

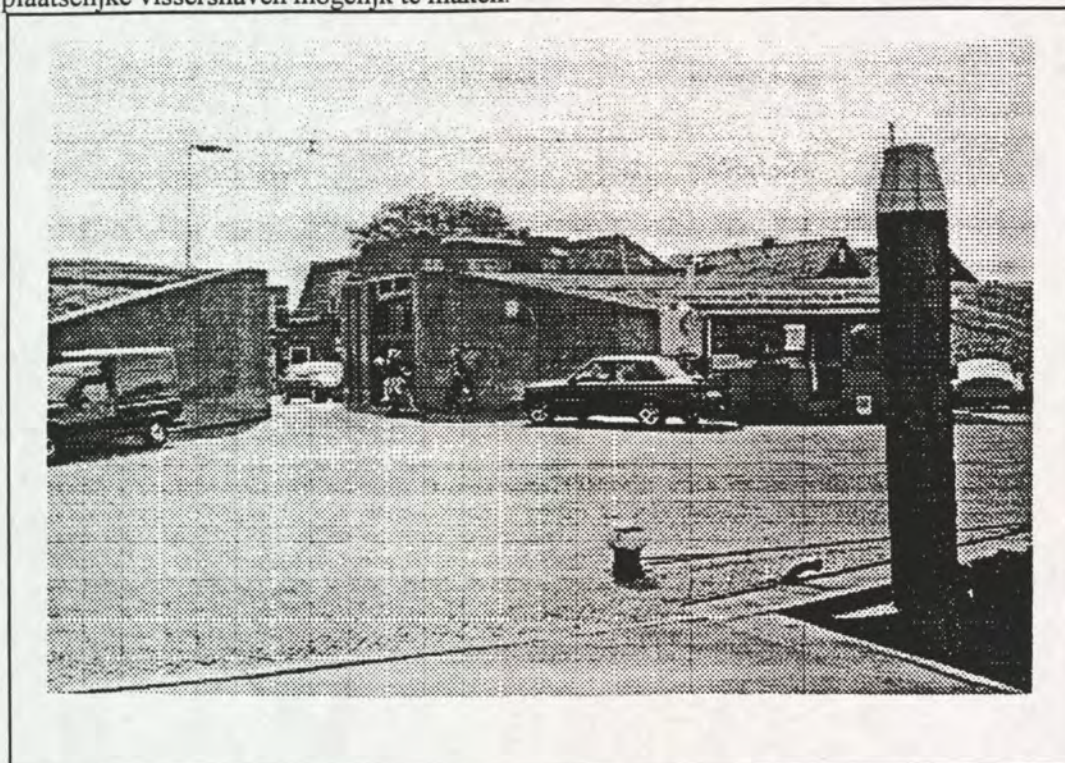
1. Kunstwerken in en rond Den Oever

Deze bijlage geeft een uitgewerkt voorbeeld van het gebruik van het computetprogramma Unicorn. Doel hiervan is om vertrouwd te raken met het programma en de binnen Rijkswaterstaat gebruikte ideeën en inzichten. Uitgaande van een bestaand rapport, **Veiligheidsbeoordeling Coupure Den Oever** [Ton & Kos 93], wordt de daar gepresenteerde foutenboom vertaald naar een model in Unicorn. Vervolgens zal getracht worden de invloed van afhankelijkheden te beschouwen.

Gegevens over de kunstwerken

Het plaatsje Den Oever ligt in de kop van Noord-Holland, tegen het zuidoende van de afsluitdijk aan. Om scheepvaartverkeer tussen de Waddenzee en het IJsselmeer mogelijk te maken, heeft men onder andere bij Den Oever een schutsluis aangelegd.

In de afsluitdijk, nabij Den Oever, heeft men een spuisluis aangelegd, om de waterstand in het IJsselmeer te kunnen regelen. Verder is er in Den Oever zelf een coupure aangebracht, om de toegang tot de plaatselijke vissershaven mogelijk te maken.



Afbeelding 1: de Coupure in Den oever

In bovengenoemd rapport [Ton & Kos 93] heeft men een betrouwbaarheidsanalyse uitgevoerd voor het sluiten van de coupure. Men heeft hiertoe een gebeurtenisboom opgesteld en deze gebeurtenisboom van kansen voorzien. De begingeburtenis Storm betekent hier een waterstand tussen 2.47 meter en 5.60 boven Normaal Amsterdams Peil.

Voortbordurend op de puntschattingen hebben we een onzekerheidsverdeling over de topgebeurtenis "Coupure faalt" berekend. Deze onzekerheidsverdelingen zijn grotendeels gebaseerd op het **Handbook of Human Reliability Analysis** [Swa & Gut 83]. De onzekerheidsverdeling van de topgebeurtenis werd berekend met het programma **Unicorn**. Deze analyse is vooral bedoeld om te laten zien hoe het programma Unicorn werkt en wat de invloed is van verschillende aannames voor de afhankelijkheden van de schattingen.

2. Onzekerheidsanalyse Coupure Den Oever

We zullen nu de onzekerheidsanalyse uitvoeren. Hiertoe zal eerst het in het rapport aangedragen model vertaald worden naar **Unicorn**. Vervolgens zullen we steeds een verdere aanname doen over de afhankelijkheden tussen de basisgebeurtenissen.

