



RWS BEDRIJFSINFORMATIE

Bijlagerapport:

Betrouwbaarheidsanalyse coupure Den Oever

Betrouwbaarheidsanalyse van een coupure langs de kust ten behoeve van de verificatie van de standaard scoretabellen voor niet sluiten

Datum	1 november 2017
Status	definitief

Colofon

Uitgegeven door	RWS
Informatie	Helpdesk Water
Telefoon	088-7977102
Uitgevoerd door	Bob van Bree en Arnaud Casteleijn
Datum	1 november 2017
Status	definitief
Versienummer	1.0

Inhoud

1	Inleiding 7
1.1	Doel 7
1.2	Leeswijzer 7
2	Beschrijving systeem coupure Den Oever 9
2.1	Algemeen 9
2.2	Beschrijving van de coupure Den Oever 9
2.2.1	Gegevens locatie 10
2.2.2	Gegevens constructie 10
2.3	Gebruik en bediening 12
2.4	Gebruikservaring 13
3	Analyse niet-beschikbaarheid coupure Den Oever 15
3.1	Introductie kans op niet-beschikbaarheid 15
3.2	Algemene opzet van de analyse 18
3.3	Analyse van externe gebeurtenissen 18
3.4	Analyse van afhankelijk falen 19
3.5	Analyse menselijk falen 20
3.6	Analyse van Technisch falen 21
3.6.1	Analyse van niet-merkbaar falen 21
3.6.2	Analyse van merkbaar falen 21
3.6.3	Analyse van falen tijdens missie 21
3.6.4	Analyse van spontaan falen 21
3.7	Kwalitatieve en kwantitatieve analyse 21
4	Score met scoretabellen 25
4.1	Resultaat scoretabellen 25
4.1.1	Scoretabel Alarmering 25
4.1.2	Scoretabel Mobilisatie 26
4.1.3	Scoretabel Bediening 27
4.1.4	Scoretabel Technisch falen 28
4.2	Vergelijken scoretabellen met foutenbomen geavanceerde analyse 34
4.2.1	Alarmering 34
4.2.2	Mobilisatie 35
4.2.3	Bediening 36
4.2.4	Technisch falen 37
5	Conclusies 39
Referenties 41	
Bijlage A	ANSI-analyse externe gebeurtenissen 43
A.1	Algemeen 43
A.2	Samenvatting externe gebeurtenissen 45
Bijlage B	Faalkans menselijk handelen 51
B.1	Falen herstelactie fout sluiting puntdeuren (bediening) 51
B.2	Herstel beschadigde sponning faalt (technisch falen) 52

B.3 Herstel belemmering 53

Bijlage C Logboek faalkansen 55

Bijlage D Foutenbomen 57

1 Inleiding

1.1 Doel

Het voorliggende rapport is een achtergrondrapport bij het rapport *Kwantificering scoretabellen niet sluiten* [Ref. 9], waarin de vernieuwde gedetailleerde methode voor het bepalen van de betrouwbaarheid van sluiten is uitgewerkt. Deze methode bestaat uit een standaard foutenboom + scoretabel voor ieder onderdeel van niet sluiten: Alarmering, Mobilisatie, Bediening en Technisch falen.

In de voorliggende rapportage is een geavanceerde analyse gemaakt van de betrouwbaarheid van de sluiting van de coupure Den Oever in Den Oever. Deze analyse is min of meer representatief voor een 'standaard' coupure in een systeem met een korte reactietijd (kust, merengebied) waar doorgaans een permanent keermiddel aanwezig is. Op basis van gedetailleerde foutenbomen zijn de faalkansen bepaald voor de beoordelingsaspecten alarmering, mobilisatie, bediening en technisch falen. Deze faalkansen zijn vergeleken met de scores die volgens de scoretabellen (die gebaseerd zijn op standaard foutenbomen) zouden zijn behaald.

Het doel van deze studie is te bepalen in hoeverre de modelering van niet sluiten door Alarmering, Mobilisatie, Bediening en Technisch falen volgens de scoretabellen overeenkomt met die van de geavanceerde foutenbomen. Vervolgens kunnen de scoretabellen (die gebaseerd zijn op standaard foutenbomen) gebruikt worden voor ontwerpen en beoordeling volgens de gedetailleerde methode / toetslaag 2.

Dit doel wordt bereikt door de volgende vragen te beantwoorden:

- in hoeverre is de standaard foutenboom vergelijkbaar met de geavanceerde foutenbomen uit de risicoanalyses op maat?
- in hoeverre kunnen de geavanceerde foutenbomen worden omschreven naar de opbouw van de standaard foutenboom?
- in hoeverre komt de kwantificering van de standaard foutenboom overeen met die van de geavanceerde foutenbomen?

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving van de coupure Den Oever gegeven. Deze beschrijving vormt de basis voor de analyse naar niet-beschikbaarheid van de coupure die in hoofdstuk 3 wordt uitgewerkt. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens de betrouwbaarheid bepaald met de nieuwe scoretabellen en vergeleken met de betrouwbaarheid die middels de geavanceerde analyse is bepaald. Hoofdstuk 5 tenslotte bundelt de belangrijkste conclusies en aanbevelingen die op basis van deze analyse kunnen worden getrokken.

2 Beschrijving systeem coupure Den Oever

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden algemene gegevens en uitgangspunten van de uitgevoerde faalkansanalyse gegeven. Specifieke uitgangspunten ten aanzien van bepaalde aspecten kunnen in de bijlagen worden teruggevonden. Dit hoofdstuk is bedoeld om snel een algemene indruk van het systeem te verkrijgen.

2.2 Beschrijving van de coupure Den Oever

In deze paragraaf wordt een beschrijving van de coupure Den Oever gegeven. Daarbij komen zowel de locatiegegevens als de algemene constructiegegevens aan bod voor zover deze relevant zijn voor de beoordeling op niet sluiten. Over het algemeen zijn de gegevens overgenomen uit [Ref. 1] en aangevuld op basis van recentere informatie.



Figuur 1 Foto's coupure Den Oever (bron: [Ref. 1])

2.2.1

Gegevens locatie

Coupure Den Oever is gelegen in het dorp Den Oever en vormt de doorgang vanuit de Zeestraat naar het buitendijks gelegen haventerrein. De coupure maakt onderdeel uit van dijktraject 12-1. De signaleringswaarde van de norm van het dijktraject 12-1 bedraagt 1/1.000 per jaar, de ondergrens is eveneens 1/1.000 per jaar. De coupure sluit in situaties van hoge waterstanden op de Waddenzee de haven af. Achter de coupure ligt het centrum van Den Oever. De locatie van de coupure is weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Locatie coupure Den Oever (bron: [Ref. 1])

2.2.2

Gegevens constructie

De coupure Den Oever is, gelijk met de aanleg van de haven, omstreeks 1900 gebouwd. De laatste renovatie heeft plaatsgevonden in 1997. In 2007 zijn de voegen van de deuren opnieuw gekit. Dit mede op basis van een faalkansanalyse die in 1993 door de toenmalige Bouwdienst is gemaakt ([Ref. 10]). Deze analyse heeft ook geleid tot het verhogen van de drempel.

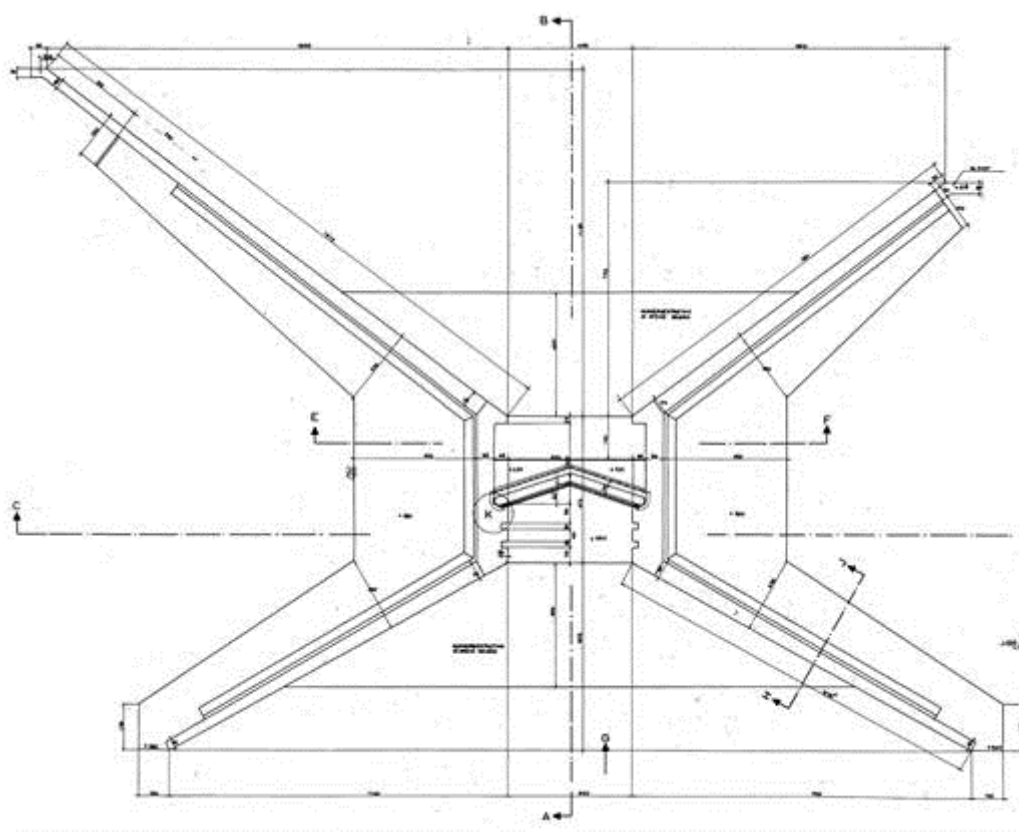
De opening van de coupure heeft een breedte van 4 m, de hoogte is 3,40 m. De betonnen funderingsplaat heeft afmetingen van $b \times l = 18 \times 13$ m en heeft een zandloper vorm (zie Figuur 3). De drempel ligt op een niveau van NAP+2,85 m.

De coupure heeft één opening met twee keermiddelen, namelijk puntdeuren en schotbalken. De schotbalken zijn van Azobé en zijn vierkant 185x185 mm. Door het

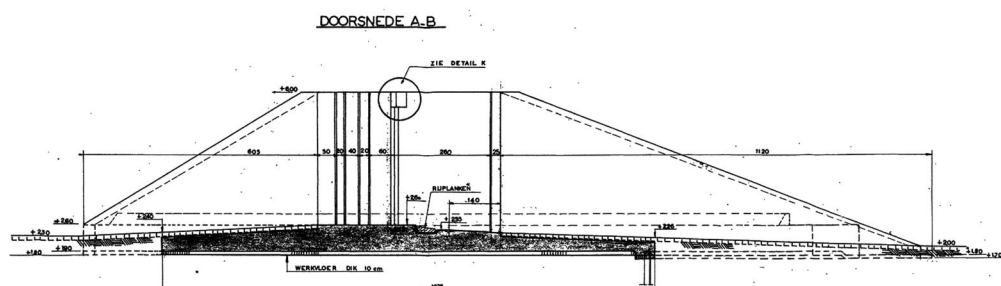
plaatsen van 16 schotbalken wordt een kerende hoogte van circa 5,80 m bereikt. De puntdeuren hebben een kerende hoogte die gelijk is aan de hoogte van de betonconstructie van 6,0 m+NAP. Het ontwerppeil is niet bekend. Wel is bekend dat de hoogst gekeerde waterstand gelijk is aan NAP+3,70 m en is opgetreden in 1953.

De beheerder is het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier.

De algehele toestand van het kunstwerk wisselt. In het beton zitten enkele scheuren en tijdens het veldbezoek bleken de naden van de deuren open te staan. In de VNK-analyse zijn daarom alleen de schotbalken als keermiddel aangemerkt. In het licht van de huidige overstromingskansbenadering is dat uitgangspunt te conservatief; lekkage door de naden leidt hooguit tot lichte wateroverlast maar zeker niet tot een overstroming van het dijkkringgebied. Daarom zijn in deze analyse de puntdeuren ook meegenomen.



Figuur 3 Principe van het bovenaanzicht van de coupure Den Oever (bron: [Ref. 1])



Figuur 4 Doorsnede A-B uit situatie Figuur 3 (bron: [Ref. 1])

Direct voor en achter de betonconstructie is bestrating (klinkers) aanwezig.

2.3

Gebruik en bediening

De functie van de coupure is het keren van hoog buitenwater ter voorkoming van wateroverlast/ overstroming van het dorp Den Oever. Normaliter staat de coupure open. Bij een waarschuwingspeil van NAP+1,90 m in Den Helder wordt de bediening van de coupure geïnformeerd. De waterstand in Den Oever is dan nog circa 30 á 40 cm lager. Indien de sluiswachter van de Stevinsluizen in Den Oever ook een waterstand van NAP+1,90 m waarneemt, wordt de beheerder van Coupure Den Oever gemobiliseerd om de actuele waterstand ter plaatse van de coupure te volgen. Bij een waterstand van NAP+2,20 m wordt de coupure met de hand gesloten nadat het buitengebied is ontruimd. Meestal treedt deze waterstand één tot twee keer per jaar op. De schotbalken blijken inmiddels het eerste keermiddel te zijn. Dit in tegenstelling tot de inhoud van het rapport voor de derde toetsronde VTV. Als de waterstand zakt onder NAP+2,20 m en de verwachting is dat deze nog verder zal dalen, wordt de coupure weer geopend. [8]

Voor het sluiten van de coupure dient een team gemobiliseerd te worden en de schotbalken te worden aangevoerd. De schotbalken liggen een honderdtal meters verderop, binnendijks opgeslagen. Plaatsing van de schotbalken vindt plaats met behulp van een vrachtwagen met kraan. De sluiting van de deuren gebeurt met de hand.



Figuur 5 Proefsluiting puntdeuren buitenzijde (bron: [Ref. 1])



Figuur 6: Proefsluiting schotbalken binnenzijde (bron: [Ref. 1])

De coupure wordt gesloten door medewerkers van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Vooruitlopend op een daadwerkelijke sluiting worden bij het kunstwerk bij het bereiken van het signaleringspeil van 1,90 m+NAP bij de coupure zelf diverse preventieve maatregelen genomen zoals:

- Controleren van de sponningen
- Voorbereiden wegafzetting
- Transport gereed maken van de schotbalken

Indien om wat voor reden dan ook de sluiting middels de deuren en schotbalken faalt bestaat er geen mogelijkheid om met big bags een noodkering op te bouwen.

