



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

RWS INFORMATIE

**Handreiking kwantificering menselijk handelen met
gebruik van het OPSCHEP model**

Datum	11 september 2017
Status	Definitief

Colofon

Naam Standaard	Handreiking kwantificering menselijk handelen met gebruik van het OPSCHep model
Beschrijving:	De handreiking kwantificering menselijk handelen beschrijft de methode om menselijk handelen te kwantificeren door inzet van het OPSCHep model en geeft kort achtergrondinformatie over menselijk handelen, de THERP methode en het OPSCHep model.
Status:	Definitief
Datum	11 september 2017
Versienummer:	1.0.2
Soort:	Handreiking
Verantwoordelijke PE:	Theo v.d. Gazelle, Jean-Luc Beguin.
Gebruik in proces:	OAM, AenO
Netwerk:	HVWN, HWS, HWN
Object:	Alle RWS-infrastructuur
Hoofdkennisveld:	Assetmanagement
Kennisveld:	Risicogestuurd Beheer en Onderhoud (RGO)
Informatie:	probo@rws.nl
Verantwoordelijke afdeling:	RWS GPO – afdeling Instandhouding Constructies & Onderhoud (ICO)
WW RWS Nummer:	5532

Overzicht wijzigingen

Versie	Datum	Wijzigingen
1.0	09-07-2013	Initieel opgestelde versie aangeboden aan WWRWS op 10-03-2017
1.0.1	06-06-2017	Verwerkt reviewcommentaar expertgroepen TM en CM t.b.v. opname handreiking in WWRWS
1.0.2	24-8-2017	Template aangepast naar standaard Steunpunt ProBO. Kaderstellende teksten gecompriemd naar hoofdstuk 2. Kleine tekstuele wijzigingen.

Inhoud

1	Inleiding 7
1.1	Context 7
1.2	Doel 7
1.3	Toepassingsgebied 8
1.4	Leeswijzer 8
2	Kaderstellende tekst 9
3	Uitgangspunten 11
3.1	Uitgangspunten kwantitatieve analyse menselijk handelen 11
3.2	Uitgangspunten proces menselijke betrouwbaarheidsanalyse 12
3.3	Uitgangspunten OPSCHEP model 13
4	Menselijke betrouwbaarheidsanalyse 15
4.1	Taakanalyse 15
4.2	Het identificeren van menselijke fouten, de faalanalyse 16
4.3	Het vaststellen van de kans op de menselijke fout 18
4.4	Toepassing en evaluatie van de verkregen resultaten 20
5	Het gebruik van HRA-gebeurtenissenbomen voor het bepalen van de kans op menselijk falen en de herstelmogelijkheden 22
5.1	Menselijke fouten in het uitvoeren van operationele handelingen 22
5.2	Menselijke fouten bij technische herstelacties 25
5.3	Menselijke fouten bij het uitvoeren van bedien- en onderhoudshandelingen 26
5.4	Extra toelichting op het gebruik van het OPSCHEP model 29
6	Het bepalen van de kansen in het OPSCHEP model 30
6.1	Het bepalen van de kans op P1 (de kans op detectiefout) 30
6.2	Het bepalen van de kans op P2 (de kans op verzuimfout) 31
6.3	Het bepalen van de kans op P3 (de kans op een uitvoeringsfout) 34
6.4	Het bepalen van de kans op P4 (de kans op herstel) 39
6.5	Het bepalen van de kans op P5 (de kans op herstelfouten) 40
6.6	Het bepalen van de kans op P6 (de kans op fouten bij de detectie van fouten) 41
6.7	Berekeningen met het OPSCHEP model 42
7	Rapportage 43
7.1	Overzicht 43
7.2	Informatie benodigd in de rapportages 43
7.2.1	Rapportage operationele handelingen 43
7.2.2	Rapportage technische herstelacties 43
7.2.3	Rapportage reguliere bedien- en onderhoudshandelingen 44
7.3	Controle 44
	Referenties 45

Bijlage 46

Voorbeeld bepaling faalkans operationele handelingen. 46

Voorbeeld bepaling faalkans herstelactie49

Voorbeeld bepaling faalkans bedien- of onderhoudshandeling53

1 Inleiding

1.1 Context

In 2010 is door Rijkswaterstaat besloten tot het beheerst invoeren van risico-gestuurd beheer en onderhoud (RGO) binnen asset management (AM). Met RGO worden alle risico's voor het functioneren van een object in kaart gebracht, waardoor deze op een transparante en weloverwogen manier beheerst kunnen worden. Dit in tegenstelling tot traditioneel onderhoud dat veelal conditie-gestuurd is, gericht op het handhaven van een bepaald technisch niveau.

Het doel van RGO is om de risico's in het functioneren van de drie netwerken via beheer- en onderhoudsacties zodanig te beheersen, dat de afgesproken prestaties worden geleverd tegen minimale (levensduur)kosten. RGO maakt de relatie tussen de netwerkprestatie en onderhoud expliciet. In 2013 besloot het bestuur RWS tot een verdere doorontwikkeling van RGO om volledig in control te komen middels een vervolgtraject RGO, gevolgd door een herijking ervan in 2016.

Binnen Rijkswaterstaat is daartoe in 2016 de handreiking Prestatiegestuurde Risicoanalyses (PRA) opgesteld om het risicogestuurd denken toepasbaar te maken voor alle infrastructurele assets, die Rijkswaterstaat in beheer heeft. Deze handreiking integreert en vervangt daarmee de Leidraad RAMS en de Leidraad risicogestuurd beheer en onderhoud.

Prestatiegestuurde risicoanalyse (PRA) is een belangrijk instrument. De PRA brengt de balans in beeld tussen de prestaties van een object, de risico's die de prestaties beïnvloeden en de kosten van het in stand houden van de prestatie. Met hulp van PRA's kan Rijkswaterstaat onderbouwde beslissingen nemen bij aanleg, beheer en onderhoud.

In aanvulling op deze handreiking zijn verschillende methodes inhoudelijk verder uitgewerkt en vastgelegd in aparte handreikingen. Zo ook deze standaard die beschrijft hoe de faalkans van het menselijk handelen met behulp van een eerder voor RWS ontwikkeld model voor de kwantificering van menselijke fouten (het zogenaamde OPSCHep model¹) wordt bepaald.

1.2 Doel

Deze handreiking beschrijft een werkwijze, welke door Rijkswaterstaat wordt gezien als geaccepteerde methode, voor de analyse van het risico op niet-beschikbaarheid van een infrastructureel complex, object of deelinstallatie door menselijk handelen. De doelgroep van deze handreiking zijn de objectbeheerders en risico analisten (RAMS / ProBO specialisten) die betrokken zijn bij de kwantificering van het risico op niet-beschikbaarheid van de (hoofd)functies van infrastructurele werken in beheer van Rijkswaterstaat.

De hier beschreven analysemethode wordt door Rijkswaterstaat geaccepteerd voor de kwantitatieve analyse van het brandrisico binnen risicogestuurd beheer en onderhoud binnen de RAMS / ProBO methodieken. De handreiking geeft een toelichting op de analysemethode, daarmee wordt:

¹ OPSCHep model staat voor **O**KE **P**roject **S**oftware for the **C**alculation of **H**uman **E**rror **P**robabilities.

- het proces voor de gebruiker inzichtelijk gemaakt volgens welke methode faalkansen van menselijke fouten worden bepaald bij handelingen die op of aan waterkeringen worden uitgevoerd en
- de gebruiker in staat gesteld om volgens dit proces deze faalkansen te bepalen.

Oogmerk is dat de aldus berekende faalkans wordt opgenomen in de totale betrouwbaarheidsanalyse van een object waarin ook de andere wijzen van falen, zoals technisch falen, externe gebeurtenissen, etc. worden beschouwd.

1.3 Toepassingsgebied

Het OPSCHep model is ontwikkeld voor en gebruikt bij de Nederlandse stormvloedkeringen. Daarbij is het model gebaseerd op de internationaal geaccepteerde THERP methodiek. De kwantificeringsmethode is in het bijzonder geschikt voor het kwantificeren van handelingen die met een relatief lage frequentie voorkomen – denk daarbij aan eens per maand of minder. Bij toepassing op handelingen met een hogere frequentie (zoals bijvoorbeeld de reguliere bediening van een brug) zullen de waarden afwijken van de praktijkervaring. In dit geval dient de risicoanalist een weloverwogen besluit te nemen over de toepassing en eventuele bijstelling van de methode.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 3 zijn allereerst de kaderstellende teksten uit deze handreiking gebundeld. Dit wordt gevolgd door de uitleg van de analysemethode vanaf hoofdstuk 3, beginnend bij de uitgangspunten voor het bepalen van de menselijke faalkans met het OPSCHep model beschreven. Hoofdstuk 4 behandelt het gehele proces van de menselijke betrouwbaarheidsanalyse van de uit te voeren handelingen, de analyse van menselijke fouten en de kwantificering van de menselijke fout. Hoofdstuk 5 gaat in op de basis volgens welke de handelingen bij waterkeringen dienen te worden gekwantificeerd. Hoofdstuk 6 beschrijft de kwantificeringsmodellen waarmee de kans van de menselijke fouten dienen te worden bepaald. Tenslotte staan in hoofdstuk 6 de richtlijnen voor het opstellen van de rapportage van de analyse.

2

Kaderstellende tekst

Het model onderscheidt drie typen menselijke handelingen, die alle drie beschouwd dienen te worden.:

1. Het uitvoeren van handelingen tijdens een operationele situatie waarbij er handmatig bediend moet worden, hierna aan te duiden als operationele handelingen.
2. Het uitvoeren van reparaties of herstelwerkzaamheden aan een gefaalde component of gefaald systeem van het object tijdens een operationele situatie, hierna aan te duiden als technische herstelacties.
3. Het uitvoeren van reguliere handelingen tijdens een niet-operationele situatie, in het bijzonder reguliere bedienhandelingen, onderhoudshandelingen (preventief of correctief), inspecties en testhandelingen, hierna aan te duiden als reguliere bedien- en onderhoudshandelingen.

Voor alle geïdentificeerd handelingen, die invloed kunnen hebben op de functionaliteit van het object, wordt de analysemethode voor menselijk handelen doorlopen in vier afzonderlijke processtappen:

1. Taakanalyse (zie ook paragraaf 4.1)
2. Faalanalyse (zie ook paragraaf 4.2)
3. Kwantificering (zie ook paragraaf 4.3)
4. Evaluatie resultaat (zie ook paragraaf 4.4)

Voor de analyse van operationele handelingen bij een waterkering worden de volgende drie stappen doorlopen (zie ook paragraaf 5.1):

1. Stel de gewenste operationele handelingen vast, inclusief detectie van de noodzaak tot acties en/of beslissingen, nodig voor het bedienen in de operationele situatie (taakanalyse).
2. Identificeer de menselijke fouten die ertoe leiden dat de noodzakelijke handelingen niet worden uitgevoerd. Dit betreffen alle mogelijke verzuimfouten (geen detectie of foute diagnose, niet of te late uitvoering van acties) en uitvoeringsfouten die aanleiding geven tot de niet-beschikbaarheid (faalanalyse).
3. Stel de kans vast op de menselijke fouten waardoor de bediening niet correct wordt uitgevoerd (kwantificering).

Voor de analyse van herstelacties worden de volgende stappen doorlopen (zie ook paragraaf 5.2):

1. Stel de set van gewenste herstelacties vast, inclusief de detectie van de noodzaak tot acties en/of beslissingen, nodig voor het herstel van het mankement (taakanalyse).
2. Bepaal de volgende tijden (faalanalyse):
 - de tijd die beschikbaar is voor de herstelacties,
 - de beslistijd die nodig is om te besluiten tot reparatie en
 - de reparatietijd.
3. Stel de kans vast dat de set van herstelacties niet tijdig of niet correct wordt uitgevoerd waardoor het technisch mankement niet binnen de beschikbare tijd is opgelost (kwantificering).

Voor de analyse van reguliere bedien- en onderhoudshandelingen worden de volgende stappen doorlopen (zie ook paragraaf 5.3):

1. Stel de bedien- en onderhoudshandelingen (inclusief die van testen en inspecties) vast (taakanalyse).
2. Identificeer de menselijke fouten die ertoe leiden dat de noodzakelijke handelingen niet worden uitgevoerd. Dit betreffen alle mogelijke verzuimfouten (niet of te late handelingen) en uitvoeringsfouten die aanleiding geven tot de niet-beschikbaarheid van systemen (faalanalyse),
3. De mogelijkheden tot herstel (faalanalyse),
4. Stel de kans vast op de menselijke fouten waardoor een systeem (latent) niet beschikbaar is rekening houdend met aspecten die bij uitvoering van de handeling een rol spelen (kwantificering).

Vanuit de bovenstaande analyses zullen de kansen op detectiefouten, verzuimfouten, uitvoeringsfouten, herstel, herstelfouten en foutieve detectie van fouten bepaald moeten worden, respectievelijk P1 t/m P6. De werkwijze waarop deze kansen bepaald moeten worden is terug te vinden in Hoofdstuk 6 van deze handreiking.

Deze deelkansen P1 t/m P6 kunnen vervolgens per geanalyseerde menselijke handeling gecombineerd worden tot kansen op foutief menselijk handelen conform de rekenmethodieken zoals aangereikt in Hoofdstuk 5

Bij de rapportage moet met het volgende rekening gehouden worden:
Bij een risicoanalyse gelden uitgangspunten omtrent de
aantoonbaarheid en traceerbaarheid:

Zorg voor een aantoonbare en transparante rapportage van zowel de rekengegevens alsmede de gekozen parameters door in de rapportage een goede traceerbare onderbouwing ervan op te nemen, inclusief “bewijsstukken”. Deze “bewijsstukken” zijn ook noodzakelijk bij afwijkingen van de methode zoals beschreven in de handleiding, inclusief motivatie en advies van branddeskundigen.

Neem in de rapportage een lijst op met referentiedocumenten (rapporten, werkinstructies, opleidingsplannen e.d.) van alle documenten waar informatie voor de analyse uit wordt verkregen inclusief versie en datum van deze documenten.

Daar waar informatie uit het ontwerp wordt verkregen dient een referentie opgenomen te worden naar de bron van de data. Vermeld minstens:
- Document, paragraafnummer, paragraaftitel, bladzijde, jaartal

3 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk volgt een beschrijving van de uitgangspunten voor de kwantitatieve analyse van het menselijk handelen in het algemeen en zoals dat bij waterkeringen van toepassing is.

3.1 **Uitgangspunten kwantitatieve analyse menselijk handelen**

De analyse van het menselijk handelen, de wijze waarop de mens daarbij kan falen en wat de kans daarop is, wordt in de literatuur aangeduid met de term "menselijke betrouwbaarheidsanalyse" en met de Engelse afkorting HRA (Human Reliability Analysis) of HFA (Human Factor Analysis). Eerst worden hier twee belangrijke definities gegeven en vervolgens worden de uitgangspunten benoemd van het proces van de menselijke betrouwbaarheidsanalyse.

Menselijke betrouwbaarheidsanalyse

Voor de term menselijke betrouwbaarheidsanalyse zijn verschillende definities in omloop ([2], [4], [6] en [7]). Deze term wordt hier als volgt gedefinieerd:

"Menselijke betrouwbaarheidsanalyse is het geheel van activiteiten gericht op het beschrijven van menselijk handelen in termen van kansen".

Voor het uitvoeren van een menselijke betrouwbaarheidsanalyse gelden enkele uitgangspunten die in de volgende paragraaf worden besproken.

Menselijk falen en menselijke fout

Menselijk falen wordt gedefinieerd als het "optreden van menselijke fout(en)". Voor de hierin voorkomende term 'menselijke fout' bestaan vele definities. Hier wordt de volgende definitie gehanteerd (afgeleid van [2]): "Een menselijke fout is het niet (tijdig) of onjuist uitvoeren van een gewenste handeling, gegeven dat voorwaarden voor correcte uitvoering aanwezig zijn".