Doelstelling

Het rapport [Ton & Kos 93] geeft een overzicht van de fouten, die kunnen optreden bij het sluiten van de Coupure in Den Oever. Men heeft deze fouten gekwantificeerd door een puntschatting te geven. De gegeven gebeurtenisboom wordt als model in het programma **Unicorn** ingevoerd. Vervolgens wordt onderzocht of de gegeven puntschatting uitgebreid kunnen worden naar een onzekerheidsverdeling van de faalkansen.

De faalkansen kunnen we onderverdelen in mechanische en menselijke faalkansen. Voorts is er de begin-gebeurtenis Storm, deze nemen we constant verdeeld, met als kans van optreden dezelfde 0.8 als in het rapport. Hierdoor kunnen de resultaten direct met elkaar vergeleken worden.

De gemaakte aannames zijn gebaseerd op het handboek van Swain en Guttman [Swa & Gut 83]. Hierin geven zij een 'procedure' om menselijk falen te kwantificeren. Zij gaan hierbij uit van de log-normale verdelingsfunctie en geven als parameters de Human Error Probability (HEP) en error factor (EF). We gebruiken de in het rapport [Ton & Kos 93] gemaakte puntschatting als HEP (deze is gelijk aan de mediaan van de log-normale verdeling) en zoeken daar dan met behulp van [Swa & Gut 83] een EF bij.

De onzekerheid over het mechanisch falen modelleren we door een normale verdeling aan te nemen.

Alle puntschattingen zijn gemaakt door één of twee personen, dit geeft een sterke onderlinge afhankelijkheid van de HEP's. De volgende stap is dan ook dat we dit met behulp van een latente variabele verwerken in het model.

Tot slot kunnen we kijken of er nog meer afhankelijkheden zijn. Denk hierbij bijvoorbeeld aan verschillende taken, die door dezelfde persoon uitgevoerd moeten worden.

Het rapport als model in Unicorn

Het programma Unicorn vraagt om zogenaamde Basic Events (BSE's) en een structuur (formule) om een top-onzekerheidsverdeling uit te kunnen rekenen. Uit de gebeurtenisboom zijn daarom 18 BSE's gehaald, waarbij sommige BSE's het complement zijn van een ander.

Zo is de gebeurtenis **Geen Schotbalken** het complement van de gebeurtenis **Schotbalken**. De kansen van optreden tellen dus op tot één! Gebeurtenissen als deze noemen we Mutually Exclusive Basic Events (MEB's), hetgeen neerkomt op *elkaar uitsluitende BSE's*. Deze MEB's zijn verwerkt door ze binnen de dependence-tree een rang-correlatie van -1 te geven en de gemeenschappelijke onzekerheidsverdeling aan te passen.

De gebeurtenisketens, die leiden tot het optreden van het falen van de Coupure, zijn in het rapport aangegeven door **1C, 1D, 2C, 2B, 3C, 3B, 4C, 4B, 5B2, 5B3, 5E, 5D, 6C, 6B, 7B en 7C** (zie copie aan het eind van deze bijlage). Vervolgens hebben we gekeken welke basisgebeurtenissen (BSE's) in die ketens zaten, er waren in totaal 18 verschillende BSE's.

Voor de gebeurtenis **districtshoofd alert** moesten er twee verschillende BSE's gemaakt worden, aangezien het feit dat de SVSD wel of niet waarschuwt de kans van deze BSE verandert. Dit zijn dus voorwaardelijke kansen.

De dependence-tree kunnen we ons voorstellen als een a-cyclische graaf, met daarin als knooppunten alle BSE's en als stroomwaarden de rangcorrelaties tussen de knooppunten (zie bijlage A). In dit model hebben we alleen rangcorrelaties verschillend van nul, wanneer we te maken hebben met MEB's. Van deze MEB's hebben we er zeven, dus wordt de dependence-tree gevormd door zeven kleinere bomen. Twee grafen, die verbonden zijn door een stroomwaarde 0, mogen we beschouwen als twee aparte grafen.

Hieronder volgt dan de lijst met BSE's en hun verdeling:

number: 1

Random_variable : B1
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 8.000 E-01

Description : STORM

number: 2

Random_variable : B2
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 9.990 E-01

Description : SVSD WAARSCHUWT

number: 3

Random_variable : B2C
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 10.000 E-04

Description : SVSD FAALT

number: 4

Random_variable : B3
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 9.900 E-01

Description : DH ALERT BIJ WAARSCHUWING

number: 5

Random_variable : B3C

Distribution type : CONSTANT

Parameters : CONSTANT: 1.000 E-02

Description : DH ALERT ^{B3C}~~ZONDER~~ WAARSCHUWING

number: 6

Random_variable : B4

Distribution type : CONSTANT

Parameters : CONSTANT: 3.000 E-01

Description : DH ALERT ZONDER WAARSCHUWING

number: 7

Random_variable : B4C

Distribution type : CONSTANT

Parameters : CONSTANT: 7.000 E-01

Description : DH NIET ALERT ZONDER
WAARSCHUWING

number: 8

Random_variable : B5

Distribution type : CONSTANT

Parameters : CONSTANT: 10.000 E-05

Description : MECHANISCH FALEN DEUR

number: 9

Random_variable : B6

Distribution type : CONSTANT

Parameters : CONSTANT: 7.000 E-01

Description : SCHOTBALK GEPLAATST

number: 10

Random_variable : B6C

Distribution type : CONSTANT

Parameters : CONSTANT: 3.000 E-01

Description : GEEN SCHOTBALKEN

number: 11

Random_variable : B7
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 10.000 E-05

