [2] zijn de aanvullende bodembeschermingen aangeduid.

### Ad 2 trillen van deuren

Het langsstromende water kan een exitatiebron vormen voor trillingen in de sluisdeuren, die in geopende toestand in de deuren staan. Het langsstromende water zal door de deuren die als discontinuïteit in de wand aanwezig is mogelijk loslaten aan één kant van de deur. Dit loslaten van de stroming is instabiel.

Mogelijk ontstaat een stroming waarbij loslatende wervels een periodieke belasting geeft en trillingen veroorzaakt in de deur. Mogelijk kan een trillende deur deze exitatie nog versterken. Als de sluisdeur is vergrendeld en de discontinuïteit uit de kolkwand wordt weggehaald blijft de stroom aanliggen en ontstaan geen wervels die zodanig veel energie hebben dat de deur in trilling komt. Bovendien, als de deur wordt vergrendeld is de eigenfrequentie een stuk hoger (dit zijn de starre deurbalken, die dan in trilling moeten komen), waardoor de kans zeer klein is dat de deur in trilling komt. Alle gaten en openingen in de kolkwand, die een wervel kunnen veroorzaken dienen vooral aan het spuien te worden dichtgezet. Ook de deuren zelf dienen glad te worden gemaakt. De kleine discontinuïteiten die in de kolkwand nog aanwezig zijn hebben geen grote wervels tot gevolg en zorgen voor een verwaarloosbare belasting.

Zie figuur 6.1 voor maatregelen

### Ad6/7 opdrijven

De funderingsdrukken zijn beschouwd voor de dagelijkse de maatgevende situatie en de situatie direct na spuien.

### Maatgevend schut regime

- Kolkpeil - 0,2 m NAP ZP Vossemeer;
- GWS -0,05 m NAP ZP Drontermeer.

Situatie na spuien

- Kolkpeil - 0,4 m NAP WP Vossemeer;
- GWS 1,70 m NAP BK dekzerk.

Beide situaties zijn doorgerekend met representatieve belasting voor de kolk (lichtste onderdeel). Uit de beschouwing volgt dat de fundering op druk blijft in beide situaties. Hiermee is kwantitatief aangetoond dat het risico op opdrijven nihil is.

Aanvullend op de evenwichtsbeschouwing is de belasting op de kolkwanden gecontroleerd. Uit de analyse blijkt dat de krachtwerking in de kolkwanden tijdens en direct na het spuien niet significant afwijkt van de normale gebruikssituatie.

Zie bijlage 4 voor de beschouwing van de krachten.

Het spuien vormt daarmee geen risico voor de constructie.

#### Ad 8. ijsbelasting

De kans dat een maatgevende vorstperiode optreedt in een winter bedraagt 1/16,5 jaar een vorstperiode is de tijd waarin de gemiddelde etmaaltemperatuur van de lucht lager is dan 0°.

De kans op een vast ijsdek en ijssdam is ingeschat op basis van de verzamelde gegevens met betrekking tot strenge winters die zijn opgetreden. Gebleken is dat tijdens iedere beschouwde strenge vorstperiode (6 per 100 jaar=1/16,5) een vast ijsdek en een ijssdam is ontstaan. De kans dat een ijssdam optreedt, gegeven een maatgevende vorstperiode kan worden gesteld op 1.

De kans op een combinatie van een vast ijsdek of ijssdam, gecombineerd met een hoge afvoer en waterstand op de IJssel levert een potentieel gevaarlijke situatie op als de bypass in gebruik wordt genomen.

Over het algemeen zijn de afvoeren tijdens vorst laag en treden pas na een vorstperiode grotere Rijnafoeren op door de invallende dooi. Als de dooi is ingetreden verdwijnt een ijsdek over het algemeen binnen 5 dagen, doordat de temperatuur van het rivierwater relatief hoog is (bij een luchttemperatuur van -8°C begint ijs al te smelten). Het smeltwater Duitsland komt veelal daarna, zodat een afvoergolf van Duits smeltwater een zeer kleine kans van optreden samenvalt met de maximale dooiafvoer in Nederland. De kans dat een potentieel gevaarlijke situatie optreedt is geschat op 1/240.000 (als de dijken voldoende op hoogte).

Als nog ijsgang hinderlijk aanwezig als de bypass ingebruik moet worden genomen, zijn maatregelen mogelijk. Inzet van een ijsbreker biedt voldoende mogelijkheden.

Ad 10, horizontale belasting op schutsluis en spuimiddel

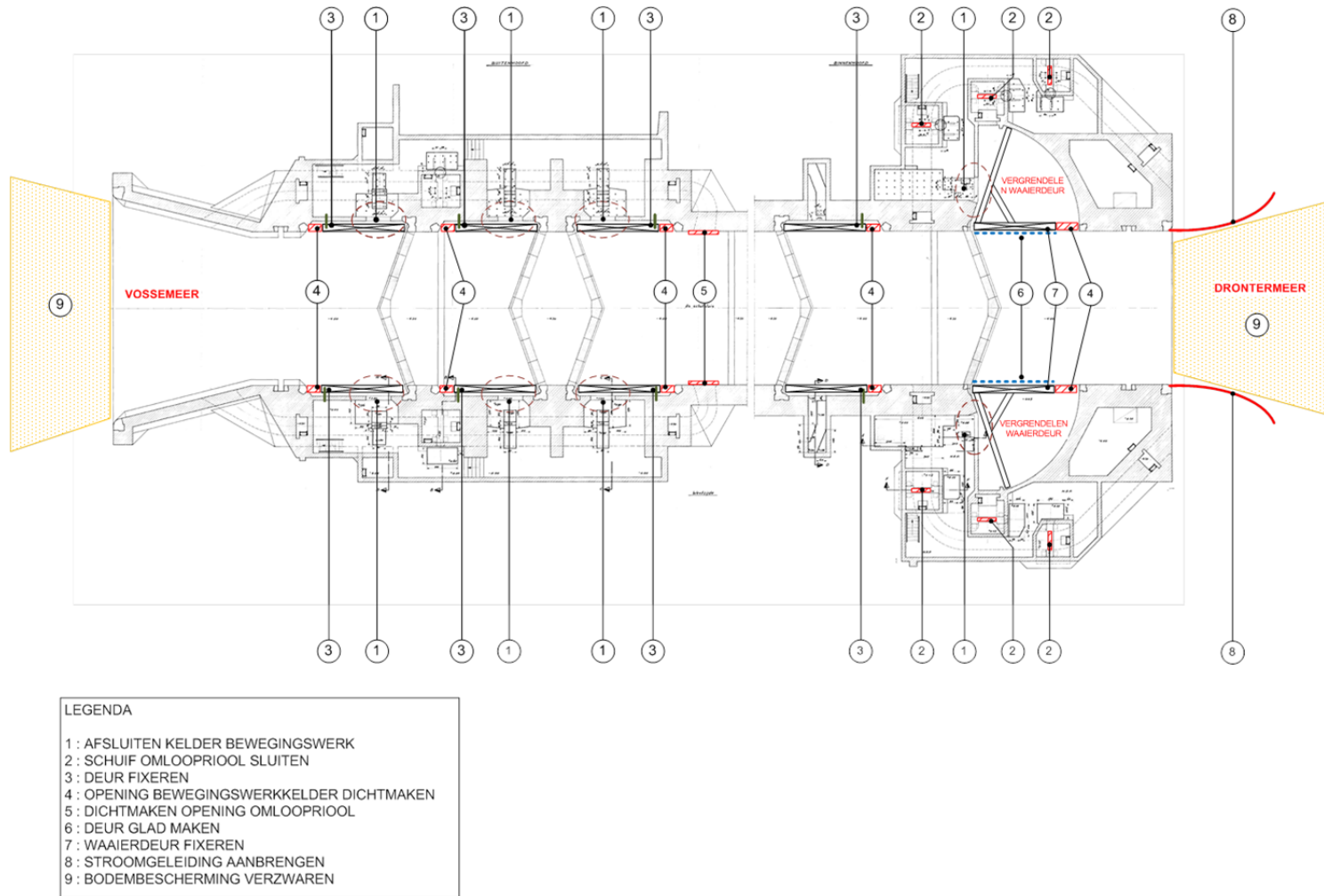
In aanvulling op datgene dat in de tabel in paragraaf 6.1 is genoemd, kan worden gesteld dat voor het toetsspoor Stabiliteit en Sterkte van de constructies op het onderdeel stabiliteit van constructie en grondlichaam (STCG) worden gesteld, dat met een eenvoudige toetsing kan worden volstaan, omdat is aangetoond, dat de horizontale belasting op de waterkering van binnen naar buiten niet extremer is dan waar de constructie op is uitgerekend. Uit de waterstandsmetingen blijkt bovendien dat een verval van meer dan 1,1 m in de huidige situatie ook kan optreden (zie boxplots in SNIP3-document hydraulica en veiligheid).



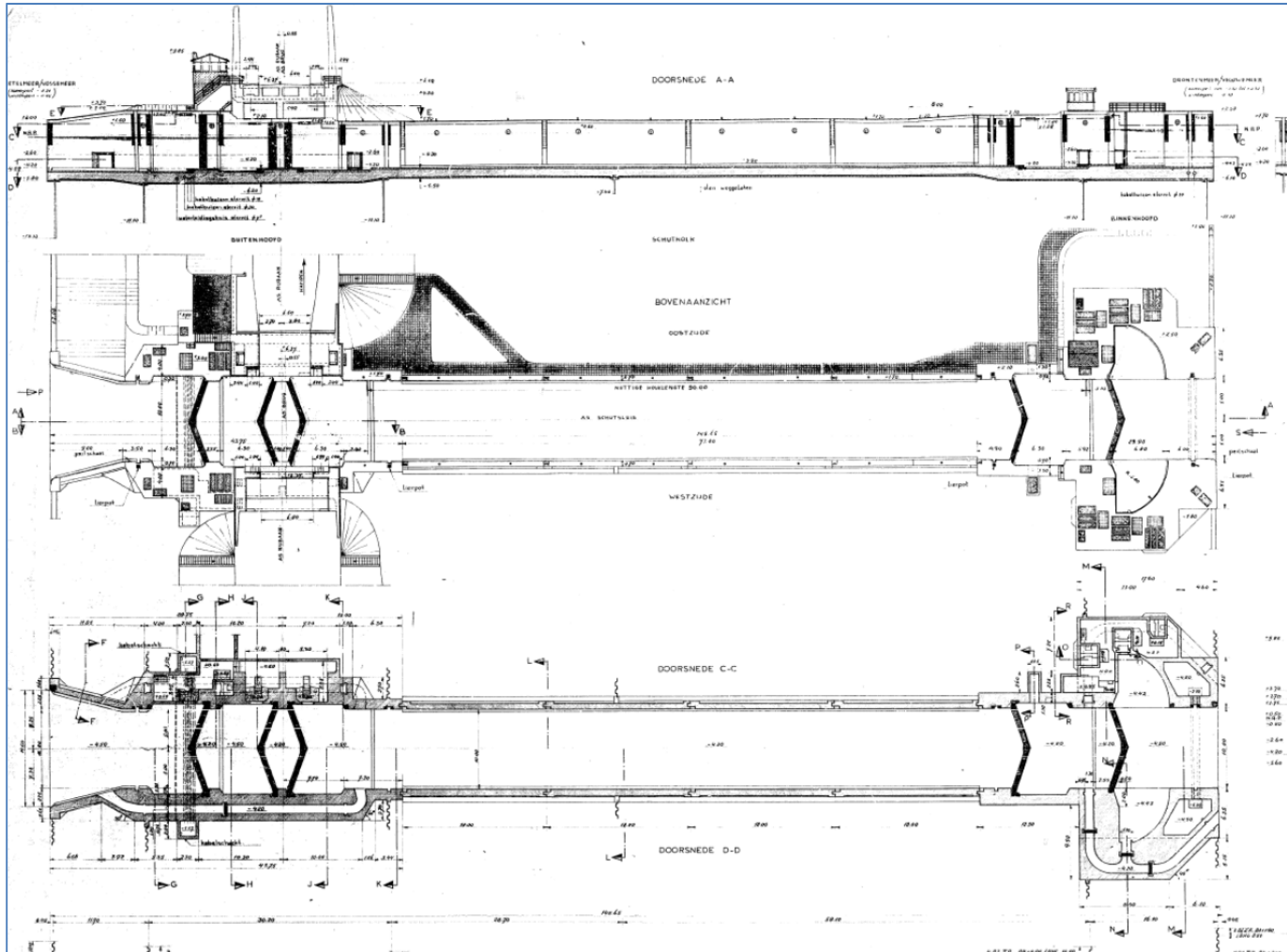
**Tauw**



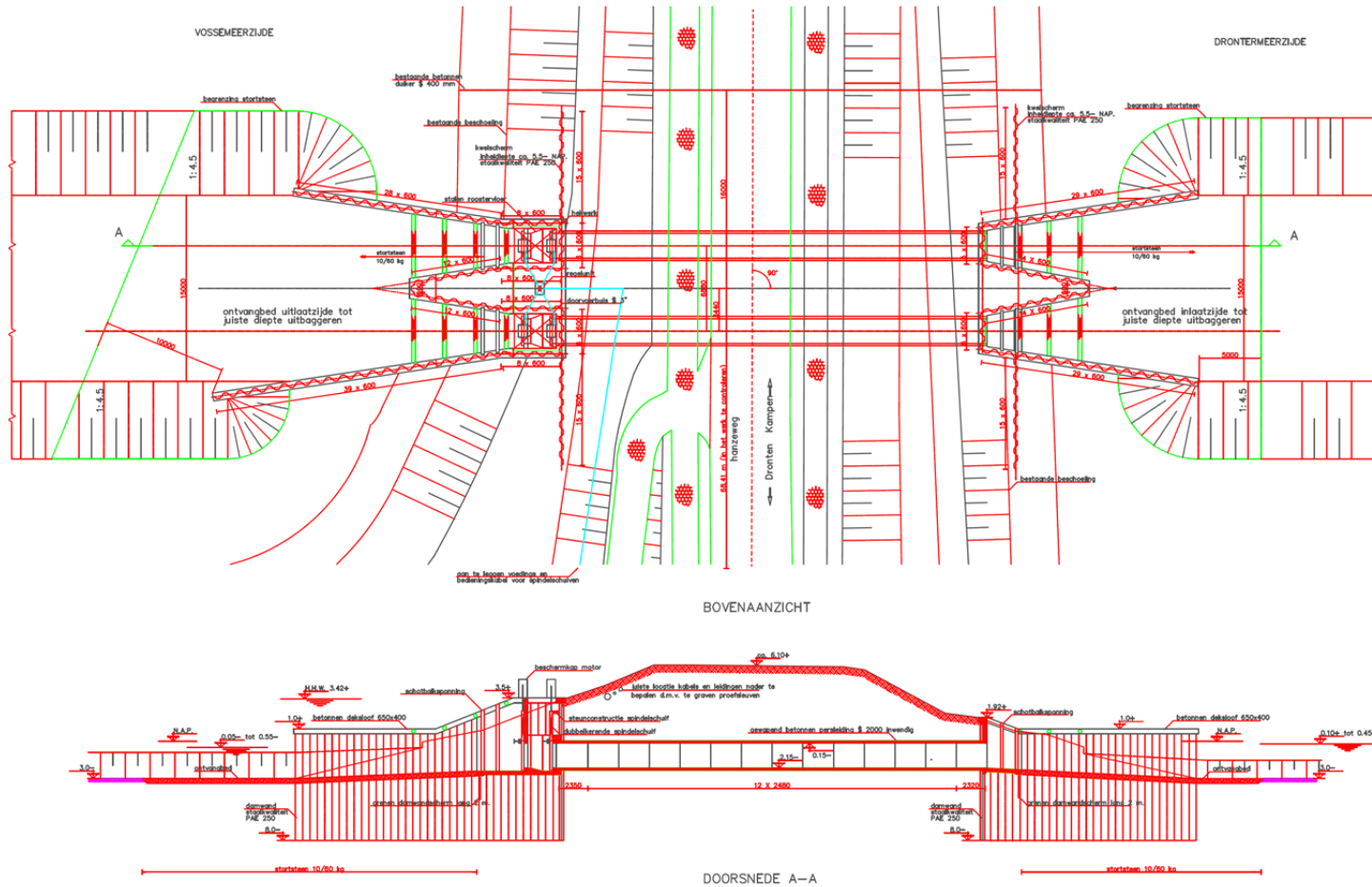




**Figuur 6.1: Maatregelen Roggebotsluis**



Figuur 6.2: Tekening Roggebotsluis



Figuur 6.3: Tekening Spuimiddel

#### Ad 12 onder- en achterloopsheid

In het toetsrapport is bij waterkeren de onder- en achterloopsheid getoetst [5]. Het maatgevende verval is NAP+3,4m (MHW) - NAP-0,3m (maatgevende laagwaterstand Drontermeer)=3,7m. De conclusie was bij achterloopsheid het maximaal toelaatbare verval wordt overschreden (dit is 1,5m), met andere woorden er is onvoldoende veiligheid tegen achterloopsheid en is het eindoordeel onvoldoende. In het dijkverbeteringstraject is dit opgepakt en dusdanig verbeterd, dat voldaan wordt aan het gestelde criterium voor achterloopsheid. Hierbij is extra klei aangebracht aan de buitenzijde bij het plateau van de buitenhoofden en het boventalud (talud dat aansluit op de bovenhoofden en de bruggenhoofden) en is er van uitgegaan dat de het waterniveau in de kolk NAP+1,7m is, waardoor het maatgevende verval 1,7m bedraagt.