Uitgangspunt is dus dat de gewenste handeling beschreven/bekend is (1) en dat de voorwaarden voor correct kunnen uitvoeren aanwezig zijn (2). Anders kunnen menselijke fouten niet goed worden afgeleid, c.q. kan er niet over een menselijke fout worden gesproken.

Ad 1. De handelingen die de mens moet uitvoeren moeten in kaart zijn gebracht. Hiervoor kunnen bestaande werkinstructies of procedures worden gebruikt of op schrift gestelde regels over de gewenste uitvoering van een taak. Het kan gaan om uitvoerende handelingen (zoals knoppen in de juiste stand zetten en meters correct aflezen), het toepassen van de juiste (analyse)methoden of het kiezen van de juiste strategie om een doel te bereiken, etc. Pas als de gewenste handelingen in kaart zijn gebracht, kan op systematische wijze worden nagegaan wat als afwijking op die gewenste handeling de menselijke fout is.

Ad 2. De voorwaarden voor het succesvol uitvoeren van handelingen moeten bekend zijn en zijn ingevuld en wel zodanig dat er geen belemmering is voor het kunnen uitvoeren van de handelingen. Dit kan bijvoorbeeld te maken hebben met de wijze waarop de organisatie middelen verschaft. Als dit niet het geval is, waardoor voorgeschreven

handelingen door de bedienaar² niet kunnen worden uitgevoerd, zijn de voorwaarden niet aanwezig. Zo kan er niet gesproken worden van het falen van hulpverleners van het niet tijdig een gewonde af kunnen voeren als zij gehinderd worden in hun werk door omstanders.

Overigens, het hebben van voorwaarden sluit de menselijke fout niet uit, het zijn voorwaarden om de taak uit te kunnen voeren. Deze kunnen dan echter meer of minder goed zijn ingevuld. In het laatste geval is er dan eerder sprake van organisatorisch falen. Dit wordt uiteraard ook weer door mensen veroorzaakt, maar dan worden deze veelal meegenomen in de menselijke betrouwbaarheidsanalyse als invloedsfactoren die de faalkans van mens als bedienaar van een proces (negatief) kunnen beïnvloeden. De diverse invloedsfactoren die van toepassing kunnen zijn voor de waterkeringen zullen hierna toegelicht worden, alsmede de wijze waarop deze in het OPSCHep model worden meegenomen.

3.2 Uitgangspunten proces menselijke betrouwbaarheidsanalyse

Een eerste uitgangspunt is dat de menselijke betrouwbaarheidsanalyse voorafgegaan wordt door de vaststelling van de aanleiding van deze analyse, zoals het vaststellen van de top van de gebeurtenissenboom voor de algehele betrouwbaarheidsanalyse of risicoanalyse van een object.

Een volgend uitgangspunt is dat het proces volgens welke de menselijke betrouwbaarheidsanalyse wordt uitgevoerd een aantal volgordelijke processtappen bevat waarbij:

1. De gewenste handelingen in kaart worden gebracht door middel van een taakanalyse.
2. Een faalanalyse wordt uitgevoerd waarbij systematisch wordt nagegaan wat de fouten zijn die de mens kan maken.
3. De kans op de menselijke fout wordt bepaald rekening houdend met de mogelijkheid tot tijdig herstel.
4. De resultaten worden geëvalueerd c.q. worden ingevoerd in een overall betrouwbaarheidsanalyse of risicoanalyse van het object.

Opgemerkt wordt dat vanuit de 4^e stap een terugkoppeling naar de eerste stap kan plaatsvinden omdat deze laatste stap aanleiding kan zijn tot kansverlagende maatregelen die ook weer geanalyseerd moeten worden op hun effecten op de menselijke faalkans. Op dit aspect zal in het volgende hoofdstuk (hoofdstuk 4), waarin in meer detail de processtappen van de menselijke betrouwbaarheidsanalyse besproken, worden terug gekomen.

² De term bedienaar omvat alle functionarissen die een rol spelen in het besturen, onderhouden, inspecteren en testen van een technisch proces. Om de tekst niet te uitgebreid te maken wordt hier de term bedienaar gebruikt die dus in deze bredere zin moet worden opgevat.

3.3 Uitgangspunten OPSCHep model

Het OPSCHep model voor waterkeringen is een model voor de kwantificering van de faalkans van menselijke fouten zoals die op kunnen treden bij het uitvoeren van handelingen op of aan (systemen/componenten van) waterkeringen. Dit model maakt onderscheid in handelingen die zijn gerelateerd aan twee te onderscheiden situaties:

Situatie 1: De operationele situatie, de situatie waarbij het object een waterkerende of spuiende werking heeft.

Situatie 2: De niet-operationele situatie waarbij het object in rust is.

Uitgangspunt in de analyse van het menselijk handelen bij deze situaties is dat de mens zowel een positieve als een negatieve invloed kan hebben op de betrouwbaarheid van de waterkeringen:

- Enerzijds kan de mens gewenste handelingen niet of onjuist uitvoeren. Een belangrijk aspect daarbij is in hoeverre de mens de mogelijkheid heeft eigen fouten te herstellen (bijvoorbeeld op basis van bepaalde signaleringen). Deze herstelmogelijkheid is van belang omdat die van invloed is op de kans dat bijvoorbeeld systemen in een onjuiste toestand achterblijven door een menselijke fout.
- Anderzijds is de mens in staat ongewenste situaties zoals bijvoorbeeld ontstaan door technisch falen, te herstellen en ten goede te keren. Ook bij dat laatste kan de mens natuurlijk falen. Ook het meenemen van deze zogenaamde herstelacties (zoals hierna benoemd) is van belang voor de kans dat systemen in een technisch gefaalde toestand blijven tijdens een operationele situatie.

In het OPSCHep model zoals gehanteerd bij de waterkeringen worden beide fenomenen meegenomen.

Op basis van de genoemde twee situaties onderkent het model drie typen menselijke handelingen:

1. Het uitvoeren van handelingen tijdens een operationele situatie waarbij er handmatig bediend moet worden, hierna aan te duiden als operationele handelingen.
2. Het uitvoeren van reparaties of herstelwerkzaamheden aan een gefaalde component of gefaald systeem van het object tijdens een operationele situatie, hierna aan te duiden als technische herstelacties.
3. Het uitvoeren van reguliere handelingen tijdens een niet-operationele situatie, in het bijzonder reguliere bedienhandelingen, onderhoudshandelingen (preventief of correctief), inspecties en testhandelingen, hierna aan te duiden als reguliere bedien- en onderhoudshandelingen.

Deze drie typen menselijke handelingen onderscheiden zich doordat:

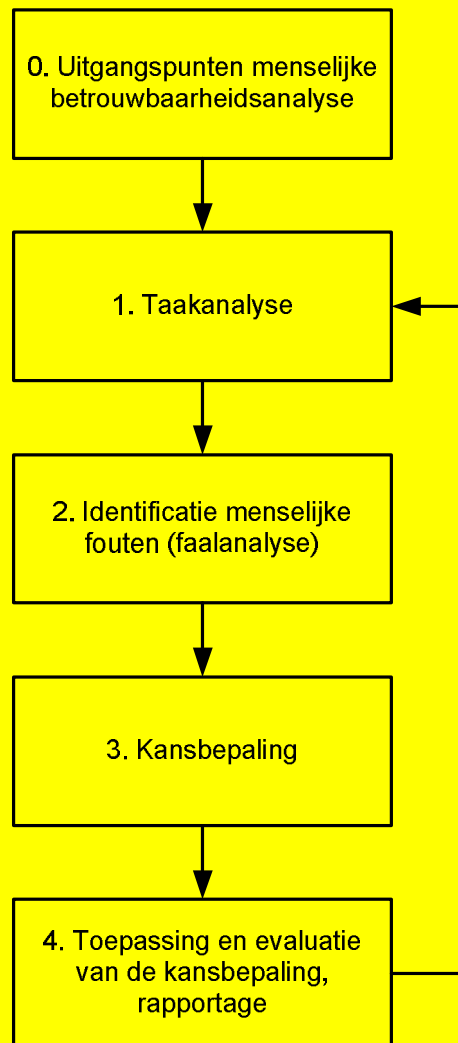
- er veelal sprake is van een verschillend soort gedrag,
- het al dan niet aanwezig zijn van onderling afwijkende invloedsfactoren (zoals tijd).

Hierdoor kunnen steeds andere faalkansen gelden en moet er van verschillende onderliggende modellen gebruik worden gemaakt.

Het OPSCHEP model beoogt de faalkans te bepalen van menselijke fouten bij het uitvoeren van de hierboven aangegeven drie typen handelingen bij de waterkeringen. Uitgangspunt is dat de identificatie van de menselijke fout door middel van de eerste twee stappen zoals hiervoor aangegeven (taakanalyse en faalanalyse) wordt bepaald waarna volgens de richtlijnen van het OPSCHEP model de faalkans wordt berekend. De uitvoering van de taakanalyse en faalanalyse zijn qua methode niet strikt voorgeschreven maar er dient wel rekening gehouden te worden met richtlijnen zoals aangegeven in deze handreiking voor het uitvoeren van deze analyses om de voorgeschreven kwantificering mogelijk te maken.

4 Menselijke betrouwbaarheidsanalyse

Figuur 1 toont het proces van de menselijke betrouwbaarheidsanalyse. Dit proces wordt hierna verder toegelicht.



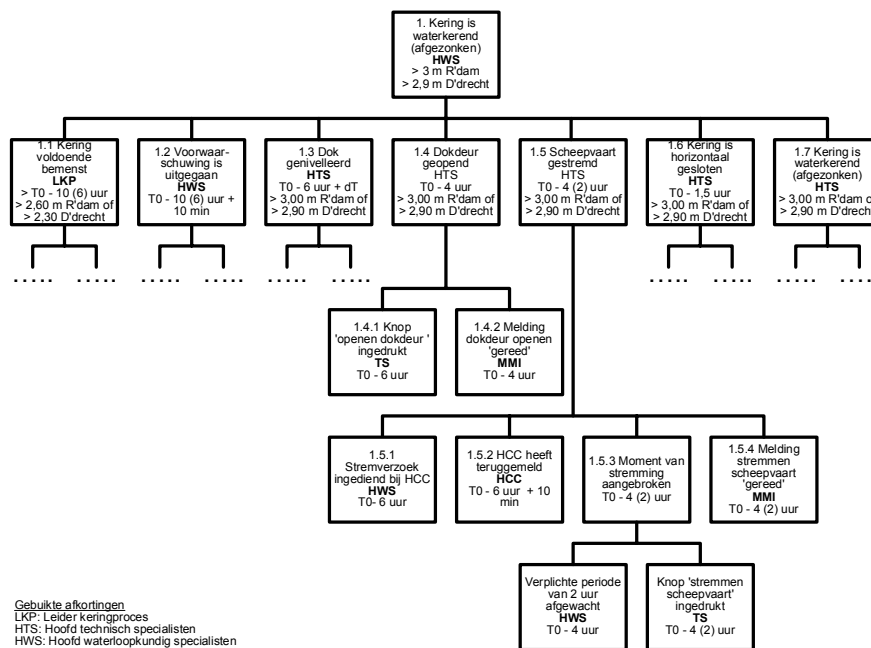
Figuur 1-1 De processtappen van een menselijke betrouwbaarheidsanalyse. Aangepast overgenomen uit [3].

4.1 Taakanalyse

Een taakanalyse is een analyse waarbij nagegaan wordt welke functies en handelingen een bedienaar moet vervullen en welke (deel)taken of (deel)handelingen daarvoor nodig zijn. Daarbij worden procedures (of werkinstructies) die de bedienaar eventueel tot zijn of haar beschikking heeft gebruikt. Het gaat er bij de taakanalyse vooral om de acties volgens welke de bedienaar hoort te handelen vast te stellen. Dit kan gebeuren door het analyseren van bestaande procedures of werkinstructies of met specifieke taakanalysemethoden waarvan één methode hieronder wordt besproken. Meer informatie over taakanalysemethoden is te vinden in [5].

Een voorbeeld van een taakanalysemethode is de Hiërarchische Taakanalyse (HTA); dit is de meest gebruikte taakanalysemethode. Deze is direct toepasbaar op zowel vrij eenvoudige taken en handelingen als op meer complexe taken. Zoals de naam aangeeft is het een hiërarchische aanpak. Gestart wordt vanuit de hoogste taak of doelstelling die vervuld moet worden en van daaruit wordt steeds verder gedetailleerd naar het niveau van individuele handelingen of acties.

Een voorbeeld van een deel van een HTA is te zien in figuur 4-2. Dit betreft de HTA van de handbedienprocedure van de Maeslantkering die gehanteerd moet worden als het Beslis en Ondersteunend Systeem, verantwoordelijk voor een automatische sluiting van de kering, is uitgevallen.



Figuur 4-2 Voorbeeld van een deel van de Hiërarchische Taakanalyse (HTA) van de handbedienprocedure van de Maeslantkering

4.2 Het identificeren van menselijke fouten, de faalanalyse

De identificatie van menselijke fouten bevat de volgende stappen:

- Vaststellen welke menselijke fouten mogelijk zijn en deze classificeren.
- Menselijke fouten specificeren met betrekking tot de uit te voeren analyse zoals bepaald bij de uitgangspunten.
- Indien nodig gevolgen van gemaakte menselijke fouten vaststellen.

Bepalen of herstel van eventueel gemaakte menselijke fouten mogelijk is.

Voor menselijke fouten die op kunnen treden bestaan veel classificaties. Afhankelijk van het beoogde doel wordt gekeken naar het menselijk handelen zelf of naar de denkprocessen die een rol spelen (en die ten grondslag liggen aan dat menselijk handelen) .

Voor menselijke fouten bij het uitvoeren van handelingen bestaat een aantal indelingen (bijvoorbeeld [2] en [4]). Voor het faalkansmodel kan volstaan worden met een indeling in twee soorten fouten:

- de 'verzuimfout': het niet of niet binnen de vastgestelde tijd uitvoeren van de gewenste handeling. Het kan onder meer leiden

tot latent falen als er verzuimd wordt een systeem na het uitvoeren van onderhoud terug te zetten in de bedrijfsstand.

- de 'uitvoeringsfout': het onjuist uitvoeren van de gewenste handeling.

Deze zal geanalyseerd worden vanuit de mogelijkheid dat er latent falen optreedt omdat de juiste component niet wordt teruggezet in de bedrijfsstand (omdat bijvoorbeeld een andere component dan bedoeld wordt gereset na onderhoud).

Een classificatie die vooral gericht is op denkprocessen is de indeling van Rasmussen [7]. Hij deelt het menselijk gedrag op in drie niveaus:

- Vaardigheid-gebaseerd gedrag, hetgeen zich kenmerkt door min of meer onbewust handelen (volgens aangeleerde automatismen) en vaste strategieën worden gevolgd.
- Regel-gebaseerd gedrag, hetgeen zich kenmerkt door het maken van keuzes uit strategieën, specifieke regels of procedures (schriftelijk of op basis van het geheugen) en het volgen van de gekozen strategie, de specifieke regels of procedures.
- Kennis-gebaseerd gedrag, hetgeen zich kenmerkt door het zelf moeten bedenken van handelingen die nodig zijn omdat regels of strategieën niet voorhanden zijn.

Fouten kunnen geclassificeerd worden conform deze drie niveaus, voorbeelden zijn 'slips', 'lapses' en 'mistakes' [8]. Het hanteren van deze classificatie van fouten voert voor het OPSCHep model echter te ver, meer informatie over deze indeling is te vinden in [8]. Het OPSCHep model richt zich op menselijke fouten bij het uitvoeren van handelingen zoals hiervoor met de indeling in verzuimfouten en uitvoeringsfouten is gegeven. Wel wordt de indeling in drie niveaus voor gedrag in het faalkansmodel meegenomen om de kwantificering van menselijk fouten bij het uitvoeren van handelingen te ondersteunen.