Het hoogheemraadschap controleert de coupure minimaal 1x per jaar op gebreken en oefent ook minimaal 1x per jaar de sluiting van de coupures. Hierbij worden zowel de deuren gesloten als de schotbalken geplaatst.

2.4 Gebruikservaring

Er zijn geen verdere bijzonderheden te benoemen voor dit kunstwerk. De coupure wordt gemiddeld twee keer per jaar gesloten. Het is tot op heden altijd gelukt de coupure tijdig te sluiten. Het belangrijkste risico dat is gesignaleerd is dat de naden van de beplating van de deur niet meer volledig gevuld zijn.

3 Analyse niet-beschikbaarheid coupure Den Oever

3.1 Introductie kans op niet-beschikbaarheid

De theorie voor beschikbaarheidsanalyse is beschreven in verschillende literatuurbronnen. Ten aanzien van specifiek waterkerende constructies is de literatuur echter beperkt. De beschikbare documenten blijken ieder in te zoomen op andere facetten en laten hier en daar witte vlekken. Vandaar dat in deze paragraaf een samenvatting is gegeven en getracht is onderwerpen te verbinden tot een geheel, hiervoor zijn de volgende bronnen gebruikt: RAMS analyse Meppelerdiepsluis [Ref. 13], Handreiking RWS Faaldatabase definitief versie 1.0 [Ref. 8], Leidraad Kunstwerken 2003 [Ref. 12] en Handreiking PRA [Ref. 7].

In geavanceerde risicoanalyses, ook voor waterkeringen, wordt gebruik gemaakt van foutenboom- of gebeurtenissenboomanalyses met speciale software. Voor RWS maakt het te gebruiken programma niet uit, zolang de resultaten leesbaar zijn middels Isograph Reliability Workbench.

In alle onderdelen van de sluitingsprocedure kan sprake zijn van menselijke fouten en technisch falen. In alle beoordelingsaspecten Alarmering, Mobilisatie, Bediening en Technisch falen kunnen beide optreden, waarbij in het geval van het beoordelingsaspect Technisch falen; het falen van technische componenten dominant zal zijn.

Menselijke fouten zijn te onderscheiden in verzuimfouten, keuzefouten, behandelingsfouten, volgordefouten en buitengewone acties. In het bijzonder betreft het fouten in menselijke voorspellingen, het uitblijven van beslissingen, het nemen van verkeerde beslissingen, het niet uitvoeren van beslissingen, en het fout uitvoeren van beslissingen.

In het geval van technisch falen van een component kan de kans op niet-beschikbaarheid U [-] bij een random vraag om functioneren het gevolg zijn van spontaan falen, niet-merkbaar falen in de voorafgaande periode, merkbaar falen en van testen.

Wanneer iets merkbaar of niet-merkbaar faalt dient duidelijk onderscheiden te worden. Het is afhankelijk van het gedefinieerde moment dat opgemerkt wordt dat iets gefaald is. Bijvoorbeeld, is een lekke band merkbaar gefaald wanneer je ziet dat de band lek is, of wanneer het controlelampje in het dashboard dat aangeeft? Merkbaar en niet-merkbaar falen sluiten elkaar uit, omdat een faalwijze van een component niet zowel merkbaar als niet-merkbaar kan zijn. Dus ofwel formule (1) of (2) wordt gebruikt:

Niet merkbaar falen:

$$U = U_{nmf} + Q + U_{missie} + U_{rep} + U_{test} \quad (1)$$

of

Merkbaar falen:

$$U = U_{mf} + Q + U_{missie} + U_{rep} + U_{test} \quad (2)$$

met¹:

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

Voorbeelden:

- Niet merkbaar falen:
 - het bewegingswerk (scharnier) van een terugslagklep is vastgeroest en zal bij een beroep om te openen niet openen.
 - De softwareapplicatie die gebruikt wordt voor de bediening van de deuren van een schutsluis faalt. Dit is niet merkbaar falen omdat falen pas wordt opgemerkt wanneer men wil schutten. De frequentie van schutten wordt als de testfrequentie opgevat.
- Merkbaar falen:
 - Het falen van de computer waar de bovenstaande software applicatie op draait valt onder merkbaar falen, omdat de computer bijna continu wordt gebruikt voor allerlei functies.
 - een keermiddel (ex. bewegingswerk) hangt in rust (stand-by) boven de waterweg en wordt dusdanig aangevaren dat grote vervormingen, die de waterkerende functie te niet doet, goed zichtbaar zijn.
- Spontaan falen: bij een beroep om te starten faalt een dieselmotor spontaan doordat de slang van de brandstoftoevoer losschiet.
- Falen tijdens missie: het bewegingswerk van het bovengenoemde hangende keermiddel loopt vast tijdens het sluiten.
- Niet beschikbaarheid tijdens reparatie en testen zijn evident.

De kans op niet beschikbaarheid U [-] is dimensieloos en kan worden opgevat als de fractie van een tijdsperiode dat de constructie niet beschikbaar is. Dat is qua eenheid gelijk aan de faalkans per random vraag om functioneren in die tijdsperiode zoals we die kennen uit de Leidraad Kunstwerken 2003. Dit kan verduidelijkt worden met de volgende metafoer: stel de bullseye van een dartbord vertegenwoordigt het niet-beschikbaarheidspercentage en de rest van het bord het beschikbaarheidspercentage van een hoogwaterkeermiddel. De random vraag om functioneren van het keermiddel wordt gesymboliseerd door het werpen van een dartpijl. De kans per worp dat de pijl de bullseye raakt is gelijk aan het percentage aan oppervlak van de bullseye op het dartbord.

Dit is conform de definitie² in handreiking Prestatie Gestuurde Risicoanalyses (PRA) [Ref. 7] op blz. 29³.

¹ in Isograph Reliability Workbench wordt voor niet-beschikbaarheid het symbool Q [-] gebruikt, i.p.v. U [-].

² In de voorliggende studie wordt gewerkt met de niet-beschikbaarheid, ofwel $U = 1 -$ kans op beschikbaarheid.

³ Vervangt per 2106 de leidraden RAMS en ProBO

De definitie van **beschikbaarheid** is:

- 1) *Beschikbaarheid is de verwachte fractie van de totale tijd dat een systeem, onder gegeven omstandigheden, functioneert.*
- 2) *Beschikbaarheid is (ook) de kans dat een systeem, onder gegeven omstandigheden, functioneert wanneer het op een willekeurig tijdstip wordt aangesproken.*

In aanleg-, B&O contracten en de ProBO-methodiek kan de prestatie eis voor hoogwaterkeren U [-] op beide manieren zijn omschreven, als niet-beschikbaarheidspercentage of als faalkans per vraag. In sommige gevallen, zoals bij de Meppelerdiepsluis, is een kans per jaar gevraagd, waarbij U [-] vermenigvuldigd dient te worden met een frequentie.

Alle hierboven benoemde kansen op niet beschikbaarheid, behalve spontaan falen, zijn uitgedrukt in een faalfrequentie λ [-/uur], zie onderstaande versimpelde formules⁴:

- Niet beschikbaar door niet-merkbaar falen: $U_{nmf} = \frac{1}{2} \lambda_{nmf} T$
Waarbij T = periode tussen twee tests of twee reguliere bedienmomenten.
- Niet beschikbaar door merkbaar falen: $U_{mf} = \lambda_{mf} \cdot \theta$
Waarbij θ = reparatieperiode.
Feitelijk de niet beschikbaarheid door reparatie na opmerken van falen.
- Niet beschikbaar door falen tijdens missie: $U_{missie} = \lambda_{missie} \cdot M$
Waarbij M = missietijd.
- Niet beschikbaar door reparatie:
 - In het geval van niet merkbaar falen: $U_{rep} = (\lambda_{nmf} + \lambda_{missie}) \cdot \theta$,
 - In het geval van merkbaar falen: $U_{rep} = \lambda_{missie} \cdot \theta$.
 Feitelijk de niet-beschikbaarheid door reparatie t.g.v. falen tijdens missie.
- Niet-beschikbaarheid door testen: wordt niet beschouwd, testen vindt over het algemeen plaats buiten het hoogwaterseizoen.

Er zijn dus meerdere faalfrequenties mogelijk voor één component, zoals ook verwoord op blz. 71 van [Ref. 7]. De volgende combinaties zijn mogelijk:

- Faalfrequentie voor merkbaar falen (λ_{mf}) en falen tijdens missie (λ_{missie}):
Voorbeeld: de bovenstaande hangende keerschuiif heeft een veel kleinere faalfrequentie tijdens missie (sluiten) t.a.v. aanvaren dan wanneer die stand-by hangt, omdat het scheepvaartverkeer in de waterweg dan is gestremd.
- Faalfrequentie niet merkbaar falen (λ_{nmf}) en falen tijdens missie (λ_{missie}):
Voorbeeld: niet merkbaar falen i.g.v. het boven genoemde vastgeroeste bewegingswerk en falen tijdens missie van hetzelfde bewegingswerk door het weg vallen van de oliedruk in de hydraulische cilinder door falen van een pomp.

Niet merkbaar falen: faalfrequentie of kans per vraag?

In de literatuur wordt meestal gebruik gemaakt van faalfrequenties λ [-/uur] en komen faalkansen per vraag Q [-] slechts zeer beperkt voor. Spontaan falen Q blijkt

⁴ In Isograph Reliability Workbench worden complexere relaties gebruikt die voor alle situaties bruikbaar zijn.

in veel gevallen een uitdrukking van niet-merkbaar falen, wanneer de kans op niet merkbaar falen wordt bepaald middels 'Expert Judgement'. Dat komt omdat kansen per vraag beter zijn voor te stellen dan faalfrequenties.

Wanneer Q dus betrekking heeft op niet merkbaar falen i.p.v. spontaan falen geldt:

$$Q = U_{nmf}$$

Vervolgens wijzigt vergelijking (1) voor niet merkbaar in:

$$U = U_{nmf} + U_{missie} + U_{rep} + U_{test}$$

NB: RWS heeft zelfs het uitgangspunt voor haar aanleg- en onderhoudsprojecten dat dit voor alle kansen per vraag Q geldt, ofwel Q is altijd een uitdrukking van niet-merkbaar falen.

3.2 Algemene opzet van de analyse

Om te komen tot een adequate analyse van de niet-beschikbaarheid van de coupure Den Oever – en hiermee tot de kans op niet-sluiten gegeven een sluitvraag – zijn de volgende stappen gezet (in grote lijnen conform de Leidraad Risicogestuurd Beheer en Onderhoud):

- a) Analyse van externe gebeurtenissen
- b) Analyse van afhankelijk falen
- c) Analyse van menselijk falen
- d) Analyse van niet-merkbaar falen (Technisch falen)
- e) Analyse van merkbaar falen (Technisch falen)
- f) Analyse van falen tijdens missie (Technisch falen)
- g) Analyse van spontaan falen (Technisch falen)
- h) Kwalitatieve analyse (ontwikkelen foutenbomen en gebeurtenissenbomen)
- i) Kwantitatieve analyse (kwantificeren van basisgebeurtenissen en doorrekening van de foutenboom)

In onderstaande paragrafen worden deze stappen nader uitgewerkt. Hierbij wordt opgemerkt dat, indachtig de overstromingskansbenadering, bij de inschatting van kansen op faalgebeurtenissen gekozen is voor een realistische benadering. Er wordt dus niet gekozen voor veilige waarden voor de kansen, maar voor de waarden die in de praktijk realistisch worden geacht. Hierbij wordt uitgegaan van de daadwerkelijke werkwijze van de beheerder en niet alleen van hetgeen is vastgelegd in hoogwaterdraaiboeken, sluitingsprocedures et cetera. Dus ook als beheersmaatregelen in de praktijk wel worden toegepast maar niet op papier zijn vastgelegd, dan worden deze wel betrokken bij de faalkansschatting. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat deze overigens zo snel mogelijk wel vastgelegd worden, analoog aan de werkwijze die in de *Handreiking borging betrouwbaarheid sluiten* [Ref. 11] wordt aanbevolen. Bijvoorbeeld: bij voorspelde harde wind wordt in de praktijk de sluiting van de coupure vervroegd in gang gezet. Deze beheersmaatregel ligt echter niet vast. Toch wordt deze in de analyse meegenomen en mede hierom wordt de kans op niet sluiten als gevolg van harde wind als klein ingeschat.

3.3 Analyse van externe gebeurtenissen

Een externe gebeurtenis is een ongewenste gebeurtenis, komende van buiten het beschouwde object/systeem, die mogelijk kan leiden tot falen. Een screeningsmethode voor externe gebeurtenissen betreft de zogenaamde ANSI/ANS-58.21-2007 norm methode welke ook wordt aanbevolen door de RA-methode uit de ProBo werkwijze (zie Leidraad Risicogestuurd Beheer & Onderhoud, RWS, 2009). Op

basis van de analyse externe gebeurtenissen aan de hand van de ANSI zijn onderstaande gebeurtenissen toegevoegd aan de foutenboom. De volledige analyse is opgenomen in Bijlage A.

Gebeurtenis	Kans per vraag	Effect
Extreme wind	2E-2	Leidt tot niet kunnen inhijzen van de schotbalken. Meegenomen in analyse onder Bediening.
Bliksem	3E-8	Betreft blikseminslag in de opslag van de schotbalken. Meegenomen in analyse onder Mobilisatie.
Sneeuw	5E-7	Resulteert mogelijk tijdelijk in verminderde of geen mogelijkheid tot mobilisatie van menskracht. Meegenomen in analyse onder Mobilisatie.
Brand	1,1E-9	Betreft brand in opslag. Hierdoor wordt het benodigde materiaal verwoest. Meegenomen in analyse onder Mobilisatie.
Transportongevallen	1,5E-4	Betreft aanrijding / ongeval transportmiddel personeel. Meegenomen in analyse onder Mobilisatie.
Aanvaring / aanrijding	1E-3	Betreft aanrijding puntdeur en/of sponning en wordt meegenomen in analyse onder Technisch falen.
Obstakel	1E-4	Betreft obstakel (geparkeerde auto) op coupure en wordt meegenomen in analyse onder Technisch falen.
Vandalisme, Terrorisme, Diefstal	7,6E-8	Alleen diefstal meegenomen. Diefstal resulteert enkel in falen indien een groot aantal schotbalken wordt meegenomen waardoor opbouw van de schotbalkkering niet meer mogelijk is. Meegenomen in analyse onder Mobilisatie.
Uitval energienet	9,6E-5	Meegenomen in analyse onder Alarmering.