Als de waterstand bij spuien door de schutkolk NAP+1,7m bedraagt en de buitenwaterstand op het Vossemeer is NAP+0,6m, dan is het maatgevende verval 1,1m. Dit is in alle gevallen lager dan het maximaal toelaatbare verval. Ook voor het spuumiddel is de conclusie dat het maatgevende verval bij NAP+1,7m op het Drontermeer niet het maximaal toelaatbare verval overschrijdt (dit is voor onderloopsheid 4,8m en voor achterloopsheid 4,7m). De kwelweg loopt bij een hogere waterstand in het Drontermeer weliswaar andersom, maar wel langs dezelfde route langs de constructie, dus zijn deze resultaten toepasbaar voor het toetsen van deze bijzondere belasting.

### **6.3 Conclusie**

Bij ingebruikname van de bypass ontstaan geen statisch hydraulische belastingen op de Roggebotsluis en het spuumiddel, waardoor de standzekerheid van de constructies in gevaar komt.

Door de stroomsnelheden worden mogelijk wel belastingen veroorzaakt, die mogelijk schade aan de huidige bodembescherming en bewegingswerken en keermiddelen van de schutsluis kunnen veroorzaken. Hiervoor zijn passende maatregelen mogelijk en die bij ingebruikname van de bypass moeten worden genomen. Deze maatregelen moeten in de realisatiefase nader worden uitgewerkt en gedetailleerd en in de beheer- en bedieningsprotocollen worden opgenomen.

## 7 REFERENTIES

- [1] Systemanalyse Planstudie IJsseldelta Zuid (Provincie Overijssel, augustus 2012)
- [2] Technisch Ontwerp Planstudie IJsseldelta Zuid (Provincie Overijssel, augustus 2012)
- [3] Projectplan verbindende waterkering Roggebotsluis (RWS IJsselmeergebied, februari 2010)
- [4] Veiligheidsaspecten van de bypass Kampen, actualisering onderzoek (HKV, juni 2009)
- [5] toetsing op veiligheid in het kader van de Wet op de Waterkering, Waterkering Roggebotsluis (Rijkswaterstaat IJsselmeergebied, september 2005)
- [6] tekeningen van het bestaande Roggebotcomplex
- [7] dynamisch gedrag van waterbouwkundige constructies; deel A constructies in stroming (DWW, 1996)
- [8] Beheer- en onderhoudsplan Planstudie IJsseldelta Zuid (Provincie Overijssel, augustus 2012)
- [9] Veiligheidstoetsing primaire waterkeringen, derde toetsronde 2006-2011, dijkkring 11 IJsseldelta (Waterschap Groot Salland, 2010)
- [10] Leidraad risicogestuurd beheer en onderhoud (Rijkswaterstaat, december 2011)
- [11] Faalkansmodel voor menselijke fouten, toegespitst op menselijk handelen bij Haringvliet- en Volkeraksluizencomplex (Rijkswaterstaat, september 2006)



**Tauw**





## Bijlage 1 Faalkansanalyse technisch falen keermiddelen





**Tauw**

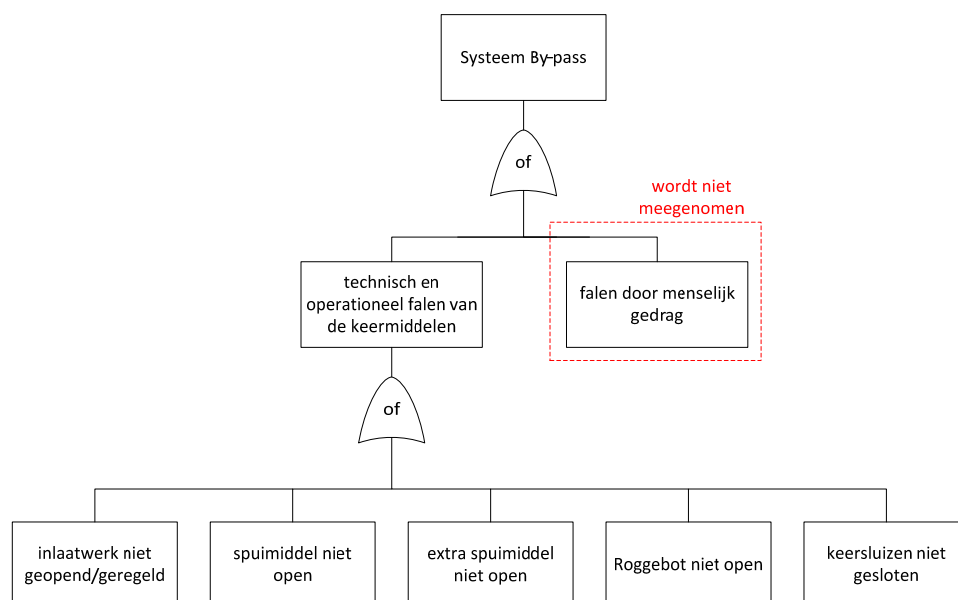


## 1 ALGEMEEN

Ten behoeve van de betrouwbaarheidsanalyse IJsseldelta Zuid wordt in deze bijlage een faalkansanalyse gemaakt van de verschillende objecten in het systeem Bypass. Het betreft een kwantitatieve analyse. Er is ook kwalitatieve analyse gemaakt in de vorm van een FMEA (Failure Mode en Effect Analyses). Deze FMEA beschrijft op welke wijze een object/ installatie kan falen. Deze is opgenomen in bijlage 5.

De faalkansanalyse beschrijft de kans dat een object/ installatie faalt. De analyse is verkennend van karakter omdat de uitvoering van de bewegingswerken (bij de nog nieuw te realiseren werken) nog niet vastligt. Na de verdere uitwerking van de bewegingswerken zal een uitgebreidere analyse moeten worden gemaakt. Het ontwerp van de bewegingswerken dient daarbij zodanig te zijn dat de uiteindelijke faalkans kleiner is dan gevonden in deze verkennende analyse. Om rekening te houden met de verdere detaillering zal in deze analyse een reserve van 50% worden aangehouden (reservering ten behoeve van detaillering). De analyse in deze bijlage beperkt zich tot het technisch falen van de objecten. Falen door menselijk gedrag wordt in deze beschrijving niet toegelicht maar wel meegenomen bij het complete systeem. Voor meer informatie over 'menselijk falen' wordt verwezen naar het hoofddocument.

In onderstaand figuur staat de foutenboom op hoofdlijnen voor het 'Systeem By-pass' weergegeven. Het betreft de volgende objecten: inlaatwerk, spuumiddel, extra spuumiddel, Roggebot en de keersluizen.



Figuur 1: foutenboom systeem By-pass in hoofdlijnen

### 1.1 Leeswijzer

In deze rapportage worden de volgende hoofdstukken beschreven:

- hoofdstuk 1 : Algemeen
- hoofdstuk 2 : Uitgangspunten
- hoofdstuk 3 : Aanpak kansen op falen en niet beschikbaarheid

- hoofdstuk 4 : Technisch falen inlaatwerk
- hoofdstuk 5 : Technisch falen spuumiddel
- hoofdstuk 6 : Technisch falen extra inlaatwerk
- hoofdstuk 7 : Technisch falen Roggebotsluis
- hoofdstuk 8 : Technisch falen keersluizen
- hoofdstuk 9 : Conclusie

In onderliggende tekst wordt voor het inlaatwerk de by-pass de faalkans-analyse nader beschreven o.a. door het presenteren van de verschillende foutenbomen. Voor de overige objecten wordt volstaan met het melden van de uitgangspunten en resultaten. Voor nadere informatie over de foutenbomen van de andere objecten wordt verwezen naar de foutenbomen in de bijlagen.

## 2 UITGANGSPUNTEN

Voor de faalkansanalyse van de bewegingswerken van de schuiven en deuren van de verschillende objecten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Refentiedocument ‘Leidraad kunstwerken’.
- Bij alle kritische onderdelen van de bewegingswerken en besturing wordt vanuit gegaan dat die reserve klaarliggen. Dit resulteert tenzij anders vermeld tot een gemiddelde reparatie tijd van 8 uur.
- Voor het omzetten van de faalfrequentie per jaar naar faalkans per vraag wordt gebruik gemaakt van de volgende formule:

*Gehanteerde formule Falen bij aanspraak (FBA)*

Falen bij aanspraak ofwel: falen bij vraag.

Falen wanneer het daadwerkelijk zijn functie moet verrichten.

$$FBA = \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot NGF \cdot T. \quad (1)$$

Waarin:

$\lambda$  = faalfrequentie (1/uur)

NGF = niet gedetecteerde faalfractie (in dit rapport is het altijd 1)

T = testinterval.

Verdere uitgangspunten:

- Er wordt van uitgegaan dat de schuiven van het inlaatwerk, het spuumiddel en het extra spuumiddel 1 keer per maand worden getest. Dit resulteert in een testinterval van 730 uur.
- Er wordt voor de Roggebotsluis uitgegaan dat er gemiddeld 6 schuttingen per dag zijn. Dit resulteert in een gemiddeld testinterval van 4 uur.
- Er wordt voor de keersluizen uitgegaan dat deze 1 keer per maand worden getest. Dit resulteert in een testinterval van 730 uur.
- Voor de noodbediening wordt uitgegaan van een uniforme faalfrequentie van  $5 \cdot 10^{-4}$  1/uur, een reparatietijd van 8 uur en een testinterval van 730 uur.
- De spuisluis en de extra spuisluis is voorzien van twee spuikokers met elk twee afsluitmiddelen, waarvan wordt gesteld dat bij een gesloten kering beide afsluitmiddelen gesloten zijn.
- Het inlaatwerk is voorzien van twee doorgangen met een dubbele schuif. Er wordt gesteld dat bij het openen van de doorgang beide schuiven open dienen te zijn.

- De spuisluis, de extra spuisluis en het inlaatwerk zijn beide voorzien van twee doorgangen. Er wordt gesteld dat wanneer één van de doorgangen van het kunstwerk faalt, het totale kunstwerk faalt.
- Er wordt op de faalkans 50% reserve genomen t.b.v. de verdere detaillering.

Voor de faalkansanalyse is de volgende software gebruikt:

- Reliability Workbench v11.

## 2.1 Beschrijving objecten

De By-pass bestaat uit de volgende objecten: inlaatwerk, spuumiddel, extra spuumiddel, Roggebot en de keersluizen.

Zowel het spuumiddel als het inlaatwerk hebben twee doorstroomopeningen. De uitvoering van het extra spuumiddel ligt nog niet vast, er wordt uitgegaan van eveneens twee openingen. Voor het bewegingswerk van de schuiven van het inlaatwerk, het spuumiddel en het extra spuumiddel wordt uitgegaan van een elektromechanisch of hydraulisch bewegingswerk.

Bij het spuumiddel zijn in elke doorstroomopening twee keermiddelen opgenomen. Elke doorstroomopening van het inlaatwerk beschikt over twee schuiven; een onder- en een bovenschuif die tegen elkaar afdichten. Met de schuiven kan de afvoercapaciteit worden geregeld. De exacte regeling is hierbij nog nader uit te werken in de volgende fasen. Voor het extra spuumiddel wordt vooralsnog ook uitgegaan van twee keermiddelen per doorstroomopening.

Elke schuif beschikt over zijn eigen bewegingswerk. Voor de debietregeling bij het inlaatwerk dient de benodigde instrumentatie te worden voorzien. Er wordt uitgegaan van een indirecte debietregeling middels niveaumeting en niveauverschilmeting over het inlaatwerk.

Voor het bewegingswerk voor de puntdeuren van de keersluizen en de Roggebotsluis wordt uitgegaan van een elektromechanisch bewegingswerk. De exacte uitvoering van het bewegingswerk van de (nieuw te maken) keersluizen is nog nader te bepalen. Vooralsnog wordt voor de deurbeweging uitgegaan van een panamawiel aandrijving.

### 3 AANPAK KANSEN OP FALEN EN NIET-BESCHIKBAARHEID

Door de Leidraad Kunstwerken wordt de onderstaande formule voorgesteld om de niet-beschikbaarheid van een component te bepalen. Falen door testen is voor waterbouwkundige kunstwerken beoordeeld als niet relevant [TAW, 2003, Leidraad Kunstwerken].

$$U = Q + U_{nmf} + U_{test} + U_{rep}. \quad (2)$$

Waarin:

- U totale kans op niet-beschikbaarheid [-]
- Q kans op spontaan falen per vraag [-]
- $U_{nmf}$  kans op niet-beschikbaarheid door niet-merkbaar falen [-]
- $U_{test}$  kans op niet-beschikbaarheid door testen [-]
- $U_{rep}$  kans op niet-beschikbaarheid door reparatie [-]

Voor de bepaling van de kans op niet-beschikbaarheid door niet-merkbaar falen wordt de volgende toegepast:

$$U_{nmf} = \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot T. \quad (3)$$

Waarin:

- $\lambda$  faalfrequentie [1/uur]
- T testinterval [uur]

De kans op niet-beschikbaarheid als gevolg van reparatie wordt beschreven met de volgende formule:

$$U_{rep} = \lambda \cdot \theta. \quad (4)$$

Waarin:

- $U_{rep}$  kans op niet-beschikbaarheid door reparatie [-]
- $\lambda$  faalkans per tijd [uur]
- $\theta$  reparatieduur [uur]

Omdat falen door testen is voor waterbouwkundige kunstwerken beoordeeld als niet relevant is, volgt voor de waarde U (kans op niet beschikbaarheid):

$$U = Q + \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot T + \lambda \cdot \theta. \quad (5)$$

### 4 TECHNISCH FALEN INLAATWERK

Het inlaatwerk bestaat uit twee inlaatvoorzieningen met elk twee schuiven; een onder en een bovenschuif. Elke schuif heeft hierbij zijn eigen bewegingswerk dat zowel automatisch als handmatig kan worden bediend (noodbediening). Er wordt van uitgegaan dat het inlaatwerk faalt wanneer één van de schuiven niet geopend kan worden. Dit is conservatief omdat bij het falen van één schuif alsnog water kan worden ingelaten, zij het met een kleinere capaciteit.

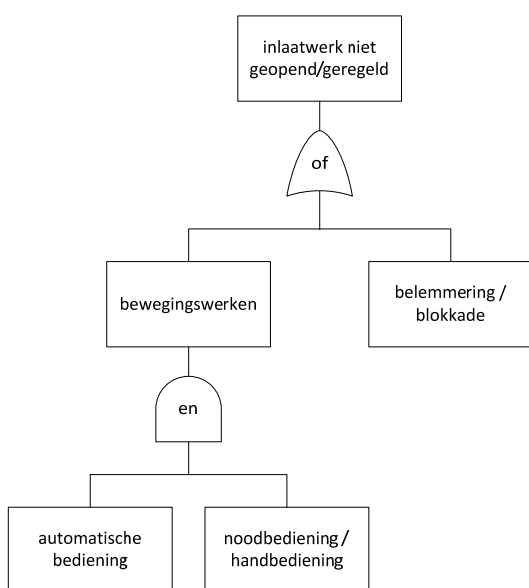
Deze beschouwing beperkt zich tot het technisch falen van de schuiven. Voor deze beschouwing wordt ervan uitgegaan dat het falen van een schuif wordt opgebouwd uit:

- het bewegingswerk (aandrijving boven- en benedenschuif);
- de besturingsinstallatie;
- de instrumentatie;
- de energievoorziening;
- de noodbediening.