Description : MECHANISCH FALEN SCHOTBALK

number: 12

Random_variable : B8
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 4.000 E-01

Description : OMGEVING ALERT

number: 13

Random_variable : B8C
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 6.000 E-01

Description : OMGEVING FAALT

number: 14

Random_variable : B9
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 7.000 E-01

Description : DEUR OPEN

number: 15

Random_variable : B10
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 9.990 E-01

Description : OPZICHTER GEWAARSCHUWD

number: 16

Random_variable : B10C
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 10.000 E-04

Description : OPZICHTER NIET GEWAARSCHUWD

number: 17

Random_variable : B11
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 9.900 E-01

Description : OPZICHTER SLUIT

number: 18

Random_variable : B11C
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 1.000 E-02

Description : OPZICHTER SLUIT NIET

De dependence-tree wordt:

***** Dependency tree with main root : B10 *****

B10
└(-1.00) B10C

***** Dependency tree with main root : B3 *****

B3
└(-1.00) B3C

***** Dependency tree with main root : B2 *****

B2
└(-1.00) B2C

***** Dependency tree with main root : B8 *****

B8
└(-1.00) B8C

***** Dependency tree with main root : B6 *****

B6
└(-1.00) B6C

***** Dependency tree with main root : B11 *****

```

B11
├──(-1.00) B11C

```

***** Dependency tree with main root : B4 *****

```

B4
├──(-1.00) B4C

```

Er zijn in de gebeurtenisboom 16 'paden' te onderscheiden, die allemaal leiden tot de topgebeurtenis 'Coupure faalt'. Deze paden hebben we als minimale sneden van de boom beschouwd, optelling hiervan leidt tot de gehanteerde waarde in het rapport.

In Unicorn zijn de paden beschreven als een vermenigvuldiging van alle BSE's die op dat pad liggen, de topgebeurtenis volgt dan door optelling van alle paden. Merk op dat wanneer we een foutenboom analyse uitvoeren, we hiervoor AND- en OR-poorten gebruiken. Het bleek helaas niet mogelijk Unicorn op deze manier te gebruiken. (Het programma liep vast door te weinig geheugenruimte).

Als gevolg daarvan is de topgebeurtenis een eerste benadering, maar na vergelijking van optellen en het gebruiken van 'Or', bleek het verschil gelukkig gering.

Het model ziet er dan als volgt uit:

FORMULA: UDF1 + UDF2 + UDF3 + UDF4 + UDF5 + UDF6 + UDF7 + UDF8 +
 UDF9 + UDF10 + UDF11 + UDF12 + UDF13 + UDF14 + UDF15 +
 UDF16

UDF1: b8c*b11c*b10*b3*b2*b1
 UDF2: b9*b8*b11c*b10*b3*b2*b1
 UDF3: b7*b6*b5*b11*b10*b3*b2*b1
 UDF4: b6c*b5*b11*b10*b3*b2*b1
 UDF5: b8c*b10c*b3*b2*b1
 UDF6: b9*b8*b10c*b3*b2*b1
 UDF7: b8c*b3c*b2*b1
 UDF8: b9*b8*b3c*b2*b1
 UDF9: b7*b6*b5*b11*b10*b4*b2c*b1
 UDF10: b6c*b5*b11*b10*b4*b2c*b1
 UDF11: b8c*b11c*b10*b4*b2c*b1
 UDF12: b9*b8*b11c*b10*b4*b2c*b1
 UDF13: b8c*b10c*b4*b2c*b1
 UDF14: b9*b8*b10c*b4*b2c*b1
 UDF15: b9*b8*b4c*b2c*b1
 UDF16: b8c*b4c*b2c*b1

Het resultaat voldoet prima aan de verwachting:

Main quantiles of the distribution: FORMULA

5%-quantile: 1.52 E-02

50%-quantile: 1.52 E-02

95%-quantile: 1.52 E-02

Location estimates of the distribution: FORMULA

Mean : 1.52 E-02

Median : 1.52 E-02

Estimates of spread of the distribution: FORMULA

Standard deviation: 8.55 E-10

Error factor : 1.00 E+00

De afwijking ten opzichte van de in het rapport gegeven $P(\text{Coupure faalt})$ is 0.02 E-2 , waarschijnlijk komt dit door afronding. Verder blijkt uit het feit dat de 5%-, 50%- en 95%-kwantielen (en alle overigen ook) dezelfde waarde van 0.0152 hebben, dat de topgebeurtenis een constante verdeling heeft. Dit is ook in overeenstemming met de verwachting: een invoer van alleen constanten kan alleen maar een constante uitkomst hebben! De berekende waarde voor de standaard-deviatie is zo klein (8.55 E-10) dat we deze gewoon nul mogen veronderstellen (de afwijking van nul komt waarschijnlijk door afrondingsfouten).

We hebben nu dus een manier om een gegeven gebeurtenisboom te kunnen vertalen naar een werkbaar model in **Unicorn**.

Het toevoegen van onzekerheidsverdelingen

De volgende stap is uiteraard het toevoegen van een onzekerheidsverdeling op de BSE's. Uitgangspunt is het handboek van Swain en Guttman [Swa & Gut 83]. Swain en Guttman delen de taken in aan de hand van een **stress-level** en een **procedure soort**. Het stress-level geeft aan of de taak routine is of niet. Ze onderscheiden hierin vier categorieën:

<i>low:</i>	saai, eentonig werk;
<i>optimum:</i>	voldoende gevarieerd, goed uit te houden werk;
<i>moderately high:</i>	ongewone problemen, uitzonderingen;
<i>extremely high:</i>	de werknemer werkt zich over de kop.