Tabel 1 Overzicht externe gebeurtenissen op basis van ANSI-analyse

3.4 Analyse van afhankelijk falen

Het falen van meerdere componenten als gevolg van een gemeenschappelijke oorzaak wordt common cause failure genoemd ofwel afhankelijk falen. Common cause failure heeft grote invloed op de betrouwbaarheid wanneer sprake is van redundante componenten⁵. Common Cause Failure (CCF) is in de foutenboom opgenomen voor faalwijzen die onder een EN-poort zijn opgenomen. Het toepassen van CCF op faalwijzen onder een OF-poort heeft geen invloed op de berekende faalkans van de kering.

⁵ Dit houdt in dat bepaalde onderdelen dubbel aanwezig zijn, zodat het geheel goed blijft functioneren wanneer een onderdeel uitvalt.

Waar mogelijk zijn de oorzaken van common cause failure expliciet gemodelleerd. Hevige sneeuwval, brand of blikseminslag zijn zulke oorzaken die expliciet zijn meegenomen. In situaties dat de oorzaak van common cause failure niet goed aanwijsbaar of lastig te modelleren is, maar het wel aannemelijk is dat het er is, kan een zogenoemd CCF-model gehanteerd worden. In deze analyse is dat niet aan de orde.

3.5 Analyse menselijk falen

Tijdens alle fasen (van Alarmering tot en met Technisch falen) kunnen er menselijke fouten optreden die invloed hebben op de betrouwbaarheid van de sluiting. Met behulp van het OPSCHEP^{KERINGEN}-model en de bijbehorende handleiding [Ref. 3] wordt een inschatting gemaakt van de bijdrage van menselijk falen. De oorzaak van menselijk falen bij de reguliere bediening kan zijn:

1. Het niet detecteren van de noodzaak tot de operationele handeling
2. Het niet uitvoeren van de gewenste handeling binnen de beschikbare tijd
3. Het niet correct uitvoeren van de gewenste handeling
4. Het falen van een herstelactie.

Met behulp van het OPSCHEP^{KERINGEN}-model is de oorzaak gekwantificeerd voor de volgende handelingen:

1. Falen herstelactie fout sluiting puntdeuren (bediening)
2. Herstel beschadigde sponning faalt (technisch falen)
3. Herstel belemmering faalt (technisch falen)

De beschikbare tijd voor herstel is van grote invloed op de faalkans van het systeem. Bij een grote beschikbare tijd tussen het moment van afronden sluiten coupure en het passeren van de hoogwatergolf is er meer tijd beschikbaar om eventuele problemen te verhelpen. Dit betekent dat bij signaleren van een probleem er nog tijd beschikbaar is om een oplossing te vinden. Problemen resulteren dus niet in falen van het systeem mits er voldoende tijd is om het probleem op te lossen. Voor de coupures Den Oever geldt dat de tijd tussen sluitpeil en overschrijden drempelniveau (dit is aangehouden als moment dat sluiting van de coupure niet meer mogelijk is) circa 1 uur bedraagt (conservatieve inschatting). Dit is aangehouden in het OPSCHEP-model als beschikbare tijd voor herstel.

Een punt van aandacht is nog de mogelijkheid van overbelasting van de calamiteitenorganisatie bij het optreden van een relatief groot aantal problemen in een kort tijdsbestek. Dit wordt in dit geval niet waarschijnlijk geacht. Het aantal kunstwerken dat het hoogheemraadschap moet sluiten is zeer beperkt. Overbelasting van de crisisorganisatie is daarom niet meegenomen in de analyse.

Faalmechanisme	Faalkans herstel
Bediening – Falen herstelactie fout sluiting puntdeuren	4,1E-3 per vraag
Technisch falen – Herstel beschadigde sponning faalt	3,1E-2 per vraag
Technisch falen – Herstel belemmering faalt	4,1E-3 per vraag

Tabel 2 Overzicht faalkansen menselijk handelen

De invul-lijsten en toegepaste aannames / uitgangspunten zijn opgenomen in bijlage B.

3.6 Analyse van Technisch falen

3.6.1 *Analyse van niet-merkbaar falen*

Niet merkbaar falen is falen van een onderdeel of van het object zonder directe terugmelding. Falen van het onderdeel komt pas aan het licht bij inspectie, bij een testsluiting of bij een sluitvraag.

Uitgangspunt is dat er een maal per jaar een inspectie-/onderhoudsronde wordt uitgevoerd. Daarnaast wordt eenmaal per jaar een proefsluiting uitgevoerd, waarbij de coupure nogmaals wordt geïnspecteerd. De volgende gebeurtenissen kunnen in principe als niet-merkbaar falen worden aangemerkt:

- Aanrijding sponning of puntdeur (alleen als dit niet wordt gemeld, uitgangspunt in deze analyse is dat dit wel wordt gemeld vanwege de ligging in bebouwd gebied)
- Klemmen van puntdeuren als gevolg van niet-gangbaar zijn van scharnieren of vervorming van de constructie

In deze analyse is ervan uitgegaan dat niet-merkbaar falen geen rol speelt. Omdat de coupure in bebouwd gebied ligt en regelmatig wordt bezocht door de beheerder wordt ervan uitgegaan dat een aanrijding van de sponning of puntdeur snel wordt gemeld. Zowel het niet meer gangbaar geraken van draaipunten en scharnieren als het klemmen van de deur als gevolg van vervormingen van de constructie is een heel geleidelijk proces en leidt niet direct tot falen. Bij de proefsluitingen en reguliere sluitingen zal worden opgemerkt dat het sluiten wat moeilijker gaat, hetgeen een helder signaal is om actie te ondernemen.

3.6.2 *Analyse van merkbaar falen*

Merkbaar falen is falen van een onderdeel of van het object met directe terugmelding. Falen van het onderdeel wordt direct opgemerkt en niet pas bij inspectie, bij een testsluiting of bij een sluitvraag. Omdat de coupure midden in bebouwd gebied is gelegen is in deze analyse ervan uitgegaan dat een aanrijding van de sponning of puntdeur snel wordt gemeld en dus onder merkbaar falen valt. Hetzelfde geldt voor diefstal uit de loods of brand in de loods waar de schotbalken zijn opgeslagen.

3.6.3 *Analyse van falen tijdens missie*

Falen tijdens missie betreft faalgebeurtenissen waarbij de opbouw van de coupure wordt gehinderd of voorkomen, zoals een auto of andere (grote) objecten op de drempel van de coupure.

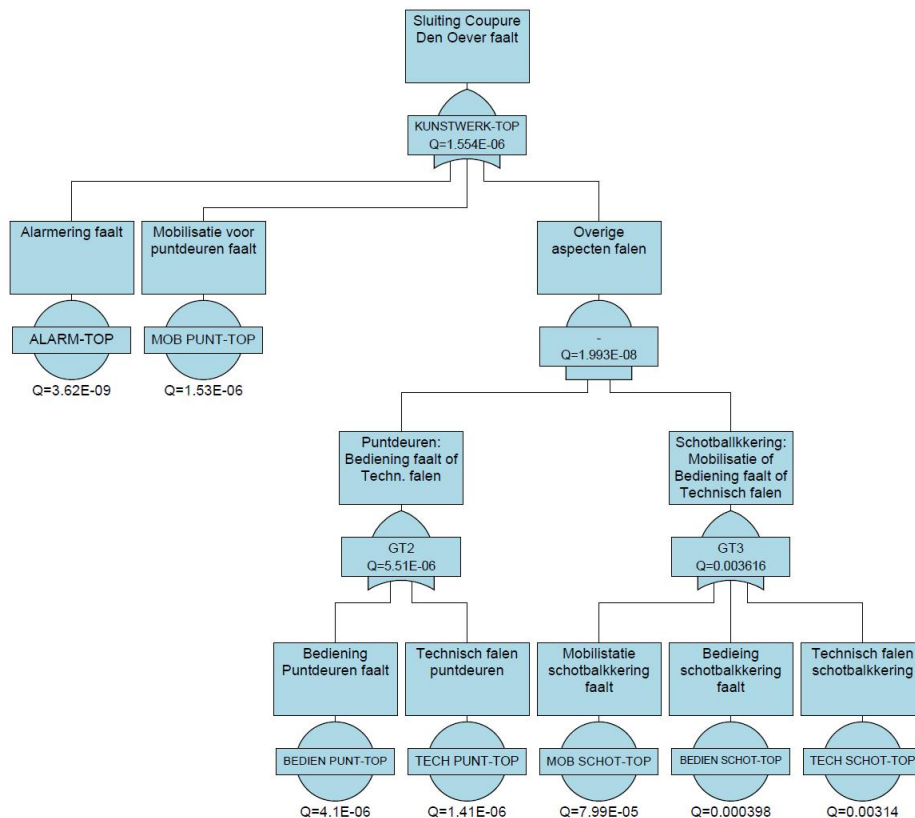
3.6.4 *Analyse van spontaan falen*

Omdat de coupure geen elektronische of mechanisch aangedreven componenten kent speelt spontaan falen geen rol in de analyse.

3.7 **Kwalitatieve en kwantitatieve analyse**

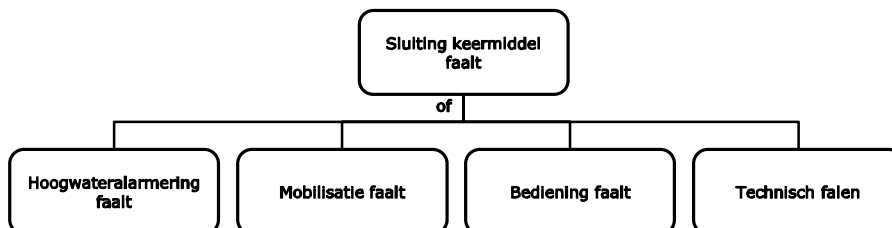
Op basis van de beschikbare gegevens en de uitgevoerde analyses in bovenstaande paragrafen zijn foutenbomen opgesteld voor de beoordelingsaspecten Alarmering, Mobilisatie, Bediening en Technisch falen. Deze zijn doorgerekend met behulp van het programma Isograph Reliability Workbench. Een nadere onderbouwing van de faalkansen die hierbij zijn gehanteerd is te vinden in bijlage C. De foutenbomen zelf zijn opgenomen in bijlage D.

Uit de doorrekening van de opgestelde foutenbomen met Isograph Reliability Workbench blijkt een faalkans van $1,6E-6$ per vraag. Deze faalkans wordt nagenoeg geheel bepaald door de faalkans van de mobilisatie voor de sluiting van de puntdeuren, zie ook onderstaande foutenboom (de uitwerking van de individuele deelaspecten is opgenomen in Bijlage D).



Figuur 7 Foutenboom coupure Den Oever

Ten behoeve van de vergelijking met de modellering met de scoretabellen in paragraaf 4.1 is het gewenst de bovenstaande geavanceerde foutenboom uit te drukken in de structuur van de standaard foutenboom voor Alarmering, Mobilisatie, Bediening en Technisch falen die ten grondslag ligt van de scoretabellen. Deze structuur behelst een zuiver serie systeem, zie Figuur 8.



Figuur 8: Standaard foutenboom Alarmering, Mobilisatie, Bediening en Technisch falen

Zoals valt te zien bestaat de geavanceerde foutenboom (Figuur 7) uit OF- en EN-poorten en is daarmee dus geen zuiver seriesysteem. Daarom kan, op Alarmering

na, de faalkans van een beoordelingsaspect uit Figuur 8 (zoals bijvoorbeeld Bediening) niet bepaald worden aan de hand van de gecombineerde sub-beoordelingsaspecten uit Figuur 7 (Bediening PUNT en Bediening SCHOT) en dus niet één op één worden overgenomen uit Figuur 8.

Voor de aspecten Bediening en Technisch falen geldt dat deze voor zowel de puntdeuren als de schotbalkkering moeten falen alvorens de sluiting gefaald is. Voor Mobilisatie geldt dat deze faalt als de mobilisatie van de puntdeuren faalt (betreft mobilisatie van 1 persoon), maar speelt ook een rol bij de sluiting van de schotbalkkering als de sluiting van de puntdeuren faalt (er moet dan aanvullend personeel worden gemobiliseerd).

De faalkansen voor ieder beoordelingsaspect zijn wel per keringtype (puntdeur of schotbalkkering) af te lezen uit Figuur 7 en weergegeven in Tabel 3.

Beoordelingsaspect	Faalkans per vraag
Alarmering	3,6E-9
Mobilisatie puntdeuren	1,5E-6
Mobilisatie schotbalkkering	8,0E-5
Bediening puntdeuren	4,1E-6
Bediening schotbalkkering	4,0E-4
Technisch falen puntdeuren	1,4E-6
Technisch falen schotbalkkering	3,1E-3
Totaal	1,55E-06*

* Ontleend aan berekening Isograph Reliability Workbench

Tabel 3 Overzicht berekende faalkansen coupure Den Oever

Te zien valt dat de faalkans voor Mobilisatie ten behoeve van de sluiting van de puntdeuren veruit maatgevend is ten opzichte van de faalkans voor Alarmering van de organisatie en de gecombineerde faalkans van de fysieke sluiting van de puntdeuren en de schotbalkkering.