Verder kan de installatie falen door:

- brand en bliksem;
- blokkade van de deur beweging door ijs, slib of obstakel.

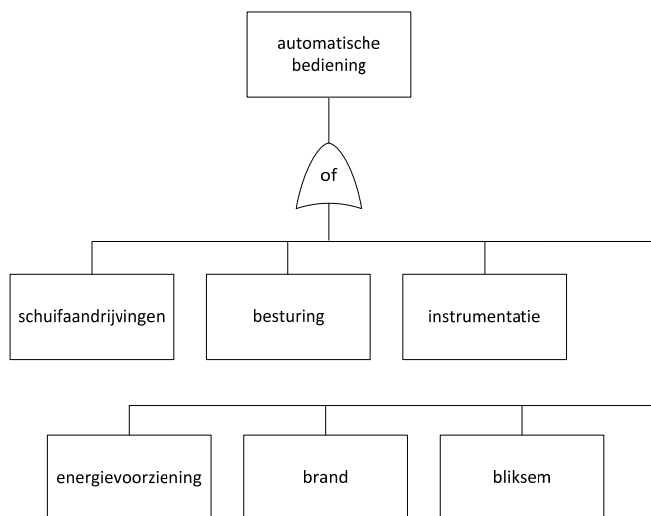
In Figuur 2 staat de foutenboom voor het inlaatwerk gegeven voor het technisch falen en voor het falen door een belemmering/blokkade. Het inlaatwerk faalt wanneer van een van de schuiven de automatische bediening en gelijktijdig de noodbediening faalt of doordat een van de schuiven is geblokkeerd.



**Figuur 2: foutenboom inlaatwerk in hoofdlijnen**

#### 4.1 Automatische bediening

Om de schuiven automatisch te kunnen bedienen, zijn er geautomatiseerde bewegingswerken voorzien. De foutenboom voor de automatische bediening staat weergegeven in Figuur 3. De automatische bediening faalt wanneer de schuifaandrijvingen, de besturing, instrumentatie of de energievoorziening faalt, of wanneer er schade is door brand of bliksem.



**Figuur 3: foutenboom automatisch bewegingswerk**

### Schuifaandrijvingen

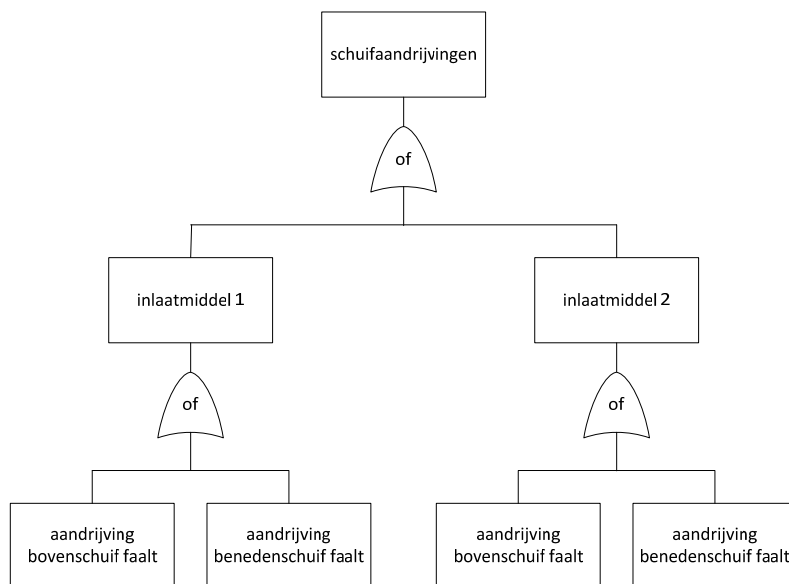
De uitvoering van het schuifaandrijvingen ligt nog niet vast en dient in een latere fase te worden bepaald. Voor de betrouwbaarheidsanalyse voor IJsseldelta Zuid wordt zodoende voor het bewegingswerk van een algemene faalkans van een hefdeur uitgegaan van  $3 \cdot 10^{-4}$  1/vr (bron TAW 2003, B3.10). Wanneer dit met formule (1) wordt omgerekend naar een faalfrequentie, volgt een faalfrequentie van  $8,2 \cdot 10^{-7}$  1/uur op basis van een testinterval van 730 uur.

**Tabel 1: kansen niet-beschikbaarheid bewegingswerk**

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
Falen bewegingswerk		$8,2 \cdot 10^{-7}$	730	8	$3,1 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]

In de foutenboom, zoals in onderstaand figuur wordt weergegeven, wordt rekening gehouden met het aantal te bedienen schuiven. Wanneer een van de schuiven niet geopend kan worden, faalt het inlaatwerk.



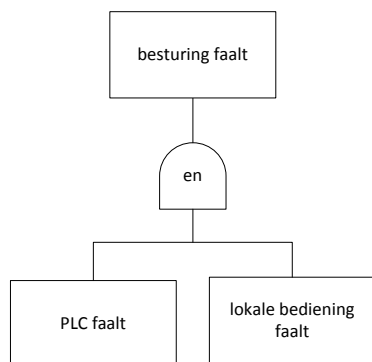


Figuur 4: foutenboom schuifaandrijvingen

#### Besturingsinstallatie

Het besturingssysteem wordt uitgerust met een PLC besturing. Er wordt uitgegaan dat de besturingsinstallatie kan falen door de volgende oorzaken:

- falen PLC;
- falen lokale bediening.



Figuur 5: foutenboom besturingsinstallatie

#### Falen PLC:

Voor de PLC wordt een systeem-faalkans aangehouden van  $9,9 \cdot 10^{-5}$  /uur [TAW 2003, B3.07]. Deze faalkans is hierbij opgebouwd uit de faalkans van de volgende componenten:

- uitval CPU (faalkans:  $5,1 \cdot 10^{-5}$  /uur);
- uitval I/O kaart (faalkans:  $9,0 \cdot 10^{-6}$  /uur);
- uitval voeding (faalkans:  $2,9 \cdot 10^{-5}$  /uur);
- uitval geheugenmodule (faalkans:  $1,0 \cdot 10^{-5}$  /uur).

De PLC faalt merkbaar (testinterval 0 uur).

Falen lokale bediening:

Middels drukknoppen op de schakelkast kunnen de schuiven handmatig worden bediend. De aansturing van gaat hierbij buiten de PLC om. Voor de faalkans van de lokale bediening zijn geen gegevens beschikbaar. Voor de lokale bediening wordt uitgegaan dat deze eens per tien jaar faalt. Er wordt verder van uitgegaan dat de lokale bediening maandelijks wordt getest.

**Tabel 2: kansen niet beschikbaar zijn besturingsinstallatie**

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
PLC faalt		$9,9 \cdot 10^{-5}$		8	$7,9 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]
Lokale bediening faalt		$1,1 \cdot 10^{-5}$	730	8	$4,1 \cdot 10^{-3}$	[expert opinie]

### Instrumentatie

Ten behoeve van de capaciteitsregeling is bij de schuiven van het inlaatwerk instrumentatie voorzien. Vooralsnog wordt van een indirecte debietsregeling uitgegaan aan de hand van waterstanden en het waterstandsverschil over het inlaatwerk. Hiertoe worden niveaumeters voorzien.

Er wordt van uitgegaan dat de niveaumeters van het inlaatwerk redundant worden uitgevoerd. In onderstaande tabel staan de faalgegevens voor een enkele niveaumeter. Er wordt uitgegaan van een systeem-faalkans van  $1,1 \cdot 10^{-5}$  /uur.

**Tabel 3: kansen niet beschikbaar zijn niveaumeter**

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
Niveaumeting		$1,1 \cdot 10^{-5}$	730	4	$4,1 \cdot 10^{-3}$	[TAW 2003]

Voor de correctie op de faalkans van het redundant systeem wordt de volgende vergelijking gebruikt (tabel B3.6 [TAW 2003]):

$$U_r = \frac{1}{3} \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot T^2 + \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \theta_1 \cdot T.$$

Voor redundant uitgevoerde niveaumeters volgt hiermee een niet beschikbaarheid van  $2,2 \cdot 10^{-5}$  en een faalfrequentie van  $6,0 \cdot 10^{-8}$  /uur.

### Energievoorziening

Er wordt van uitgegaan dat de energievoorziening kan falen door de volgende oorzaken:

- netuitval netwerkbeheerder;
- falen transformator;
- falen vermogensschakelaar.

De verschillende componenten van de energievoorziening falen merkbaar (testinterval 0 uur). De foutenboom voor de energievoorziening is te zie in Figuur 6.

Netuitval:

Volgens Netbeheer Nederland is de faalkans van netspanning één keer in de 3 jaar met een gemiddelde hersteltijd van 1,5 uur.

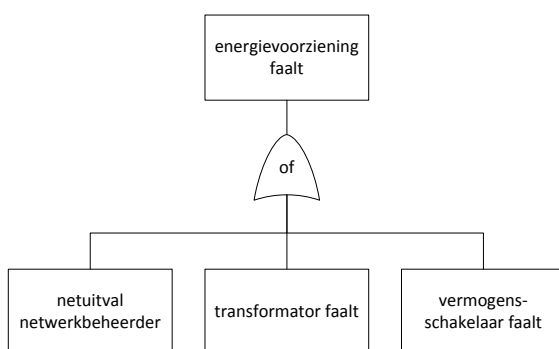
Falen transformator:

Voor de transformator wordt een faalkans aangehouden van  $1,0 \cdot 10^{-6}$  /uur.

Transformator valt uit [TAW 2003, B3.7]. Er wordt een hersteltijd aangehouden van 72 uur.

Falen vermogensschakelaar:

Voor het falen van de vermogensschakelaar wordt een faalkans aangehouden van  $5,0 \cdot 10^{-7}$  /uur. Vermogensschakelaar opent spontaan [TAW 2003, B3.07]. Er wordt een hersteltijd aangehouden van 16 uur.



**Figuur 6: foutenboom energievoorziening**

**Tabel 3: Kansen niet beschikbaar zijn energievoorziening**

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
Netuitval		$3,8 \cdot 10^{-5}$		1,5	$5,7 \cdot 10^{-5}$	[Netbeheer Nederland]
Falen transformator		$1,0 \cdot 10^{-6}$		72	$7,2 \cdot 10^{-5}$	[TAW 2003]
Vermogensschakelaar		$5,0 \cdot 10^{-7}$		16	$8,0 \cdot 10^{-6}$	[TAW 2003]

### Brand

Er is geen data beschikbaar van branden in technische ruimten van waterbouwkundige werken. Daarom is gekozen voor het op conservatie wijze bepalen van de kans van een brand met schade in een industrieel gebouw. Het aantal industriële gebouwen in Nederland bedraagt circa 700.000. Het aantal branden per jaar met schade in een of andere vorm in industriële gebouwen bedraagt circa 1000 [bron: CBS statline].

Dit laatste getal is conservatief aangezien alle vormen van schades worden meegenomen. Daarnaast zijn de gegevens afkomstig uit de industriële sector, waaronder ook gebouwen met een hoog brandrisico zoals in de agrarische en petrochemische sector.

De kans op een op brand wordt daarmee van  $1,42 \cdot 10^{-3}$  /jaar of eenmaal per 700 jaar. Voor de hersteltijd van de apparatuur in de ruimten inclusief tijdelijke maatregelen wordt er vanuit gegaan dat volledige functie herstel in 1 maand mogelijk is. Tijdelijk functie herstel is in 8 uur mogelijk door de noodbediening van de schuiven.

**Tabel 4: kansen niet beschikbaar door brand**

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
Falen door brand		$1,6 \cdot 10^{-7}$		8	$1,3 \cdot 10^{-6}$	[RHK]

### Bliksem

Een blikseminslag kan dusdanig invloed hebben op de installatie dat het inlaatwerk faalt. Volgens de risicoanalyse methode van NEN-EN-IEC-62305-2 is deze kans van falen per jaar als gevolg van blikseminslag  $7,2 \cdot 10^{-6}$ . Dit is gebaseerd op de categorie “verlies essentiële voorzieningen” waarbij een bliksembeveiliging klasse LPL II en een overspanningsbeveiliging conform NEN-EN-IEC-62305-4 wordt toegepast.

**Tabel 5: kansen niet beschikbaar door bliksem**

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
Falen door bliksem		$8,2 \cdot 10^{-10}$		8	$6,6 \cdot 10^{-9}$	[NEN-EN-IEC-62305-2]

## 4.2 Noodbediening

Er wordt een noodbediening voorzien waarmee de schuiven in geval van storing van de aandrijving, de energievoorziening of instrumentatie alsnog bediend kunnen worden. Het betreft een handbediening met een koppelmogelijkheid van een boortol met een mobiele noodstroomvoorziening. De exacte uitvoering nog nader te bepalen. Vooralsnog wordt voor de noodbediening uitgegaan van de volgende gegevens.

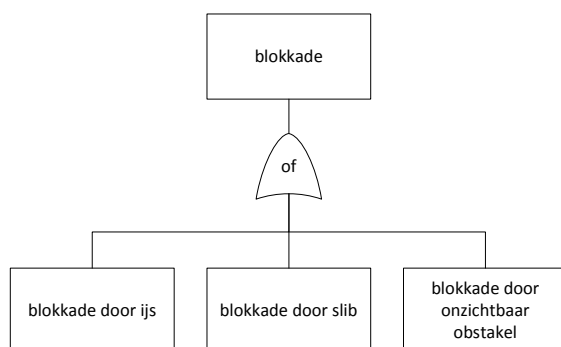
De MTBF (Mean Time Between Failure) van de handbediening bedraagt 2,3 jaar. Hieruit volgt een faalfrequentie  $\lambda$  van  $5,0 \cdot 10^{-5}$  per uur. Dit is voor alle handbedieningen samen. Dit is erg conservatief. De kans dat gelijktijdig een automatisch bewegingswerk en een handbediend bewegingswerk van een zelfde deur of schuif faalt is veel kleiner dan de gezamenlijke faalfrequentie waar nu van uit is gegaan.

**Tabel 6: kansen niet-beschikbaarheid noodbediening**

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
Falen noodbediening		$5,0 \cdot 10^{-5}$	730	8	$1,87 \cdot 10^{-2}$	[RHK]

## 4.3 Blokkade

Onder blokkade of belemmering worden de factoren verstaan die kunnen leiden tot het niet of niet volledig openen van het keermiddel. Belemmering zijn o.a. zand, vuil, slib, ijsvorming en/of obstakels. In onderstaande staat de foutenboom voor blokkade weergegeven. Er wordt hierbij onderscheid gemaakt in: blokkade door ijs, blokkade door slib en blokkade door een obstakel.



**Figuur 7: Blokkade**

#### Blokkade door ijs

De kans op het blokkeren door ijs erg klein. De combinatie hoogwater waarbij de by-pass in gang wordt gezet en extreme koude komt niet snel voor. Voor de kans op blokkade/belemmering op ijsvorming wordt  $1,0 \cdot 10^{-9}$  /vraag aangehouden [TAW 2003, B3.10]. Dit is de kans per schuif.

#### Blokkade door slib

De kans dat de schuiven van het inlaatmiddel niet geopend kunnen worden door slib is erg klein. Zekerheidshalve wordt voor blokkade door slib uitgegaan van de ervaringen bij de huidige Roggebotsluis. Voor de kans op blokkade/belemmering door slib wordt  $1,0 \cdot 10^{-4}$  /vraag per schuif aangehouden [referentie [5]].

#### Blokkade door obstakel

Bij het inwerking stellen van de by-pass moeten de schuiven van het inlaatwerk geopend worden. De kans dat de schuiven blokkeren tijdens het omhoogbrengen door een (niet verwijderbaar) obstakel is erg klein. Voor de kans op blokkade door een obstakel wordt  $1,0 \cdot 10^{-4}$  /vraag per schuif aangehouden [TAW 2003, B3.10]. Dit betreft een blokkade door een obstakel op de bodem bij het sluiten. De aangehouden kans is daarmee conservatief.