De identificatie van mogelijke verzuimfouten en uitvoeringsfouten gebeurt door middel van een faalanalyse van gewenste handelingen, zoals deze met de taakanalyse zijn afgeleid en kunnen zijn beschreven in procedures of werkinstructies. Daarbij wordt het zogenaamde Human-HAZOP formulier gebruikt. Tabel 4-1 toont een voorbeeld van een analyse met zo'n Human-HAZOP formulier.

Handeling: 1.4.1 Knop 'openen dokdeur' indrukken			
Soort fout (gidswoord)	Specificatie (faalwijze/oorzaak)	Gevolg	Herstel
Verzuimfout	Geen tijdig onderkennen door waterloopkundig specialist dat dokdeuren open moeten	Geen openen dokdeuren, kering niet op tijd waterkerend	Er is voldoende tijd (1,5 uur) voor detecteren noodzaak tot actie (ook detectie door andere betrokkenen)
Verzuimfout	Knop 'openen dokdeur' niet tijdig ingedrukt na opdracht door waterloopkundig specialist	Geen openen dokdeuren, kering niet op tijd waterkerend	Er is voldoende tijd (1,5 uur) voor herstel van de verzuimfout, check door waterloopkundig specialist

Handeling: 1.4.1 Knop 'openen dokdeur' indrukken			
Soort fout (gidswoord)	Specificatie (faalwijze/oorzaak)	Gevolg	Herstel
Uitvoeringsfout	Verkeerde knop ingedrukt door technisch specialist op Noord	Afhankelijk van de verkeerde keuze zijn verschillende gevolgen mogelijk. Bij schade wordt verondersteld dat de kering niet op tijd waterkerend is.	Dit kan ontdekt worden voordat schade optreedt want er is een check door een waterloopkundig specialist

Tabel 4-1 Onderdeel van een eerder uitgevoerde faalanalyse van de handbedienprocedure bij de Maeslantkering

4.3

Het vaststellen van de kans op de menselijke fout

Voor de kwantificering van de menselijke fout rekening houdend met eventuele herstelacties worden zogenaamde HRA-gebeurtenissenbomen als hulpmiddel gebruikt. In het volgende hoofdstuk (hoofdstuk 5) zal deze aanpak, specifiek voor de analyse van menselijk falen bij de waterkeringen, verder worden behandeld.

Voor het daadwerkelijk vaststellen van de kans op de menselijke fout moet een kwantificeringsmodel gekozen worden. Hiervoor zijn modellen in de literatuur beschikbaar en dit wordt in hoofdstuk 6 besproken. Daarbij dient nagegaan te worden welke aspecten de kans op menselijk falen negatief of positief kunnen beïnvloeden. Voor het beoogde faalkansmodel zijn diverse aspecten geïdentificeerd bij de waterkeringen.

- Het (gedeeltelijk) beschikbaar zijn van werkinstructies.
- Het wel of niet correct gebruik van werkinstructies.
- De frequentie van periodieke handelingen.
- Het gepland of ongepland zijn van handelingen omdat op de keringen zowel correctief als preventief onderhoud wordt uitgevoerd.
- Of er sprake is van tijdsdruk, zoals bij herstelacties die uitgevoerd moeten worden als bijvoorbeeld systemen uitvallen.
- Taken die soms gecompliceerd kunnen zijn, zoals door:
 - o het combineren van handelingen, doordat bijvoorbeeld op hetzelfde moment door de mens wordt gewerkt aan verschillende systemen,
 - o het door meerdere mensen werken aan hetzelfde systeem (zoals door bedieningspersoneel van RWS en door onderhoudspersoneel van de opdrachtnemer),
- Het uitvoeren van handelingen vanuit een ongemakkelijke werkhouding, zoals ten aanzien van het werken in pijlers of in de kerende wand.
- Mate van kennis, training of vaardigheden; deze is bij de waterkeringen niet voor alle mensen hetzelfde omdat voor verschillende activiteiten verschillende personen met de gewenste expertise voor die activiteiten beschikbaar zijn, dat wil zeggen dat de (benodigde) kennis en ervaring over verschillende personen zijn verdeeld.
- Monotoon zijn van werkzaamheden, het steeds (moeten) herhalen van dezelfde handelingen.

- De wijze van labelen van componenten of systemen.
- De nabijheid van componenten of systemen die er hetzelfde uitzien, zoals ten aanzien van bijvoorbeeld twee hydraulische systemen in één machinekamer.
- Afhankelijkheid tussen menselijke handelingen (en dat aanleiding kan geven tot zogenaamde Common Cause Failures) bijvoorbeeld vanwege de hoge repeterende factor in werkzaamheden die na elkaar moeten worden uitgevoerd.

Oogmerk is om kansen vast te kunnen stellen aan de hand van de aanwezigheid van bovengenoemde aspecten. Er zal in de kwantificering van een basis-faalkans worden uitgegaan en met een correctie daarop met weegfactoren voor de aanwezige aspecten. Deze worden in hoofdstuk 6 bij de behandeling van de kwantificeringsmodellen nader aangeduid.

Van belang is op te merken dat tussen menselijke fouten essentiële verschillen kunnen zitten en dit maakt het werken met een allesomvattend model voor de kwantificering lastig. In de literatuur worden daarom verschillende modellen gehanteerd. Zo zijn er modellen die een min of meer statisch gedrag van het menselijk handelen beschrijven en waarin (omgevings)factoren een overwegende factor zijn in het bepalen van de faalkans. Andere modellen gaan uit van een dynamische situatie en zijn goed te hanteren als de tijd waarbinnen gehandeld moet worden een overwegende rol speelt. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met het type gedrag dat bij de mens onderkend kan worden (vaardigheid-gebaseerd gedrag, regel-gebaseerd gedrag en kennis-gebaseerd gedrag, zoals genoemd in hoofdstuk 4.2).

Al deze modellen zijn in de loop der tijd in de literatuur ontstaan en de onderbouwing c.q. verantwoording waarom men tot die modellen is gekomen is niet altijd te achterhalen. Vanwege dit aspect, maar ook vanwege de essentiële verschillen (zoals in verband met het type gedrag dat van toepassing is), is het niet verantwoord om daar één (eenvoudig) model van te maken, maar is het raadzaam om deze naast elkaar te gebruiken. Het OPSCHep model is derhalve niet zonder meer van toepassing op andere typen objecten dan waterkeringen.

In de volgende hoofdstukken zal aangegeven worden hoe de totale kans op falen op basis van deze modellen bepaald kan worden. De totale kans wordt dan opgebouwd uit faalkansen die betrekking hebben op specifieke fouten. Onderstaande tabel (Tabel) toont de typen fouten en gedrag die in het faalkansmodel gebruikt worden. In het volgende hoofdstuk (hoofdstuk 5) zal voor elk van de drie typen menselijke handelingen (zoals genoemd in hoofdstuk 0) het model gepresenteerd worden en hoe de kans met gebeurtenissenbomen bepaald moet worden. In hoofdstuk 6 wordt voorgeschreven hoe de waarden voor de faalkansen dienen te worden bepaald.

Kans	Type fout	Type gedrag	Is van toepassing in het faalkansmodel bij
P1	Het niet detecteren van de noodzaak tot actie of het maken van een foute diagnose in een dynamische situatie (detectie/beslisfout).	Kennis-gebaseerd gedrag	Operationele handelingen voor het bepalen van de kans dat er geen tijdige detectie of diagnose wordt uitgevoerd. Technische herstelacties voor het bepalen van de kans dat er geen tijdige detectie of diagnose wordt uitgevoerd van het probleem.
P2	Het maken van een verzuimfout, dat wil zeggen het niet uitvoeren van een gewenste actie (binnen de beschikbare tijd).	Vaardigheid - en regel-gebaseerd gedrag	Operationele handelingen voor het bepalen van de kans dat de beoogde acties niet (tijdig) worden uitgevoerd. Reguliere bedien-, onderhouds- & testhandelingen voor het bepalen van de kans op (latente) fouten door verzuimfouten.
P3	Het maken van een uitvoeringsfout (keuzefout, bedienfout, etc.).	Vaardigheid - en regel-gebaseerd gedrag	Operationele handelingen voor het bepalen van de kans op uitvoeringsfouten. Reguliere bedien-, onderhouds- & testhandelingen voor het bepalen van de kans op latente fouten door uitvoeringsfouten.
P4	Het niet tijdig formuleren van een correcte respons op een ongewenste situatie en geen tijdig herstel van de ongewenste situatie of geen tijdige reparatie.	Kennis-gebaseerd gedrag	Operationele handelingen voor het bepalen van de kans dat er geen tijdig herstel wordt uitgevoerd. Technische herstelacties voor het bepalen van de kans dat herstelacties niet tijdig worden uitgevoerd.
P5	Geen correcte uitvoering van een herstelactie waarbij stress een rol kan spelen.	Vaardigheid - en regel-gebaseerd gedrag	Technische herstelacties voor het bepalen van de kans dat herstelacties niet juist worden uitgevoerd.
P6	Het niet herstellen van latente fouten.	Vaardigheid - en regel-gebaseerd gedrag	Reguliere bedien-, onderhouds- & testhandelingen voor het bepalen van de kans dat gemaakte fouten tijdens bediening, onderhoud of test niet (tijdig) worden hersteld.

Tabel 4-2 Overzicht van de kansen en typen fouten in het faalkansmodel

4.4 Toepassing en evaluatie van de verkregen resultaten

De laatste stap in de menselijke betrouwbaarheidsanalyse is het toepassen en evalueren van de verkregen resultaten. De wijze waarop dit gebeurt, is afhankelijk van het beoogde doel. Zo kunnen de resultaten worden gebruikt voor een risicoanalyse waarbij ongewenste gevolgen van menselijk falen meegewogen moeten worden: het kan dan gaan om de vraag welke werkinstructie van een set vergelijkbare werkinstructies de beste is. Het gaat dan om het vaststellen van de risico's die samenhangen

met het onjuist uitvoeren van de werkinstructies op basis waarvan de minst risicovolle wordt gekozen.

Het kan echter ook alleen gaan om het vaststellen van kansen op menselijke fouten waarbij deze kansen worden opgenomen in de totale betrouwbaarheidsanalyse waarin ook technisch falen geanalyseerd wordt.

Tevens gaat het in deze stap om het evalueren van de resultaten van de kansbepaling die kan leiden tot een terugkoppeling naar de eerste stap: de taakanalyse. Deze stap kan namelijk aanleiding zijn tot het bedenken van kansverlagende maatregelen die ook weer geanalyseerd moeten worden op hun effecten op de menselijke faalkans. Het kan daarbij gaan om:

1. een directe constatering dat de menselijke faalkans te hoog is,
2. de toepassing van de resultaten in bijvoorbeeld een totale betrouwbaarheidsanalyse (inclusief technisch falen) en die aangeeft hoe de menselijke factor bijdraagt aan de totale faalkans,

waarbij dan de effecten van kansverlagende maatregelen kwalitatief en kwantitatief beoordeeld moeten worden.

Tenslotte dient over de resultaten te worden gerapporteerd. Dit zal in hoofdstuk 7 aan de orde komen.

In dit hoofdstuk is aangegeven hoe de kwalitatieve analyse van menselijk handelen bij waterkeringen dient te worden uitgevoerd. In de volgende hoofdstukken komen de kwantificeringsmethoden aan bod. Daarbij wordt in hoofdstuk 5 eerst meer specifiek voorgeschreven wat de aanpak is tot het analyseren van taken en fouten voor de specifieke handelingen bij waterkeringen (zoals deze zijn beschreven in hoofdstuk 3.2). Dit betreft onderdeel 1 en 2 in Figuur 1-1. Vervolgens wordt in hoofdstuk 6 voorgeschreven hoe de waarden voor faalkansen dienen te worden bepaald, dit betreft onderdeel 3 in Figuur 1-2. Tenslotte wordt aangegeven welke informatie in een rapportage opgenomen dient te worden, dit betreft onderdeel 4 in Figuur 1-2.

5 Het gebruik van HRA-gebeurtenissenbomen voor het bepalen van de kans op menselijk falen en de herstelmogelijkheden

In dit hoofdstuk wordt de analyse van het menselijk falen met gebruik van de zogenaamde HRA-gebeurtenissenbomen behandeld. Hierbij komen de drie typen menselijk handelingen zoals genoemd in de hoofdstuk 0 achtereenvolgens aan de orde:

1. Het uitvoeren van handelingen tijdens een operationele situatie waarbij er handmatig bediend moet worden, hierna aan te duiden als operationele handelingen.
2. Het uitvoeren van reparaties of herstelwerkzaamheden aan een gefaalde component of gefaald systeem van het object tijdens een operationele situatie, hierna aan te duiden als technische herstelacties,
3. Het uitvoeren van reguliere handelingen tijdens een niet-operationele situatie, in het bijzonder reguliere bedienhandelingen, onderhoudshandelingen (preventief of correctief), inspecties en testhandelingen, hierna aan te duiden als reguliere bedien- en onderhoudshandelingen.

5.1 Menselijke fouten in het uitvoeren van operationele handelingen

Hierbij gaat het om de menselijke fouten die op kunnen treden tijdens een bepaalde operationele situatie, zoals het (gedeeltelijk) sluiten of openen van de waterkering, waarbij er handmatig bediend moet worden. Oogmerk van de kansbepaling is het vaststellen van de kans dat de waterkering niet (tijdig) of niet correct door mensen wordt bediend en dat deze fouten daardoor bijdragen aan de niet-beschikbaarheid van deze waterkering. Dit kan dan dus komen door:

1. Verzuimfouten, waarbij niet (tijdig) gewenste operationele handelingen worden uitgevoerd. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar :
 - a. het niet onderkennen van de noodzaak tot het uitvoeren van de handeling, bijvoorbeeld door het foutief uitvoeren van een diagnose of het niet detecteren van signalen,
 - b. het ondanks het onderkennen van de noodzaak tot uitvoering niet (tijdig) uitvoeren van de handeling.
2. Uitvoeringsfouten, waarbij de gewenste operationele handeling wel worden uitgevoerd maar niet op de juiste wijze (waardoor de gewenste handeling in feite niet wordt uitgevoerd).

Er wordt vanuit gegaan dat het besturingssysteem correct functioneert en dat de mens specifieke acties via het besturingssysteem in gang zet en dat vervolgens door dit systeem specifieke deelacties worden uitgevoerd. Het falen van het besturingssysteem betekent dat de mens soms op componentniveau herstelacties uit zou kunnen voeren. Dit wordt in hoofdstuk 5.2 nader beschouwd.

Voor de analyse van operationele handelingen bij een waterkering worden de volgende drie stappen doorlopen:

1. Stel de gewenste operationele handelingen vast, inclusief detectie van de noodzaak tot acties en/of beslissingen, nodig voor het bedienen in de operationele situatie.
2. Identificeer de menselijke fouten die ertoe leiden dat de noodzakelijke handelingen niet worden uitgevoerd. Dit betreffen alle mogelijke verzuimfouten (geen detectie of foute diagnose, niet of te late uitvoering van acties) en uitvoeringsfouten die aanleiding geven tot de niet-beschikbaarheid
3. Stel de kans vast op de menselijke fouten waardoor de bediening niet correct wordt uitgevoerd.