De totale faalkans voor de sluiting van de afzonderlijke keermiddelen kan ook uit de foutenboom in Figuur 7 worden afgeleid door deze voor de afzonderlijke keermiddelen te vertalen naar de foutenboom uit Figuur 8. Dit resulteert in de volgende faalkansen als alleen de sluiting van de puntdeuren (zie Tabel 4) respectievelijk alleen de sluiting van de schotbalkkering (zie Tabel 5) wordt beschouwd:

Beoordelingsaspect	Faalkans per vraag
Alarmering	3,6E-9
Mobilisatie puntdeuren	1,5E-6
Bediening puntdeuren	4,1E-6
Technisch falen puntdeuren	1,4E-6
Totaal	7,0E-06

Tabel 4 Overzicht berekende faalkansen coupure Den Oever als alleen sluiting puntdeuren wordt beschouwd

Beoordelingsaspect	Faalkans per vraag
Alarmering	3,6E-9
Mobilisatie schotbalkkering	8,0E-5
Bediening schotbalkkering	4,0E-4
Technisch falen schotbalkkering	3,1E-3
Totaal	3,6E-03

Tabel 5 Overzicht berekende faalkansen coupure Den Oever Overzicht berekende faalkansen coupure Den Oever als alleen sluiting schotbalkkering wordt beschouwd

4 Score met scoretabellen

In dit hoofdstuk wordt de faalkans voor de beoordelingsaspecten Alarmering, Mobilisatie, Bediening en Technisch falen inclusief herstelacties voor de coupure Den Oever geschat met de scoretabellen uit [Ref. 4]. Omdat er geen sprake is van een foutenboom voor een zuiver seriesysteem met alleen een OF-poort voor de aspecten Bediening, Mobilisatie en Technisch falen maar van een foutenboom met gecombineerde EN- en OF-poorten passen de scoretabellen niet goed op deze situatie. In de scoretabellen wordt het tweede keermiddel (in dit geval de schotbalkkering) als herstelmogelijkheid gezien. Daarom worden de scoretabellen voor de aspecten Mobilisatie, Bediening en Technisch falen op drie manieren ingevuld (Alarmering wordt bepaald op kunstwerkniveau en is voor alle drie hetzelfde):

- alleen voor de puntdeuren
- alleen voor de schotbalkkering
- voor het gehele kunstwerk samen, dus met beide keermiddelen

De vragen a1 tot en met a3 worden hierbij positief beantwoord om een zo gunstig mogelijke score te bewerkstelligen. Vervolgens wordt de score uit de scoretabellen vergeleken met de berekende resultaten uit het vorige hoofdstuk. Op deze wijze kan met zekerheid worden vastgesteld dat de scoretabellen te allen tijde conservatief zijn ten opzichte van de werkelijk berekende faalkansen.

4.1 Resultaat scoretabellen

4.1.1 Scoretabel Alarmering

De score voor het deelaspect Alarmering wordt bepaald aan de hand van drie vragen.

Vraag	Antwoord	Score
a	Wordt het contact met Rijkwaterstaat tenminste jaarlijks geverifieerd?	ja 4
b	Is er een tweede methode voor hoogwateralarmering?	ja 2
c	Is er een mogelijkheid dat de bevolking tijdig waarschuwt?	ja 1
E1	Kunstwerk niet sluiten door falen Alarmering	a+b+c 7

Tabel 6 Scoretabel Alarmering

Vraag a. Wordt het contact met Rijkwaterstaat tenminste jaarlijks geverifieerd?

Antwoord: Ja, dit wordt door het waterschap jaarlijks geverifieerd.

Vraag b. Is er een tweede methode voor hoogwateralarmering?

Antwoord: Ja, zodra het RWS-systeem uitvalt gaat het waterschap op eigen punten de waterstanden monitoren. Tevens nemen de eigen medewerkers dagelijks de buitenwaterstand waar en zien de waterstand stijgen. Hoewel dit niet vast ligt in het calamiteitenplan maakt dit de kans dat een hoogwater niet wordt opgemerkt ook kleiner.

Vraag c. Is er een mogelijkheid dat de bevolking tijdig waarschuwt?

Antwoord: Ja, de coupure ligt in de bebouwde kom van Den Oever.

De faalkans volgens de scoretabel bedraagt hiermee $E1 = 1,0E-7$.

4.1.2

Scoretabel Mobilisatie

De score voor het deelaspect Mobilisatie wordt bepaald aan de hand van de volgende vragen.

Vraag	Antwoord	Score	
a1	Is er een schriftelijk vastgelegde up to date mobilisatieregeling inclusief standby regeling en terugmeldingssysteem?	ja	
a2	Wordt de mobilisatie jaarlijks geoefend?	ja	
a3	Worden de ervaringen van de oefening en mobilisaties teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling?	ja	
a4	Tussenscore: Zijn de vragen a1 - a3 allemaal met ja beantwoord?	ja	4
b	Zijn er mogelijkheden tot herstel en zijn die opgenomen in de mobilisatieregeling? NB1: als vraag a1, a2 of a3 met 'nee' is beantwoord dan is ook geen herstel mogelijk NB2: alleen van toepassing als het kunstwerk niet in het kust- of merengebied ligt	nee	0
c	Indien coupure: zijn de kerende elementen op dezelfde plaats opgeslagen als de reserve elementen?	nee/nvt	0
E2	Kunstwerk niet sluiten door falen Mobilisatie	a4+b+c	4

Tabel 7 Scoretabel Mobilisatie

Het antwoord op de vragen a1-a3 en b zijn voor alle drie de beschouwde situaties (alleen puntdeuren, alleen schotbalkkering, hele kunstwerk) hetzelfde.

Vraag a1. Is er een schriftelijk vastgelegde up to date mobilisatieregeling inclusief standby regeling en terugmeldingssysteem?

Antwoord: Ja.

Vraag a2. Wordt de mobilisatie jaarlijks geoefend?

Antwoord: Ja.

Vraag a3. Worden de ervaringen van de oefening en mobilisaties teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling?

Antwoord: Ja.

Vraag b. Zijn er mogelijkheden tot herstel en zijn die opgenomen in de mobilisatieregeling?

Antwoord: Nee. De coupure is gelegen aan de kust. Er mag daarom geen herstel in rekening worden gebracht.

Vraag c. Indien coupure: zijn de kerende elementen op dezelfde plaats opgeslagen als de reserve elementen?

Antwoord als alleen puntdeuren worden beschouwd en als het gehele kunstwerk wordt beschouwd: Nee. Deze vraag is alleen van toepassing op kunstwerken waar

geen permanent keermiddel aanwezig is. Hier zijn de puntdeuren permanent aanwezig, de vraag is dus niet van toepassing.

Antwoord als alleen schotbalkering wordt beschouwd: Ja. Er is geen sprake van reserve-elementen op een andere locatie.

De faalkans volgens de scoretabel bedraagt hiermee $E2 = 1,0E-4$ als alleen puntdeuren worden beschouwd en als het gehele kunstwerk wordt beschouwd. Als alleen de schotbalkering wordt beschouwd is de faalkans volgens de scoretabel $E2 = 1,0E-3$.

Kort samengevat:

Scenario	Antwoord vraag c	Faalkans E2
Puntdeur + schotbalk	Nee	$1,0E-4$
Enkel puntdeur	Nee	$1,0E-4$
Enkel schotbalk	ja	$1,0E-3$

4.1.3

Scoretabel Bediening

De score voor het deelaspect Bediening wordt bepaald aan de hand van de volgende vier vragen. De score is voor alle drie de beschouwde situaties hetzelfde.

Vraag	Antwoord	Score	
a1	Is een sluitprocedure aanwezig?	ja	
a2	Wordt de sluitingsprocedure minstens eenmaal per jaar geoefend?	ja	
a3	Worden de ervaringen van de oefening en bediening teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de sluitprocedure?	ja	
a4	Tussenscore: Zijn de vragen a1 - a3 allemaal met ja beantwoord?	ja	3
b	Zijn er mogelijkheden tot herstel en zijn die opgenomen in de sluitprocedure? NB1: als vraag a1, a2 of a3 met 'nee' is beantwoord dan is ook geen herstel mogelijk NB2: alleen van toepassing als het kunstwerk niet in het kust- of merengebied ligt	nee	0
E3	Kunstwerk niet sluiten door falen Bediening	a4+b	3

Tabel 8 Scoretabel Bediening

Vraag a1. Is een sluitprocedure aanwezig?

Antwoord: Ja.

Vraag a2. Wordt de sluitingsprocedure minstens eenmaal per jaar geoefend?

Antwoord: Ja.

Vraag a3. Worden de ervaringen van de oefening en bediening teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de sluitprocedure?

Antwoord: Ja.

Vraag b. Zijn er mogelijkheden tot herstel en zijn die opgenomen in de mobilisatieregeling?

Antwoord: Nee. De coupure is gelegen aan de kust. Er mag daarom geen herstel in rekening worden gebracht.

De faalkans volgens de scoretabel bedraagt hiermee $E3 = 1,0E-3$.

4.1.4

Scoretabel Technisch falen

De score voor het deelaspect Technisch falen wordt bepaald aan de hand van de volgende vragen. Ook hier is ervan uitgegaan dat de 'procedurele' aspecten op orde zijn om zo de meest gunstige score te bereiken. De gemaakte keuzen zijn onder de tabel toegelicht.

Scoretabel Technisch falen voor situatie alleen puntdeuren

Onderdeel	Vraag	Antwoord	Score
A	a1	Is er een onderhoudsplan voor het keermiddel en wordt dat nageleefd?	ja 0,5
A	a2	Wordt het primaire en indien van toepassing het secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest, inclusief alle daarbij behorende 'aandrijfmechanismen'?	ja 1,5
A	a3	Worden de ervaringen van de controles, tests en daadwerkelijke sluitingen teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling en bedieningsprotocol of zonodig aan het sluitmiddel zelf?	ja 0,5
Aandrijving	c	Is het afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	ja 0,5
Aandrijving	b1	Is er een tweede aandrijfsysteem?	ja 1
Aandrijving	d	Aandrijving faalt (tussenscore)	c+b1 1,5
Keermiddel	e	Is er een risico van merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?	nee 1,5
Keermiddel	f	Is er een risico van niet-merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?	nee 1,5
Keermiddel	g	Is er een risico van betekenis op belemmering waardoor de sluiting faalt?	nee 1
Keermiddel	b2	Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?	ja/nvt 0,5
Keermiddel	h	Falen tijdens sluiten: belemmering (tussenscore)	g+b2 1,5
Keermiddel	i	Keermiddel 1 faalt (tussenscore)	min(e,f,h) 1,5
Sluiting eerste keermiddel	j	Sluiting keermiddel 1 faalt (tussenscore)	Min(d,i) 1,5
2de keermiddel	b3	Is er een tweede onafhankelijk keermiddel, dat operationeel is indien het eerste keermiddel niet gesloten kon worden? Indien ja: beantwoord de vragen k en l voor het tweede keermiddel	nee 0
Keermiddel	k	Is er een risico van falen van het keermiddel van betekenis?	ja/nvt 0
Aandrijving	l	Is dit tweede afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	nee/nvt 0
Sluiting tweede keermiddel	m	Keermiddel 2 faalt (tussenscore)	min(b3+k, b3+l) 0
	E4	Kunstwerk niet sluiten door technisch falen en falen herstelacties	a1+a2+a3+j+m 4

Tabel 9 Scoretabel Technisch falen situatie alleen puntdeuren

Vraag a1: Is er een onderhoudsplan voor het keermiddel en wordt dat nageleefd?

Antwoord: Ja, uitgangspunt is dat er een B&O-plan voor alle hoogwaterkerende kunstwerken is.

Vraag a2: Wordt het primaire en indien van toepassing het secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest, inclusief alle daarbij behorende 'aandrijfmechanismen'?

Antwoord: Ja, de sluiting wordt jaarlijks geoefend. Daarnaast worden de schotbalken jaarlijks voorafgaand aan het hoogwaterseizoen in de loods geïnspecteerd.

Vraag a3: Worden de ervaringen van de controles, tests en daadwerkelijke sluitingen teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling en bedieningsprotocol of zo nodig aan het sluitmiddel zelf?

Antwoord: Ja, dit is vastgelegd in het calamiteitenplan.

Vraag c: Is het afsluitmiddel op handkracht te sluiten?

Antwoord: Ja, de puntdeuren zijn met handkracht te sluiten.

Vraag b1: Is er een tweede aandrijfsysteem?

Antwoord: Ja, dichtdrukken van de deuren met een auto en kabel.

Vraag e: Is er een risico van merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?

Antwoord: Nee. Merkbaar falen treedt op door aanrijding van de puntdeuren, andere oorzaken worden niet realistisch geacht. Er wordt een wegafzetting geplaatst om de coupure hiertegen te beschermen. Hiermee is dit risico beheerst.

Vraag f: Is er een risico van niet-merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?

Antwoord: Nee. Niet-merkbaar falen kan optreden als een sponning is aangereden of als materiaal vermist/defect is. Uitgangspunt is dat aanrijding van de sponningen wordt gemeld omdat het snel wordt waargenomen door bewoners of de beheerder. Voorafgaand aan het hoogwaterseizoen worden de coupures en het materiaal geïnspecteerd. Daarnaast vinden jaarlijks gemiddeld 2 reguliere sluitingen plaats. Hiermee is dit risico beheerst.

Vraag g: Is er een risico van betekenis op belemmering waardoor de sluiting faalt?

Antwoord: Nee. Enige realistische belemmering is een geparkeerde auto, deze kan worden weggesleept met het materieel dat voor de plaatsing benodigd is. Hiermee is dit risico beheerst.

b2: Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?

Antwoord: Ja, zie antwoord bij vraag g.

Vraag b3: Is er een tweede onafhankelijk keermiddel, dat operationeel is indien het eerste keermiddel niet gesloten kon worden?

Antwoord: Nee. In dit geval zijn alleen de puntdeuren beschouwd.

Vraag k: Is er een risico van falen van het keermiddel van betekenis?

Antwoord: Niet van toepassing, er is geen tweede keermiddel.

Vraag k: Is dit tweede afsluitmiddel op handkracht te sluiten?

Antwoord: Niet van toepassing, er is geen tweede keermiddel.

De faalkans volgens de scoretabel bedraagt hiermee $E4 = 1,0E-4$.

Scoretabel Technisch falen voor situatie alleen schotbalkkering

Onderdeel	Vraag	Antwoord	Score
A	a1	Is er een onderhoudsplan voor het keermiddel en wordt dat nageleefd?	ja 0,5
A	a2	Wordt het primaire en indien van toepassing het secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest, inclusief alle daarbij behorende 'aandrijfmechanismen'?	ja 1,5
A	a3	Worden de ervaringen van de controles, tests en daadwerkelijke sluitingen teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling en bedieningsprotocol of zondig aan het sluitmiddel zelf?	ja 0,5
Aandrijving	c	Is het afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	nee 0
Aandrijving	b1	Is er een tweede aandrijfsysteem?	nee 0
Aandrijving	d	Aandrijving faalt (tussenscore)	c+b1 0
Keermiddel	e	Is er een risico van merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?	nee 1,5
Keermiddel	f	Is er een risico van niet-merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?	nee 1,5
Keermiddel	g	Is er een risico van betekenis op belemmering waardoor de sluiting faalt?	nee 1
Keermiddel	b2	Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?	ja/nvt 0,5
Keermiddel	h	Falen tijdens sluiten: belemmering (tussenscore)	g+b2 1,5
Keermiddel	i	Keermiddel 1 faalt (tussenscore)	min(e,f,h) 1,5
Sluiting eerste keermiddel	j	Sluiting keermiddel 1 faalt (tussenscore)	Min(d,i) 0
2de keermiddel	b3	Is er een tweede onafhankelijk keermiddel, dat operationeel is indien het eerste keermiddel niet gesloten kon worden? Indien ja: beantwoord de vragen k en l voor het tweede keermiddel	nee 0
Keermiddel	k	Is er een risico van falen van het keermiddel van betekenis?	ja/nvt 0
Aandrijving	l	Is dit tweede afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	nee/nvt 0
Sluiting tweede keermiddel	m	Keermiddel 2 faalt (tussenscore)	min(b3+k, b3+l) 0
	E4	Kunstwerk niet sluiten door technisch falen en falen herstelacties	a1+a2+a3+j+m 2,5

Tabel 10 Scoretabel Technisch falen situatie alleen schotbalken

Vraag a1: Is er een onderhoudsplan voor het keermiddel en wordt dat nageleefd?