Het inlaatwerk beschikt over twee doorgangen die elk kunnen blokkeren. Er wordt daarbij vanuit gegaan dat de onderste schuif niet kan blokkeren door ijs en een obstakel en de bovenste niet door slib.

## 4.4 Resultaten

### Inlaatwerk

Uit de analyse met Reliability Workbench volgt voor het inlaatwerk omgerekend met formule [1] een faalkans van  $8,76 \cdot 10^{-4}$  1/vraag. Dit is inclusief een reservering van 50% voor de verdere detaillering van de installaties.

## 5 TECHNISCH FALEN SPUIMIDDEL

Er wordt vanuit gegaan dat de schuiven met een elektromechanisch of hydraulisch bewegingswerk bediend worden. Het betreft een geautomatiseerd systeem dat is voorzien van een noodbediening.

Voor deze beschouwing wordt ervan uitgegaan dat het falen van de schuif wordt opgebouwd uit:

- het bewegingswerk;
- de besturingsinstallatie;
- de energievoorziening;
- de noodbediening.

Verder kan de installatie falen door:

- brand en bliksem
- blokkade van de deur beweging door ijs, slib of obstakel.

Bij blokkade wordt ervan uitgegaan dat er vier schuiven kunnen blokkeren.

Voor het spuumiddel kunnen foutenbomen worden opgesteld soortgelijk aan die van het inlaatwerk. Van de foutenbomen volgt geen gedetailleerde beschrijving. Volstaan wordt met het vermelden van de uitgangspunten. Voor nadere informatie wordt verwezen naar de complete foutenboom in bijlage 2.

## 5.1 Faalgegevens

In de foutenboom wordt van de volgende faalgegevens uitgegaan:

Tabel 7: Faalgegevens spuumiddel

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
Falen bewegingswerk		$8,2 \cdot 10^{-7}$	730	8	$3,1 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]
PLC faalt		$9,9 \cdot 10^{-5}$		8	$7,9 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]
Lokale bediening faalt		$1,1 \cdot 10^{-5}$	730	8	$4,1 \cdot 10^{-3}$	[expert opinie]
Netuitval		$3,8 \cdot 10^{-5}$		1,5	$5,7 \cdot 10^{-5}$	[Netbeheer Nederland]
Falen transformator		$1,0 \cdot 10^{-6}$		72	$7,2 \cdot 10^{-5}$	[TAW 2003]
Vermogensschakelaar		$5,0 \cdot 10^{-7}$		16	$8,0 \cdot 10^{-6}$	[TAW 2003]
Falen door brand		$1,6 \cdot 10^{-7}$		8	$1,3 \cdot 10^{-6}$	[RHK]
Falen door bliksem		$8,2 \cdot 10^{-10}$		8	$6,6 \cdot 10^{-9}$	[NEN-EN-IEC-62305-2]
Falen noodbediening		$5,0 \cdot 10^{-5}$	730	8	$1,87 \cdot 10^{-2}$	[TAW 2003]
Blokkade door ijs					$1,1 \cdot 10^{-9}$	[TAW 2003]
Blokkade door slib					$1,1 \cdot 10^{-4}$	[referentie [5]]
Blokkade door obstakel					$1,1 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]

## 5.2 Resultaten

Uit de analyse met Reliability Workbench volgt voor het spuumiddel omgerekend met formule [1] een faalkans van  $1,27 \cdot 10^{-3}$  1/vraag. Dit is inclusief een reservering van 50% voor de verdere detaillering van de installaties.

## 6 TECHNISCH FALEN EXTRA SPUUMIDDEL

Er wordt vanuit gegaan dat de schuiven met een elektromechanisch of hydraulisch bewegingswerk bediend worden. Het betreft een geautomatiseerd systeem dat is voorzien van een noodbediening.

Voor deze beschouwing wordt ervan uitgegaan dat het falen van de schuif wordt opgebouwd uit:

- het bewegingswerk;
- de besturingsinstallatie;
- de energievoorziening;
- de noodbediening.

Verder kan de installatie falen door:

- brand en bliksem
- blokkade van de deur beweging door ijs, slib of obstakel.

Bij blokkade wordt ervan uitgegaan dat er vier schuiven kunnen blokkeren.

Voor het extra spuumiddel kunnen foutenbomen worden opgesteld soortgelijk aan die van het inlaatwerk. Van de foutenbomen volgt geen gedetailleerde beschrijving. Volstaan wordt met het vermelden van de uitgangspunten. Voor nadere informatie wordt verwezen naar de complete foutenboom in bijlage 2.

## 6.1 Faalgegevens

In de foutenboom wordt van de volgende faalgegevens uitgegaan:

**Tabel 8: Faalgegevens extra spuumiddel**

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
Falen bewegingswerk		$8,2 \cdot 10^{-7}$	730	8	$3,1 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]
PLC faalt		$9,9 \cdot 10^{-5}$		8	$7,9 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]
Lokale bediening faalt		$1,1 \cdot 10^{-5}$	730	8	$4,1 \cdot 10^{-3}$	[expert opinie]
Netuitval		$3,8 \cdot 10^{-5}$		1,5	$5,7 \cdot 10^{-5}$	[Netbeheer Nederland]
Falen transformator		$1,0 \cdot 10^{-6}$		72	$7,2 \cdot 10^{-5}$	[TAW 2003]
Vermogensschakelaar		$5,0 \cdot 10^{-7}$		16	$8,0 \cdot 10^{-6}$	[TAW 2003]
Falen door brand		$1,6 \cdot 10^{-7}$		8	$1,3 \cdot 10^{-6}$	[RHK]
Falen door bliksem		$8,2 \cdot 10^{-10}$		8	$6,6 \cdot 10^{-9}$	[NEN-EN-IEC-62305-2]
Falen noodbediening		$5,0 \cdot 10^{-5}$	730	8	$1,87 \cdot 10^{-2}$	[TAW 2003]
Blokkade door ijs					$1,1 \cdot 10^{-9}$	[TAW 2003]
Blokkade door slib					$1,1 \cdot 10^{-4}$	[referentie [5]]
Blokkade door obstakel					$1,1 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]

## 6.2 Resultaten

Uit de analyse met Reliability Workbench volgt voor het extra spuumiddel omgerekend met formule [1] een faalkans van  $1,27 \cdot 10^{-3}$  1/vraag. Dit is inclusief een reservering van 50% voor de verdere detaillering van de installaties.

## 7 TECHNISCH FALEN ROGGEBOT

Er wordt vanuit gegaan dat de puntdeuren met een elektromechanisch bewegingswerk worden bediend. Het betreft een geautomatiseerd systeem dat is voorzien van een noodbediening.



Voor deze beschouwing wordt ervan uitgegaan dat het falen van de puntdeur wordt opgebouwd uit:

- het bewegingswerk;
- de besturingsinstallatie;
- de energievoorziening;
- de noodbediening.

Verder kan de installatie falen door:

- brand en bliksem;
- blokkade van de deur beweging door ijs, slib of obstakel.

Bij blokkade wordt ervan uitgegaan dat er vier deuren kunnen blokkeren.

Voor de Roggebotsluis kunnen foutenbomen worden opgesteld soortgelijk aan die van het inlaatwerk. Van de foutenbomen volgt geen gedetailleerde beschrijving. Volstaan wordt met het vermelden van de uitgangspunten. Voor nadere informatie wordt verwezen naar de complete foutenboom in bijlage 2.

## 7.1 Faalgegevens

In de foutenboom wordt van de volgende faalgegevens uitgegaan:

**Tabel 9: Faalgegevens extra spuumiddel**

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
Falen bewegingswerk		$8,2 \cdot 10^{-7}$	730	8	$3,1 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]
PLC faalt		$9,9 \cdot 10^{-5}$		8	$7,9 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]
Lokale bediening faalt		$1,1 \cdot 10^{-5}$	730	8	$4,1 \cdot 10^{-3}$	[expert opinie]
Netuitval		$3,8 \cdot 10^{-5}$		1,5	$5,7 \cdot 10^{-5}$	[Netbeheer Nederland]
Falen transformator		$1,0 \cdot 10^{-6}$		72	$7,2 \cdot 10^{-5}$	[TAW 2003]
Vermogensschakelaar		$5,0 \cdot 10^{-7}$		16	$8,0 \cdot 10^{-6}$	[TAW 2003]
Falen door brand		$1,6 \cdot 10^{-7}$		8	$1,3 \cdot 10^{-6}$	[RHK]
Falen door bliksem		$8,2 \cdot 10^{-10}$		8	$6,6 \cdot 10^{-9}$	[NEN-EN-IEC-62305-2]
Falen noodbediening		$5,0 \cdot 10^{-5}$	730	8	$1,87 \cdot 10^{-2}$	[TAW 2003]
Blokkade door ijs					$1,1 \cdot 10^{-9}$	[TAW 2003]
Blokkade door slib					$1,1 \cdot 10^{-4}$	[referentie [5]]
Blokkade door obstakel					$1,1 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]

## 7.2 Resultaten

Uit de analyse met Reliability Workbench volgt voor de Roggebotsluis omgerekend met formule [1] een faalkans van  $3,28 \cdot 10^{-3}$  1/vraag. Dit is inclusief een reservering van 50% voor de verdere detaillering van de installaties.

## 8 TECHNISCH FALEN KEERSLUIZEN

Er wordt vanuit gegaan dat de puntdeuren met een elektromechanisch bewegingswerk worden bediend. Het betreft een geautomatiseerd systeem dat is voorzien van een noodbediening.

Voor deze beschouwing wordt ervan uitgegaan dat het falen van de puntdeur wordt opgebouwd uit:

- het bewegingswerk;
- de besturingsinstallatie;
- de energievoorziening;
- de noodbediening.

Verder kan de installatie falen door:

- brand en bliksem
- blokkade van de deur beweging door ijs, slib of obstakel.

Bij blokkade wordt ervan uitgegaan dat er vier deuren kunnen blokkeren.

Voor de Keersluizen kunnen foutenbomen worden opgesteld soortgelijk aan die van het inlaatwerk. Van de foutenbomen volgt geen gedetailleerde beschrijving. Volstaan wordt met het vermelden van de uitgangspunten. Voor nadere informatie wordt verwezen naar de complete foutenboom in bijlage 2.

## 8.1 Faalgegevens

In de foutenboom wordt van de volgende faalgegevens uitgegaan:

Tabel 10: Faalgegevens extra spuumiddel

Faalgebeurtenis	Q [-]	$\lambda$ [1/uur]	T [uur]	$\theta$ [uur]	U [-]	Bron
Falen bewegingswerk		$8,2 \cdot 10^{-7}$	730	8	$3,1 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]
PLC faalt		$9,9 \cdot 10^{-5}$		8	$7,9 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]
Lokale bediening faalt		$1,1 \cdot 10^{-5}$	730	8	$4,1 \cdot 10^{-3}$	[expert opinie]
Netuitval		$3,8 \cdot 10^{-5}$		1,5	$5,7 \cdot 10^{-5}$	[Netbeheer Nederland]
Falen transformator		$1,0 \cdot 10^{-6}$		72	$7,2 \cdot 10^{-5}$	[TAW 2003]
Vermogensschakelaar		$5,0 \cdot 10^{-7}$		16	$8,0 \cdot 10^{-6}$	[TAW 2003]
Falen door brand		$1,6 \cdot 10^{-7}$		8	$1,3 \cdot 10^{-6}$	[RHK]
Falen door bliksem		$8,2 \cdot 10^{-10}$		8	$6,6 \cdot 10^{-9}$	[NEN-EN-IEC-62305-2]
Falen noodbediening		$5,0 \cdot 10^{-5}$	730	8	$1,87 \cdot 10^{-2}$	[TAW 2003]
Blokkade door ijs					$1,1 \cdot 10^{-9}$	[TAW 2003]
Blokkade door slib					$1,1 \cdot 10^{-4}$	[referentie [5]]
Blokkade door obstakel					$1,1 \cdot 10^{-4}$	[TAW 2003]

## 8.2 Resultaten

Uit de analyse met Reliability Workbench volgt voor de keersluizen omgerekend met formule [1] een faalkans van  $1,23 \cdot 10^{-3}$  1/vraag. Dit is inclusief een reservering van 50% voor de verdere detaillering van de installaties.

## 9 CONCLUSIE

Uit de verkennende analyse volgt in totaal voor het technisch falen van de keermiddelen in het functioneren van de bypass een totale faalkans van  $8,4 \cdot 10^{-3}$  per vraag.

Voor het totale systeem bypass is de faalkans een optelling van het technisch falen van de keermiddelen en het falen door menselijk handelen (dit is toegelicht in paragraaf 4.2.4). De totale faalkans bedraagt  $1,9 \cdot 10^{-2}$  per vraag.