Voor het berekenen van de kans op de menselijke fouten bij een operationele handeling wordt het schema gebruikt uit Figuur 5-1 (zie volgende bladzijde). De fouten die gemaakt kunnen worden, zijn: Het niet detecteren van de noodzaak tot de operationele handeling of het niet correct stellen van een diagnose dat de operationele handeling nodig is. Dit wordt aangegeven met P1 in Tabel en Figuur . Het niet uitvoeren van de gewenste handeling binnen de beschikbare tijd. Dit wordt aangegeven met P2 in Tabel en Figuur . Het niet correct uitvoeren van de gewenste handeling waardoor deze verzuimd wordt. Dit wordt aangegeven met P3 in Tabel en Figuur . Het niet tijdig uitvoeren van een herstellen van de gemaakte fout. Dit wordt aangegeven met P4 Tabel en Figuur . Opgemerkt wordt dat elke fout de mogelijkheid heeft hersteld te worden. Omdat de kans daarop afhankelijk kan zijn van de gemaakte fout, is deze P41, P42 of P43 in Figuur 5-1. Dit betekent dan het bepalen van meerdere waarden voor P4 op basis van het inschatten van de aspecten die een rol spelen bij de mogelijke drie direct daarvoor gemaakte fouten.

Uitgaande van de logica, zoals getekend in Figuur kan de totale faalkans per uit te voeren handeling berekend worden. De formule voor de totale faalkans (H) van een operationele handeling luidt (met extra haken voor de duidelijkheid):

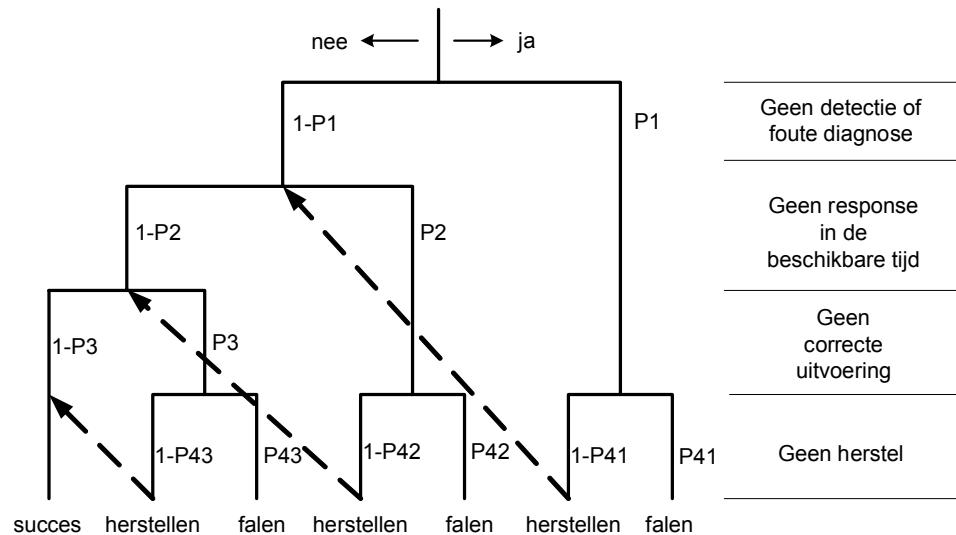
$$\begin{aligned}
 H &= P1 * P41 + ((1 - P1) + P1 * (1 - P41)) * P2 * P42 \\
 &\quad + ((1 - P1) + P1 * (1 - P41)) * ((1 - P2) + P2 * (1 - P42)) * P3 * P43 \\
 &= P1 * P41 + (1 - P1 * P41) * P2 * P42 + (1 - P1 * P41) * (1 - P2 * P42) * P3 * P43
 \end{aligned}$$

Bij elke handeling kunnen de aangegeven vier fouten worden gemaakt (geen goede detectie/diagnose, verzuimfout, uitvoeringfout en geen herstel). Het bepalen van de mogelijke fouten en de kans daarop dient per handeling van de handbedienproceduure te worden uitgevoerd. Vervolgens moeten de kansen H van alle handelingen gecombineerd worden. Dit gebeurt via het combineren van de HRA bomen per handeling via de paden die leiden naar succes. Dus als handeling i een faalkans H_i heeft (waarbij elke H_i met bovenstaande formule voor H is bepaald) dan is voor drie handelingen ($i = 1, 2, 3$) de totale faalkans ($X3$):

$$X3 = H1 + (1 - H1) * H2 + (1 - H1) * (1 - H2) * H3$$

Afgeleid kan worden dat de totale faalkans X_n van de handbedienprocedure met n operationele handelingen is (met extra haken voor de juiste volgorde in de berekening):

$$X_n = H_1 + \sum_{j=2}^n \left(\prod_{i=1}^{j-1} (1 - H_i) \right) * H_j$$



Figuur 5-1 Schema voor het kwantificeren van operationele handelingen

Veelal zijn er naast de standaard operationele handelingen die bij een handbediening van een waterkering moeten worden uitgevoerd ook handelingen die alleen van toepassing zijn als zich een bepaalde situatie voordoet. De bijdrage van de faalkans van deze handelingen aan de totale kans dat een reeks van operationele handelingen niet (correct) wordt uitgevoerd dient gewogen te worden met de kans dat die situatie van toepassing is.

Een voorbeeld is de handbediening op de Maeslantkering waarbij de gehele kering vanaf Noord wordt bediend. Er is een kans dat zich een ontkoppelde situatie voordoet waardoor er ook vanaf Zuid moet worden bediend. Indien er van wordt uitgegaan dat de kering faalt als één of beide deuren niet tijdig dicht zijn, draagt het falen van de bediening op Zuid bij aan de totale kans van het niet tijdig sluiten, zij het met een kans dat de ontkoppelde situatie zich voordoet en bediening vanaf Zuid nodig is.

Per handeling dient dus de H_i gecombineerd te worden met een kans, K_i , dat de desbetreffende situatie zich voordoet. Daarmee wordt de faalkans in de voorgaande formule:

$$X_3 = H_1 * K_1 + (1 - H_1 * K_1) * H_2 * K_2 + (1 - H_1 * K_1) * (1 - H_2 * K_2) * H_3 * K_3$$

En bij n handelingen:

$$X_n = H_1 * K_1 + \sum_{j=2}^n \left(\prod_{i=1}^{j-1} (1 - H_i * K_i) \right) * H_j * K_j$$

In de bijlage zal een voorbeeld behandeld worden.

De berekening kan ook worden gedaan door steeds per fout te analyseren en niet per handeling. Er wordt dan steeds per fout een berekening van de faalkans H uitgevoerd. Per fout kan dan bovenstaande formule worden toegepast.

De kwantificeringstechnieken die nodig zijn om de kans op basis van deze HRA boom te berekenen worden in het volgende hoofdstuk, hoofdstuk 6, behandeld.

5.2 Menselijke fouten bij technische herstelacties

Gedurende een operationele situatie kan het nodig zijn om een gefaalde component of gefaald systeem te herstellen of te repareren. Hierbij kan het gaan om het in bedrijf stellen van alternatieve (back-up) systemen, het repareren van een gefaalde component of functioneel herstel.

Voor de analyse van herstelacties worden de volgende stappen doorlopen:

1. Stel de set van gewenste herstelacties vast, inclusief de detectie van de noodzaak tot acties en/of beslissingen, nodig voor het herstel van het mankement.
2. Bepaal de volgende tijden:
 - de tijd die beschikbaar is voor de herstelacties,
 - de beslistijd die nodig is om te besluiten tot reparatie en
 - de reparatietijd.
3. Stel de kans vast dat de set van herstelacties niet tijdig of niet correct wordt uitgevoerd waardoor het technisch mankement niet binnen de beschikbare tijd is opgelost.

Voor het berekenen van de kans dat de technische herstelacties niet leiden tot het binnen de beschikbare tijd oplossen van het mankement wordt de HRA boom gebruikt uit Figuur . De fouten die kunnen worden gemaakt, zijn:

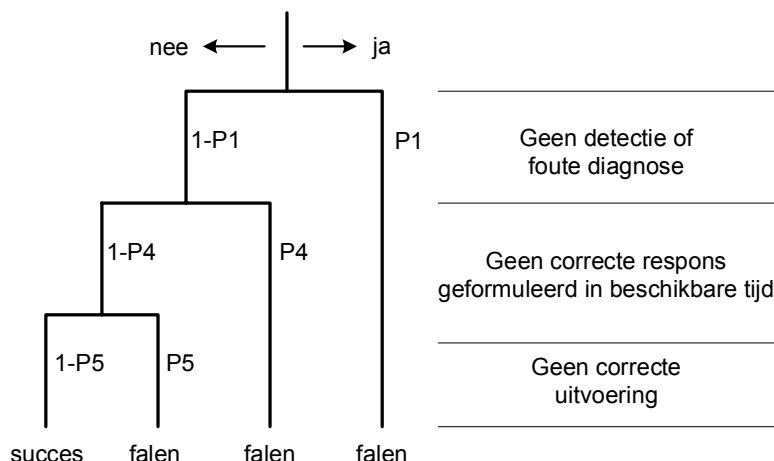
- Het niet detecteren van een defect of het niet tijdig stellen van correcte diagnose met betrekking tot wat defect is. Dit wordt aangegeven met P1 in Tabel en 5-2.
- Het niet formuleren en tijdig uitvoeren van een herstelactie of reparatie waardoor het defect niet wordt hersteld. Dit wordt aangegeven met P4 in Tabel en Figuur 5-2.
- Het niet correct uitvoeren van de geformuleerde herstelactie of reparatie. Dit wordt aangegeven met P5 in Tabel en Figuur 5-2.

Omdat er al sprake is van herstelacties, is een herstelkans (zoals in hoofdstuk 5.1) op de technische herstelactie niet meegenomen. Deze herstelkans wordt, gezien de omstandigheden, zeer laag ingeschat en wordt geacht te weinig bij te dragen aan de totale faalkans.

Uitgaande van de logica, zoals getekend in Figuur , kan de totale faalkans van de technische herstelactie berekend worden. De formule voor de totale faalkans van de technische herstelactie (Y) luidt:

$$Y = P1 + (1-P1)*P4 + (1-P1)*(1-P4)*P5.$$

De kwantificeringstechnieken die nodig zijn om de kansen op basis van deze HRA boom te berekenen worden in het volgende hoofdstuk, hoofdstuk 6, behandeld.



Figuur 5-2 HRA-gebeurtenissenboom voor het kwantificeren van technische herstelacties

In tegenstelling tot de operationele handelingen wordt de technische herstelactie niet als een combinatie van verschillende handelingen bepaald maar één maal op deze wijze berekend. De reden is dat:

- het aantal handelingen om een technisch falen te herstellen veelal beperkter in aantal is dan het aantal handelingen bij een handbedienprocedure van een waterkering en
- de waarde van P5 gegeven in het volgende hoofdstuk gebaseerd is op het beschouwen van een gehele set van handelingen nodig voor uitvoering van de herstelactie.

Hierbij wordt een maximum van tien handelingen gehanteerd maar mocht blijken dat het aantal handelingen meer is, dient de herstelactie verdeeld te worden in meerdere herstelacties. De faalkans wordt dan bepaald door het combineren van de HRA bomen per herstelactie via de paden die leiden tot succes. De aanpak is daarbij niet anders dan bij handbedienprocedure (zie hoofdstuk 5.1). Het voert te ver om dit hier verder te behandelen. Tot op heden is bij de verschillende waterkeringen het beschouwen van één HRA boom per herstelactie afdoende gebleken. In de bijlage zal een voorbeeld behandeld worden.

5.3 Menselijke fouten bij het uitvoeren van bedien- en onderhoudshandelingen

Hierbij gaat het onder meer om bedienfouten die tot gevolg hebben dat systemen niet of onjuist functioneren en om de zogenaamde latente fouten. Latente fouten zijn fouten die gemaakt kunnen worden tijdens het uitvoeren van onderhoud of het verrichten van een test waarbij apparatuur of technische component zodanig wordt achtergelaten dat de apparatuur of component niet of niet volledig kan functioneren tijdens een operationele situatie. Hieronder kunnen ook fouten worden verstaan die

gemaakt worden tijdens inspecties als er ten behoeve van de inspectie onderdelen van een systeem moeten worden losgenomen en niet (goed) worden teruggezet.

Het is van belang na te gaan hoe en op welke wijze een systeem bediend wordt, er onderhoud aan wordt gepleegd, hoe er geïnspecteerd wordt, of hoe het systeem getest wordt en welke middelen daarbij worden gebruikt.

Voor de analyse van reguliere bedien- en onderhoudshandelingen worden de volgende stappen doorlopen:

1. Stel de bedien- en onderhoudshandelingen (inclusief die van testen en inspecties) vast.
2. Identificeer de menselijke fouten die ertoe leiden dat de noodzakelijke handelingen niet worden uitgevoerd. Dit betreffen alle mogelijke verzuimfouten (niet of te late handelingen) en uitvoeringsfouten die aanleiding geven tot de niet-beschikbaarheid van systemen,
3. De mogelijkheden tot herstel (zie volgende alinea),
4. Stel de kans vast op de menselijke fouten waardoor een systeem (latent) niet beschikbaar is rekening houdend met aspecten die bij uitvoering van de handeling een rol spelen.

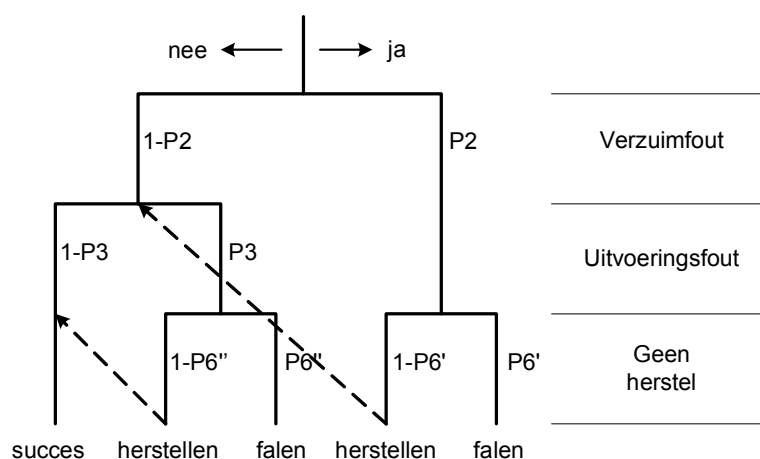
Speciaal bij de latente fout dient onderzocht te worden welke mogelijkheden er zijn om deze fout te ontdekken en te herstellen. Daartoe dienen onder meer de volgende items geanalyseerd te worden:

1. Wordt er een check door een extra persoon uitgevoerd op de status van componenten? Denk hierbij aan een beheerderschecklist waarmee de beheerder na het afronden van de werkzaamheden door een opdrachtnemer de status van installatie nagaat.
2. Wat is de wijze waarop de meldingenlijst iemand er opmerkzaam kan maken dat een component nog niet beschikbaar is; daartoe is het van belang te kijken na te gaan hoe de meldingenlijst gebruikt wordt en of de meldingenlijst de onjuiste status van bepaalde componenten van het systeem weergeeft.
3. Wat is de wijze waarop signalering in de bedieningsruimte iemand er op kan attenderen dat een component in de verkeerde status is; daartoe is het van belang na te gaan:
 - hoe die signalering is (of iemand het wel opvalt),
 - of er mensen op gezette tijden in of bij de waterkering langskomen die dit zullen zien,
 - of er checklists zijn waarmee op gezette tijden de signaleringen worden doorgenomen.
4. Worden er functionele tests uitgevoerd na het onderhoud waarbij nagegaan wordt of het betreffende systeem beschikbaar is. Als dat zo is, dient nagegaan te worden of er een testprocedure beschikbaar is en of die daadwerkelijk gebruikt wordt.

De aspecten zoals genoemd in hoofdstuk 4.3 kunnen hierbij een rol spelen.