Voor de procedure is er een onderscheid tussen *stap-voor-stap* en *dynamisch*. Dit verschil zit in de complexiteit van de uit te voeren taak. Zo zal het plaatsen van de schotbalk een procedure zijn, die stap-voor-stap uitgevoerd moet worden, dus om redelijk eenvoudige handelingen vraagt. Het waarschuwen van een opzichter of districtshoofd beschouwen we echter als dynamisch.

De BSE's kunnen worden verdeeld in gebeurtenissen ten gevolge van **menselijk handelen** en gebeurtenissen ten gevolge van **technisch** (mechanisch) falen. Voor de laatste onzekerheidsverdelingen hebben we een normaalverdeling gekozen, aangezien de leidraad van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen [TAW 92] een symmetrisch interval rond de gegeven puntschatting gaf.

We noemen een onzekerheidsverdeling 'net', indien deze alleen waarden op het interval [0,1] aanneemt. Een log-normale verdeling is in deze betekenis dus niet 'net', aangezien deze waarden van nul tot oneindig kan aannemen. Daarentegen is de Uniform (0,1) verdeling wel 'net'. De onzekerheidsverdelingen voor het menselijk falen kunnen we ook weer onderverdelen. Howel een log-normale verdeling dus nooit 'net' is, kunnen we toch bepaalde log-normale verdelingen als 'net' beschouwen. Dit zijn de onzekerheidsverdelingen met een HEP kleiner dan een tiende. De reden dat we deze als 'net' beschouwen ligt in het feit dat bij deze waarde de onzekerheidsverdeling nagenoeg altijd tussen nul en één ligt.

Bij een log-normaal verdeling krijg je het 95%-kwantiel door de mediaan te vermenigvuldigen met zijn errorfactor en het 5%-kwantiel door de mediaan te delen door zijn errorfactor. Swain en Guttman schrijven EF's van 5 en 10 voor, dus zouden we bij een HEP van groter dan 0.1 geen onzekerheidsverdeling meer kunnen hebben. Om het complement van deze 'nette' gebeurtenissen te kunnen berekenen (we hebben voor één min een log-normale verdeling geen standaard formule), kunnen we simpelweg een formule simuleren van $1-v1$, met $v1$ een log-normaal verdeelde onzekere variabele. De berekende kwantielen van deze formule gebruiken we dan als invoer voor de complementaire gebeurtenis.

Anderzijds zijn er ook puntschattingen groter dan 0.1, denk bij voorbeeld aan de gebeurtenis 'districtshoofd niet alert, zonder voorafgaande waarschuwing van de SVSD', deze heeft een HEP van maar liefst 0.7. Zouden we deze met een EF van 5 voorzien, dan krijgen we waarden tussen de 0.14 en 3.5.

We hebben daarom aangenomen dat de HEP te splitsen is in een soort vaste onzekerheid en een variabel deel. Het vaste deel is dan de HEP min 0.05 en het variabele deel een log-normaal verdeelde onzekere grootte met een bepaalde errorfactor, die wederom bepaald wordt op basis van [Swa & Gut 83]. In bovenstaand voorbeeld ligt de onzekerheidsverdeling dan ruwweg tussen 0.655 en 1.15. Om ook het laatste 'glad te strijken' hebben we de formule $\text{MAX}\{1, \text{HEP} - 0.05 + v1\}$ genomen. De complementaire gebeurtenis wordt analoog aan de 'nette' BSE's berekend.

De BSE's die bij het technisch falen horen, zijn *Schotbalk faalt* en *Deuren falen*. De BSE *Storm* is wederom constant, anders is er geen goede vergelijking mogelijk met het oorspronkelijke model.

Om de EF's te bepalen is aangenomen dat alle gebeurtenissen optreden bij een moderately high stress-level; we mogen veronderstellen dat het sluiten van de Coupure onder deze omstandigheden geen alledaags werk is! Uit de bijgevoegde tabel 7-2 van [Swa & Gut 83] kunnen we de EF's aflezen, we hoeven alleen nog de HEP's te classificeren als **dynamisch** of **stap-voor-stap**.

De dynamische zijn: Opzichter niet gewaarschuwd;
Districtshoofd niet alert (beide);
SVSD faalt;
Omgeving niet alert.

De stap-voor-stap zijn: Schotbalken niet geplaatst;
Oprichtersluit niet;
Deuren open.