**Tauw**





**Tauw**

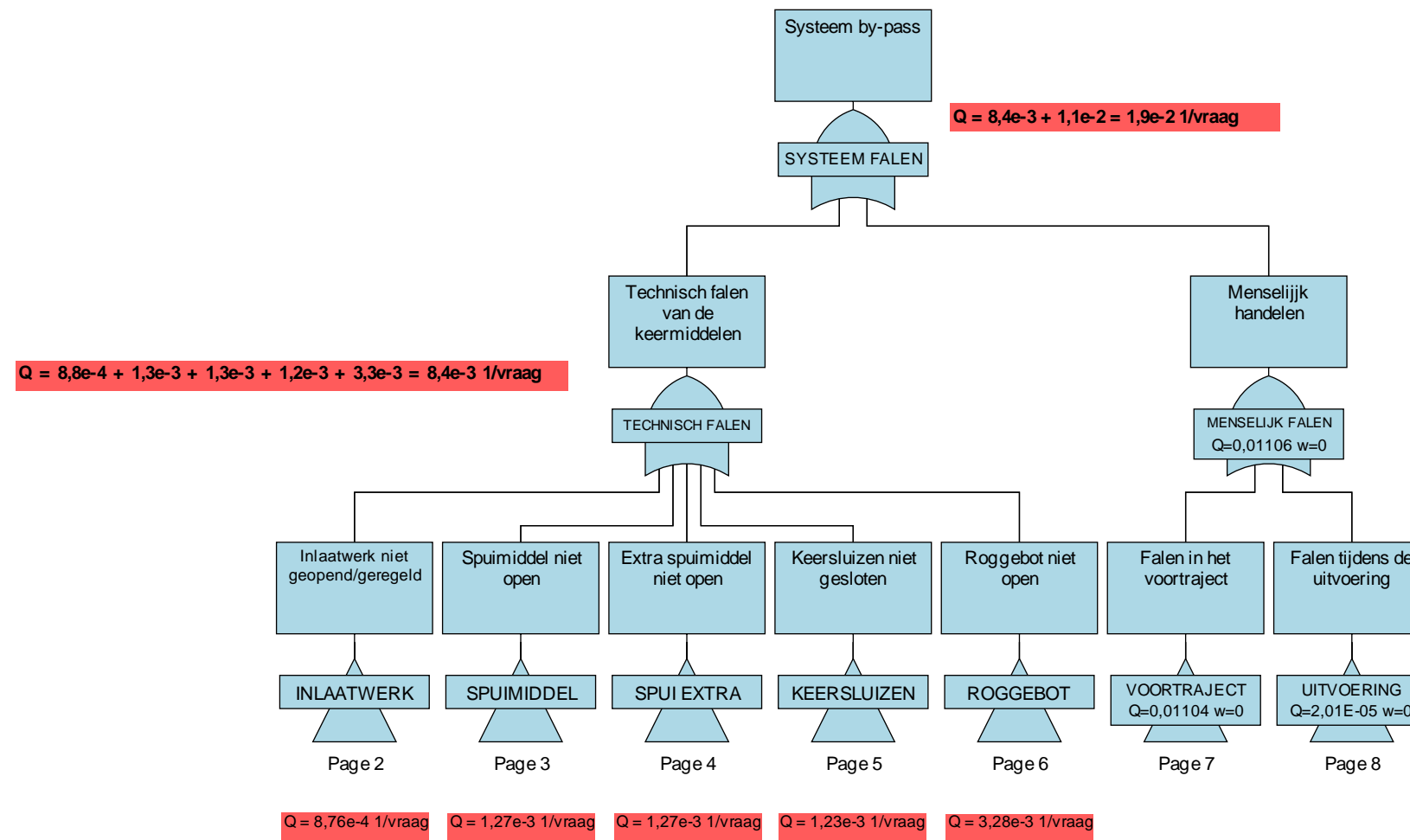


## **Bijlage 2** **Foutenboom systeem Bypass**

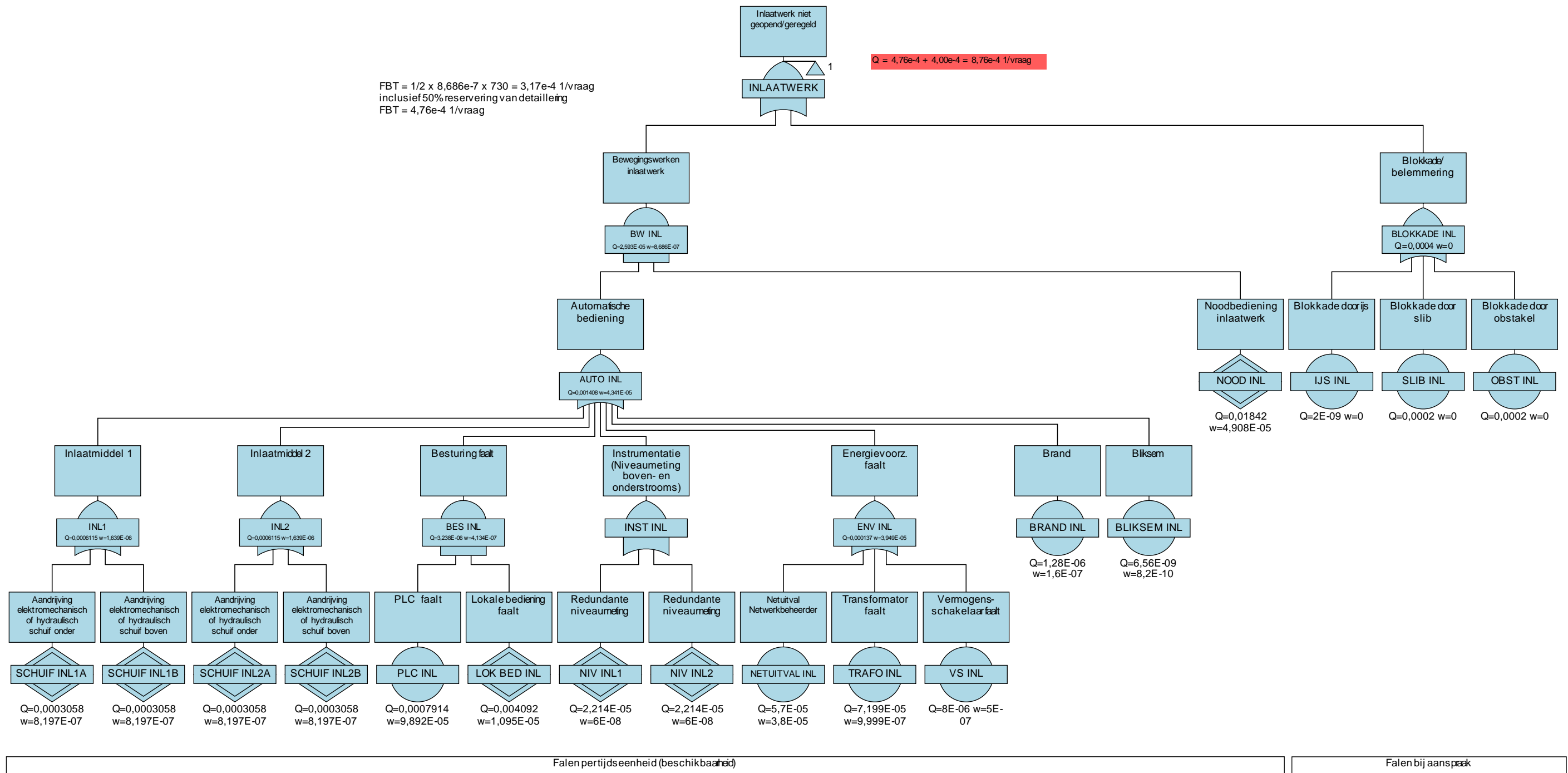


**Tauw**



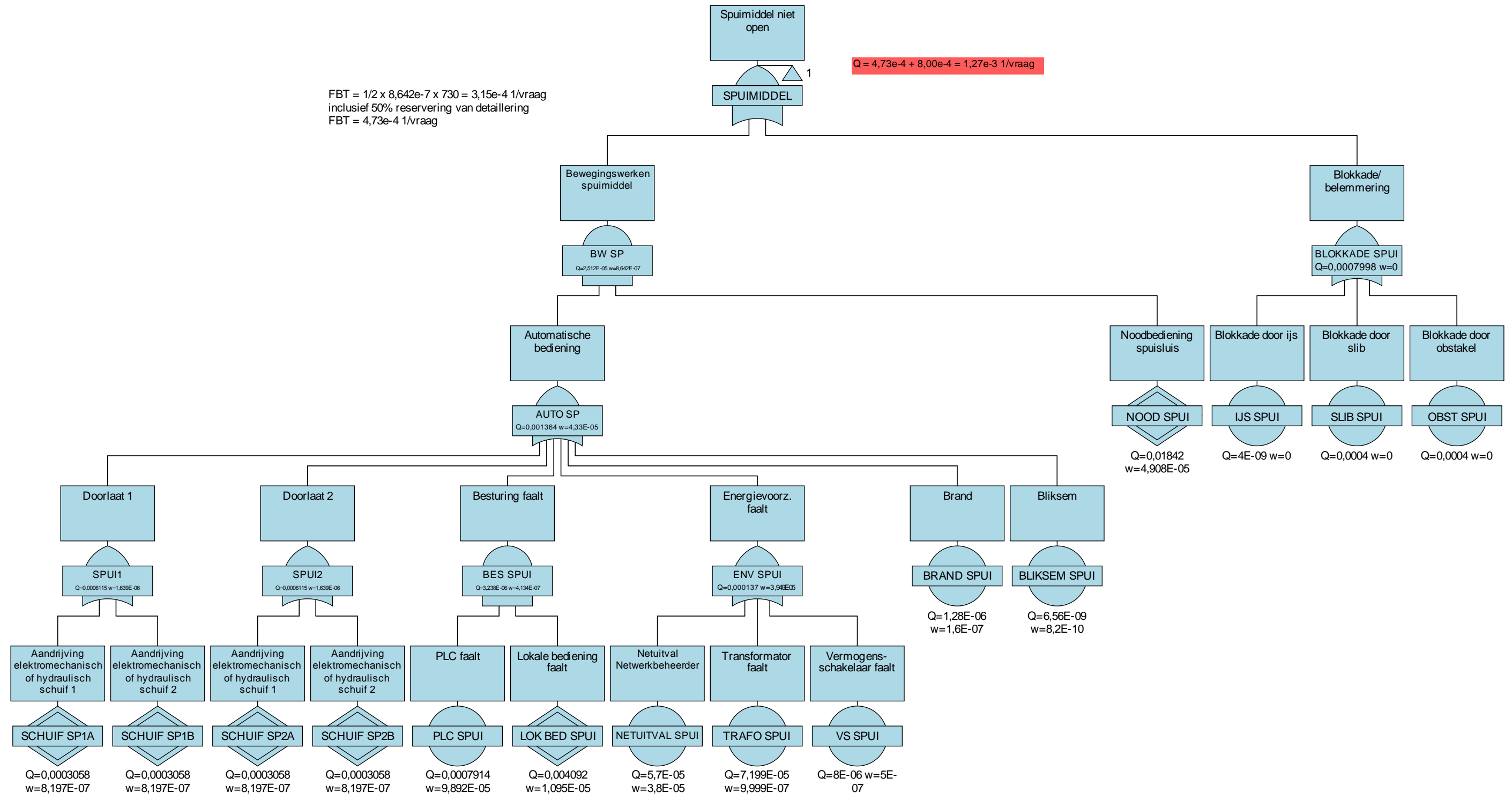


IJsseldelta zuid





IJsseldelta zuid



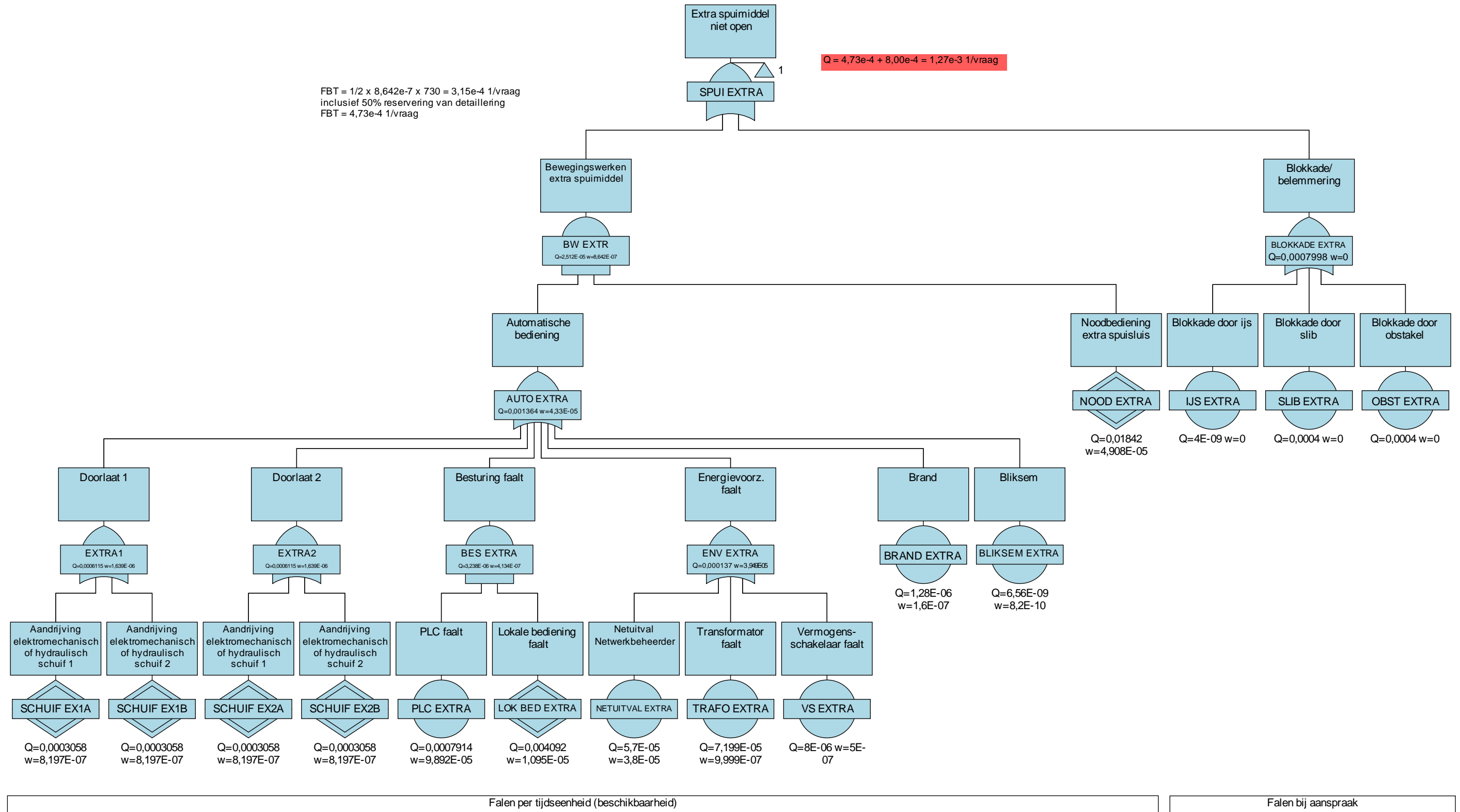
FBT = 1/2 x 8,642e-7 x 730 = 3,15e-4 1/vraag  
inclusief 50% reservering van detaillering  
FBT = 4,73e-4 1/vraag

Q = 4,73e-4 + 8,00e-4 = 1,27e-3 1/vraag

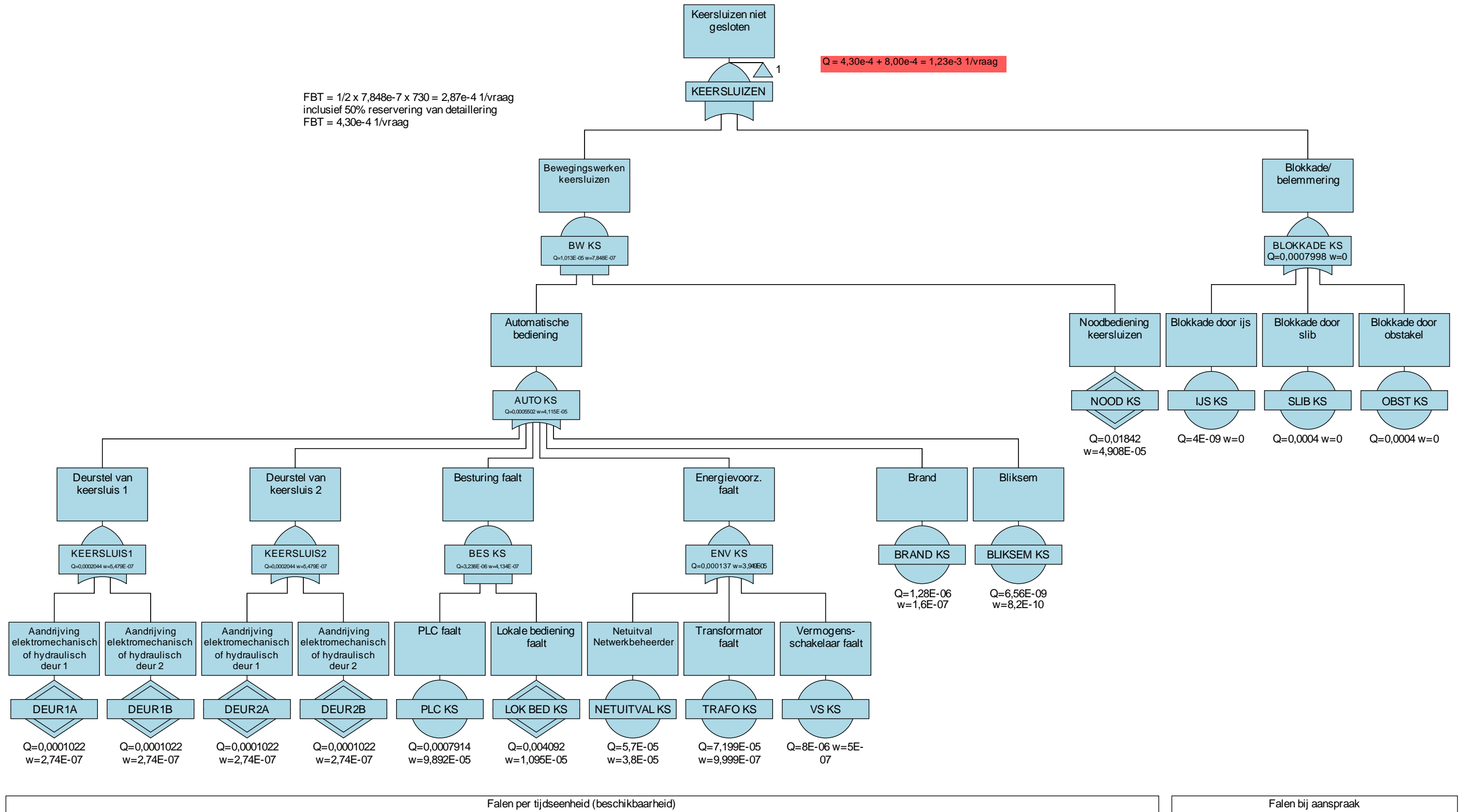
Falen per tijdseenheid (beschikbaarheid)