Voor het kwantificeren van de fouten bij reguliere bediening en onderhoud dient het schema van Figuur 5-3 gevolgd te worden. Nagegaan dient te worden of de volgende fouten kunnen worden gemaakt:

- Het maken van een verzuimfout, met name het niet terugzetten of het niet resetten van een component of systeem na onderhoud of test, waardoor de component of het systeem latent faalt. Dit wordt aangegeven met P2 in Tabel en 5-3.
- Het maken van een uitvoeringsfout tijdens een bediening, een onderhoud of test, waardoor het beoogde systeem (latent) faalt. Dit wordt aangegeven met P3 in Tabel en Figuur .
- Het niet tijdig uitvoeren van herstelacties van de hiervoor gemaakte fouten. Dit wordt aangegeven met P6 in Tabel en Figuur . Opgemerkt wordt dat elke fout de mogelijkheid heeft hersteld te worden. Omdat de kans daarop afhankelijk kan zijn van de gemaakte fout, is deze P6' of P6''. Dit betekent dan het bepalen van meerdere waarden voor P6 op basis van het inschatten van de aspecten die een rol spelen bij de mogelijke twee direct daarvoor gemaakte fouten.



Figuur 5-3 HRA-gebeurtenissenboom voor het kwantificeren van (latente) fouten bij bedienhandelingen, onderhoud & testactiviteiten

Uitgaande van de logica, zoals getekend in Figuur , kan de totale faalkans per uit te voeren handeling berekend worden. De formule voor de totale faalkans van een reguliere bedien- of onderhoudshandeling (Z) luidt (met extra haken voor de duidelijkheid):

$$Z = P2 * P6' + ((1 - P2) + P2 * (1 - P6')) * P3 * P6''$$

$$P2 * P6' + (1 - P2 * P6') * P3 * P6''$$

De berekening wordt op één handeling betrokken omdat de bijdrage aan de faalkans van de kering bij reguliere bedien- en onderhoudshandelingen als geheel veelal betrekking heeft op één handeling (of enkele handelingen die dan gecombineerd beschouwd kunnen worden). Een voorbeeld van zo'n bijdrage aan de faalkans van de kering is de handeling van het na onderhoud niet correct terugzetten van een systeem naar een gewenste toestand. In de bijlage zal een voorbeeld behandeld worden.

De kwantificeringstechnieken die nodig zijn om de kans op basis van deze HRA boom te berekenen worden in het volgende hoofdstuk, hoofdstuk 6, behandeld.

5.4 Extra toelichting op het gebruik van het OPSCHEP model

Het is belangrijk op te merken dat het model zich richt op de menselijke factor die aanleiding is tot systeem niet-beschikbaarheid oftewel tot de topgebeurtenis in de totale betrouwbaarheidsanalyse (inclusief technisch falen). Dit is voor de verzuimfout evident. Voor de uitvoeringsfout gaat het om allerlei fouten die leiden tot de mogelijkheid dat de gewenste handeling niet wordt uitgevoerd:

1. Tijdens onderhoud en testen kan dit (net als de verzuimfout) leiden tot latent falen en daarmee tot de niet-beschikbaarheid van het beoogde systeem (bijvoorbeeld omdat er aan de verkeerde component wordt gewerkt).
2. Voor operationele handelingen en bedienhandelingen leidt dit direct tot de niet-beschikbaarheid van het beoogde systeem (bijvoorbeeld door het veroorzaken van schade aan het beoogde systeem).

6 Het bepalen van de kansen in het OPSCHEP model

6.1 Het bepalen van de kans op P1 (de kans op detectiefout)

De kans dat niet gedetecteerd wordt dat er (gedeeltelijk) gesloten of geopend moet worden of dat er een foute diagnose of beoordeling wordt gemaakt tijdens het operationele proces (openen/sluiten waterkering), wordt vastgesteld aan de hand van Tabel . Deze is afgeleid van gegevens uit de nucleaire sector [9].

De aanpak voor de bepaling van P1 is dan als volgt:

1. Tel het aantal condities dat van toepassing is op de situatie waarin de detectie, diagnose, beoordeling van een probleem plaats vindt.
2. Bepaal voor dit aantal de P1 zoals aangegeven onderaan de tabel.

TEL HET AANTAL VAN TOEPASSING ZIJNDE CONDITIES:							
<ul style="list-style-type: none">- Indicaties voor actie zijn zwak (gemaskeerd door andere acties) of instructies zijn niet duidelijk- Competitie met andere acties- Geen training- Relatief weinig tijd beschikbaar voor correctie van uitvoerende handelingen- Tegengestelde intuïtieve actie- Slechte fysieke toestand (bijv. slaapgebrek)							
Aantal	0	1	2	3	4	5	6
P1	1.0E-05	1.0E-04	1.0E-03	1.0E-02	0.05	0.5	1.0

Tabel 6-1 Bepalen van de kans P1: Foutieve diagnose of geen detectie

Controleer of de waarde P1 realistisch is. Uitgaande van de huidige praktijk bij waterkeringen wordt gesteld dat er hooguit vier condities mee geteld mogen worden.

6.2 Het bepalen van de kans op P2 (de kans op verzuimfout)

De kans dat er geen uitvoering wordt gegeven aan de gewenste procedurele handeling wordt vastgesteld met THERP [4]. **Algemene kans op een verzuimfout bij meerdere handelingen in dit model is 0,003.** Deze faalkans dient te worden gedeeld door of vermenigvuldigd met één of meer factoren uit Tabel 6-2 voor aspecten die van toepassing zijn. De tabel is meer specifiek gemaakt voor toepassing in de betrouwbaarheidsanalyse van de waterkeringen.

Aspect	Specificatie	Factor voor verzuimfout	Prioriteit
Er is sprake van regelgebaseerd gedrag (werken volgens werkinstructies is van belang)	Gebruik van werkinstructies en correct gebruik van aftekenmogelijkheid	/3	1
	Gebruik van werkinstructies, maar geen aftekenmogelijkheid of werkinstructies worden niet correct gebruikt	x1	1
	Geen gebruik van werkinstructies	x3	1
Frequentie	Eén keer per dag of enkele dagen (maximaal een week)	/3	2
	Eén keer per twee weken, maand	x1	2
	Eén keer per kwartaal tot maximaal een half jaar	x2	2
	Eén keer per jaar of per meerdere jaren	x5	2

Aspect	Specificatie	Factor voor verzuimfout	Prioriteit
Mate van kennis vaardigheden NB. Als er duidelijk sprake is van een team met verschillende niveaus van kennis en ervaring, dan dient één factor te worden afgeleid op basis van het combineren van de procentuele aanwezigheid van de verschillende factoren voor kennis en ervaring binnen het team.	Voldoende kennis en ervaring: vele jaren ervaring en kennisopbouw in het uitvoeren van handelingen bij de waterkering, ten minste 10 keer dezelfde handelingen, procedures en werkinstructies uitgevoerd zodat een nagenoeg routinematig handelen is verkregen.	x1	3
	Enige kennis en ervaring : één tot enkele jaren ervaring en kennisopbouw in het uitvoeren van handelingen bij de waterkering, ten minste 3 keer dezelfde handelingen, procedures en werkinstructies uitgevoerd zodat er enige routine is verkregen.	x3	3
	Geen tot weinig kennis en ervaring: Geen (nieuwe medewerker) tot enkele maanden ervaring en kennisopbouw in het uitvoeren van handelingen bij de waterkering. Nieuwe medewerker heeft wel de algemene basistrainingen en cursussen om de functie uit te kunnen oefenen.	x5	3
Het moeten herhalen van handelingen	Geen herhalen van handelingen of zodanig weinig herhalen dat de scherpste hoegenaamd niet afneemt	x1	4
	Het moeten herhalen van handelingen waardoor de scherpste afneemt	x3	4
Mate van tijdsdruk	Geen	x1	5
	Weinig	x2	5
	Veel	x5	5

Aspect	Specificatie	Factor voor verzuimfout	Prioriteit
Het gepland of ongepland zijn van handelingen	Gepland	x1	6
	Ongepland	x2	6
Als het slechts gaat om één actie	Waar bewust op moet worden gewacht	/10	7
	Waar niet bewust op moet worden gewacht	/3	7
	Waar bewust mee wordt omgegaan, maar met een belemmerende factor (wegopbreking, ziekte)	/2	7
Complexiteit van de taak	Weinig gecompliceerde taak, er wordt slechts aan één systeem gewerkt	x1	8
	Het op hetzelfde moment werken aan verschillende systemen	x2	8
	Het door meerdere personen werken aan hetzelfde systeem	x5	8
Afhankelijkheid tussen menselijke handelingen	Geen afhankelijkheid	x1	-
	Lage mate van afhankelijkheid	x5	-
	Hoge mate van afhankelijkheid	x50	-

Tabel 6-2 Correctiefactoren voor de faalkans van 0,003 op een verzuimfout (zoals het niet resetten van een systeem of component na test of onderhoud)

De aanpak voor de bepaling van P2 is dan als volgt:

1. Bepaal de aspecten die van toepassing zijn op het handelen in een gegeven situatie.
2. Bepaal de prioriteit van elk aspect dat van toepassing is.
3. Rangschik de aspecten op basis van de aangegeven prioriteit in kolom 4 van Tabel .
4. Bepaal de faalkans door het toepassen van de correctiefactoren uit de 3^e kolom op de basisfaalkans van 0,003. De aspecten met de hoogste prioriteit worden gebruikt in de berekening.

Controleer of de waarde P2 realistisch is. Er wordt geadviseerd om hooguit drie aspecten met factoren ongelijk aan 1 mee te nemen in de berekening, want anders zouden er onrealistische te hoge of te lage faalkansen kunnen worden verkregen. Uitzondering is het aspect afhankelijkheid welke bovenop de andere aspecten nog eens extra toegepast kan worden. Het toepassen van deze afhankelijkheid levert een conditionele faalkans op voor een fout die alleen van toepassing is in combinatie met een eerder gemaakte fout. Het gaat dan veelal om redundante systemen waarbij bijvoorbeeld een verzuim- of uitvoeringsfout aan de ene component de kans beïnvloedt op verzuim- of uitvoeringsfout aan de andere (redundante) component.

Een mogelijkheid om de waarde van P2 te controleren is door na te gaan hoeveel malen er in de praktijk sprake is van latent falen. Om dat te bepalen is het zinvol een zogenaamde beheerders checklist te gebruiken die checkitems bevat om cruciale onderdelen van de installatie te beoordelen na afloop van de werkzaamheden. Dit dient dan te gebeuren door een persoon die zelf niet het onderhoud, inspectie of test heeft uitgevoerd. Dit zal in praktijk veelal het geval zijn als de beheerder het werk van een opdrachtnemer aldus controleert.

6.3

Het bepalen van de kans op P3 (de kans op een uitvoeringsfout)

Net als de verzuimfout wordt deze kans vastgesteld met THERP [4].

Algemene faalkans voor het maken van een uitvoeringsfout (zoals keuzefout) of het onjuist resetten van een systeem in dit model is 0,0003. Deze faalkans dient te worden gedeeld door of vermenigvuldigd met één of meer factoren uit Tabel voor aspecten die van toepassing zijn. De tabel is meer specifiek gemaakt voor toepassing in de betrouwbaarheidsanalyse van de waterkeringen.

Aspect	Specificatie	Factor voor uitvoeringsfout	Prioriteit
Er is sprake van regel-gebaseerd gedrag (werken volgens werkinstructies is van belang)	Gebruik van werkinstructies en correct gebruik van aftekenmogelijkheid	x1	1
	Geen gebruik van werkinstructies of werkinstructies worden niet correct gebruikt	x3	1

Aspect	Specificatie	Factor voor uitvoeringsfout	Prioriteit
Nabijheid van componenten	Geen andere component in de buurt	x1	2
	Andere component direct in de buurt maar lijkt er niet op	x2	2
	Andere component direct in de buurt en ziet er hetzelfde uit	x6	2
Het labelen van componenten	Goede labelling	x1	3
	Slechte labelling	x3	3
Mogelijkheden voor het instellen of verstellen van een component in meerdere posities (zoals bij een drie-standenschakelaar)	Maar één positie mogelijk	x1	4
	Meerdere posities mogelijk	x2	4

Aspect	Specificatie	Factor voor uitvoeringsfout	Prioriteit
Complexiteit van de taak	Er is sprake van een (zeer) eenvoudige taak, weinig mogelijkheden tot uitvoeringsfouten	x/3	5
	Er is sprake van een standaardtaak, er zijn mogelijkheden tot uitvoeringsfouten	x1	5
	Er is sprake van een gecompliceerde taak (zoals het op hetzelfde moment werken aan verschillende systemen of het door meerdere mensen werken aan hetzelfde systeem; veel mogelijkheden tot uitvoeringsfouten)	x5	5
Werkhouding	Normale werkhouding	x1	6
	Het werken vanuit een ongemakkelijke werkhouding	x5	6
Mate van tijdsdruk	Geen	x1	7
	Weinig	x2	7
	Veel	x5	7

Aspect	Specificatie	Factor voor uitvoeringsfout	Prioriteit
<p>Mate van kennis vaardigheden</p> <p>NB. Als er duidelijk sprake is van een team met verschillende niveaus van kennis en ervaring, dan dient één factor te worden afgeleid op basis van het combineren van de procentuele aanwezigheid van de verschillende factoren voor kennis en ervaring binnen het team.</p>	<p>Voldoende kennis en ervaring: vele jaren ervaring en kennisopbouw in het uitvoeren van handelingen bij de waterkering, ten minste 10 keer dezelfde handelingen, procedures en werkinstructies uitgevoerd zodat een nagenoeg routinematig handelen is verkregen.</p>	x1	8
	<p>Enige kennis en ervaring : één tot enkele jaren ervaring en kennisopbouw in het uitvoeren van handelingen bij de waterkering, ten minste 3 keer dezelfde handelingen, procedures en werkinstructies uitgevoerd zodat er enige routine is verkregen.</p>	x3	8
	<p>Geen tot weinig kennis en ervaring: Geen (nieuwe medewerker) tot enkele maanden ervaring en kennisopbouw in het uitvoeren van handelingen bij de waterkering. Nieuwe medewerker heeft wel de algemene basistrainingen en cursussen om de functie uit te kunnen oefenen.</p>	x5	8

Aspect	Specificatie	Factor voor uitvoeringsfout	Prioriteit
Het moeten herhalen van handelingen	Geen herhalen van handelingen of zodanig weinig herhalen dat de scherpste hoegenaamd niet afneemt	x1	9
	Het moeten herhalen van handelingen waardoor de scherpste afneemt	x3	9
Afhankelijkheid tussen menselijke handelingen	Geen afhankelijkheid	x1	-
	Lage mate van afhankelijkheid	x5	-
	Hoge mate van afhankelijkheid	x50	-

Tabel 6-3 Correctiefactoren voor de faalkans van 0,0003 op een uitvoeringsfout of onjuist resetten van een systeem

De aanpak voor de bepaling van P3 is dan als volgt:

1. Bepaal de aspecten die van toepassing zijn op het handelen in een gegeven situatie.
2. Bepaal de prioriteit van elk aspect dat van toepassing is.
3. Rangschik de aspecten op basis van de aangegeven prioriteit in kolom 4 van Tabel .
4. Bepaal de faalkans door het toepassen van de correctiefactoren op de basisfaalkans van 0,0003. De aspecten met de hoogste prioriteit worden gebruikt in de berekening.

Controleer of de waarde P3 realistisch is. Net als bij P2:

- wordt geadviseerd om hooguit drie aspecten met factoren ongelijk aan 1 mee te nemen in de berekening,
- vormt het aspect afhankelijkheid hierop een uitzondering (zie hetgeen hierover is opgemerkt bij P2 in hoofdstuk 6.2).