Antwoord: Ja, uitgangspunt is dat er een B&O-plan voor alle hoogwaterkerende kunstwerken is.

Vraag a2: Wordt het primaire en indien van toepassing het secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest, inclusief alle daarbij behorende 'aandrijfmechanismen'?

Antwoord: Ja, de sluiting wordt jaarlijks geoefend. Daarnaast worden de schotbalken jaarlijks voorafgaand aan het hoogwaterseizoen in de loods geïnspecteerd.

Vraag a3: Worden de ervaringen van de controles, tests en daadwerkelijke sluitingen teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling en bedieningsprotocol of zo nodig aan het sluitmiddel zelf?

Antwoord: Ja, dit is vastgelegd in het calamiteitenplan.

Vraag c: Is het afsluitmiddel op handkracht te sluiten?

Antwoord: Nee, de schotbalken zijn in principe te zwaar om met handkracht te sluiten.

Vraag b1: Is er een tweede aandrijfsysteem?

Antwoord: Nee, als het hijsmiddel faalt dan faalt de sluiting.

Vraag e: Is er een risico van merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?

Antwoord: Nee. Merkbaar falen treedt op door aanrijding van de schotbalken, andere oorzaken worden niet realistisch geacht. Er wordt een wegafzetting geplaatst om de coupure hiertegen te beschermen. Hiermee is dit risico beheerst.

Vraag f: Is er een risico van niet-merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?

Antwoord: Nee. Niet-merkbaar falen kan optreden als een sponning is aangereden of als materiaal vermist/defect is. Uitgangspunt is dat aanrijding van de sponningen wordt gemeld omdat het snel wordt waargenomen door bewoners of de beheerder. Voorafgaand aan het hoogwaterseizoen worden de coupures en het materiaal geïnspecteerd. Daarnaast vinden jaarlijks gemiddeld 2 reguliere sluitingen plaats. Hiermee is dit risico beheerst.

Vraag g: Is er een risico van betekenis op belemmering waardoor de sluiting faalt?

Antwoord: Nee. Enige realistische belemmering is een geparkeerde auto, deze kan worden weggesleept met het materieel dat voor de plaatsing benodigd is. Hiermee is dit risico beheerst.

b2: Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?

Antwoord: Ja, zie antwoord bij vraag g.

Vraag b3: Is er een tweede onafhankelijk keermiddel, dat operationeel is indien het eerste keermiddel niet gesloten kon worden?

Antwoord: Nee. In dit geval is alleen de schotbalkkering beschouwd.

Vraag k: Is er een risico van falen van het keermiddel van betekenis?

Antwoord: Niet van toepassing, er is geen tweede keermiddel.

Vraag k: Is dit tweede afsluitmiddel op handkracht te sluiten?

Antwoord: Niet van toepassing, er is geen tweede keermiddel.

De faalkans volgens de scoretabel bedraagt hiermee $E4 = 1,0E-2,5 = 3,16E-3$.

Scoretabel Technisch falen voor kunstwerk als geheel

Onderdeel	Vraag	Antwoord	Score
A	a1	Is er een onderhoudsplan voor het keermiddel en wordt dat nageleefd?	ja 0,5
A	a2	Wordt het primaire en indien van toepassing het secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest, inclusief alle daarbij behorende 'aandrijfmechanismen'?	ja 1,5
A	a3	Worden de ervaringen van de controles, tests en daadwerkelijke sluitingen teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling en bedieningsprotocol of zonodig aan het sluitmiddel zelf?	ja 0,5
Aandrijving	c	Is het afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	ja 0,5
Aandrijving	b1	Is er een tweede aandrijfsysteem?	ja 1
Aandrijving	d	Aandrijving faalt (tussenscore)	c+b1 1,5
Keermiddel	e	Is er een risico van merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?	nee 1,5
Keermiddel	f	Is er een risico van niet-merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?	nee 1,5
Keermiddel	g	Is er een risico van betekenis op belemmering waardoor de sluiting faalt?	nee 1
Keermiddel	b2	Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?	ja/nvt 0,5
Keermiddel	h	Falen tijdens sluiten: belemmering (tussenscore)	g+b2 1,5
Keermiddel	i	Keermiddel 1 faalt (tussenscore)	min(e,f,h) 1,5
Sluiting eerste keermiddel	j	Sluiting keermiddel 1 faalt (tussenscore)	Min(d,i) 1,5
2de keermiddel	b3	Is er een tweede onafhankelijk keermiddel, dat operationeel is indien het eerste keermiddel niet gesloten kon worden? Indien ja: beantwoord de vragen k en l voor het tweede keermiddel	ja 0,75
Keermiddel	k	Is er een risico van falen van het keermiddel van betekenis?	nee 0,25
Aandrijving	l	Is dit tweede afsluitmiddel op handkracht te sluiten?	nee/nvt 0
Sluiting tweede keermiddel	m	Keermiddel 2 faalt (tussenscore)	min(b3+k, b3+l) 0,75
	E4	Kunstwerk niet sluiten door technisch falen en falen herstelacties	a1+a2+a3+j+m 4,75

Tabel 11 Scoretabel Technisch falen

De faalkans van de coupure Den Oever met standaard foutenboom en scoretabel voor het beoordelingsaspect Technisch falen is $10^{-4,75} = 1,78 \cdot 10^{-5}$ per sluitvraag.

Vraag a1: Is er een onderhoudsplan voor het keermiddel en wordt dat nageleefd?

Antwoord: Ja, uitgangspunt is dat er een B&O-plan voor alle hoogwaterkerende kunstwerken is.

Vraag a2: Wordt het primaire en indien van toepassing het secundaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en de sluiting minstens eenmaal per jaar getest, inclusief alle daarbij behorende 'aandrijfmechanismen'?

Antwoord: Ja, de sluiting wordt jaarlijks geoefend. Daarnaast worden de schotbalken jaarlijks voorafgaand aan het hoogwaterseizoen in de loods geïnspecteerd.

Vraag a3: Worden de ervaringen van de controles, tests en daadwerkelijke sluitingen teruggekoppeld en verbeteringen doorgevoerd in de mobilisatieregeling en bedieningsprotocol of zo nodig aan het sluitmiddel zelf?

Antwoord: Ja, dit is vastgelegd in het calamiteitenplan.

Vraag c: Is het afsluitmiddel op handkracht te sluiten?

Antwoord: Ja, de puntdeuren zijn met handkracht te sluiten.

Vraag b1: Is er een tweede aandrijfsysteem?

Antwoord: Ja, dichtdrukken van de deuren met een auto en kabel.

Vraag e: Is er een risico van merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?

Antwoord: Nee. Merkbaar falen treedt op door aanrijding van de puntdeuren of schotbalken, andere oorzaken worden niet realistisch geacht. Er wordt een wegafzetting geplaatst om de coupure hiertegen te beschermen. Hiermee is dit risico beheerst.

Vraag f: Is er een risico van niet-merkbaar falen van het keermiddel van betekenis?

Antwoord: Nee. Niet-merkbaar falen kan optreden als een sponning is aangereden of als materiaal vermist/defect is. Uitgangspunt is dat aanrijding van de sponningen wordt gemeld omdat het snel wordt waargenomen door bewoners of de beheerder. Voorafgaand aan het hoogwaterseizoen worden de coupures en het materiaal geïnspecteerd. Daarnaast vinden jaarlijks gemiddeld 2 reguliere sluitingen plaats. Hiermee is dit risico beheerst.

Vraag g: Is er een risico van betekenis op belemmering waardoor de sluiting faalt?

Antwoord: Nee. Enige realistische belemmering is een geparkeerde auto, deze kan worden weggesleept met het materieel dat voor de plaatsing benodigd is. Hiermee is dit risico beheerst.

b2: Is er in het sluitprotocol geanticipeerd op dit risico van belemmering?

Antwoord: Ja, zie antwoord bij vraag g.

Vraag b3: Is er een tweede onafhankelijk keermiddel, dat operationeel is indien het eerste keermiddel niet gesloten kon worden?

Antwoord: Ja. In geval de puntdeuren niet sluiten wordt de schotbalkkering opgebouwd.

Vraag k: Is er een risico van falen van het keermiddel van betekenis?

Antwoord: Nee. De sluiting van de schotbalkkering wordt periodiek geoefend, waarbij tot op heden geen problemen zijn opgetreden. Daarom is deze vraag met nee beantwoord.

Vraag k: Is dit tweede afsluitmiddel op handkracht te sluiten?

Antwoord: Nee. Ingeschat wordt dat de sluiting van de schotbalkkering wel deels met handkracht kan worden uitgevoerd maar zeker niet geheel. Daarom is deze vraag met nee beantwoord.

De faalkans volgens de scoretabel bedraagt hiermee $E4 = 1,0E-4,75 = 1,78E-5$.

Samenvatting

Kort samengevat is de score voor Technisch falen:

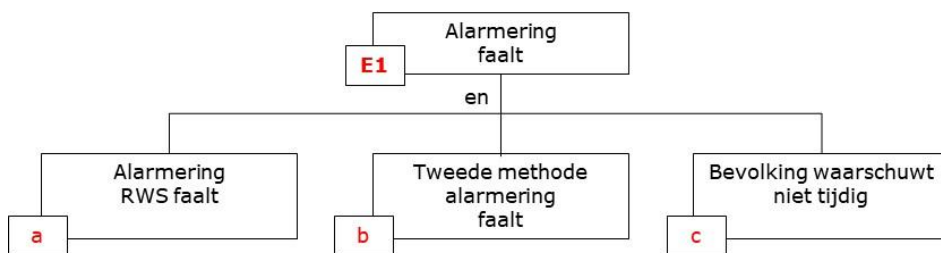
Scenario	Antwoord vraag b3	Faalkans E2
Enkel puntdeur	Nee	1,0E-4
Enkel schotbalk	Nee	3,2E-3
Puntdeur + schotbalk	Ja	1,8E-5

4.2 Vergelijken scoretabellen met foutenbomen geavanceerde analyse

In deze paragraaf worden de scores uit de beoordeling met de scoretabellen vergeleken met de berekende scores uit de foutenbomen in bijlage D. Om een goede vergelijking mogelijk te maken is het soms nodig de foutenbomen uit bijlage D enigszins om te werken.

4.2.1 Alarmering

Voor dit beoordelingsaspect is de geavanceerde foutenboom een nadere uitwerking van de standaard foutenboom zoals opgenomen in Figuur 9.



Figuur 9 Standaard foutenboom Alarmering

In onderstaande tabel zijn de faalkansen opgenomen voor de deelgebeurtenissen uit de standaard foutenboom.

Aspect	Score uit scoretabellen	Score geavanceerde analyse
Hoogwater alarmering RWS faalt	1,0E-4	1,1E-4*
Tweede methode alarmering faalt	1,0E-2	3,3E-4
Bevolking waarschuwt	1,0E-1	1,0E-1
Totaal	1,0E-7	3,6E-9

* Hierbij is ervan uitgegaan dat het RWS-alarm binnen de organisatie van de beheerder niet nog een keer hoeft te worden doorgegeven aan de calamiteitenorganisatie

Tabel 12 Vergelijking score uit scoretabellen met score uit geavanceerde analyse

Te zien valt dat de hoogwateralarmering door RWS (inclusief de doormelding naar de eigen calamiteitenorganisatie) met de geavanceerde foutenbomen nagenoeg overeenkomt met de score uit de scoretabellen. Hierbij is ervan uitgegaan dat de alarmering van RWS (in ieder geval de toegang tot de meetgegevens en de mailing vanuit WMCN) rechtstreeks bij de calamiteitenorganisatie terechtkomt. Aanbevolen wordt dit als randvoorwaarde toe te voegen aan het document *Handreiking borging betrouwbaarheid sluiting in draaiboeken* [Ref. 11].

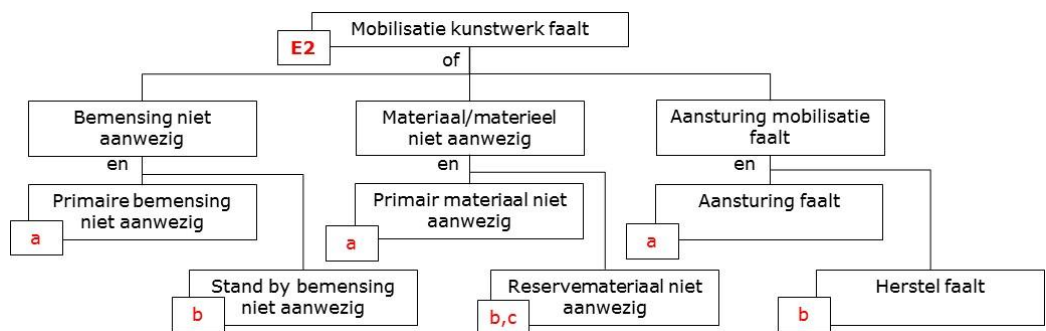
De faalkans van de tweede methode is bijna twee ordes kleiner met de geavanceerde analyse dan met de scoretabellen. Dit komt doordat sprake is van meerdere back-up systemen (eigen metingen, eigen waarnemingen door personeel hoogheemraadschap).

De kans dat de bevolking waarschuwt is apart meegenomen in de geavanceerde faalkansanalyse. Deze zit eveneens als aparte vraag in de scoretabellen.

4.2.2

Mobilisatie

Voor dit beoordelingsaspect is de geavanceerde foutenboom een nadere uitwerking van de standaard foutenboom zoals opgenomen in Figuur 10. In de geavanceerde foutenboom is bereikbaarheid van het kunstwerk opgenomen onder de takken 'Bemensing niet aanwezig', 'Materiaal niet aanwezig' en 'Materieel niet aanwezig'. Omwerken van de foutenboom is echter niet nodig omdat hier ook geen specifieke vraag in de scoretabel aan gewijd is.