Falen bij aanspraak

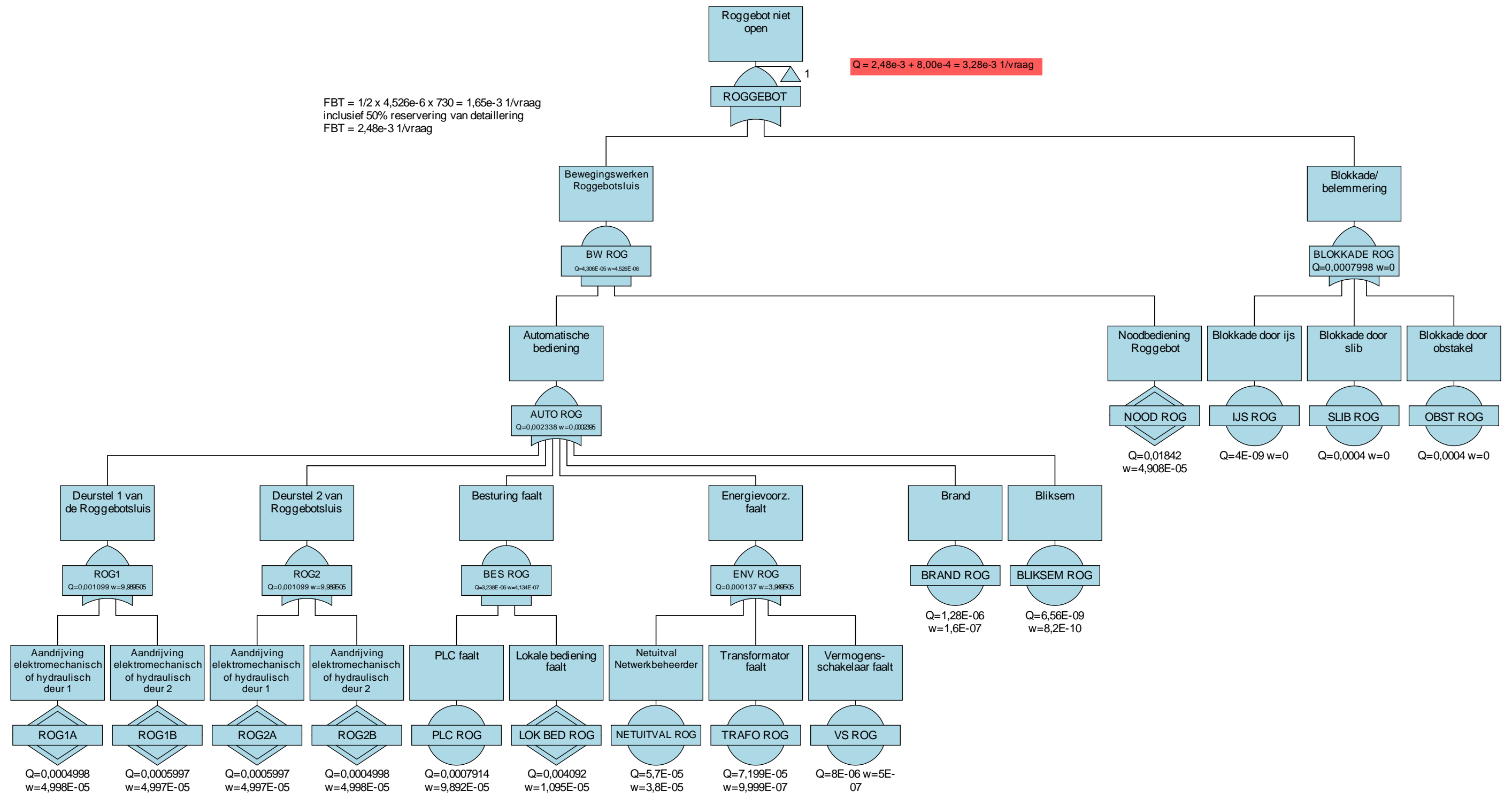
IJsseldelta zuid



IJsseldelta zuid



IJsseldelta zuid

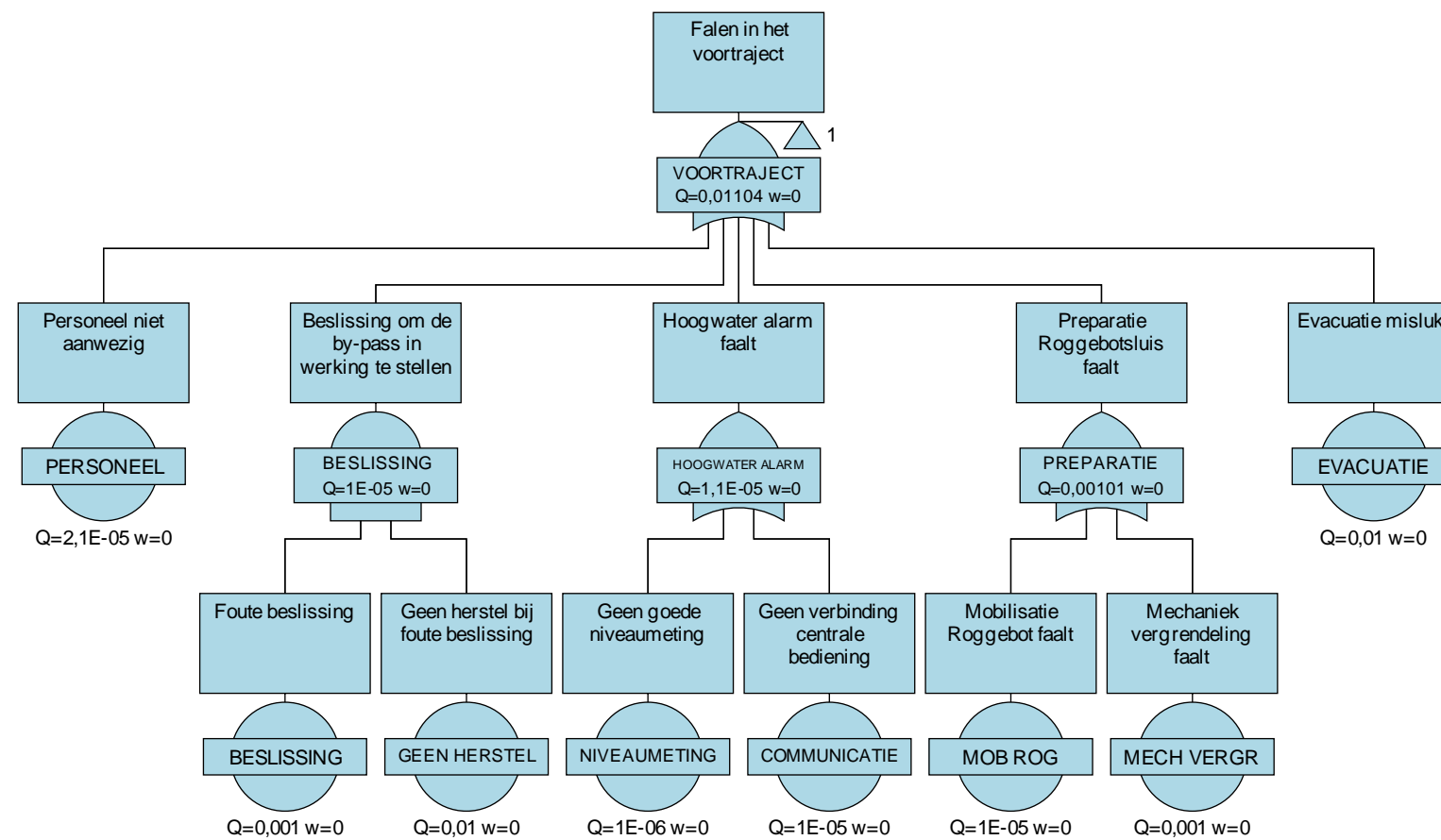


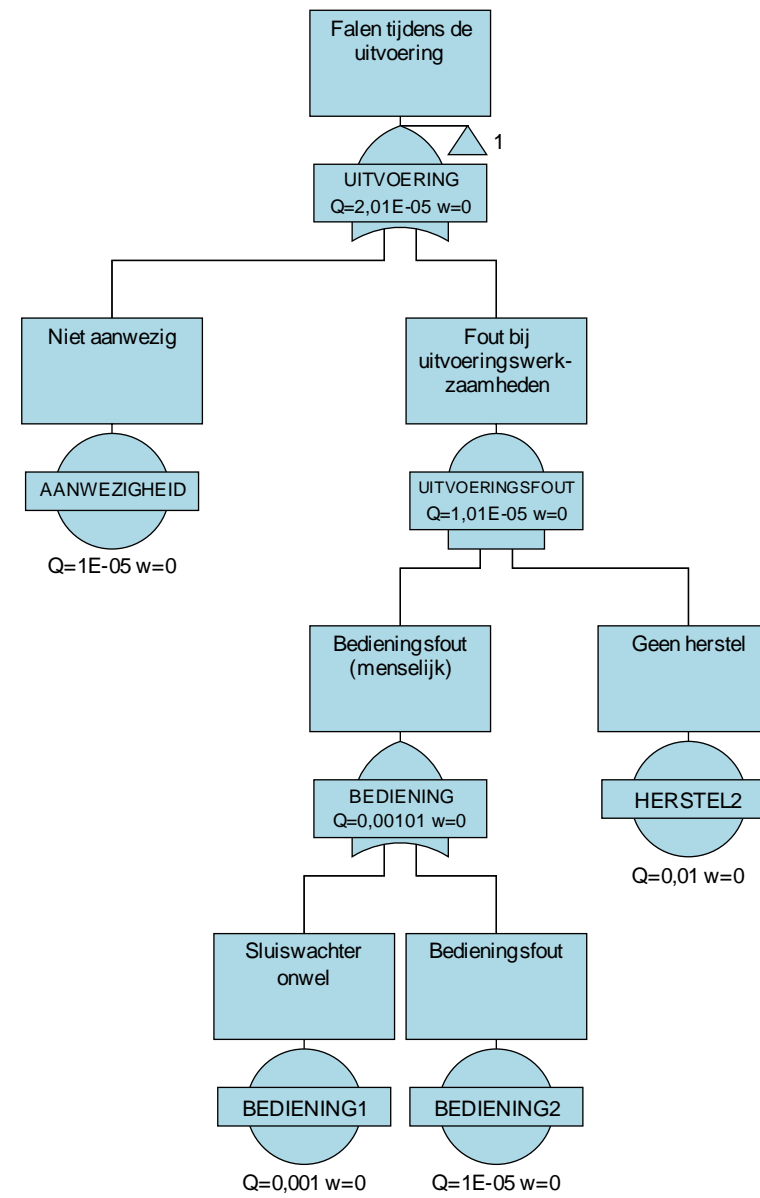
FBT = 1/2 x 4,526e-6 x 730 = 1,65e-3 1/vraag  
inclusief 50% reservering van detaillering  
FBT = 2,48e-3 1/vraag

Q = 2,48e-3 + 8,00e-4 = 3,28e-3 1/vraag

Falen per tijdseenheid (beschikbaarheid)

Falen bij aanspraak







**Tauw**



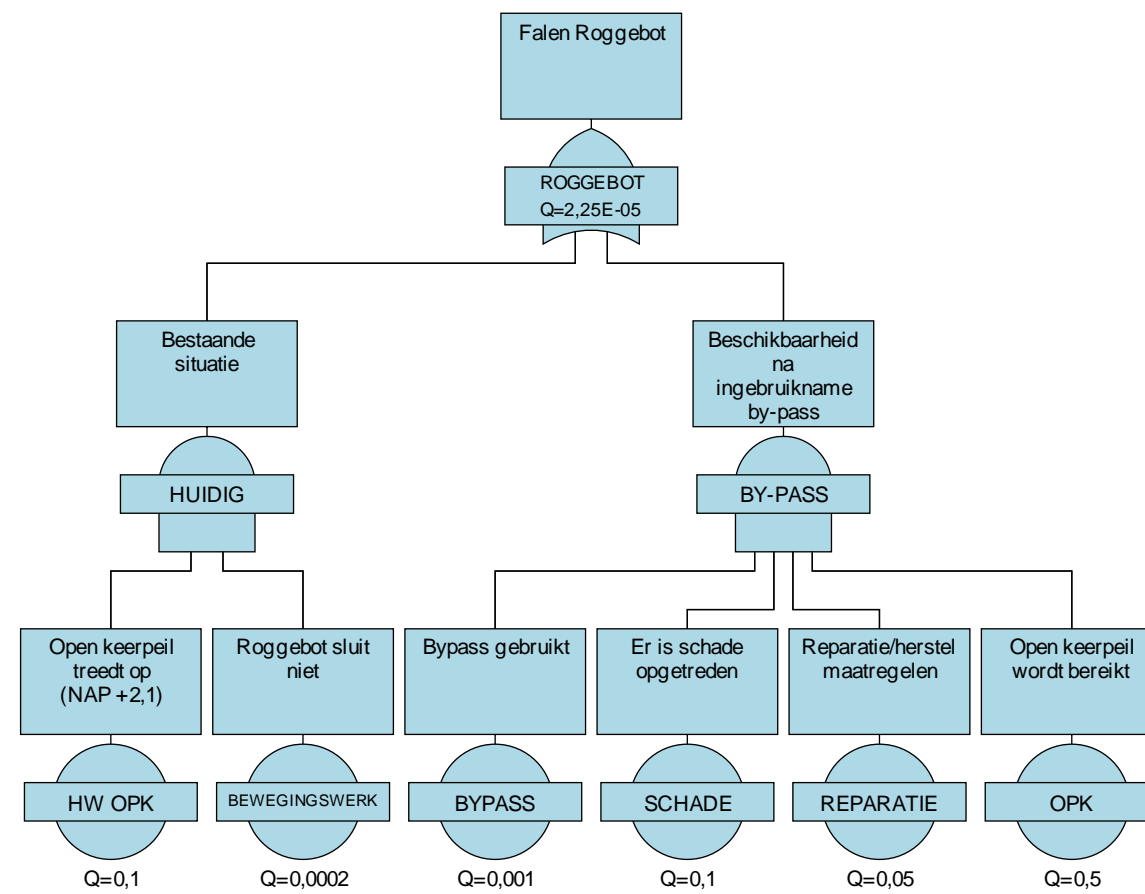
## **Bijlage 3 Foutenboom Schutsluis Roggebot**





**Tauw**







**Tauw**



## **Bijlage 4** **Toets belasting Roggebotsluis**



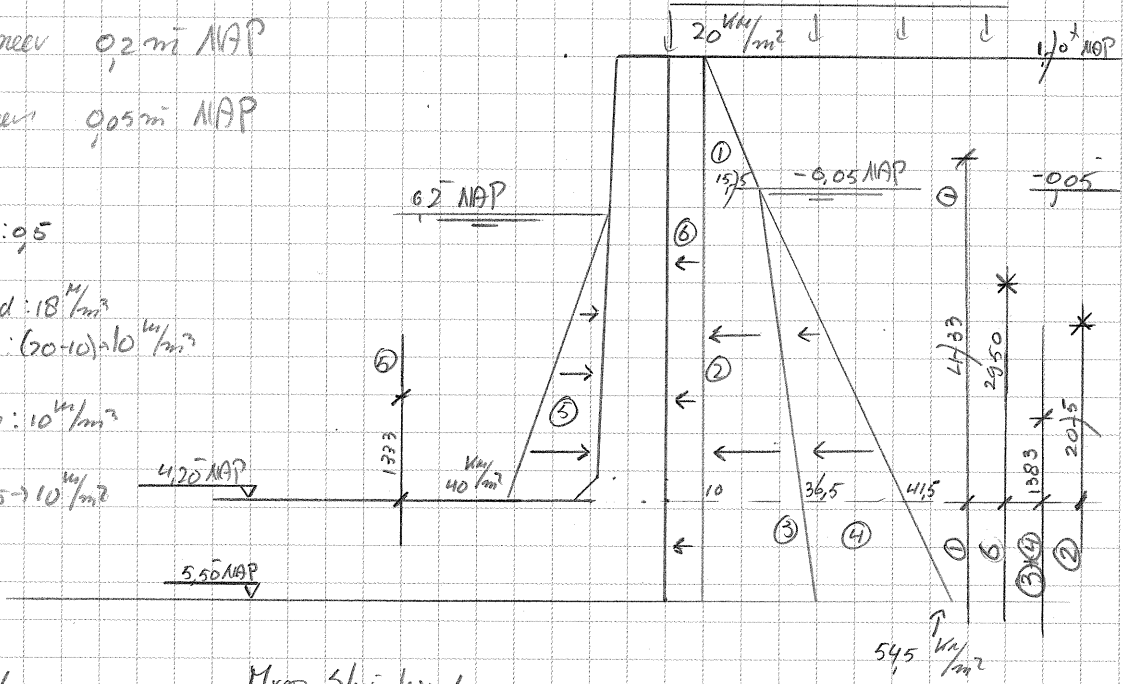
Normale situatie

Peil Vosse meer 0,2 m NAP

Peil Dommel meer 0,05 m NAP

gronw: 18/60 2m: 0,5

- ① Kaveldeuk  $f_d: 18 \frac{m}{m^2}$
- ② Kaveldeuk  $f: (60-10) \cdot 10 \frac{m}{m^2}$
- ③ " " "
- ④ " "  $f_w: 10 \frac{m}{m^2}$
- ⑤ " " "
- ⑥ Kaveldeuk  $20 \cdot 0,5 \rightarrow 10 \frac{m}{m^2}$



Vrop Sluis wand.