6.4 Het bepalen van de kans op P4 (de kans op herstel)

Voor het herstellen in een dynamische situatie is de tijd voor het uitvoeren van de herstelactie van groot belang. Daarom wordt bij de bepaling van de faalkans P4 van bepaalde tijden gebruik gemaakt, te weten:

- De beschikbare tijd voor het uitvoeren van de herstelactie en die procesafhankelijk is (T_p),
- De tijdsduur nodig voor het uitvoeren van de noodzakelijke acties (T_a).
- De mediane tijd van een beslisser (bedienaar, beslisteam) om een besluit te nemen over de uit te voeren concrete acties ($T_{1/2}$).

Uit deze drie tijden wordt een dimensieloze waarde voor de responsie (RESP) bepaald (zie hierna bij de beschrijving van de aanpak).

Bij dit model wordt onderscheid gemaakt tussen drie typen omstandigheden:

- Gunstige omstandigheden (G)
- Neutrale omstandigheden (N)
- Ongunstige omstandigheden (O)

De mate waarin deze omstandigheden van toepassing zijn wordt bepaald door onderliggende aspecten, zoals mate van training, de aanwezigheid van procedures en werkinstructies, etc., één en ander zoals aangegeven in onderstaande tabel (Tabel 2-4).

<i>Gunstige omstandigheden (G)</i>	<i>Neutrale omstandigheden (N)</i>	<i>Ongunstige omstandigheden (O)</i>
Handelen op basis van automatismen	Regel gebaseerd handelen	Kennis gebaseerd handelen
Procedures/werkinstructies aanwezig	Procedures/werkinstructies aanwezig	Geen procedures/werkinstructies aanwezig
Goede training	Basistraining	Niet getraind
Veel mogelijkheden voor herstel	Enige mogelijkheden voor herstel	Weinig mogelijkheden voor herstel
Veel mogelijkheden om fout te ontdekken	Enige mogelijkheden om fout te ontdekken	Weinig mogelijkheden om fout te ontdekken
Tijd voor herstel aanwezig	Normale tijd voor herstel aanwezig	Weinig tijd voor herstel aanwezig

Tabel 2-4 Faalkansen voor P4 op basis van een dimensieloze waarde voor de responsie (RESP) en het type omstandigheden

De aanpak voor de berekening van P4 is dan als volgt:

1. Bereken de RESP door het invullen van T_p , T_a en $T_{1/2}$ in de formule $RESP = (T_p - T_a) / T_{1/2}$.
2. Stel op basis van de aspecten die een rol spelen in de betreffende situatie met behulp van Tabel 2-4 vast of er sprake is van gunstige, neutrale of ongunstige omstandigheden.
3. Zoek met de informatie uit de voorgaande twee stappen de faalkans P4 op in Tabel 6-5. Deze faalkans wordt gebruikt voor de P4, zoals aangegeven in Figuur , en de P41, P42 en P43, zoals aangegeven in Figuur .

RESP= (Tp-Ta) / T½	Gunstige omstandigheden Categorie G	Neutrale omstandigheden Categorie N	Ongunstige omstandigheden Categorie O
< 1	1.00	1.00	1.00
1.0	0.50	0.50	0.50
1.25	0.23	0.30	0.36
1.50	0.10	0.17	0.27
2.0	0.014	0.06	0.15
3.0	3.10-4	0.007	0.05
4.0	10-5	0.001	0.02

Tabel 6-5 Faalkansen voor P4 op basis van een dimensieloze waarde voor de responsie (RESP) en het type omstandigheden

Controleer of de waarden die worden gehanteerd voor de tijden in de formule RESP realistisch zijn. Vaak worden de tijden onderschat. Probeer een praktijkmeting van de tijden uit te voeren, in het bijzonder van Ta en T½. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door tijdens het trainen van de herstelacties deze tijden te meten. Een waarde als Tp is uit de technische beschrijvingen van de installatie te halen.

Ga vervolgens na of de waarde voor P4 realistisch is. Dit kan ook weer door tijdens het trainen van de herstelactie na te gaan hoe vaak het komen tot een besluit tot het uitvoeren van een herstelactie binnen de beoogde mediane beslistijd (T½) faalt.

6.5

Het bepalen van de kans op P5 (de kans op herstelfouten)

Het niet correct uitvoeren van een herstelactie is erg afhankelijk van het aantal handelingen dat verricht moet worden en de aanwezigheid van stress. **Algemene faalkansen voor het niet correct uitvoeren van een herstelactie is 0,03.** Hierbij moet gedacht worden aan een taak bestaande uit meerdere handelingen en geen stress aanwezig. Deze dient te worden gedeeld door of vermenigvuldigd met een factor uit Tabel als een aspect van toepassing is. Deze tabel is gebaseerd op tabel II.1 [6].

Aspect	Specificatie	Factor
Taak met stress	Zeven t/m tien handelingen	x10
	Vier t/m zes handelingen	x3
	Eén t/m drie handeling(en)	x1
Taak zonder stress	Zeven t/m tien handelingen	x1
	Vier t/m zes handelingen	/3
	Eén t/m drie handeling(en)	/10

Tabel 6-6 Correctiefactoren voor de faalkansen van 0,03 voor het niet correct uitvoeren van een herstelactie

De aanpak voor de bepaling van P5 is dan als volgt:

1. Bepaal of er sprake is van een stressvolle situatie tijdens het uitvoeren van de herstelactie. Een stressvolle situatie wordt beschouwd als een situatie waarin medewerkers weinig bekendheid hebben met de herstelactie en er sprake is van tijdsdruk.

2. Bepaal het aantal handelingen nodig voor het uitvoeren van de herstelactie. Indien beschikbaar kunnen werkinstructies die geschreven zijn voor het uitvoeren van de herstelactie uitsluitend bieden. Het gaat dan met name om de handelingen die direct tot het verhelpen van het technisch mankement leiden. Dus het voldoen aan randvoorwaarden om de handelingen uit te voeren (bijvoorbeeld het aantrekken van life suits om bij slecht weer buiten op de kering de herstelactie uit te voeren) horen daar niet bij.
3. Bepaal de faalkans door het toepassen van de juiste correctiefactor op de basisfaalkans van 0,03.

Controleer of de waarde P5 realistisch is. Dit kan gebeuren door tijdens trainingen van herstelacties na te gaan hoe vaak de daadwerkelijke uitvoering faalt, c.q. niet binnen de beoogde tijd voor uitvoering (Ta) wordt afgerond.

6.6 Het bepalen van de kans op P6 (de kans op fouten bij de detectie van fouten)

Dit betreft de kans dat een fout van een bedien- of onderhoudshandeling (inclusief inspectie en testactie) niet ontdekt en hersteld wordt.

Algemene kans dat een fout niet hersteld wordt, is 0,1. Het gaat dan om het niet ontdekken van een eerder gemaakte fout, zoals ten aanzien van de positie van een afsluiter, een overbrugging, de aanwezigheid van een label, etc. als er geen signalerende factoren zijn. Deze dient te worden gedeeld door of vermenigvuldigd met een factor uit Tabel als een aspect van toepassing is. De reden van de relatief hogere faalkans in vergelijking met P1 t/m P5 is de veronderstelde afhankelijkheid die P6 met de reeds gemaakte (latente) fout heeft. Deze tabel wordt gebruikt voor het bepalen van P6'en P6'', zoals aangegeven in Figuur .

Opgemerkt wordt dat in een voorgaande versie van het OPSCHep model opgesteld voor onder meer alleen de Maeslantkering de verbetering van de functionele test slechts een factor 2 was. Dit was gedaan omdat er bij een functionele test ook steeds sprake zal zijn van de aanwezigheid van signalerende factoren die eveneens een reductie betekende. Dit is nu gewijzigd door de functionele test te plaatsen bij het aspect van 'De aanwezigheid van signalerende factoren'.

Aspect		Factor
Het gebruik van checklisten ter controle van de uitgevoerde werkzaamheden	Geen checklisten aanwezig of geen gebruik van checklisten	x1
	Wel gebruik van checklisten maar geen gebruik van aftekenmogelijkheid	/3
	Wel gebruik van checklisten en correct gebruik van aftekenmogelijkheid	/10
De aanwezigheid van signalerende factoren	Geen aanwezigheid van signalerende factoren	x1
	Algemene indicatie dat er wat aan de hand is	/3
	Zeer specifieke indicatie	/10
	Het uitvoeren van een functionele test wat tevens een zeer specifieke indicatie inhoudt	/20

Tabel 6-7 Correctiefactoren voor de kans van 0,1 op geen herstel

De aanpak voor de bepaling van P6 is dan als volgt:

1. Bepaal de aspecten die van toepassing zijn op het handelen in een gegeven situatie.
2. Bepaal de faalkans door het toepassen van de correctiefactoren op de basisfaalkans van 0,1.

Controleer of de waarde P6 realistisch is. Dit zal in praktijk lastig zijn als het gaat om de kans dat fouten worden ontdekt na uitvoering van onderhoud, inspectie of test.

Een mogelijkheid is om de berekende waarde van P6 te toetsen aan de hand van expert judgement door meerdere mensen die ervaring hebben met controles op (latente) fouten hun mening te vragen over de praktische waarde van P6.

6.7 Berekeningen met het OPSCHep model

In de bijlage worden voorbeelden getoond van het berekenen van de faalkansen van verschillende handelingen op basis van de modellen uit dit en het voorgaande hoofdstuk. Voor het berekenen van de faalkansen met deze modellen is een Excel spreadsheet beschikbaar, versie 2.0 [10]. In de bijlage zullen de resultaten van de berekening van dit Excel spreadsheet voor de daar gehanteerde voorbeelden worden gepresenteerd. De beschrijving van de werking van een eerdere versie van het Excel spreadsheet van het OPSCHep model, gemaakt ten behoeve van een project, genaamd HVVOS, is te vinden in [11]³.

³ Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat in referentie [11] het Excel spreadsheet kortweg is aangeduid als OPSCHep^{HVVOS} model om steeds een te uitgebreide omschrijving te vermijden. Het volledige OPSCHep model is echter het faalkansmodel zoals dat in deze handreiking is beschreven waarbij het desbetreffende Excel spreadsheet ondersteuning kan bieden in het berekenen van de faalkansen.

7 Rapportage

De resultaten dienen een plaats te krijgen in de totale betrouwbaarheidsanalyse van de waterkering. Het evalueren van de resultaten kan daarbij een rol spelen, bijvoorbeeld als na toepassing blijkt dat bepaalde faalkansen, waarvoor conservatieve aannames zijn gedaan, belangrijk bijdragen. Informatie-overdracht over de resultaten van onderhavige berekeningen, gehanteerde uitgangspunten en evaluaties door middel van rapportages is derhalve een essentiële laatste stap. Dit hoofdstuk beschrijft de informatie die deze rapportages moeten bevatten. Deze rapportages moeten vooral bijdragen aan de aantoonbaarheid en volledigheid van gemaakte keuzes, gebruikte methoden en berekende resultaten en een juiste en volledige Informatie-overdracht borgen.

7.1 Overzicht

Zoals in hoofdstuk 0 aangegeven kunnen met het OPSCHep model verschillende typen handelingen worden geanalyseerd. De wijze van rapporteren kan daardoor verschillen. Hierna zal per type handeling worden aangegeven wat de rapportage dient te bevatten.

7.2 Informatie benodigd in de rapportages

7.2.1 *Rapportage operationele handelingen*

Het gaat hierbij om het uitvoeren van handelingen tijdens een operationele situatie waarbij er handmatig bediend moet worden. De rapportage dient te volgende informatie te bevatten:

- De gehanteerde methode.
- Opsomming van de gewenste handelingen, acties of uit te voeren taken.
- Per handeling, actie of taak:
 - o De menselijke fouten die mogelijk zijn, inclusief specificatie (faalwijze of oorzaak).
 - o De gevolgen van de fout.
 - o De mogelijkheden tot het herstellen van de fout.
 Tabel 4-1 geeft een voorbeeld van een format.
- De waarden voor de faalkansen P1, P2, P3 en P4. Per kans dienen de aspecten die de basis zijn geweest tot het getal vermeld te worden:
 - o Voor P1 het aantal condities en de opsomming van de condities uit Tabel .
 - o Voor P2 de correctiefactoren uit Tabel die gehanteerd zijn.
 - o Voor P3 de correctiefactoren uit Tabel die gehanteerd zijn.
 - o Voor P4 de tijden Ta, Tp en T½ en de omstandigheden (gunstige, neutrale of ongunstige omstandigheden).

7.2.2 *Rapportage technische herstelacties*

Het gaat bij deze handelingen om het herstellen of repareren van een gefaalde component of gefaald systeem van het object tijdens een operationele situatie. De rapportage dient de volgende informatie te bevatten:

- De gehanteerde methode.
- De uit te voeren taak (set van herstelacties).
- De waarden voor de faalkansen P1, P4 en P5. Per kans dienen de aspecten die de basis zijn geweest tot het getal vermeld te worden:

- Voor P1 het aantal condities en de opsomming van de condities uit Tabel .
- Voor P4 de tijden T_a , T_p en $T^{1/2}$ en de omstandigheden (gunstige, neutrale of ongunstige omstandigheden).
- Voor P5 of het een taak met of zonder stress is en het aantal handelingen dat voor de taak moet worden uitgevoerd.

7.2.3 *Rapportage reguliere bedien- en onderhoudshandelingen*

Het gaat bij deze handelingen om het uitvoeren van reguliere handelingen tijdens een niet-operationele situatie, in het bijzonder reguliere bedienhandelingen, onderhoudshandelingen (preventief of correctief), inspecties en testhandelingen. De rapportage dient per handeling volgende informatie te bevatten:

- De gehanteerde methode.
- Beschrijving van de handeling.
- Of er bij de handeling sprake is van een verzuimfout en/of uitvoeringsfout.
- De mogelijkheden om de verzuimfout en/of uitvoeringsfout te herstellen.
- De waarden voor de faalkansen P2, P3 en P6. Per kans dienen de aspecten die de basis zijn geweest tot het getal vermeld te worden:
 - Voor P2 de correctiefactoren uit Tabel die gehanteerd zijn.
 - Voor P3 de correctiefactoren uit Tabel die gehanteerd zijn.
 - Voor P6 (als er sprake is van de mogelijkheid tot herstel) het wel of niet gebruiken van checklisten voor de controle van werkzaamheden en/of de aanwezigheid van signalerende factoren (inclusief een functionele test).

Voor de rapportage van de berekening van de faalkans herstelactie en van de faalkans bedien- of onderhoudshandeling kan het eerder genoemde Excel spreadsheet van het OPSCHep model [10] worden gebruikt die automatisch rapporten met een specifieke lay-out genereert.

7.3 **Controle**

Indien kwantitatieve waarden voor menselijk handelen in het eisenpakket van Rijkswaterstaat verwerkt zijn, controleer dan of de uitkomsten die volgen uit de berekeningen daarmee in overeenstemming zijn.

Deze controle maar ook de eerder aangehaalde evaluatie (zie hoofdstuk 4.4) kan betekenen dat het proces van de menselijke betrouwbaarheidsanalyse vanaf stap 1 herhaald moet worden; dit is in Figuur 1 met een terugkoppel-loop aangegeven.