We krijgen dan de volgende beschrijvingen:

number: 1

Random_variable : B1
Distribution type : CONSTANT
Parameters : CONSTANT: 8.000 E-01

Description : STORM

number: 2

Random_variable : B2
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 999_10.CDF

Description : SVSD WAARSCHUWT

number: 3

Random_variable : B2C
Distribution type : LOGNORMAL
Parameters : MEDIAN : 10.000 E-04
ERROR FACTOR : 1.000 E+01

Description : SVSD FAALT

number: 4

Random_variable : B3
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 99_10.CDF

Description : DH ALERT BIJ WAARSCHUWING

number: 5

Random_variable : B3C
Distribution type : LOGNORMAL
Parameters : MEDIAN : 1.000 E-02
ERROR FACTOR : 1.000 E+01
Description : DH NIET ALERT MET WAARSCHUWING

number: 6

Random_variable : B4
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 25_10.CDF

Description : DH ALERT ZONDER WAARSCHUWING

number: 7

Random_variable : B4C
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 65_10.CDF

Description : DH NIET ALERT ZONDER
WAARSCHUWING

number: 8

Random_variable : B5
Distribution type : NORMAL
Parameters : μ (=Mean) : 10.000 E-05
 σ (=Stand.Dev.) : 6.080 E-05
Description : MECHANISCH FALEN DEUR

number: 9

Random_variable : B6
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 25_5.CDF

Description : SCHOTBALK GEPLAATST

number: 10

Random_variable : B6C
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 65_5.CDF

Description : GEEN SCHOTBALKEN

number: 11

Random_variable : B7
Distribution type : NORMAL
Parameters : μ (=Mean): 10.000 E-05
 σ (=Stand.Dev.): 6.080 E-05
Description : MECHANISCH FALEN SCHOTBALK

number: 12

Random_variable : B8
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 35_10.CDF

Description : OMGEVING ALERT

number: 13

Random_variable : B8C
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 55_10.CDF

Description : OMGEVING FAALT

number: 14

Random_variable : B9
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 65_10.CDF

Description : DEUR OPEN

number: 15

Random_variable : B10
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 999_10.CDF

Description : OPZICHTER GEWAARSCHUWD

number: 16

Random_variable : B10C
Distribution type : LOGNORMAL
Parameters : MEDIAN : 10.000 E-05
ERROR FACTOR : 1.000 E+01
Description : OPZICHTER NIET GEWAARSCHUWD

number: 17

Random_variable : B11
Distribution type : DISTRIBUTION FILE: 99_5.CDF

Description : OPZICHTER SLUIT

number: 18

Random_variable : B11C
Distribution type : LOGNORMAL
Parameters : MEDIAN : 1.000 E-02
 ERROR FACTOR : 5.000 E+00
Description : OPZICHTER SLUIT NIET

De dependence-tree is gelijk aan de voorgaande. De resultaten zijn:

Main quantiles of the distribution: FORMULA

5%-quantile: 4.87 E-03

50%-quantile: 1.80 E-02

95%-quantile: 7.77 E-02

Location estimates of the distribution: FORMULA

Mean : 2.78 E-02

Median : 1.80 E-02

Estimates of spread of the distribution: FORMULA

Standard deviation: 3.32 E-02

Error factor : 4.32 E+00

Invloed van één informatiebron

We zullen nu alle BSE's koppelen aan één latente variabele, hiermee geven we een soort mate van subjectiviteit aan. Swain en Guttman hebben voor de positieve correlatie een onderverdeling gemaakt in:

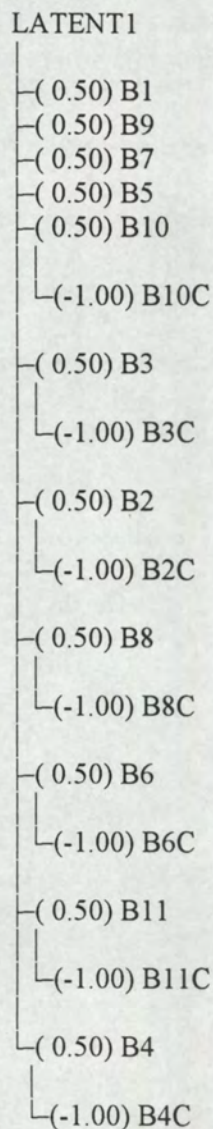
Zero Dependency:	$ZD = 0;$
Low Dependency:	$LD \approx 0.05;$
Medium Dependency:	$MD \approx 0.15;$
High Dependency:	$HD = 0.5$ en
Complete Dependency:	$CD = 1.$

Deze punten hebben ze aangegeven op het lijnstuk $[0,1]$, waardoor we bovenstaande waarden hebben gekregen.

Merk op dat de waarden voor ZD en CD absoluut zijn (per definitie), de waarde voor HD is een zeer betrouwbare aflezing en de overige twee zijn redelijk betrouwbaar.

Met dit gegeven in het achterhoofd, maken we een nieuwe dependence-tree, waarbij alle BSE's aan de latente variabele gelinkt zijn. (De MEB's natuurlijk alleen via een van beide).

De tree wordt dan:



Merk op dat we gekozen hebben voor een HD tussen de schattingen, dit omdat de informatiebron zeer subjectief is (ten hoogste twee personen). De onzekerheidsverdelingen van de BSE's zijn gelijk aan die van het voorgaande model.

Resultaten zijn dan:

Main quantiles of the distribution: FORMULA

5%-quantile: 3.64 E-03

50%-quantile: 1.72 E-02

95%-quantile: 8.68 E-02

Location estimates of the distribution: FORMULA

Mean : 2.99 E-02

Median : 1.72 E-02

Estimates of spread of the distribution: FORMULA

Standard deviation: 4.00 E-02

Error factor : 5.04 E+00

Verdere rangcorrelaties als gevolg van common-cause

Er zijn een tweetal taken die door de sluiswachter (Opzichter) uitgevoerd moeten worden, namelijk:
Schotbalken plaatsen en Opzichter sluit.