Mrop Sluis wand.

- ①  $\frac{1}{2} \cdot 15,75 \cdot 1,75 \rightarrow 13,78 \cdot 4,73 \rightarrow 65,18 \frac{m^3}{m^2}$
- ②  $15,75 \cdot 4,15 \rightarrow 65,4 \cdot 2,075 \rightarrow 135,7 \frac{m^3}{m^2}$
- ③  $\frac{1}{2} \cdot 20,75 \cdot 4,15 \rightarrow \frac{43,1 \cdot 1,383}{172,2 \frac{m^3}{m^2}} \rightarrow \frac{59,5}{260} \frac{m^3}{m^2}$
- ④  $\frac{1}{2} \cdot 4,15 \cdot 4,15 \rightarrow 86 \cdot 1,383 \rightarrow 118,9 \frac{m^3}{m^2}$
- ⑤  $\frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 4,0 \rightarrow \frac{-80}{6 \frac{m^3}{m^2}} \cdot 1,33 \rightarrow \frac{-106,6}{172 \frac{m^3}{m^2}}$

Veel. stabiliteit

Fundering:

Eg. Kolk

- Uloev:  $0,7 \cdot 25 \cdot 12 \rightarrow 210 \frac{m^3}{m^2}$
- Wanden:  $0,825 \cdot 59 \cdot 2 \rightarrow 336 \frac{m^3}{m^2}$
- $446 \frac{m^3}{m^2}$

Water:

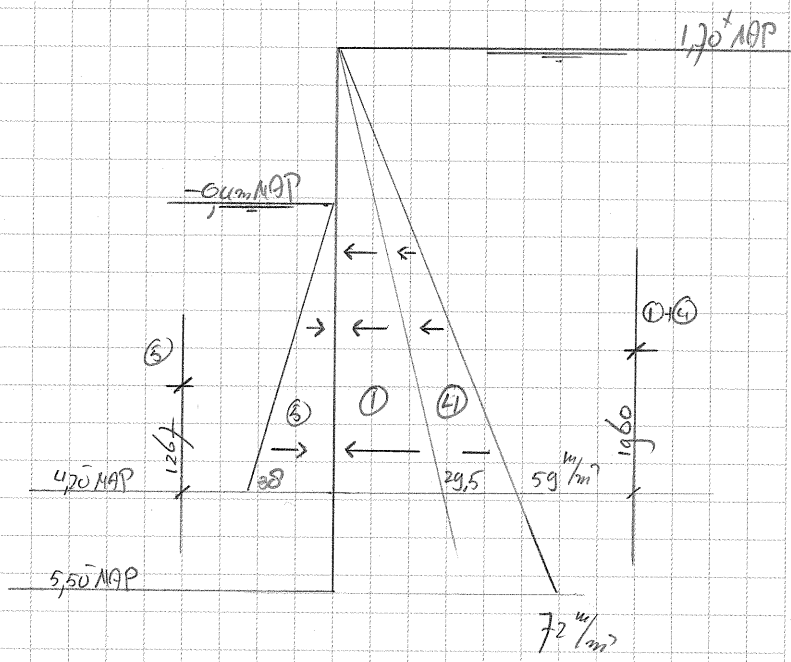
- Opwaarts:  $545 \frac{m^3}{m^2} \cdot 12 \rightarrow 654 \frac{m^3}{m^2}$
- Neerwaarts:  $40 \frac{m^3}{m^2} \cdot 10 \rightarrow 400 \frac{m^3}{m^2}$
- Water opwaarts:  $254 \frac{m^3}{m^2}$

Netto:  $446 - 254 \rightarrow 192 \frac{m^3}{m^2}$  druk in fundering.

Situatie na spuien

Peil Vosse maer 0,4 m NAP  
 Peil Dronkemaer 1,9 m NAP  
 Grond 10/20 d=0,5

- ① Kouddruk  $\rho(20-10) \rightarrow 10 \text{ kN/m}^3$
- ② waterdruk  $\rho_w \rightarrow 10 \text{ kN/m}^3$
- ③ " " " "



Vrop Sleis Wand

Wrop Sleis wand

①  $\frac{1}{2} \cdot 29,5 \cdot 5,9 \rightarrow 87 \cdot 1,967 \rightarrow 170,6 \text{ kNm/m}$   
 ④  $\frac{1}{2} \cdot 59 \cdot 5,9 \rightarrow 174 \cdot 1,967 \rightarrow 341 \text{ kNm/m}$   
 ⑤  $\frac{1}{2} \cdot 38 \cdot 3,8 \rightarrow 72,2 \cdot 1,26 \rightarrow 91,45 \text{ kNm/m}$   
 188,8 kNm/m      470 kNm/m

Veul. stabiliteit

Waterdruk

Opwaarts  $72 \cdot 1,2 \rightarrow 864 \text{ kNm/m}$   
 Neerwaarts  $38 \cdot 1,0 \rightarrow 380 \text{ kNm/m}$   
 484 kNm/m

Grond op terra (Terra 0,5m)

Neerwaarts:  $(20-10) \cdot 5,9 \cdot 0,5 \cdot 2 \rightarrow 59 \text{ kNm/m}$

Netto:  $446 - 484 + 59 \rightarrow 21 \text{ kNm/m}$  Druk in fundering.

PROJECT: \_\_\_\_\_

ONDERDEEL: \_\_\_\_\_

PROJECTNR.: \_\_\_\_\_ DATUM: \_\_\_\_\_

NAAM: \_\_\_\_\_

### Belasting Kolk Wand

Normale situatie

Kolkpeil 0,2-MAP gws 0,05-MAP

grond water MV-bod.

$$V_{rep}: 122 \frac{m^3}{m^2} + 6 \frac{m^3}{m^2} + 59 \frac{m^3}{m^2} \rightarrow 187 \frac{m^3}{m^2}$$

$$M_{rep}: 260 \frac{m^3}{m^2} + 12,2 \frac{m^3}{m^2} + 174 \frac{m^3}{m^2} \rightarrow 446 \frac{m^3}{m^2}$$

Na spuien

Kolkpeil 0,4-MAP gws 1,70<sup>+</sup>-MAP

$$V_{rep}: 87 + 174 - 72,7 \rightarrow 188,3 \frac{m^3}{m^2}$$

$$M_{rep}: 170,6 + 311 - 9,45 \rightarrow 472 \frac{m^3}{m^2}$$

Belasting op wand boven na spuien  $\sim$  gelijk

- geen MV-belasting direct na spuien (grond heeft niet benodigde draagkracht).



## Bijlage 5 FMEA bewegingswerk objecten



## BIJLAGE 5

**Betreft** : **IJsseldelta Zuid: Verkennende FMEA  
bewegingswerk objecten**

---

### 1 ALGEMEEN

Ten behoeve van de betrouwbaarheidsanalyse IJsseldelta Zuid wordt in deze memo een verkennende FMEA gemaakt voor de bewegingswerken van de schuiven van het inlaatwerk, het spuumiddel en het extra spuumiddel en de puntdeuren van de keersluizen en de Roggebotsluis. Het betreft een verkennende FMEA; de uitvoering van de bewegingswerken ligt (vaak) nog niet vast. Wanneer de bewegingswerken verder uitgewerkt zijn, zal de FMEA moeten worden geactualiseerd en aangevuld.

IJsseldelta Zuid bestaat uit verschillende objecten. Van de betreffende objecten is een RA-analyse gemaakt in de vorm een FMEA (Failure Mode en Effect Analysis). Een FMEA is een kwalitatieve analyse en beschrijft op welke wijze een installatie/object kan falen. Een kwantitatieve analyse zoals Fault Tree Analysis (FTA) beschrijft de kans dat een installatie/object faalt. Van IJsseldelta Zuid is eveneens een verkennende kwantitatieve analyse gemaakt. Deze is opgenomen in bijlage 1.

Middels een FMEA analyse worden de risico's van een object/installatie geïnterpreteerd en beoordeeld. Aan de hand van de ernst van het gevolg, de frequentie van het optreden en de wijze waarop het risico wordt gedetecteerd, wordt een risico gewaardeerd. De waardering hierbij met een cijfer; hoe hoger het cijfer hoe groter het risico. Door de FMEA worden de belangrijkste risico's in kaart gebracht. Bij een te hoge waardering van een risico dienen er beheersmaatregelen te worden genomen om het risico te reduceren.

Een FMEA is enigszins subjectief. De ervaring van de analist kan invloed hebben op het resultaat. Om deze reden is het te adviseren om een FMEA met zoveel mogelijk belanghebbenden uit te voeren.

In het onderliggende document wordt de aanpak van de FMEA nader beschreven. De FMEA zelf is opgenomen in de bijlagen.

### 2 UITVOERING

Voor de risico-analyse wordt gebruik gemaakt van een Excel-tool. Van het object/installatie worden de risico's geïnterpreteerd en gewaardeerd, aan de hand van de ernst van het gevolg, de frequentie van optreden en de wijze van detectie. Bij een te hoge waardering van een risico worden beheersmaatregelen genomen om het risico te reduceren tot acceptabel. In onderstaande paragraaf staat in het kort de werkwijze beschreven.

#### 2.1 Werkwijze FMEA

1. Inventarisatie componenten: Aan de hand van een blokschema worden de belangrijkste componenten van het object/installatie bepaald.
2. Inventarisatie faalwijzen: In de volgende stap wordt aan de hand van de componenten de mogelijke faalwijzen in kaart gebracht.
3. Inventarisatie gevolgen: Vervolgens worden van de verschillende faalwijzen de gevolgen bepaald.



4. Boordelen van de ernst: Van elk gevolg wordt de ernst beoordeeld met een cijfer van 1 t/m 10, naarmate het gevolg ernstiger is.
5. Bepalen oorzaak en kans van optreden: Van elke faalwijze wordt de mogelijke oorzaak bepaald en wordt de kans van optreden beoordeeld met een cijfer van 1 t/m 10, naarmate de kans van optreden groter is.
6. Detectiemethode en kans op ontdekken: Van een faalwijze of een gevolg daarvan wordt bepaald hoe deze momenteel gedetecteerd wordt. De methode wordt beoordeeld met een cijfer van 1 t/m 10, naarmate de kans op detectie kleiner is.
7. Berekening van het Risk Priority Number (RPN): Van elke faalwijze wordt het Risk Priority Number (Ernst x Frequentie x Detectie) berekend.
8. Faalwijzen die moeten worden aangepakt: Aan de hand van het Risk Priority Number zal worden bekeken of een faalwijze wordt aangepakt. Hiertoe zal bij overschrijding van een toegestaan RPN waarde actie worden ondernomen. Vaak wordt een RPN waarde van 100 als grenswaarde aangehouden.
9. Beheersmaatregelen: Voor elke geselecteerde faalwijze zal actie genomen moeten worden om de RPN waarde te reduceren. In eerste instantie zal geprobeerd worden de faalwijze te elimineren. Wanneer dat niet mogelijk is wordt getracht de kans van optreden te reduceren. Als laatste mogelijkheid blijft over het vergroten van de kans op detectie.
10. Herberekening RPN: Aan de hand van de verbeteringen wordt de nieuw RPN waarde berekend.

In bijlage is een algemene classificatielijst voor het beoordelen van de ernst, frequentie en detectie opgenomen.

### **3 UITGANGSPUNTEN**

Voor het bewegingswerk van de schuiven van het inlaatwerk, het spuumiddel en het extra spuumiddel wordt uitgegaan van een elektromechanisch of hydraulisch bewegingswerk. Zowel de spuumiddelen als het inlaatwerk hebben twee doorlaten. Bij de spuumiddelen zijn in elke doorlaat twee keermiddelen opgenomen. Elke doorstroomkoker van het inlaatwerk beschikt over twee schuiven; een onder- en een bovenschuif die tegen elkaar afdichten. Met de schuiven kan de afvoercapaciteit worden geregeld. De exacte regeling is hierbij nog nader uit te werken in de volgende fasen.

Elke schuif beschikt over zijn eigen bewegingswerk. Voor de debietregeling bij het inlaatwerk dient de benodigde instrumentatie te worden voorzien. Er wordt uitgegaan van een indirecte debietregeling middels niveaumeting en niveaoverschilmeting over het inlaatwerk.

Voor het bewegingswerk voor de puntdeuren van de keersluizen en de Roggebotsluis wordt uitgegaan van een elektromechanisch bewegingswerk. De exacte uitvoering van het bewegingswerk nog nader te bepalen. Vooralsnog wordt voor de deurbeweging uitgegaan van een panamawiel aandrijving.

### **4 RESULTATEN**

De FMEA is in de bijgevoegde bijlage opgenomen. Ter informatie wordt in het onderstaande de FMEA van het inlaattuig nader toegelicht. Voor de overige objecten wordt verwezen naar de FMEA zelf.



#### 4.1 Inlaatmiddel

In het onderstaande staan de van de verschillende items de faalwijzen benoemd met een overschrijding van het Risk Priority Number. Daarbij wordt de beheersmaatregel gegeven ter om het risico te reduceren. Bij de beheersmaatregelen zal In eerste instantie geprobeerd worden de faalwijze te elimineren. Wanneer dat niet mogelijk is wordt getracht de kans van optreden te reduceren. Als laatste mogelijkheid blijft over het vergroten van de kans op detectie. Voor het Risk Priority Number wordt uitgegaan van de veel gebruikte waarde 100.

##### Faalwijzen met overschrijding RPN

De FMEA van de sluis is opgenomen in de bijlage. Uit de analyse volgt dat voor verschillende faalwijzen het Risk Priority Number wordt overschreden en er beheersmaatregelen nodig zijn, te weten (zie ook [Tabel 1](#)):

- besturingsinstallatie
- niveaumeting
- aandrijvingen schuiven.

**Tabel 1: faalwijzen met overschrijding RPN**

Nummer	Plaats, Onderdeel of Functie	Mogelijke faalwijze	Mogelijk gevolg	Ernst	Mogelijke oorzaak	Frequentie	Huidige wijze van detectie	Detectie	RPN (Ex-Id)	Actie (NI)
5	besturingsinstallatie	lokale bediening	geen spuien	9	bedieningsknoppen defect	2	geen detectie	8	144	J
7	niveaumeting	geeft verkeerde waarde aan	geen spuien	9	defect	2	geen detectie	8	144	J
8	Aandrijving onderschuif doorlaat 1 faalt	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
9	Aandrijving bovenschuif doorlaat 1 faalt	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
10	Aandrijving onderschuif doorlaat 2 faalt	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
11	Aandrijving bovenschuif doorlaat 2 faalt	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J

##### Ad. besturingsinstallatie, lokale bediening

Ten behoeve van de aansturing op locatie is een lokaal bedienpaneel voorzien. Dit bedienpaneel zal vrijwel niet gebruikt worden, zodat storingen niet gedetecteerd worden.

##### Ad. niveaumeting

Wanneer een niveaumeter in storing valt wordt dat gedetecteerd. Niet gedetecteerd wordt een eventueel verkeerd gemeten waarde. Omdat het inlaatwerk op debiet wordt geregeld aan de hand van gemeten niveaus en niveauverschillen kunnen bij verkeerd gemeten waarden verkeerde 'beslissingen/acties' worden ondernomen.

##### Ad. aandrijving

De schuiven zijn voorzien van een elektromechanisch/hydraulisch bewegingswerk. Onderdelen van het bewegingswerk kunnen falen (elektromotor, elektronica etc.) waardoor de schuiven niet bediend kunnen worden. Storingen worden pas gedetecteerd wanneer het bewegingswerk wordt ingeschakeld.