Referenties

- [1] Handreiking prestatiegestuurde risicoanalyses (PRA), Rijkswaterstaat RWS GPO afd. ICO, Steunpunt ProBO, versie 1.0.0 september 2016.
- [2] Technique for Human-Error-Sequence Identification and Signification, Proefschrift Technische Universiteit Delft, Heslinga G., 1988.
- [3] Human Reliability Analysis in Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Series No. 50-P-10, International Atomic Energy Agency, Wenen, 1995.
- [4] Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications, NUREG/CR-1278, Swain A.D. and Guttman H.E., U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington D.C., 1983.
- [5] A guide to task analysis, Kirwan B. and Ainsworth L.K., ISBN 0 7484 0058 3, Taylor & Francis, Londen, 1993.
- [6] A guide to practical human reliability assessment, Kirwan B, ISBN 0 7484 0052 4, Taylor & Francis, Londen, 1994.
- [7] Human error data. Facts or fiction?, Rasmussen J., Report Risø-M-2499, Risø National Laboratory (Roskilde), 1985.
- [8] Human error, Reason J., ISBN 0 521 31419 4, Cambridge university press, 1994.
- [9] Critical operator actions: human reliability modeling and data issues, OECD rapport, opgesteld door Principal Working Group No. 5 – Task 94-1, rapport nummer NEA/CSNI/R(98)1/ADD1, 15 januari 1998.
- [10] Excel spreadsheet voor de berekening van de kans op falen bij herstelacties en bij onderhouds- en bedienfouten bij waterkeringen, versie 2.0, 2013.
- [11] Handleiding voor het gebruik van het OPSCHEP^{HVVO} model, RWS rapport nr. 8140-06-083 Bouwdienst Rijkswaterstaat, versie 1.0, 14 september 2006.

Voorbeeld bepaling faalkans operationele handelingen.

1. Een operationele handeling die vanaf Maeslantkering Noord wordt uitgevoerd voor het bedienen van de gehele kering (Tabel).
2. De operationele handeling dat er ook vanaf Maeslantkering Zuid wordt bediend in geval van een ontkoppelde situatie (Tabel).

$$\begin{aligned} H1 &= 1E-2 * 1E-3 + (1-1E-2 * 1E-3) * 1E-3 * 1E-3 + \\ &\quad (1-1E-2 * 1E-3) * (1-1E-3 * 1E-3) * 2E-3 * 6E-2 \\ &= 1.3E-4 \end{aligned}$$

Nu moeten deze getallen gecombineerd worden waarbij rekening moet worden gehouden met de aanleiding tot een specifieke situatie, in dit geval voor de ontkoppelde situatie die van toepassing is bij de tweede operationele handeling. Er wordt verondersteld dat er van een ontkoppelde situatie sprake is in 1 op 20 sluitingen (fictief getal). Dit is van toepassing voor H2, of te wel $K2 = 0,05$. Voor H1 geldt dit niet en dus $K1 = 1$.

$$X_2 = 1,3E-4 + (1-1,3E-4)*3,7E-4*0,05 = 1,5E-4$$

Gebeurtenis	P1	P2	P3	P41	P42	P43	Gecombi- neerde kans	Aanleiding	Faalkans handeling
1	1,00E-02	1,00E-03	2,00E-03	1,00E-03	1,00E-03	6,00E-02	1,31E-04	1	1,31E-04
2	5,00E-02	1,00E-03	2,00E-03	1,00E-03	2,00E-02	1,50E-01	3,70E-04	0,05	1,85E-05
					Totale faalkans operationele handelingen:				
					1,5E-04				

Handeling: 1.4.1 Knop 'openen dokdeur' indrukken op Noord						
Soort fout (gidswoord)	Specificatie (faalwijze/ oorzaak)	Gevolg	Herstel	Type faalkans	Kans op fout	Kans op geen herstel P4
Verzuim fout	Geen tijdig onderkennen door waterlooplekundig specialist dat dokdeuren open moeten	Geen openen dokdeuren kering niet op tijd waterkerend	Er is voldoende tijd (1,5 uur) voor detecteren noodzaak tot actie (ook detectie door andere betrokkenen)	P1	P1=1E-2 Indicaties: 1, 2 en 5	P41=1E-3 RESP>4 wegens voldoende tijd en neutrale omstandigheden op Noord
Verzuim fout	Knop 'openen dokdeur' niet tijdig ingedrukt na opdracht door waterlooplekundig specialist	Geen openen dokdeuren, kering niet op tijd waterkerend	Er is voldoende tijd (1,5 uur) voor herstel van de verzuimfout, check door waterlooplekundig specialist	P2	P2=1E-3 Actie waar bewust op moet worden gewacht	P42=1E-3 RESP>4 wegens voldoende tijd en neutrale omstandigheden op Noord
Uitvoeringsfout	Verkeerde knop ingedrukt door technisch specialist op Noord	Afhankelijk van de verkeerde keuze zijn verschillende gevolgen mogelijk. Bij schade wordt verondersteld dat de kering niet op tijd waterkerend is.	Dit kan op tijd ontdekt worden voordat schade optreedt want er is een check door een waterlooplekundig specialist	P3	P3=2E-3 Knoppen eenzelfde lay-out, eenvoudige taak	P43=6E-2 RESP=2 omdat Tp=1 uur, Ta= ½ uur T½ = 15 min Op Noord neutrale omstandigheden

Tabel B-1 Faalkansen van de in Tabel 4-1 beschouwde faalanalyse van een deel van de handbedienprocedure van de Maeslantkering indien er sprake is van een normale gekoppelde situatie

Handeling: 1.4.1 Knop 'openen dokdeur' indrukken op Zuid in ontkoppelde situatie						
Soort fout (gidswoord)	Specificatie (faalwijze/oorzaak)	Gevolg	Herstel	Type faalkans	Kans op fout	Kans op geen herstel
Verzuim-fout	Geen tijdig onderkennen door waterlooplekundig specialist dat dokdeur op zuid open moet	Geen openen dokdeur op Zuid, kering niet op tijd waterkerend	Er is voldoende tijd (1,5 uur) voor detecteren noodzaak tot actie (ook detectie door andere betrokkenen)	P1	P1=5E-2 Indicaties 1, 2, 3, 5 (meer dan bij voorgaande P1 wegens mogelijkheid op niet detecteren ontkoppelde situatie)	P41=1E-3 RESP>4 wegens voldoende tijd en neutrale omstandigheden
Verzuim-fout	Knop 'openen dokdeur' niet tijdig ingedrukt na opdracht door waterlooplekundig specialist	Geen openen dokdeur op Zuid, kering niet op tijd waterkerend	Er is voldoende tijd (1,5 uur) voor herstel van de verzuimfout, geen waterlooplekundig specialist ter plaatste aanwezig	P2	P2=1E-3 Één actie waar bewust op moet worden gewacht	P42=2E-2 RESP>4 wegens voldoende tijd maar ongunstige omstandigheden voor P42 in vergelijking met Noord omdat geen waterlooplekundig ter plaatse aanwezig is die verzuim van het tijdig indrukken van de knop kan detecteren
Uitvoeringsfout	Verkeerde knop ingedrukt door technisch specialist op Zuid bij ontkoppelde situatie	Afhankelijk van de verkeerde keuze zijn verschillende gevolgen mogelijk. Bij schade wordt verondersteld dat de kering niet op tijd waterkerend is.	Dit kan op tijd ontdekt worden voordat schade optreedt want er is een check door een waterlooplekundig specialist die echter op afstand moet controleren	P3	P3=2E-3 Knoppen eenzelfde lay-out, eenvoudige taak	P43= 1,5E-1 RESP=2 wegens Tp= 1 uur, Ta= ½ uur, T½ = 15 min bij ongunstige omstandigheden op Zuid voor P43 in vergelijking met Noord omdat waterlooplekundig specialist op andere zijde zit

Tabel B-2 Faalkansen van de in Tabel 4-1 beschouwde faalanalyse van een deel van de handbedienprocedure van de Maeslantkering indien er sprake is van een ontkoppelde situatie

Voorbeeld bepaling faalkans herstelactie

Probleemstelling

Als voorbeeld van een herstelactie wordt genomen het resetten van de nodes in de kerende wand van een waterkering. Dit betreft een herstellen van de functionaliteit van de nodes tijdens een operationele situatie, dus een situatie waarbij de waterkering moet functioneren en waarvoor het functioneren van de kerende wand nodes noodzakelijk is.

Gevraagd wordt de kans dat de functionaliteit van de kerende wand nodes door de mens niet correct wordt hersteld indien deze technisch falen. Voor deze herstelactie dient de mens:

1. Een juiste diagnose te stellen: er dient uit diverse alarmmeldingen onderkend te worden dat de kerende wand nodes moeten worden gereset.
2. Binnen een vastgestelde tijd moet correct besloten worden over het uitvoeren van de herstelactie en moet de resetactie worden uitgevoerd. De volgende tijden zijn van toepassing (fictief):
 - a. beschikbare tijd voor de herstelactie is 60 min,
 - b. beslistijd is 15 min,
 - c. uitvoeringstijd is 30 min, mede doordat er een ladderpassage nodig is.

De volgende omstandigheden spelen een rol:

- de diagnose moet worden gedaan terwijl men ook met andere handelingen bezig is;
- er is weinig voor deze actie getraind om een snelle diagnose te kunnen stellen;
- het is niet direct duidelijk dat het falen van pompen of kleppen te wijten is aan het falen van de kerende wand nodes;
- omstandigheden voor uitvoering van de actie zijn ongunstig (men moet ervoor naar buiten en het is slecht weer);
- de werkelijke uitvoering is een stressvolle taak waarbij tijdens het resetten vier handelingen dienen te worden uitgevoerd.

Bepaling faalkans

De HRA boom van Figuur in hoofdstuk 5.2 dient hierbij te worden gehanteerd en gaat dus om het bepalen van P1, P4 en P5.

Bepaling P1: kans op foute diagnose of geen detectie

Hierbij gaat het om het aantal van toepassing zijnde condities voor het onderdeel diagnose/detectie. Voor dit onderdeel zijn dat de volgende drie:

- de diagnose moet worden gedaan terwijl men ook met andere handelingen bezig is, de conditie 'Competitie met andere acties' wordt van toepassing geacht;
- er is weinig voor deze actie getraind om een snelle diagnose te kunnen stellen, de conditie 'Geen training' wordt van toepassing geacht);
- het is niet direct duidelijk dat het falen van pompen of kleppen te wijten is aan het falen van de kerende wand nodes, de conditie 'Indicaties voor actie zijn zwak of instructies zijn niet duidelijk' wordt van toepassing geacht.

Omdat er dus drie condities van toepassing worden geacht, wordt op basis van Tabel de faalkans P1 = **0,01**.

Bepaling P4: kans op geen respons in de beschikbare tijd

Volgens de gegevens zijn:

- $T_p = 60 \text{ min}$
- $T_a = 30 \text{ min}$
- $T_{1/2} = 15 \text{ min}$

Daarmee is $RESP = (T_p - T_a) / T_{1/2} = 2$. De omstandigheden zijn ongunstig (O) en wordt op basis van Tabel de faalkans P4 = **0,15**.

Bepaling P5: kans op geen correcte uitvoering van de herstelactie

Basisfaalkans voor het niet correct uitvoeren van een herstelactie is 0,03 (zonder stress). Omdat het een stressvolle taak is met vier handelingen (in de range van 4 t/m 6) vindt op basis van Tabel hierop een correctie plaats met een factor 3. Daarmee wordt de faalkans P5 = **0,09**.

Totale faalkans herstelactie

Van het niet herstellen van de functionaliteit van de kerende wand, is op basis van de formule in hoofdstuk 5.2 de totale kans (afgerond) $Y = \mathbf{0,23}$.

Het ingevulde Excel spreadsheet van het OSPCHEP model, versie 2.0, wordt getoond op de volgende bladzijde. De bladzijde daarna toont de bijbehorende rapportage die automatisch wordt gegenereerd.

De ingevulde Excel spreadsheet bladzijde voor het bepalen van de faalkans van de herstelactie.

De kans op het niet of onjuist uitvoeren van een herstelactie

Conditities

- ☒ Indicaties voor actie zijn zwak of instructies zijn niet duidelijk
- ☒ Competitie met andere acties
- ☒ Geen training
- ☐ Relatief weinig tijd beschikbaar voor de correctie van uitvoerende handelingen
- ☐ Tegengestelde intuïtieve actie
- ☐ Slechte fysieke toestand (bijv. Slaapgebrek)

P1
0,01

Responsietijd

Tp	Ta	T1/2
60	30	15

Omstandigheden

- ☐ Gunstig
- ☐ Neutraal
- ☒ Ongunstig

P4
0,15

Type Taak

Taak MET stress

- ☐ Zeven t/m tien handelingen
- ☒ Vier t/m zes handelingen
- ☐ Eén t/m drie handeling(en)

Taak ZONDER stress

- ☐ Zeven t/m tien handelingen
- ☐ Vier t/m zes handelingen
- ☐ Eén t/m drie handeling(en)

P5
0,09

Faalkans van een technische herstelactie:

23,42%

0,23424

2,34E-01

Rapportage

De rapportage van de herstelactie geproduceerd met het Excel
spreadsheet van het OPSCHEP model.

Rekenmodel:
RWS Opschepmodel 2013 v2.0.xls

De kans op het niet of onjuist uitvoeren van een herstelactie

Cutset

15-jun-13

Factor P1 (foute diagnose of geen detectie)

Aspect condities

Indicaties voor actie zijn zwak of instructies zijn
niet duidelijk

Competitie met andere acties

Geen training

Motivatie:

Resultaat P1: 1,00E-02

Factor P4 (herstelfout)

Aspect responsetijd

Waarde

Tp [minuten]:

60,00

Ta [minuten]:

30,00

T1/2 [minuten]:

15,00

Response:

2,00

Omstandigheden:

ongunstig

Motivatie:

Resultaat P4: 1,50E-01

Factor P5 (uitvoeringsfout)

Aspect type taak

Factor

Stress en vier t/m zes handelingen

3,00E+00

Motivatie:

Basiswaarde: 3,00E-02
Correctiefactor: 3,00E+00
Resultaat P5: 9,00E-02

Faalkans van een technische herstelactie: 2,34E-01

Voorbeeld bepaling faalkans bedien- of onderhoudshandeling

Probleemstelling

Als voorbeeld wordt het uitvoeren van onderhoud in een ruimte waarin zich een brandmeldinstallatie bevindt. Deze brandmeldinstallatie moet voor dat onderhoud door middel van een werkschakelaar worden uitgezet en na onderhoud weer worden aangezet. Gevraagd wordt de kans dat de brandmeldinstallatie na onderhoud niet wordt aangezet, waardoor deze installatie niet-beschikbaar achterblijft.

De volgende omstandigheden spelen een rol:

- er wordt gemiddeld één keer per maand gepland onderhoud in de ruimte met de brandmeldinstallatie uitgevoerd;
- het in de juiste stand terugzetten van de brandmeldinstallatie is een standaard taak met enkele handelingen, betreft het werken aan één systeem en de werkschakelaar bevindt zich op een gemakkelijk te bereiken plaats;
- er is een werkinstructie beschikbaar met aftekenmogelijkheid maar de aftekenmogelijkheid wordt niet gebruikt;
- er is een andere werkschakelaar in de buurt die er hetzelfde uitziet;
- wegens bezuinigingen moet al het onderhoud met minder personeel sneller worden uitgevoerd waardoor steeds sprake is van wat tijdsdruk;
- er zijn mogelijkheden tot herstel;
- de werkschakelaar kent drie standen ('in bedrijf', 'onderhoud' en 'test'); er is een algemene signalering aanwezig die aangeeft dat systemen nog in de teststand staan;
- de werkschakelaar is goed gelabeld;
- de onderhoudsmensen hebben niet voldoende maar wel enige kennis en ervaring.

Bepaling faalkans

De HRA boom van Figuur in hoofdstuk 5.2 dient hierbij te worden gehanteerd en het gaat dus om het bepalen van P2, P3, P6' en P6''.