Dit modelleren we met een MD, omdat het twee afzonderlijke taken zijn, die weliswaar door dezelfde persoon (sluiswachter) uitgevoerd worden, maar toch voldoende van elkaar gescheiden zijn om een hogere graad van afhankelijkheid dan gemiddeld te veronderstellen.

Verder kunnen we stellen dat er een aantal taken zijn waar de tijdsdruk (stress) een vorm van afhankelijkheid introduceert:

- Opzichter gewaarschuwd;
- Districtshoofd alert (allebei);
- SVSD waarschuwt tijdig;
- Omgeving alert.

Deze tijdsdruk modelleren we met een HD omdat het erg belangrijk is dat de waarschuwingen tijdig doorgegeven worden, de stress bij deze handeling is dan ook hoog.

Daarnaast kunnen we het type van falen nog benoemen als een latente variabele:

- menselijk handelen;
- technisch falen.

Dit nemen we als LD aan: wel enige mate van afhankelijkheid, maar niet al te veel.

De resultaten zijn:

Main quantiles of the distribution: FORMULA

5%-quantile: 4.34 E-03

50%-quantile: 1.85 E-02

95%-quantile: 7.80 E-02

Location estimates of the distribution: FORMULA

Mean : 2.89 E-02

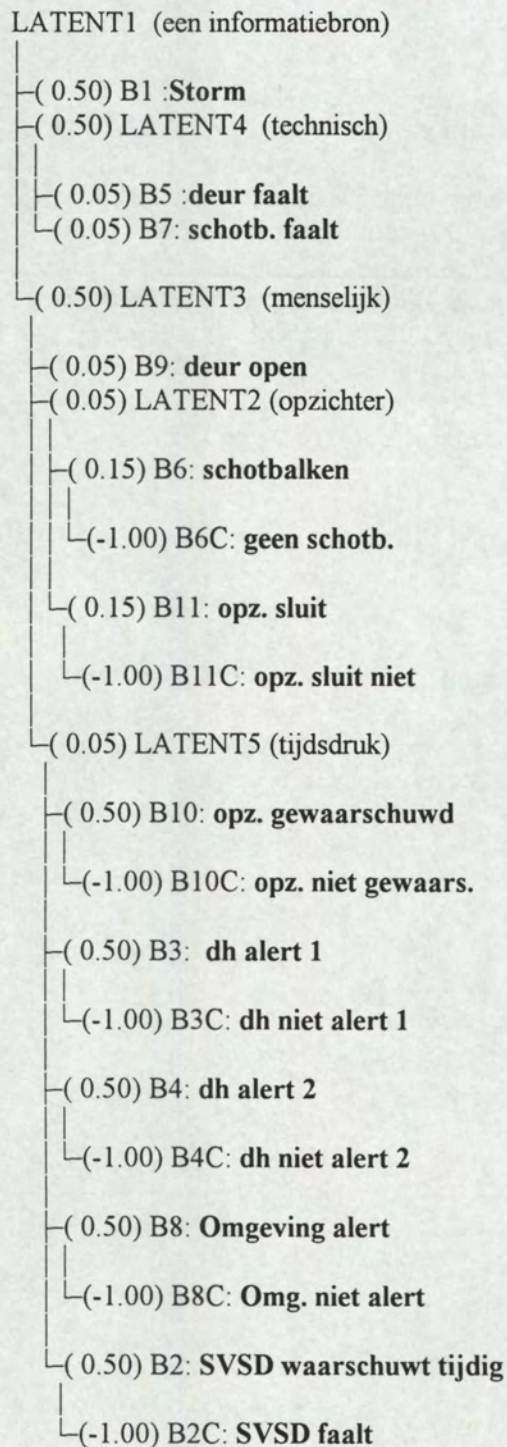
Median : 1.85 E-02

Estimates of spread of the distribution: FORMULA

Standard deviation: 3.81 E-02

Error factor : 4.21 E+00

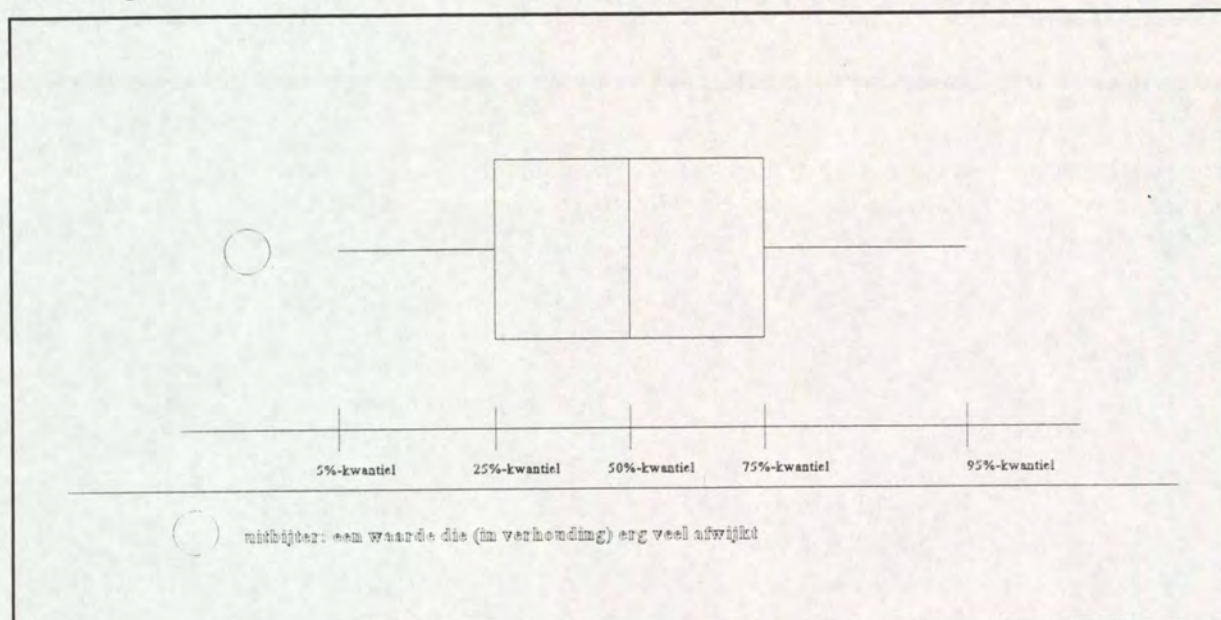
De dependence-tree:



3. Vergelijking van de resultaten

We kunnen de resultaten van bovenstaande aannames vergelijken door een boxplot van alle onzekerheidsverdelingen te maken. Een boxplot geeft de mediaan, het 5%- en 95%-kwantiel en de uitbijters aan. Ook kunnen we per model een histogram maken van de berekende onzekerheidsverdeling. Ten slotte bekijken we de gemaakte aannames tegelijk door middel van een zogenaamde scatterplot-matrix.

De eerste grafiek is een plaatje waarin de boxplot's van de vier aannames naast elkaar gezet zijn.



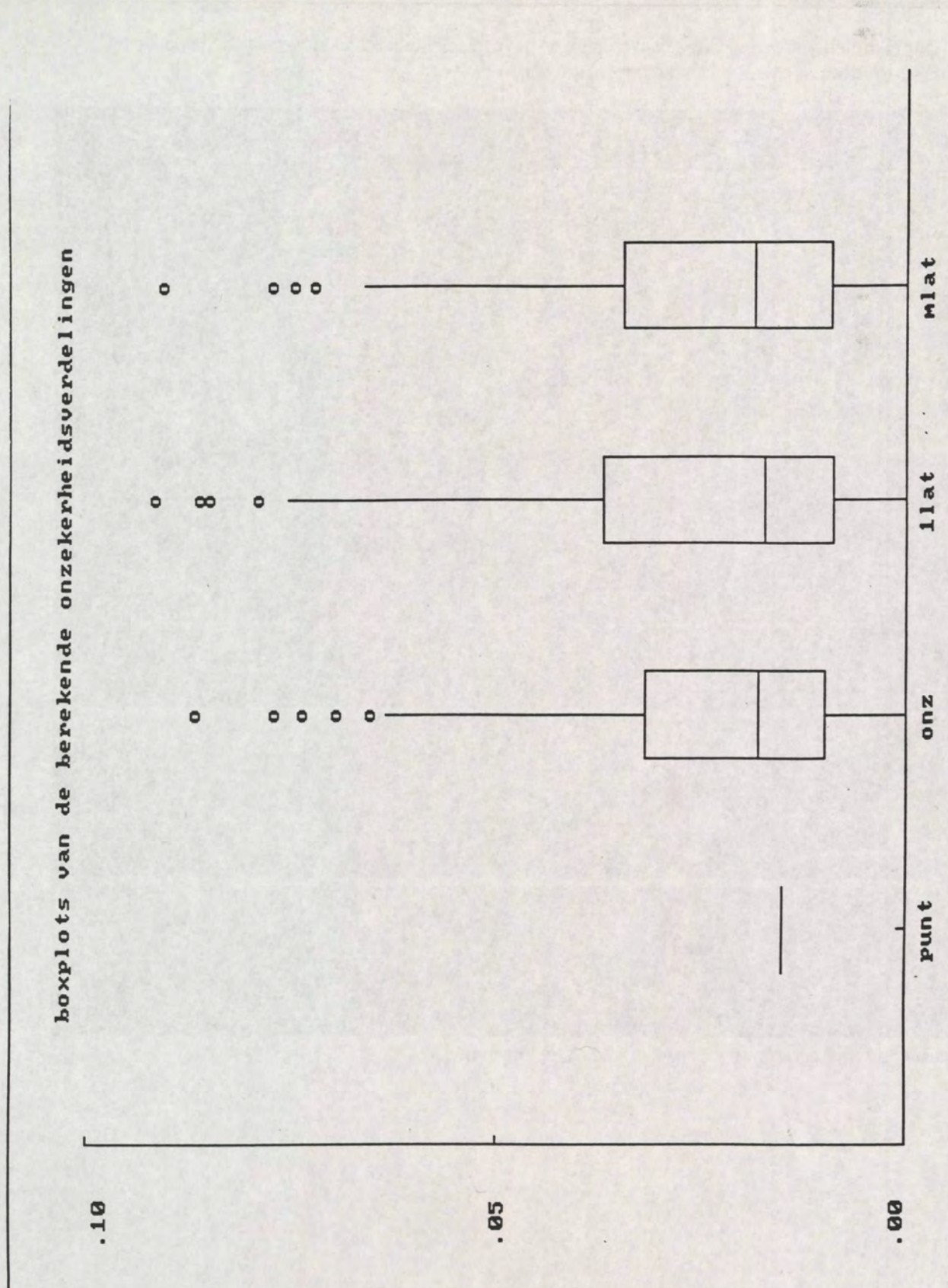
Afbeelding 2: een boxplot

De eindpunten van de streepjes geven het 5%-, respectievelijk 95%-kwantiel aan, de linker-, respectievelijk rechterhoekpunten van het 'doosje' geven het 25%- en 75%-kwantiel aan. De rondjes zijn de uitbijters en de (hier) verticale streep is de mediaan (50%-kwantiel).