##### Beheersmaatregelen

In de onderstaande tabel staan beheersmaatregelen. De beheersmaatregel voor het falen van het lokale bediening is het periodiek testen op correcte werking. Hiertoe zal een inspectieplan moeten worden opgesteld. Voor de niveaumeting wordt een redundante meting voorgesteld; bij een verschil in meetwaarden wordt een storing doorgegeven. Voor de aandrijvingen van de



schuiven is als beheersmaatregel een nood-handbediening opgenomen. Bij het falen van de aandrijving van het bewegingswerk kunnen de schuiven alsnog met de 'hand' naar de gewenste stand worden gebracht.

**Tabel 2: beheersmaatregelen**

Aanbevelingen				Realisatie					
Nummer	Aanbevolen maatregel	Begroting kosten	Uit te voeren door	Uit te voeren voor datum	Datum gereed	Ernst	Frequentie	Detectie	RPN (EXFAD)
B5	periodiek testen					9	2	4	72
B7	redundante niveaumeting					9	2	2	36
B8	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
B9	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
B10	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
B11	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60



## Bijlage FMEA

# FMEA - Failure Mode and Effect Analysis

Bedrijf: Rijkswaterstaat

Product / Proces: verkennende FMEA

Kenmerk: IJsseldelta Zuid

Datum: 01-03-13

Nummer	Plaats, Onderdeel of Functie	Mogelijke faalwijze	Mogelijk gevolg	Ernst	Mogelijke oorzaak	Frequentie	Huidige wijze van detectie	Detectie	RPN (ExFXD)	Actie (J/N)
<b>A</b>	<b>Keersluizen</b>									
1	energievoorziening	storing net	geen kering	9	storing van het net	5	signalering hoofdpst; communicatie valt weg	2	90	N
2	energievoorziening	transformator	geen kering	9	transformator defect	3	signalering hoofdpst; communicatie valt weg	2	54	N
3	energievoorziening	vermogenschakelaar	geen kering	9	defect beveiligingen, storing	3	signalering hoofdpst; communicatie valt weg	2	54	N
4	besturingsinstallatie	PLC	geen kering	9	defecte PLC, IO-kaarten etc.	3	signalering hoofdpst, communicatie valt weg	2	54	N
5	besturingsinstallatie	lokale bediening	geen kering	9	bedieningsknoppen defect	2	storingsmelding	8	144	J
6	Aandrijving deur A sluis 1 faalt	storing	deur A sluit niet, geen kering	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
7	Aandrijving deur B sluis 1 faalt	storing	deur B sluit niet, geen kering	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
8	Aandrijving deur A sluis 2 faalt	storing	deur A sluit niet, geen kering	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
9	Aandrijving deur B sluis 2 faalt	storing	deur B sluit niet, geen kering	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
10	Deurbeweging faalt	brand	geen kering	8	defect	1	storingsmelding	3	24	N
11	Deurbeweging faalt	bliksem	geen kering	9	defect	1	storingsmelding	3	27	N
12	Deur A sluis 1 faalt	blokkeert	deur A sluit niet, geen kering	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
13	Deur B sluis 1 faalt	blokkeert	deur B sluit niet, geen kering	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
14	Deur A sluis 2 faalt	blokkeert	deur A sluit niet, geen kering	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
15	Deur B sluis 2 faalt	blokkeert	deur B sluit niet, geen kering	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
<b>B</b>	<b>Inlaatmiddel</b>									
1	energievoorziening	storing net	geen spuien	9	storing van het net	5	signalering hoofdpst; communicatie valt weg	2	90	N
2	energievoorziening	transformator	geen spuien	9	transformator defect	3	signalering hoofdpst; communicatie valt weg	2	54	N
3	energievoorziening	vermogenschakelaar	geen spuien	9	defect beveiligingen, storing	3	signalering hoofdpst; communicatie valt weg	2	54	N



# FMEA - Failure Mode and Effect Analysis

Bedrijf: Rijkswaterstaat

Product / Proces: verkennende FMEA

Kenmerk: IJsseldelta Zuid

Datum: 01-03-13

Nummer	Plaats, Onderdeel of Functie	Mogelijke faalwijze	Mogelijk gevolg	Ernst	Mogelijke oorzaak	Frequentie	Huidige wijze van detectie	Detectie	RPN (ExFxD)	Actie (J/N)
4	besturingsinstallatie	PLC	geen spuien	9	defecte PLC, IO-kaarten etc.	3	signalering hoofdpst, communicatie valt weg	2	54	N
5	besturingsinstallatie	lokale bediening	geen spuien	9	bedieningsknoppen defect	2	geen detectie	8	144	J
6	niveaumeting	storing	geen spuien	9	defect	3	detectie	3	81	N
7	niveaumeting	geeft verkeerde waarde aan	geen spuien	9	defect	2	geen detectie	8	144	J
8	Aandrijving onderschuif doorlaat 1 faalt	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
9	Aandrijving bovenschuif doorlaat 1 faalt	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
10	Aandrijving onderschuif doorlaat 2 faalt	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
11	Aandrijving bovenschuif doorlaat 2 faalt	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
12	Schuifbeweging faalt	brand	geen spuien	9	defect	1	storingsmelding	3	27	N
13	Schuifbeweging faalt	bliksem	geen spuien	9	defect	1	storingsmelding	3	27	N
14	Onderschuif doorlaat 1 faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
15	Bovenschuif doorlaat 1 faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
16	Onderschuif doorlaat 2 faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
17	Bovenschuif doorlaat 2 faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
<b>C</b>	<b>Spuimiddel</b>									
1	energievoorziening	storing net	geen spuien	9	storing van het net	5	signalering hoofdpst; communicatie valt weg	2	90	N
2	energievoorziening	transformator	geen spuien	9	transformator defect	3	signalering hoofdpst; communicatie valt weg	2	54	N
3	energievoorziening	vermogensschakelaar	geen spuien	9	defect beveiligingen, storing	3	signalering hoofdpst; communicatie valt weg	2	54	N
4	besturingsinstallatie	PLC	geen spuien	9	defecte PLC, IO-kaarten etc.	3	signalering hoofdpst, communicatie valt weg	2	54	N
5	besturingsinstallatie	lokale bediening	geen spuien	9	bedieningsknoppen defect	2	geen detectie	8	144	J

# FMEA - Failure Mode and Effect Analysis

Bedrijf: Rijkswaterstaat

Product / Proces: verkennende FMEA

Kenmerk: IJsseldelta Zuid

Datum: 01-03-13

Nummer	Plaats, Onderdeel of Functie	Mogelijke faalwijze	Mogelijk gevolg	Ernst	Mogelijke oorzaak	Frequentie	Huidige wijze van detectie	Detectie	RPN (ExFxD)	Actie (J/N)
6	Aandrijving schuif A van koker 1	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
7	Aandrijving schuif B van koker 1	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
8	Aandrijving schuif A van koker 2	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
9	Aandrijving schuif B van koker 2	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
10	Schuifbeweging faalt	brand	geen spuien	9	defect	1	storingsmelding	3	27	N
11	Schuifbeweging faalt	bliksem	geen spuien	9	defect	1	storingsmelding	3	27	N
12	Schuif 1 koker A faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
13	Schuif 2 koker A faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
14	Schuif 1 koker B faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
15	Schuif 2 koker B faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
<b>D</b>	<b>Extra Spuimiddel</b>									
1	energievoorziening	storing net	geen spuien	9	storing van het net	5	signalering hoofdpost; communicatie valt weg	2	90	N
2	energievoorziening	transformator	geen spuien	9	transformator defect	3	signalering hoofdpost; communicatie valt weg	2	54	N
3	energievoorziening	vermogensschakelaar	geen spuien	9	defect beveiligingen, storing	3	signalering hoofdpost; communicatie valt weg	2	54	N
4	besturingsinstallatie	PLC	geen spuien	9	defecte PLC, IO-kaarten etc.	3	signalering hoofdpost, communicatie valt weg	2	54	N
5	besturingsinstallatie	lokale bediening	geen spuien	9	bedieningsknoppen defect	2	geen detectie	8	144	J
6	Aandrijving schuif A van koker 1	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
7	Aandrijving schuif B van koker 1	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
8	Aandrijving schuif A van koker 2	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
9	Aandrijving schuif B van koker 2	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
10	Schuifbeweging faalt	brand	geen spuien	9	defect	1	storingsmelding	3	27	N
11	Schuifbeweging faalt	bliksem	geen spuien	9	defect	1	storingsmelding	3	27	N
12	Schuif 1 koker A faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N

# FMEA - Failure Mode and Effect Analysis

Bedrijf: Rijkswaterstaat

Product / Proces: verkennende FMEA Kenmerk: IJsseldelta Zuid Datum: 01-03-13

Nummer	Plaats, Onderdeel of Functie	Mogelijke faalwijze	Mogelijk gevolg	Ernst	Mogelijke oorzaak	Frequentie	Huidige wijze van detectie	Detectie	RPN (ExFxD)	Actie (J/N)
13	Schuif 2 koker A faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
14	Schuif 1 koker B faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
15	Schuif 2 koker B faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
<b>E</b>	<b>Roggebotsluis</b>									
1	energievoorziening	storing net	geen spuien	9	storing van het net	5	signalering hoofdpost; communicatie valt weg	2	90	N
2	energievoorziening	transformator	geen spuien	9	transformator defect	3	signalering hoofdpost; communicatie valt weg	2	54	N
3	energievoorziening	vermogensschakelaar	geen spuien	9	defect beveiligingen, storing	3	signalering hoofdpost; communicatie valt weg	2	54	N
4	besturingsinstallatie	PLC	geen spuien	9	defecte PLC, IO-kaarten etc.	3	signalering hoofdpost, communicatie valt weg	2	54	N
5	besturingsinstallatie	lokale bediening	geen spuien	9	bedieningsknoppen defect	2	geen detectie	8	144	J
6	Aandrijving deur A van deurstel 1	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
7	Aandrijving schuif B van deurstel 1	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
8	Aandrijving deur A van deurstel 2	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
9	Aandrijving deur B van deurstel 2	storing	geen spuien	9	defect	4	storingsmelding	3	108	J
10	Deurbeweging faalt	brand	geen spuien	9	defect	1	storingsmelding	3	27	N
11	Deurbeweging faalt	bliksem	geen spuien	9	defect	1	storingsmelding	3	27	N
12	deur A van deurstel 1 faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
13	deur B van deurstel 1 faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
14	deur A van deurstel 2 faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N
15	deur B van deurstel 1 faalt	blokkeert	geen spuien	9	defect	2	storingsmelding	3	54	N

# FMEA - Failure Mode and Effect Analysis

Bedrijf: Rijkswaterstaat

Product / Proces: verkennende FMEA

Kenmerk: IJsseldelta Zuid

Datum 1 maart 2013

Aanbevelingen					Realisatie				
Nummer	Aanbevolen maatregel	Begroting kosten	Uit te voeren door	Uit te voeren voor datum	Datum gereed	Ernst	Frequentie	Detectie	RPN (EXFD)
A5	periodiek testen					9	2	4	72
A6	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
A7	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
A8	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
A9	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
B5	periodiek testen					9	2	4	72
B7	redundante niveaumeting					9	2	2	36
B8	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
B9	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
B10	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
B11	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
C5	periodiek testen					9	2	4	72
C6	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
C7	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
C8	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
C9	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
D5	periodiek testen					9	2	4	72
D6	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
D7	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
D8	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
D9	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
E5	periodiek testen					9	2	4	72
E6	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
E7	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
E8	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60
E9	nood-handbediening voorzien					5	4	3	60

# FMEA - Failure Mode and Effect Analysis

Bedrijf: Rijkswaterstaat

Product / Proces: verkennende FMEA

Kenmerk: IJsseldelta Zuid

Datum

1 maart 2013

Ernst (product)		
Score	Omschrijving	Definitie
10	Gevaarlijk hoog	Falen kan klant of personeelslid ernstig verwonden
9	Zeer hoog	Falen leidt tot het niet langer voldoen aan wettelijke normen en voorschriften.
8	Erg hoog	Door falen raakt het product defect en onbruikbaar.
7	Hoog	Falen leidt tot klantontevredenheid
6	Gemiddeld	Door falen wordt het product gedeeltelijk onbruikbaar of defect
5	Laag	Falen leidt tot klachten van klanten
4	Erg laag	Falen kan gecorrigeerd worden, maar leidt tot minder goede prestatie van het product
3	Minimaal	Falen leidt tot ergernis bij de klant maar hij kan het zelf verhelpen zonder op de prestatie van het product in te boeten
2	Gering	Het falen wordt niet door de klant opgemerkt en heeft slechts een gering effect op de werking van het product
1	Geen	Falen wordt niet opgemerkt door de klant en heeft geen effect op de werking van het product.

Ernst (proces)		
Score	Omschrijving	Definitie
10	Gevaarlijk hoog	Falen kan personeelslid ernstig verwonden
9	Zeer hoog	Falen leidt tot het niet langer voldoen aan wettelijke normen en voorschriften.
8	Erg hoog	Falen leidt tot de mogelijkheid dat producten die niet voldoen bij de klant terecht komen.
7	Hoog	Falen leidt tot het moeten afkeuren van reeds gemaakte producten.
6	Gemiddeld	Falen kan niet op korte termijn gecorrigeerd worden en leidt tot langdurige stilstand van het proces.
5	Laag	Falen leidt tot het moeten repareren van reeds gemaakte producten.
4	Erg laag	Falen kan gecorrigeerd worden, maar leidt tot beperkte stilstand van het proces.
3	Minimaal	Falen leidt tot ergernis, maar kan verholpen worden zonder noemenswaardige stilstand van het proces.
2	Gering	Het falen wordt niet opgemerkt en heeft slechts een gering effect op de werking van het proces.
1	Geen	Falen wordt niet opgemerkt en heeft geen effect op de goede werking van het proces.

# FMEA - Failure Mode and Effect Analysis

Bedrijf: Rijkswaterstaat

Product / Proces: verkennende FMEA

Kenmerk: IJsseldelta Zuid

Datum 1 maart 2013

Frequentie (kans op falen)		
Score	Omschrijving	Definitie
10	Extreem vaak (falen is onvermijdelijk)	Meer dan eens per dag of Een kans van meer dan 3 op de 10.
9	Zeer vaak	Eens per drie of vier dagen of Een kans van 3 per 10
8	Vaak	Eens per week of Een kans van 5 per honderd
7	Zeer regelmatig	Eens per maand of 1 op de 100
6	Regelmatig	Eens per 3 maanden of 3 per 1000
5	Met tussenpozen	Eens per 6 maanden tot een per jaar of 1 op de 10.000
4	Af en toe	Eens per jaar of 6 op de 100.000
3	Laag	Eens per een op de drie jaar of 6 per 10.000.0000
2	Gering	Eens per drie tot vijf jaar of 2 per 1.000.000.000
1	Nihil (falen is onwaarschijnlijk)	Eens per vijf of meer jaar of Minder dan 2 per 1.000.000.000

Detectie (kans op tijdige ontdekking)		
Score	Omschrijving	Definitie
10	Vrijwel uitgesloten	Het product wordt niet geïnspecteerd of het defect is niet te detecteren.
9	Zeer onwaarschijnlijk	Het product wordt steekproefsgewijs gecontroleerd en vrijgegeven op basis van AQL (Acceptable Quality Level).
8	Onwaarschijnlijk	Het product wordt steekproefsgewijs gecontroleerd en vrijgegeven op basis van zero defects in de steekproef.
7	Erg laag	Het product wordt 100% handmatig gecontroleerd.
6	Laag	Het product wordt 100% handmatig gecontroleerd met go/no-go of een andere vorm van foutpreventie.
5	Gemiddeld	Een vorm van SPC procesbeheersing wordt uitgevoerd en het product ondergaat een eindcontrole off-line.
4	Meer dan gemiddeld	FSPC procesbeheersing wordt gebruikt en er is een onmiddellijke reactie op het buiten de regelgrenzen lopen.
3	Waarschijnlijk	Een gekwalificeerde SPC procesbeheersing wordt gebruikt.
2	Zeer waarschijnlijk	Alle producten worden 100% automatisch gecontroleerd.
1	Vrijwel zeker	Het defect is duidelijk zichtbaar of er vindt 100% automatische controle plaats met regelmatige ijking en preventief onderhoud van de controle apparatuur.