Figuur 10 Standaard foutenboom Mobilisatie

De vragen uit de scoretabellen zijn algemeen en hebben niet specifiek betrekking op een bepaalde tak uit de foutenboom. Daarom kan alleen op het niveau van de topgebeurtenis de faalkans worden vergeleken. In onderstaande tabel zijn de faalkansen opgenomen voor de topgebeurtenis uit de standaard foutenboom.

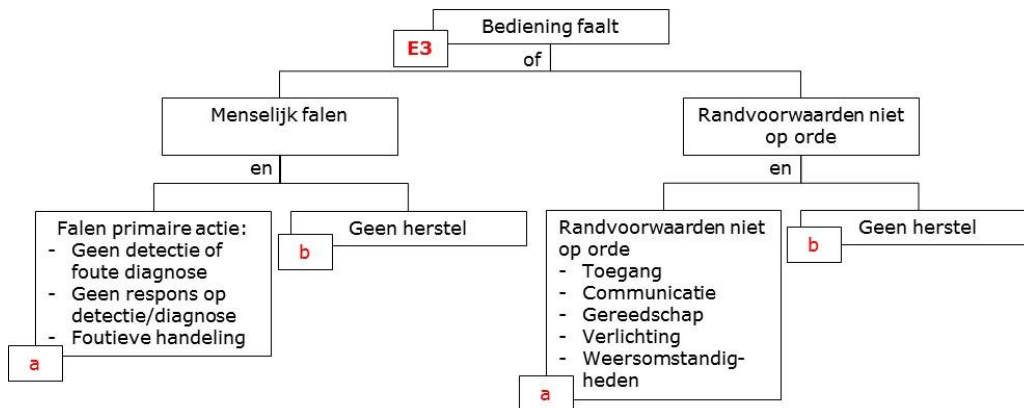
Aspect	Score uit scoretabellen	Score geavanceerde analyse
Mobilisatie puntdeuren faalt	1,0E-4	1,5E-6
Mobilisatie schotbalkkering faalt	1,0E-3	8,0E-5
Mobilisatie hele kunstwerk faalt	1,0E-4	niet apart herleidbaar

Tabel 13 Vergelijking score uit scoretabellen met score uit geavanceerde analyse

Te zien valt dat de faalkans voor Mobilisatie met de geavanceerde foutenbomen een à twee ordes kleiner uitvalt dan met de scoretabellen als de keermiddelen individueel beschouwd worden. Voor het kunstwerk als geheel kan de faalkans van mobilisatie niet één op één worden afgelezen uit de foutenboom. Wel zal de mobilisatie van de sluiting van de puntdeuren maatgevend zijn, omdat deze op het hoogste niveau in de foutenboom staat. Deze is twee ordes kleiner dan de faalkans uit de scoretabellen omdat hierbij geen materiaal gemobiliseerd hoeft te worden. Daarnaast wordt er geen kans op herstel meegenomen omdat de coupure aan de kust ligt, terwijl in uit de geavanceerde foutenbomen blijkt dat op diverse plaatsen wel een kans op herstel kan worden meegenomen.

4.2.3 Bediening

Voor dit beoordelingsaspect is de geavanceerde foutenboom een nadere uitwerking van de standaard foutenboom zoals opgenomen in Figuur 11. Omwerken van de foutenboom is dan ook niet nodig.



Figuur 11 Standaard foutenboom Bediening

De vragen uit de scoretabellen hebben niet specifiek betrekking op de takken uit de foutenboom. Daarom kan alleen op het niveau van de topgebeurtenis de faalkans worden vergeleken. In onderstaande tabel zijn de faalkansen opgenomen voor de topgebeurtenis uit de standaard foutenboom.

Aspect	Score uit scoretabellen	Score geavanceerde analyse
Bediening puntdeuren faalt	1,0E-3	4,1E-6
Bediening schotbalkkering faalt	1,0E-3	4,0E-4
Bediening puntdeuren én schotbalkkering faalt	1,0E-3	<2,0E-8

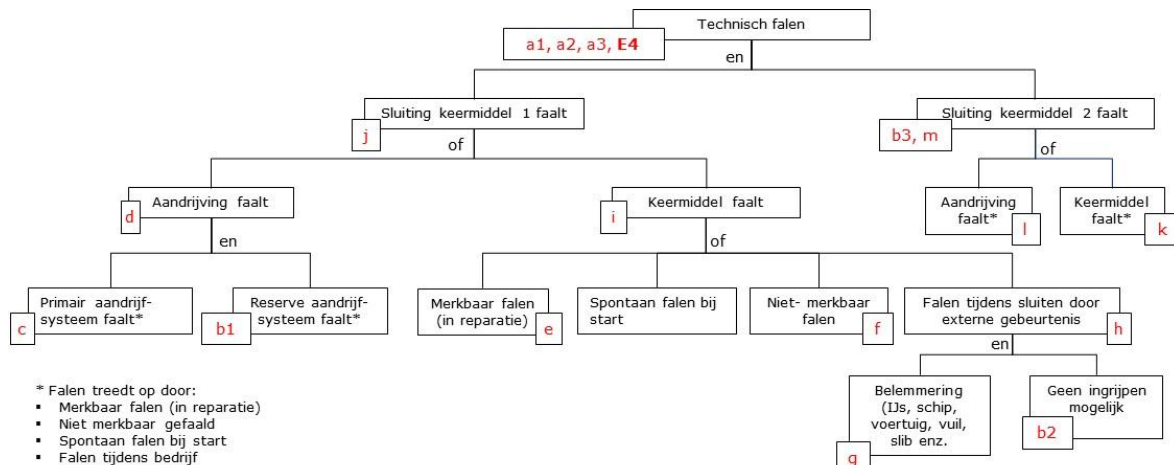
Tabel 14 Vergelijking score uit scoretabellen met score uit geavanceerde analyse

Te zien valt dat de faalkans voor Bediening met de geavanceerde beoordeling voor de puntdeuren meerdere ordes kleiner is dan de score zoals deze is bepaald met de scoretabellen. Als alleen de schotbalkkering wordt beschouwd dan is de faalkans zoals deze is bepaald met de scoretabellen een factor 2,5 conservatiever dan de faalkans uit de geavanceerde beoordeling.

De kans dat zowel de bediening van de puntdeuren als de bediening van de schotbalkkering faalt, kan niet groter zijn dan 2,0E-8 (de faalkans van falen van alle overige aspecten samen, zie Figuur 7). Dit is meerdere ordes kleiner dan de berekende faalkans met de scoretabellen. Dit komt doordat de scoretabellen een score op kunstwerkniveau geven onafhankelijk van het aantal keermiddelen, terwijl in de geavanceerde analyse sprake is van een parallel systeem waarin wordt meegenomen dat zowel de bediening van de puntdeuren als de bediening van de schotbalkkering moet falen alvorens de sluiting van het kunstwerk faalt. Daarnaast wordt er geen kans op herstel meegenomen omdat de coupure aan de kust ligt, terwijl in uit de geavanceerde foutenbomen blijkt dat op diverse plaatsen wel een kans op herstel kan worden meegenomen.

4.2.4 *Technisch falen*

Voor dit beoordelingsaspect komt de geavanceerde foutenboom goed overeen met de standaard foutenboom zoals opgenomen in Figuur 12.



- * Falen treedt op door:
- Merkbaar falen (in reparatie)
 - Niet merkbaar gefaald
 - Spontaan falen bij start
 - Falen tijdens bedrijf

Dit is alleen uitgewerkt in de foutenboom voor het keermiddel omdat alleen voor het keermiddel er specifieke vragen in de scoretabel over worden gesteld.

Figuur 12 Standaard foutenboom Technisch falen

De vragen uit de scoretabellen komen hierdoor ook goed overeen met de takken uit de foutenboom.

Aspect	Score uit scoretabellen*	Score geavanceerde analyse
Technisch falen puntdeuren	1,0E-4	1,4E-6
Technisch falen schotbalkkering	3,2E-3	3,1E-3
Technisch falen puntdeuren + schotbalkkering	1,8E-5	4,0E-7*

* De kans dat beide keermiddelen falen wordt sterk gedomineerd door de kans op een belemmering. Beide keermiddelen kunnen namelijk door dezelfde belemmering geblokkeerd worden. De faalkans is handmatig bepaald op basis van de foutenboom uit bijlage D waarbij de overige faalgebeurtenissen zijn verwaarloosd.

Tabel 15 Vergelijking score uit scoretabellen met score uit geavanceerde analyse

Te zien valt dat de faalkans voor Technisch falen met de geavanceerde beoordeling op alle onderdelen kleiner is dan de score met de scoretabellen. Voor de beoordeling van alleen de schotbalkkering komen de faalkansen nagenoeg overeen, zodra de puntdeuren erbij betrokken worden dan zijn de faalkansen zoals bepaald met de scoretabellen circa 2 ordes conservatiever. Dat is ook wenselijk. Er is daarom geen reden de scores uit de scoretabellen aan te passen.

5 Conclusies

Voor het aspect Alarmering geldt dat de faalkans op topniveau zoals bepaald met de scoretabellen meer dan een orde conservatiever is dan met de geavanceerde beoordeling. Hierbij worden de volgende opmerkingen gemaakt:

- De faalkans van de hoogwateralarmering door RWS is met de geavanceerde foutenbomen nagenoeg identiek aan de score zoals bepaald met de scoretabellen. Hierbij is ervan uitgegaan dat de alarmering van RWS (in ieder geval de toegang tot de meetgegevens en de mailing vanuit WMCN) rechtstreeks bij de calamiteitenorganisatie terechtkomt. Aanbevolen wordt dit als randvoorwaarde toe te voegen aan het document Handreiking borging betrouwbaarheid sluiting in draaiboeken [Ref. 11].
- De faalkans van de tweede alarmeringsmethode is meer dan een orde kleiner met de geavanceerde analyse dan met de scoretabellen. Dit komt doordat sprake is van meerdere back-up systemen (eigen metingen, eigen waarnemingen door personeel waterschap).

Het aspect Mobilisatie is zoals verwacht maatgevend voor de coupure Den Oever. Uit de analyse blijkt dat de faalkans zoals bepaald met de geavanceerde foutenbomen één à twee ordes kleiner uitvalt dan met de scoretabellen als de keermiddelen individueel beschouwd worden. Voor het kunstwerk als geheel kan de faalkans van mobilisatie niet één op één worden afgelezen uit de foutenboom. Wel zal de mobilisatie van de sluiting van de puntdeuren maatgevend zijn, omdat deze op het hoogste niveau in de foutenboom staat. Deze is twee ordes kleiner dan de faalkans uit de scoretabellen omdat bij de puntdeuren geen materiaal en materieel gemobiliseerd hoeft te worden. Dit zou overeenkomen met de standaard foutenboom wanneer de tak mobiliseren materiaal en materieel wordt verwijderd. Daarnaast wordt er geen kans op herstel meegenomen omdat de coupure aan de kust ligt, terwijl in uit de geavanceerde foutenbomen blijkt dat op diverse plaatsen wel een kans op herstel kan worden meegenomen. Dit roept de vraag op of de scoretabellen op dit punt te conservatief zijn. Uit de geavanceerde foutenbomen blijkt dat het in dit geval vrij gemakkelijk haalbaar is een veiligheid van $1,0E-5$ voor de mobilisatie te bereiken.

De faalkans voor Bediening zoals deze is bepaald met de geavanceerde beoordeling is meerdere ordes kleiner dan de score zoals deze is bepaald met de scoretabellen. Als alleen de schotbalkkering wordt beschouwd dan is de faalkans zoals deze is bepaald met de scoretabellen een factor 2,5 conservatiever dan de faalkans uit de geavanceerde beoordeling.

De kans dat zowel de bediening van de puntdeuren als de bediening van de schotbalkkering faalt, is meerdere ordes kleiner dan de berekende faalkans met de scoretabellen. Dit komt doordat de scoretabellen een score op kunstwerkniveau geven onafhankelijk van het aantal onafhankelijke keermiddelen, terwijl in de geavanceerde analyse sprake is van een parallel systeem waarin wordt meegenomen dat zowel de bediening van de puntdeuren als de bediening van de schotbalkkering moet falen alvorens de sluiting van het kunstwerk faalt. Daarnaast wordt er geen kans op herstel meegenomen omdat de coupure aan de kust ligt, terwijl uit de geavanceerde foutenbomen blijkt dat op diverse plaatsen wel een kans op herstel kan worden meegenomen. Dit roept de vraag op of de scoretabellen op dit punt te conservatief zijn. Uit de geavanceerde foutenbomen blijkt dat het in dit

geval vrij gemakkelijk haalbaar is een veiligheid van $1,0E-5$ voor Bediening te bereiken.

Voor technisch falen geldt eveneens dat de faalkans op kunstwerkniveau (dus voor de combinatie van puntdeuren en schotbalkkering) zoals bepaald met de scoretabellen meer dan een orde conservatiever is dan met de geavanceerde beoordeling. Hierbij speelt een grote afhankelijkheid bij het optreden van een belemmering een rol. Voor de beoordeling van alleen de schotbalkkering komen de faalkansen uit de scoretabellen nagenoeg overeen met die uit de geavanceerde analyse.

Op basis van bovenstaande resultaten wordt aanbevolen de scoretabellen voor Mobilisatie en Bediening aan te passen en de passage *'NB2: alleen van toepassing als het kunstwerk niet in het kust- of merengebied ligt'* te vervangen door *'NB2: voor een kunstwerk in het kust- of merengebied alleen van toepassing als er een permanent keermiddel aanwezig is.'* In de toelichting op de vraag dient dan wel te worden opgenomen dat met het beantwoorden van de vraag rekening moet worden gehouden met het feit dat bij een kunstwerk gelegen aan de kust of in het merengebied rekening moet worden gehouden met een relatief korte beschikbare tijd voor het treffen van herstelmaatregelen. Vandaar de toevoeging dat een permanent keermiddel aanwezig moet zijn.