Bepaling P2: kans op verzuimfout

Basisfaalkans voor de verzuimfout is 0,003. De volgende aspecten zijn van toepassing voor de verzuimfout (in volgorde van prioriteit voor de kwantificering en vermenigvuldigingsfactor):

- er is een werkinstructie beschikbaar met aftekenmogelijkheid maar de aftekenmogelijkheid wordt niet gebruikt (prioriteit 1, vermenigvuldigingsfactor is 1);
- er wordt gemiddeld één keer per maand onderhoud uitgevoerd (prioriteit 2, vermenigvuldigingsfactor is 1);
- er is sprake van enige kennis en ervaring (prioriteit 3, vermenigvuldigingsfactor is 3);
- er is sprake van tijdsdruk maar weinig (prioriteit 5, vermenigvuldigingsfactor is 2).
- er is sprake van gepland onderhoud (prioriteit 6, vermenigvuldigingsfactor is 1);

- er is sprake van meer dan één handeling (prioriteit 7, vermenigvuldigingsfactor is 1);
- geen complexe taak, er wordt aan één systeem gewerkt (prioriteit 8, vermenigvuldigingsfactor is 1).

Daarmee wordt de faalkans $P2 = 0,003 * 1 * 1 * 3 * 2 * 1 * 1 * 1 =$
0,018.

Bepaling P3: kans op uitvoeringsfout

Basisfaalkans voor de uitvoeringsfout is 0,0003. De volgende aspecten zijn van toepassing voor de uitvoeringsfout (in volgorde van prioriteit voor de kwantificering en vermenigvuldigingsfactor):

- er is een werkinstructie beschikbaar met aftekenmogelijkheid maar de aftekenmogelijkheid wordt niet gebruikt (prioriteit 1, vermenigvuldigingsfactor is 3);
- er is een andere werkschakelaar in de buurt die er hetzelfde uitziet (prioriteit 2, vermenigvuldigingsfactor is 6);
- de werkschakelaar is goed gelabeld (prioriteit 3, vermenigvuldigingsfactor 1);
- de werkschakelaar bevat meerdere posities (prioriteit 4; vermenigvuldigingsfactor is 2);
- het betreft een standaard taak (prioriteit 5, vermenigvuldigingsfactor is 1);
- de werkschakelaar bevindt zich op een gemakkelijk te bereiken plaats (prioriteit 6, vermenigvuldigingsfactor is 1);
- er is sprake van tijdsdruk maar weinig (prioriteit 7; vermenigvuldigingsfactor is 2);
- er is sprake van enige kennis en ervaring (prioriteit 8, vermenigvuldigingsfactor is 3).

Conform het in deze handreiking gegeven advies wordt er met maximaal drie factoren ongelijk aan 1 rekening gehouden. Er zijn vijf factoren ongelijk aan 1, de twee factoren met de laagste prioriteit (mate van tijdsdruk, prioriteit 7 en kennis en ervaring, prioriteit 8) worden daarom weggelaten in de berekening.

Daarmee wordt de faalkans $P3 = 0,0003 * 3 * 6 * 1 * 2 * 1 * 1 =$ **0,011**

Bepaling P6': kans op geen herstel van de verzuimfout

Er is een mogelijkheid tot herstel van de verzuimfout. Basisfaalkans voor niet herstellen van de gemaakte verzuimfout is 0,1. Met het gegeven dat er geen signalerende factoren voor de verzuimfout zijn en er geen gebruik wordt gemaakt van checklists, blijft de faalkans **0,1**.

Bepaling P6'': kans op geen herstel van de uitvoeringsfout

Er is een mogelijkheid tot herstel van de uitvoeringsfout. Basisfaalkans voor niet herstellen van de gemaakte uitvoeringsfout is 0,1. Met het gegeven dat er een algemene signalering aanwezig is als systemen in de teststand staan en er geen gebruik wordt gemaakt van checklists, wordt de faalkans

$$0,1 / 3 = \mathbf{0,033}.$$

Totale kans op de onderhoudsfout

Voor het niet beschikbaar zijn van de brandmeldinstallatie is op basis van de formule in hoofdstuk 5.2 de totale kans:

$$\begin{aligned} Z &= P2 * P6' + (1 - P2 * P6') * P3 * P6'' = 0,018 * 0,1 + (1 - \\ &0,018 * 0,1) * 0,011 * 0,033 \\ &= 0,0018 + 0,0004 = \mathbf{0,002}. \end{aligned}$$

De hoogte van deze faalkans wordt dus in belangrijke mate veroorzaakt door de verzuimfout waarvan de kans (inclusief herstel) 0,0018 is; de kans op de uitvoeringsfout (inclusief herstel) is 0,0004.

Het ingevulde Excel spreadsheet van het OSPCHEP model, versie 2.0, wordt getoond op de volgende twee bladzijden. De laatste bladzijde toont de bijbehorende rapportage die automatisch wordt gegenereerd.

De ingevulde Excel spreadsheet bladzijde voor het bepalen van de faalkans P2.

P2: Kans op verzuimfout of kans op het niet resetten van een systeem of component na test of onderhoud:

Werkinstructies		Prioriteit 1
<input checked="" type="checkbox"/> Voor de taakuitvoering zijn werkinstructies van belang (niet routinematige taak)		factor = 1,00
<input type="radio"/> Gebruik van werkinstructies en correct gebruik van aftekenmogelijkheid		
<input checked="" type="radio"/> Gebruik van werkinstructies, maar geen aftekenmogelijkheid of werkinstructies worden niet correct gebruikt		
<input type="radio"/> Geen gebruik van werkinstructies		
Frequentie		Prioriteit 2
<input type="checkbox"/> Taak wordt anders dan één keer per 2 weken of per maand uitgevoerd		factor = 1,00
<input type="radio"/> Eén keer per dag of enkele dagen		
<input type="radio"/> Eén keer per kwartaal tot maximaal een half jaar		
<input type="radio"/> Eén keer per jaar of per meerdere jaren		
Kennis en vaardigheden		Prioriteit 3
<input checked="" type="checkbox"/> Er is sprake van niet voldoende kennis en ervaring		factor = 3,00
<input checked="" type="radio"/> Enige kennis en ervaring: een tot enkele jaren ervaring en kennis opbouw in het uitvoeren van handelingen		
<input type="radio"/> Geen tot weinig kennis en ervaring		
Herhaling		Prioriteit 4
<input type="checkbox"/> Er is sprake van herhaling, waardoor de scherpste van personeel afneemt		factor = 1,00
Tijdsdruk		Prioriteit 5
<input checked="" type="checkbox"/> Er is sprake van tijdsdruk		factor = 2,00
<input checked="" type="radio"/> Weinig tijdsdruk		
<input type="radio"/> Veel tijdsdruk		
Gepland of ongepland		Prioriteit 6
<input type="checkbox"/> Het onderhoud is ongepland		factor = 1,00
Aantal acties		Prioriteit 7
<input type="checkbox"/> Er is sprake van slechts 1 actie		factor = 1,00
<input type="radio"/> Er hoeft niet bewust op de actie te worden gewacht		
<input type="radio"/> Er moet wel bewust op de actie worden gewacht		
<input type="radio"/> Er wordt bewust met de actie omgegaan, maar met een belemmerende factor		
Complexiteit		Prioriteit 8
<input type="checkbox"/> Er is sprake van een gecompliceerde taak (zoals werken aan verschillende systemen)		factor = 1,00
<input type="radio"/> Er wordt op hetzelfde moment aan verschillende systemen gewerkt		
<input type="radio"/> Er wordt door meerdere personen aan hetzelfde systeem gewerkt		
Afhankelijkheid		factor = 1,00
<input type="checkbox"/> Er is sprake van afhankelijkheid tussen onderhoudsacties		
<input type="radio"/> Lage mate van afhankelijkheid		
<input type="radio"/> Hoge mate van afhankelijkheid		

P2

1,80%

1,80E-02

0,01800

Berekening P3

De ingevulde Excel spreadsheet bladzijde voor het bepalen van de faalkans P3.

P3: Kans op uitvoeringsfout of kans op onjuist resetten van een systeem:

Werkinstructies	
<input checked="" type="checkbox"/> Voor de taakuitvoering zijn werkinstructies van belang (niet routinematige taak)	Prioriteit 1 factor = 3,00
<input type="radio"/> Gebruik van werkinstructies en correct gebruik van aftekenmogelijkheid	
<input checked="" type="radio"/> Geen gebruik van werkinstructies of werkinstructies worden niet correct gebruikt	

Nabijheid van componenten	
<input checked="" type="checkbox"/> Keuzefout mogelijk door een andere component in de buurt	Prioriteit 2 factor = 6,00
<input type="radio"/> Andere component in de buurt die er niet hetzelfde uit ziet	
<input checked="" type="radio"/> Andere component in de buurt die er hetzelfde uit ziet	

Labellen van componenten	
<input type="checkbox"/> Er is sprake van een slechte labelling van componenten	Prioriteit 3 factor = 1,00

Posities van componenten	
<input checked="" type="checkbox"/> Er is sprake van het verstellen van componenten met meerdere posities	Prioriteit 4 factor = 2,00

Complexiteit	
<input type="checkbox"/> Er is sprake van een andere dan normale taak	Prioriteit 5 factor = 1,00
<input type="radio"/> Er is sprake van een (zeer) eenvoudige taak	
<input type="radio"/> Er is sprake van een gecompliceerde taak (zoals werken aan verschillende systemen)	

Werkhouding	
<input type="checkbox"/> Er moet vanuit een ongemakkelijke houding worden gewerkt	Prioriteit 6 factor = 1,00

Tijdsdruk	
<input type="checkbox"/> Er is sprake van tijdsdruk	Prioriteit 7 factor = 1,00
<input type="radio"/> Weinig tijdsdruk	
<input type="radio"/> Veel tijdsdruk	

Kennis en vaardigheden	
<input type="checkbox"/> Er is sprake van niet voldoende kennis en ervaring	Prioriteit 8 factor = 1,00
<input type="radio"/> Geen tot weinig kennis en ervaring	
<input type="radio"/> Enige kennis en ervaring: een tot enkele jaren ervaring en kennis in het uitvoeren van handelingen	

Herhaling	
<input type="checkbox"/> Er is sprake van herhaling, waardoor de scherpste van personeel afneemt	Prioriteit 9 factor = 1,00

Afhankelijkheid	
<input type="checkbox"/> Er is sprake van afhankelijkheid tussen onderhoudsacties	factor = 1,00
<input type="radio"/> Lage mate van afhankelijkheid	
<input type="radio"/> Hoge mate van afhankelijkheid	

P3	1,08%	1,08E-02	0,01080	Berekening P6
-----------	--------------	-----------------	----------------	----------------------

De ingevulde Excel spreadsheet bladzijde voor het bepalen van de faalkans P6' en P6''.

P6' voor het herstel van een verzuimfout P2 of van een reset:

Mogelijkheid tot herstel

☐ Er is geen mogelijkheid tot herstel van een verzuimfout

Checklists

☐ Er wordt gebruik gemaakt van checklists **factor = 1,00**

☐ Correct gebruik van aftekenmogelijkheid

☐ Geen gebruik van aftekenmogelijkheid

Signalerende factoren

☐ Er zijn signalerende factoren aanwezig **factor = 1,00**

☐ Algemene indicatie dat er wat aan de hand is

☐ Zeer specifieke indicatie van wat er aan de hand is

☐ Uitvoeren van een functionele test als indicatie

P6'' voor het herstel van een uitvoeringsfout P3 of verkeerde reset:

Mogelijkheid tot herstel

☐ Er is geen mogelijkheid tot herstel van een uitvoeringsfout

Checklists

☐ Er wordt gebruik gemaakt van checklists **factor = 1,00**

☐ Correct gebruik van aftekenmogelijkheid

☐ Geen gebruik van aftekenmogelijkheid

Signalerende factoren

☒ Er zijn signalerende factoren aanwezig **factor = 0,33**

☒ Algemene indicatie dat er wat aan de hand is

☐ Zeer specifieke indicatie van wat er aan de hand is

☐ Uitvoeren van een functionele test als indicatie

Kans op geen herstel van een P2 fout:

P6'	10,00%	1,00E-01	0,1
P2	1,80%	1,80E-02	0,018
P3	1,08%	1,08E-02	0,0108

Kans op geen herstel van een P3 fout:

P6''	3,33%	3,33E-02	0,033333
------	-------	----------	----------

Kans op een menselijke onderhoudsfout:

0,216%	0,002159	2,16E-03
--------	----------	----------

Rapportage

De rapportage van de onderhoudshandeling geproduceerd met het Excel spreadsheet van het OPSCHEP model.

Rekenmodel:
RWS Opschepmodel 2013 v2.0.xls

Cutset

9-jul-13

Factor P2 (verzuimfout)

Aspect	Waardering	Factor
Wel of geen gebruik van werkinstructies	Gebruik van werkinstructies, maar geen aftekenmogelijkheid of werkinstructies worden niet correct gebruikt	1,00E+00
Frequentie	Taak wordt een keer per twee weken of per maand uitgevoerd	1,00E+00
Mate van kennis vaardigheden	Enige kennis en ervaring	3,00E+00
Het al dan niet moeten herhalen van handelingen	Geen/weinig herhalen van handelingen waardoor de scherpte hoegenaamd niet afneemt	1,00E+00
Mate van tijdsdruk	Weinig tijdsdruk	2,00E+00
Het gepland of ongepland zijn van handelingen	Gepland	1,00E+00
Is er sprake van een of meerdere acties	Er is sprake van meerdere acties	1,00E+00
Complexiteit van de taak	Niet complex	1,00E+00
Afhankelijkheid tussen menselijke handelingen	Geen afhankelijkheid	1,00E+00
Motivatie:		

Basiswaarde: 3,00E-03
Correctiefactor: 6,00E+00
Resultaat P2: 1,80E-02

Factor P3 (keuzefout)

Aspect	Waardering	Factor
Wel of geen gebruik van werkinstructies	Geen gebruik van werkinstructies of werkinstructies worden niet correct gebruikt	3,00E+00
Wel of geen nabijheid van componenten	Andere component direct in de buurt en ziet er hetzelfde uit	6,00E+00
Labellen van componenten	Goede labelling	1,00E+00
Mogelijkheden voor het instellen of verstellen van een component in meerdere posities	Meer posities mogelijk	2,00E+00
Complexiteit	Standaard taak	1,00E+00
Het wel of niet werken vanuit een ongemakkelijke werkhouding	Normale werkhouding	1,00E+00
Tijdsdruk	Geen tijdsdruk	1,00E+00
Mate van kennis vaardigheden	Voldoende kennis en ervaring	1,00E+00
Het al dan niet moeten herhalen van handelingen	Geen/weinig herhalen van handelingen waardoor de scherpte hoegenaamd niet afneemt	1,00E+00
Afhankelijkheid tussen menselijke handelingen	Geen afhankelijkheid	1,00E+00
Motivatie:		

Basiswaarde: 3,00E-04
Correctiefactor: 3,60E+01
Resultaat P3: 1,08E-02

Factor P6' (herstel verzuimfout)

Aspect	Waardering	Factor
Herstelbaarheid	Er is een mogelijkheid tot herstel	1,00E+00
Het wel of geen gebruik van checklisten ter controle van de uitgevoerde werkzaamheden	Geen checklisten aanwezig of geen gebruik van checklisten	1,00E+00
De aanwezigheid van signalerende factoren	Geen aanwezigheid van signalerende factoren	1,00E+00
Motivatie:		

Basiswaarde: 1,00E-01
Correctiefactor: 1,00E+00
Resultaat P6': 1,00E-01

Factor P6'' (herstel uitvoeringsfout)

Aspect	Waardering	Factor
Herstelbaarheid	Er is een mogelijkheid tot herstel	1,00E+00
Het wel of geen gebruik van checklisten ter controle van de uitgevoerde werkzaamheden	Geen checklisten aanwezig of geen gebruik van checklisten	1,00E+00
De aanwezigheid van signalerende factoren	Algemene indicatie dat er wat aan de hand is	3,33E-01
Motivatie:		

Basiswaarde: 1,00E-01
Correctiefactor: 3,33E-01
Resultaat P6'': 3,33E-02

Kans op een menselijke onderhoudsfout: 2,16E-03