Referenties

- [Ref. 1] Rijkswaterstaat Waterdienst projectbureau VNK2, Dijkkring 12 – Wieringen - Achtergrondrapport Coupure Den Oever, D2, 23 mei 2011
- [Ref. 2] Hydraulische Randvoorwaarden 2006, RIKZ – DWW - RIZA, 2007
- [Ref. 3] Leidraad Risicogestuurd Beheer en Onderhoud - Handleiding kwantitatieve analyse menselijk handelen bij waterkeringen, versie 1.0, G. Heslinga, RWS-GPO, 9 juli 2013
- [Ref. 4] Werkwijze bepalen kans op niet sluiten per sluitvraag met scoretabellen - Actualisatie van de gedetailleerde methode van betrouwbaarheid sluiten van kunstwerken voor ontwerpen en beoordelen, A. Casteleijn en B. van Bree, november 2017
- [Ref. 5] Demontabele keringen Limburg – faalkansen VNK en opmaat WT12017, kenmerk M2014-03-03-4, B. van Bree & R. Delhez, juni 2015
- [Ref. 6] Faalkansanalyse demontabele waterkeringen, K.J. Stoeten, 10 februari 2017
- [Ref. 7] Handreiking Prestatie Gestuurde Risicoanalyses (PRA) - Sturen op prestaties van systemen, Rijkswaterstaat Steunpunt ProBO, versie 1.0.0, september 2016
- [Ref. 8] Handreiking Faaldatabase - Generieke, pessimistische faalgegevens, te gebruiken door opdrachtnemers, Rijkswaterstaat, definitief versie 1.0, 20 december 2016
- [Ref. 9] Kwantificering scoretabellen niet sluiten, B. van Bree en A. Casteleijn, november 2017
- [Ref. 10] Veiligheidsbeoordeling coupure Den Oever, Dienst Weg- en waterbouwkunde, rapportnr. W-DWW-93270, 12 november 1993
- [Ref. 11] Handreiking borging betrouwbaarheid sluiting in draaiboeken, Achtergrondrapport bij het gebruik van de scoretabellen voor het faalmechanisme niet sluiten, B. van Bree, november 2017
- [Ref. 12] Leidraad Kunstwerken 2003, TAW, 2003
- [Ref. 13] Beschikbaarheid Meppelerdiepsluis RAMS-analyse, 243304.09, Combinatie Structon Civiel Projecten b.v. en Reef Infra b.v., 21 juli 2014

Bijlage A ANSI-analyse externe gebeurtenissen

A.1 Algemeen

Onderstaande tabellen geven een schematisch overzicht van de beschouwde externe gebeurtenissen, afkomstig uit de ANSI-lijst⁶. Een gebeurtenis kan op kwalitatieve gronden verwaarloosd worden indien deze voldoet aan ten minste een van de volgende vier criteria:

1. De gebeurtenis is minder schadelijk dan een gebeurtenis waarvoor de installatie ontworpen is.
2. De gebeurtenis heeft een duidelijk lagere gemiddelde frequentie van optreden dan andere gebeurtenissen met overeenkomstige onzekerheden en kan niet resulteren in ernstiger gevolgen.
3. De gebeurtenis kan niet zodanig dicht bij de installatie optreden dat de installatie door deze gebeurtenis beschadigd kan worden.
4. De gebeurtenis is begrepen in de definitie van een andere gebeurtenis.

Per externe gebeurtenis wordt in onderstaande tabel aangegeven op basis van welk van deze criteria nader onderzoek wordt uitgesloten, indien van toepassing. Gebeurtenissen die nader moeten worden beschouwd zijn aangeduid met een X in de criteriumkolom.

Gebeurtenis	Criterium	Analyse
Lawine	3	Lawines komen niet voor aan de Nederlandse kust.
Erosie van de kust	3	In de haven is een harde constructie aanwezig om erosie tegen te gaan
Aard-verschuivingen	3	Aardverschuivingen komen niet voor aan de Nederlandse kust
Inklinking	1	Het inklinken van de ondergrond maakt onderdeel uit van het ontwerp van het keermiddel
Aardbevingen	3	Aardbevingen komen in dit deel van Nederland niet voor.
Tsunami	3	Tsunami's komen in dit deel van Nederland niet voor
Vulkaanuitbarsting	3	Vulkaanuitbarsting komen in Nederland niet voor
Externe overstroming	4	In geval van een externe overstroming in het dijktraject van de coupure doet het wel of niet gesloten zijn hiervan niet meer ter zake.
Hoogwater	1	Het keermiddel dient gesloten te worden bij hoogwater en is hierop ontworpen. De coupures zijn voorts hoogwatervrij bereikbaar, dus dit aspect speelt niet
Laagwater	3	Bij laagwater is de coupure niet opgebouwd. Extreem laagwater heeft geen impact op (de fundering) van de coupure.

⁶ American National Standards Institute,

Gebeurtenis	Criterium	Analyse
Wijzigingen van de rivierloop	2	Het keermiddel ligt niet aan een rivier.
Seiche	3	Seiches komen in de haven van Den Oever niet voor (alleen IJmuiden en Rotterdam)
Golven	4	Golfbelastingen zijn meegenomen in het ontwerp van de coupure
Droogte	1	Droogte vormt geen belemmering voor het functioneren van de coupure
Extreme wind en windhozen	X	Harde wind kan het opbouwen van het keermiddel bemoeilijken. Dit is meegenomen onder Bediening.
Mist	1	Sluiting vindt plaats bij hoogwateromstandigheden welke worden veroorzaakt door harde wind. Dit gaat niet samen met mist.
Vorst	1	Er zijn geen elementen die vast kunnen vriezen
Hagel	1	Hagel kan leiden tot vertraagde opbouw. De duur van een hagelbui is verwaarloosbaar ten opzichte van de totale duur van de missie.
Wind met orkaankracht	3	Orkanen komen in Nederland niet voor.
IJsgang	3	Kruiend ijs of ijsgang komt in de haven van Den Oever niet voor
Bliksem	X	Bliksem kan leiden tot brand in het opslaggebouw en is meegenomen onder Mobilisatie.
Lage winter temperaturen.	1	Zie Vorst
Extreem hevige regenval	3	Extreem hevige regenval gedurende een dermate lange periode dat de opbouw van de coupure in gevaar komt is niet waarschijnlijk
Zandstorm	3	Zandstormen komen in Nederland niet voor.
Sneeuw	X	Sneeuwval kan de mobilisatie beïnvloeden en is daar meegenomen.
Stormopzet	1	Valt onder hoogwater
Vliegtuigongeval	3	Kans van optreden is verwaarloosbaar
Ecologische omgevingsfactoren .	1	Constructie bevat geen elementen die kwetsbaar zijn voor vervuiling door algen e.d. Daarnaast wordt meerdere malen per jaar gesloten, dus tijd voor aangroei om vast te groeien ontbreekt.
Brand	X	Een brand in de opslagloods of controlepost heeft impact op de beschikbaarheid van het materiaal en de coördinatie. Het risico van brand is meegenomen onder Mobilisatie en Alarmering

Gebeurtenis	Criterium	Analyse
Bosbrand	3	Er zijn geen bossen in de directe omgeving van de coupure en de opslagplaats
Incident op nabijgelegen industrieel of militair terrein	2	Er zijn geen militaire bases in de directe omgeving van het keermiddel. De kans op een zodanige calamiteit op het haven terrein dat de coupure niet kan worden opgebouwd wordt ingeschat als verwaarloosbaar klein.
Interne overstroming	3	Niet van toepassing op dit type constructie, geen waterleidingen in de constructie opgenomen
Meteoriet of satelliet inslag	2	De kans dat een meteoriet of satelliet inslaat op het keermiddel is verwaarloosbaar klein.
Incident met nabijgelegen pijpleiding	3	Er liggen geen pijpleidingen met potentieel gevaarlijke stoffen in de nabije omgeving van het keermiddel
Lekkage van chemicaliën op locatie	3/4	In de nabijheid van coupure en opslagplaats wordt niet met chemicaliën gewerkt.
Transportongevallen	X	Transportongevallen op de weg zijn een potentiële bedreiging voor de aanvoer van menskracht, materiaal en materieel. Dit risico is meegenomen onder Mobilisatie.
Giftige gassen op locatie	3/4	Er zijn geen giftige gassen op de locatie, of in de directe omgeving van de locatie aanwezig
Wegschietende afgebroken turbineonderdelen	3	Er zijn geen turbines aanwezig in de directe nabijheid van de coupure
Aanvaring/aanrijding	X	Het risico van een aanrijding van de coupure is meegenomen onder Techniek.
Obstakel	X	Het risico van verhindering opbouw door een obstakel op de plaats van de coupure is meegenomen onder Techniek
Vandalisme, Terrorisme etc.	X	Het risico van vandalisme / terrorisme is niet beschouwd. Diefstal is meegenomen onder Mobilisatie.
Uitval energienet	X	Kan de alarmering beïnvloeden. Dit risico is meegenomen onder Alarmering

A.2

Samenvatting externe gebeurtenissen

Op basis van de ANSI screeninglijst worden de volgende gebeurtenissen opgenomen in de foutenboom:

1. Extreme wind en windhozen
 - a) Resulteert in verminderde mogelijkheid tot opbouwen schotbalkkering
 - b) Plaatsing van de eerste 5 schotbalken met de hand lijkt in geval van nood mogelijk, het geschat gewicht is circa 150 kg per schotbalk. Er moet dan wel aanvullende menskracht worden gemobiliseerd.

- c) Op basis van windstatistiek KNMI kan de kans op harde wind, bijvoorbeeld > 8 Bft als dat als criterium voor wel of niet kunnen plaatsen wordt gehanteerd, worden gekwantificeerd. Er is echter een grote mate van correlatie tussen harde wind en hoog water. Gegeven hoog water zal de kans op harde wind veel groter zijn dan de kans op een bepaalde windkracht op een willekeurig moment in de tijd. Daarom is het niet zinvol deze laatste kans aan de hand van de klimaatbestanden van het KNMI te kwantificeren.
 - d) Er wordt daarom teruggegrepen op de praktijkervaring met het kunstwerk. Bij de beheerder zijn geen ervaringen bekend dat de schotbalken niet geplaatst konden worden. Ervan uitgaande dat het 'geheugen' van de beheerder zo'n 25 jaar terug gaat en gemiddeld 2 sluitingen per jaar zijn er dus 50 sluitingen gelukt. Hiermee wordt de faalkans van plaatsen van de schotbalken geschat op 1/50 per vraag.
2. Bliksem
- a) Betreft blikseminslag in de opslag van de schotbalken. Blikseminslag in de commandopost heeft impact op onder andere digitale bereikbaarheid / beschikbaarheid commandopost. Er hoeft echter geen stelsel van keringen te worden gesloten, zodat falen van de aansturing vanuit de commandopost niet kan leiden tot niet sluiten van de coupure. Daarom is alleen de kans op blikseminslag in de opslagloods meegenomen.
 - b) De kans op blikseminslag kan berekend worden conform NPR 1014:2009 - Leidraad bij de NEN-EN-IEC 62305. Hierbij wordt uitgegaan van 2,5 aanslagen per km² per jaar.
 - c) De kans op inslag is mede afhankelijk van het type gebouw en de aanwezigheid van beveiliging tegen blikseminslag. Uitgaande van een oppervlak van de loods van 100 m² en (conservatief) dat blikseminslag in de loods direct leidt tot brand en verwoeste schotbalken is de kans op blikseminslag in de opslagloods $(2,5 \times 100) / 1E6 = 2,5E-4$ per jaar = 3E-8 per uur.
3. Sneeuw
- a) Kan resulteren in verminderde mogelijkheid tot opbouwen coupure en/of verminderde bereikbaarheid locatie coupure
 - b) Enkel bij zware sneeuwval en/of dermate veel sneeuw dat de locatie onbereikbaar wordt door gladheid resulteert sneeuw in falen. In de periode 1961 tot 1990 kende het weerstation De Kooy 20 dagen met een sneeuwdek > 10 cm en 2 dagen met een sneeuwdek > 20 cm. [KNMI, Risicosignalering_Winterse_neerslag.pdf]. Het sneeuwseizoen valt samen met het hoogwaterseizoen (ca. 6 maanden per jaar). Conservatieve aanname is dat een event waarbij de sneeuwdiepte groter is dan 10 cm gemiddeld 2 dagen duurt, hiermee komt het gemiddelde aantal momenten "zware sneeuwval" op $6/30 = 0,2$ keer per jaar.
 - c) De kans op samenvallen van de gebeurtenissen zware sneeuw en hoogwater is lastig te kwantificeren.
 - d) Een dergelijke zware sneeuwval komt niet als een verrassing. Hierop wordt geanticipeerd door de coupure vervroegd te sluiten. De kans dat men wordt verrast door zware sneeuwval wordt ingeschat als klein (1E-2, eigen inschatting door auteur).
 - e) Daarnaast is het ook niet zo dat bij meer dan 10 cm sneeuwval dit per definitie ertoe leidt dat de coupure niet gesloten kan worden. De transportafstand van het materiaal is dermate kort (100 m) dat dit niet

kan falen. Wel kan de mobilisatie van personeel falen. Er zijn echter verschillende alternatieve vervoerswijzen mogelijk als vervoer over de weg niet mogelijk is. De kans dat de mobilisatie van personeel faalt bij zware sneeuwval wordt ingeschat op $1E-1$ (eigen inschatting auteur, gevoelsmatig conservatief).

- f) Ook ijzel kan voorkomen in de periode voorafgaand aan hoogwater. Hier is geen data van beschikbaar. IJzel is doorgaans een kortdurend fenomeen (tijdsschaal enkele uren), de vertraging die hierdoor ontstaat leidt niet tot falen van de opbouw.
- g) De kans op sneeuw >10 cm bedraagt $P = 0,2 / (180 \times 24) = 5E-5$ per uur. De faalkans voor niet-sluiten als gevolg van sneeuw bedraagt $5E-5 \times 1E-2 \times 1E-1 = 5E-7$.

4. Brand

- a) Betreft brand in schotbalkenopslag of centrale bedienpost (kantoor WRIJ)
- b) Er hoeft geen stelsel van keringen te worden gesloten, zodat falen van de aansturing vanuit de commandopost door brand niet kan leiden tot niet sluiten van de coupure. Daarom is alleen de kans op brand in de opslagloods meegenomen.
- c) Indien een analyse aan de hand van de methode Bouwman (2015) wordt uitgevoerd hangt de brandkans sterk af van het aangenomen aantal objecten met een ontstekingskans. In de schotbalkenopslag zijn geen potentiële brandveroorzakers aanwezig. Het gebouw is alleen voorzien van verlichting, dus de kans op kortsluiting is kleiner dan bij een woonhuis.
- d) Brand resulteert enkel in falen indien de mobilisatie ernstig verstoord wordt of indien de schotbalken beschadigd raken. Gegeven dat er een brand optreedt is het gevolg afhankelijk van de schade, en daarmee de grootte van de brand. De kans op een grote brand is derhalve afhankelijk van de kans op brand vermenigvuldigd met de kans op overdracht van het gefaalde element naar de belendende elementen.
- e) Indien een handmatige brandmeldinstallatie en brandblusmiddelen aanwezig zijn bedraagt de overdrachtskans 0,3. Indien een sprinklerinstallatie aanwezig is bedraagt de overdrachtskans met een factor 0,1. [RINK, 2012]. Niet bekend is of de opslag voorzien is van blusmiddelen, aangehouden is dat deze ontbreken.
- f) Indien uitgegaan wordt van de kans op brand met inzet brandweer in een woning bedraagt de brandkans $1/1053$ per jaar. De kans op brand in de opslag is kleiner dan in een woning omdat er veel minder ontstekingsbronnen zijn. Aangehouden is dat deze kans een factor 100 kleiner is (eigen inschatting door auteur).
- g) Op basis van de gegevens van de bond van verzekeraars en correctie voor aanwezigheid brandmelders en brandblusmiddelen bedraagt de brandkans $9,5 E-6$ per jaar (1 maal per 105300 jaar) = $1,1E-9$ per uur.
- h) Uitgangspunt is dat brand in de opslag waarbij inzet van de brandweer is vereist resulteert in verlies van een groot aantal schotbalken. Functioneel herstel in 1 maand (noodoplossing).

5. Transportation accidents / Transportongevallen

- a) Betreft aanrijding / ongeval transportmiddel personeel en/of materieel
- b) Meegenomen in analyse onder mobilisatie.

6. Aanvaring / aanrijding
 - a) Betreft aanrijding puntdeur en/of sponning en wordt meegenomen in analyse onder techniek.

7. Obstakel
 - a) Betreft obstakel (geparkeerde auto) op coupure en wordt meegenomen in analyse onder Techniek.

8. Vandalisme, Terrorisme, Diefstal
 - a) Kan resulteren in verminderde mogelijkheid tot opbouwen keermiddel
 - b) De kans op terrorisme wordt verwaarloosbaar geacht. Vandalisme valt niet uit te sluiten maar is tot op heden nog niet voorgekomen. Er is nog nooit ingebroken in de opslag.
 - c) Op basis van gegevens van de Bond van Verzekeraars (Risicomonitor 2013, 2014, 2015) wordt jaarlijks bij 1 op de 95 a 201 woningen ingebroken. Het aantal inbraken in bedrijfscomplexen wordt niet gepubliceerd.
 - d) Diefstal resulteert enkel in falen indien een groot aantal schotbalken wordt meegenomen waardoor opbouw van de schotbalkkering niet meer mogelijk is. Dit vergt de nodige voorbereiding omdat groot materieel benodigd is om de schotbalken te tillen en vervoeren. De kans dat bij een inbraak een grote hoeveelheid materiaal wordt meegenomen is daardoor beperkt.
 - e) Om deze reden is ingeschat dat de kans op een inbraak in de opslag een orde kleiner is dan de kans op een inbraak in een willekeurige woning. Hiervoor is de gemiddelde waarde aangehouden uit de gegevens van de Bond van Verzekeraars (1/150 per jaar) en is de kans op diefstal van een groot aantal schotbalken uit de opslag ingeschat op 1/1500 per jaar= $7,6E-8$ per uur.
 - f) Uitgangspunt met betrekking tot herstel is dat binnen 1 maand functioneel herstel kan plaatsvinden middels een noodmaatregel.

9. Uitval energienet
 - a) Betreft uitval landelijk energienet. Heeft impact op o.a. alarmering omdat computers uitvallen, het mobiele netwerk zeer waarschijnlijk overbelast raakt (zie stroomstoring Amsterdam, januari 2017), verkeers-regelinstallaties niet meer werken etc..
 - b) Uitval van het energienet is enkel relevant bij langdurige uitval.
 - c) Is meegenomen in de analyse onder Alarmering, Server beheerder faalt
 - d) Faaldata betreft expert judgement van RWS, zie ref A.4 en is aangehouden op $\lambda=2,4E-5$ per uur.
 - e) Dit komt nagenoeg overeen met de geschatte waarde op basis van onderstaande redenering:
 - Netbeheer Nederland geeft een indicatie van de betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland aan de hand van 2014. Gemiddeld treden er 0,276 storingen per jaar op met een gemiddelde storingsduur van 72,5 minuten.
 - Liander gaf in de media naar aanleiding van de storing in Amsterdam (Januari 2017) een indicatie van 1 maal per 20 jaar > 4 uur. Dit is orde gegevens netbeheerder Nederland. Dit levert een

indicatieve faalkans van 1x per 20 jaar = $5,7 \text{ E-}6$ / uur op op een verstoring die langer dan 4 uur duurt

- Kortdurend: Netbeheer Nederland Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland Resultaten 2014: 0,276 storingen per jaar --> $3,15\text{E-}5$ per uur; gemiddelde storingsduur 72,5 minuten --> 1,21 uur
- Uitgangspunt is dat bij storing langer dan 2 uur de alarmering niet tijdig plaats vindt en de coupure niet op tijd kan worden opgebouwd (locatiespecifieke faalkans). Lineaire extrapolatie van de gegevens van Liander (1x per 20 jaar > 4 uur) en Netbeheer Nederland (1x per jaar > 1 uur (afgerond)) levert een indicatieve faalkans van 1x per 5 jaar = $2,3\text{E-}5$ per uur.

Bijlage B Faalkans menselijk handelen

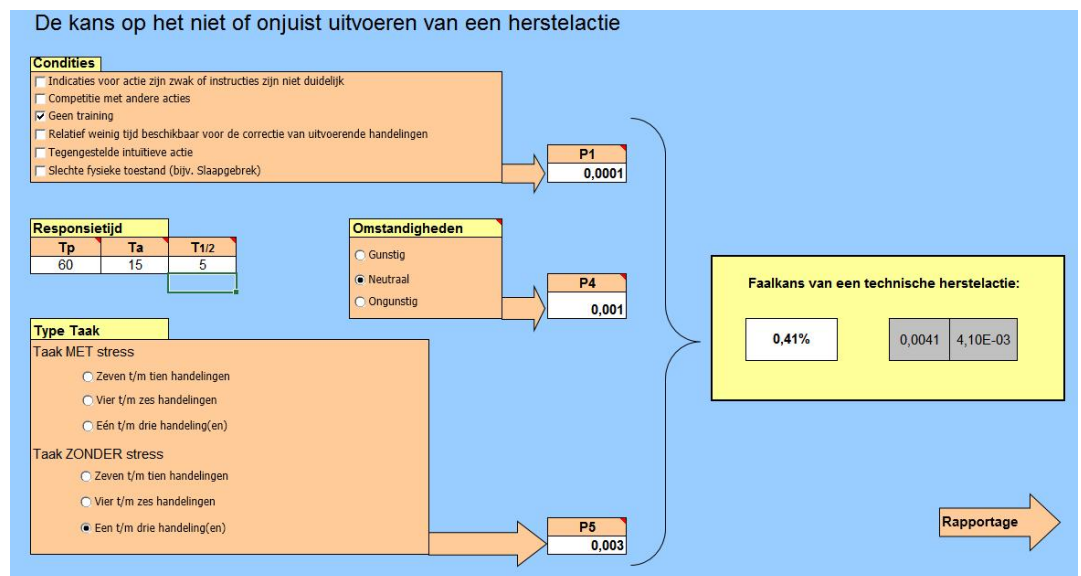
B.1 Falen herstelactie fout sluiting puntdeuren (bediening)

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

- Het personeel is aanwezig op locatie.
- De noodzaak tot sluiten is evident.
- Er is voldoende tijd voor de correctieve handeling.

De volgende omstandigheden zijn van toepassing, dit geeft een faalkans van $P = 4,10 \text{ E-}3$

- **Conditie:**
 - Het is evident dat een correctieve maatregel moet worden getroffen als de deur (deels) open blijft staan
 - Er is geen competitie met andere acties.
 - De correctieve handeling wordt niet getraind
 - De beschikbare tijd is ruim voldoende voor het uitvoeren van de actie
- **Omstandigheden:**
 - Neutrale omstandigheden
- **Type Taak:**
 - Geen stress. Het water staat nog niet "aan de drempel".
 - Het aantal handelingen is zeer beperkt (vastmaken kabel aan deur en auto, starten en rijden).
- **Responsietijd:**
 - Er hoeft niet te worden overlegd met derden alvorens de handeling wordt ingezet
 - Geen invloed daar de benodigde tijd significant kleiner is dan de beschikbare tijd.

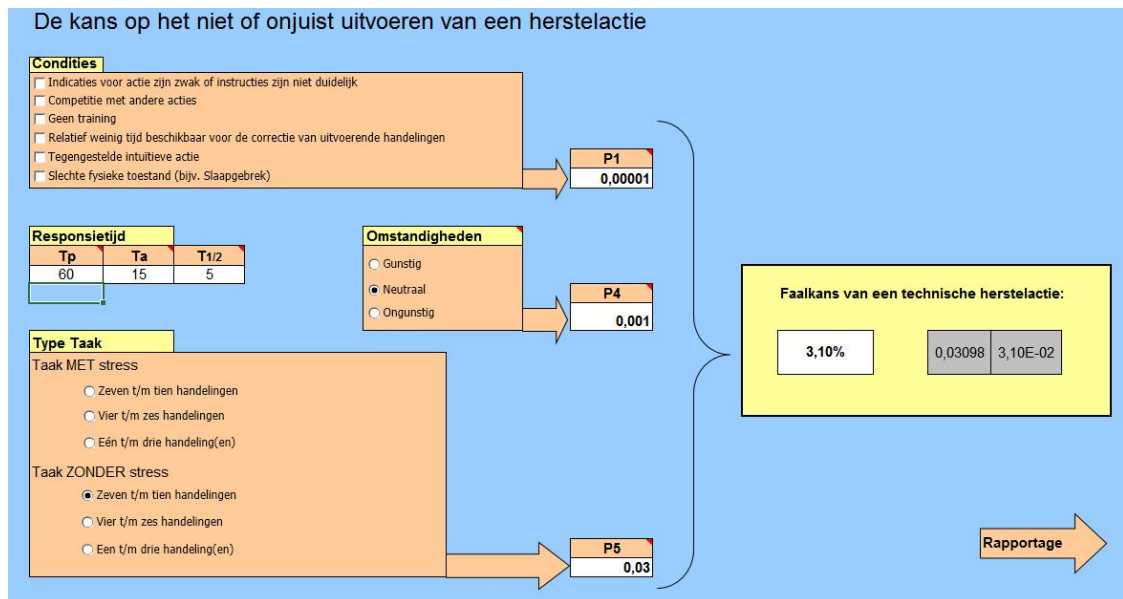


B.2 Herstel beschadigde sponning faalt (technisch falen)

Uitgangspunt hierbij is dat aanrijding van een sponning wordt opgemerkt door hetzij de beheerder zelf dan wel omwonenden en direct wordt gemeld. Er zijn verder geen verzwarende omstandigheden. Het aantal acties bepaalt de faalkans. Uitgegaan is van het maximum aantal handelingen.

De volgende omstandigheden zijn van toepassing, dit geeft een faalkans van $P = 3,10 \text{ E-}2$

- Conditioes:
 - Geen verzwarende condities
- Omstandigheden:
 - Neutrale omstandigheden
- Type Taak:
 - Geen stress
 - Maximale aantal handelingen gekozen
- Responsietijd:
 - Geen invloed daar de benodigde tijd significant kleiner is dan de beschikbare tijd.



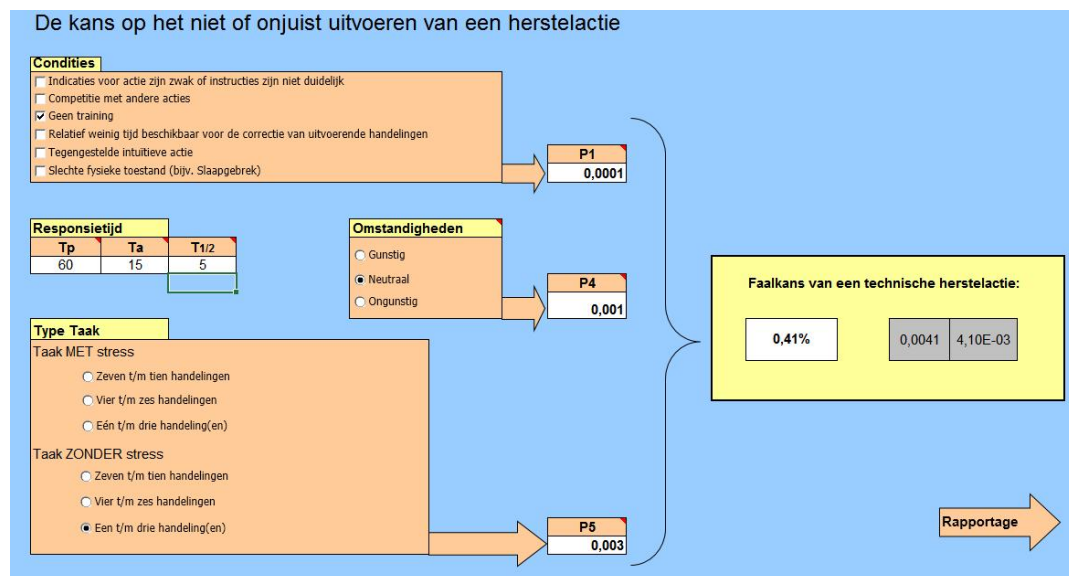
B.3 Herstel belemmering

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

- Het personeel is aanwezig op locatie.
- De noodzaak tot wegnemen van de belemmering is evident.
- Er is voldoende tijd voor de correctieve handeling.

De volgende omstandigheden zijn van toepassing, dit geeft een faalkans van $P = 4,10 \text{ E-}3$

- **Conditie:**
 - Het is evident dat een correctieve maatregel moet worden getroffen als de deur (deels) open blijft staan
 - Er is geen competitie met andere acties.
 - De correctieve handeling wordt niet getraind
 - De beschikbare tijd is ruim voldoende voor het uitvoeren van de actie
- **Omstandigheden:**
 - Neutrale omstandigheden
- **Type Taak:**
 - Geen stress. Het water staat nog niet "aan de drempel".
 - Het aantal handelingen is zeer beperkt (vastmaken kabel aan auto, starten en rijden).
- **Responsietijd:**
 - Er hoeft niet te worden overlegd met derden alvorens de handeling wordt ingezet
 - Geen invloed daar de benodigde tijd significant kleiner is dan de beschikbare tijd.



Bijlage C Logboek faalkansen

Bijlage D Foutenbomen