Uit de boxplot blijkt dat de gevonden onzekerheidsverdelingen scheef symmetrisch zijn, de afstand mediaan tot 25%-kwantiel is kleiner dan de afstand mediaan tot 75%-kwantiel. Ook zien we dat de berekende mediaan onder invloed van de dependence-trees iets groter wordt. Dit betekent dat [Ton & Kos 93] een te lage waarde geeft. In een tabel is dit duidelijker te zien:

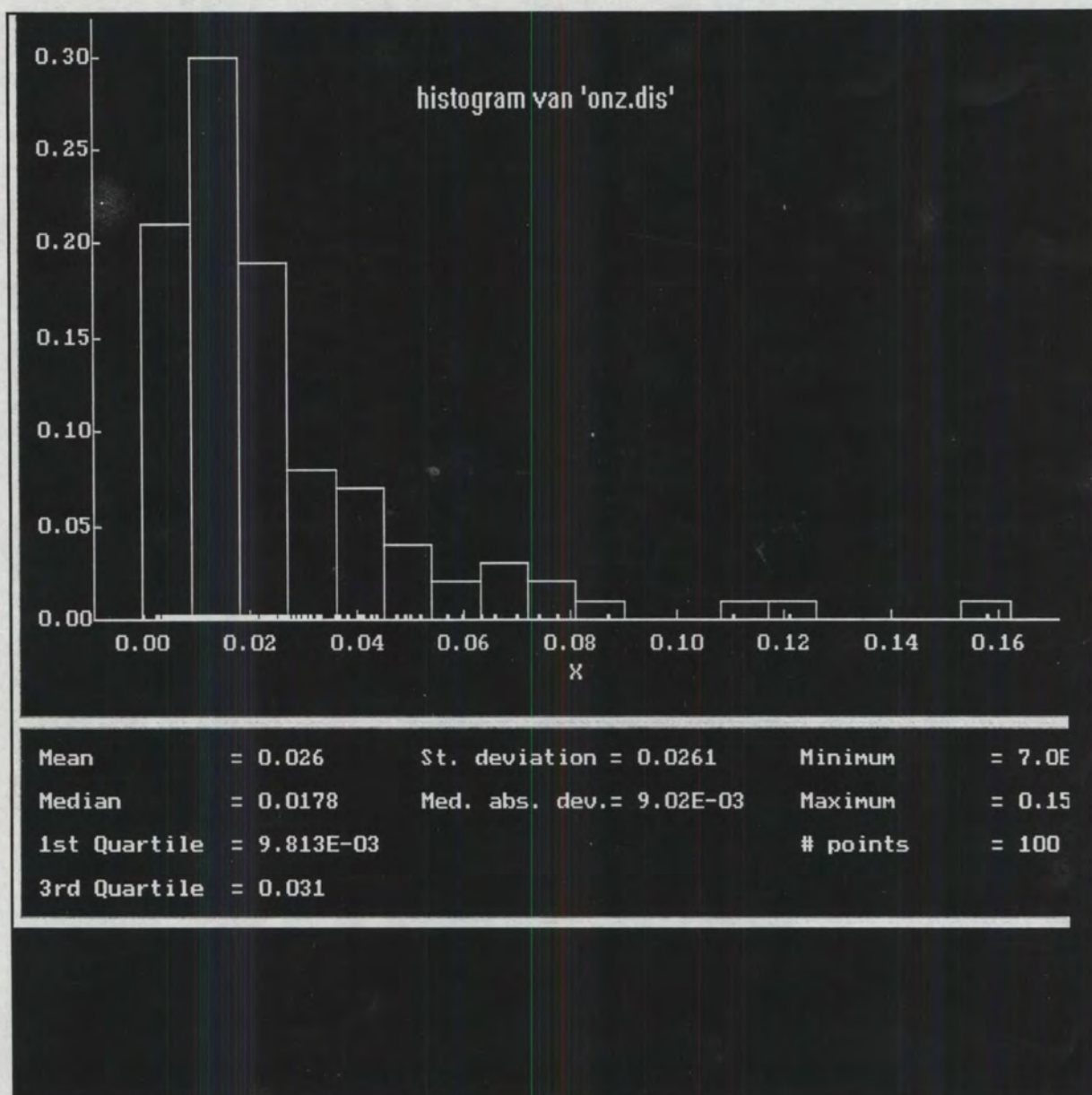
verdeling	minimum	25%- kwantiel	mediaan	75%- kwantiel	maximum
<i>punt</i>	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152	0.0152
<i>onz</i>	0.002466	0.00971	0.01749	0.03252	0.1774
<i>eenlat</i>	0.002412	0.007924	0.01672	0.03241	0.1528
<i>meerlat</i>	0.002733	0.009922	0.01732	0.03162	0.1585

Punt is de constante verdeling, **onz** is de onzekerheidsverdelingen zonder correlatie. **Eenlat** geeft aan dat er alleen rekening gehouden wordt met één informatiebron en **meerlat** is het meest uitgebreide model.

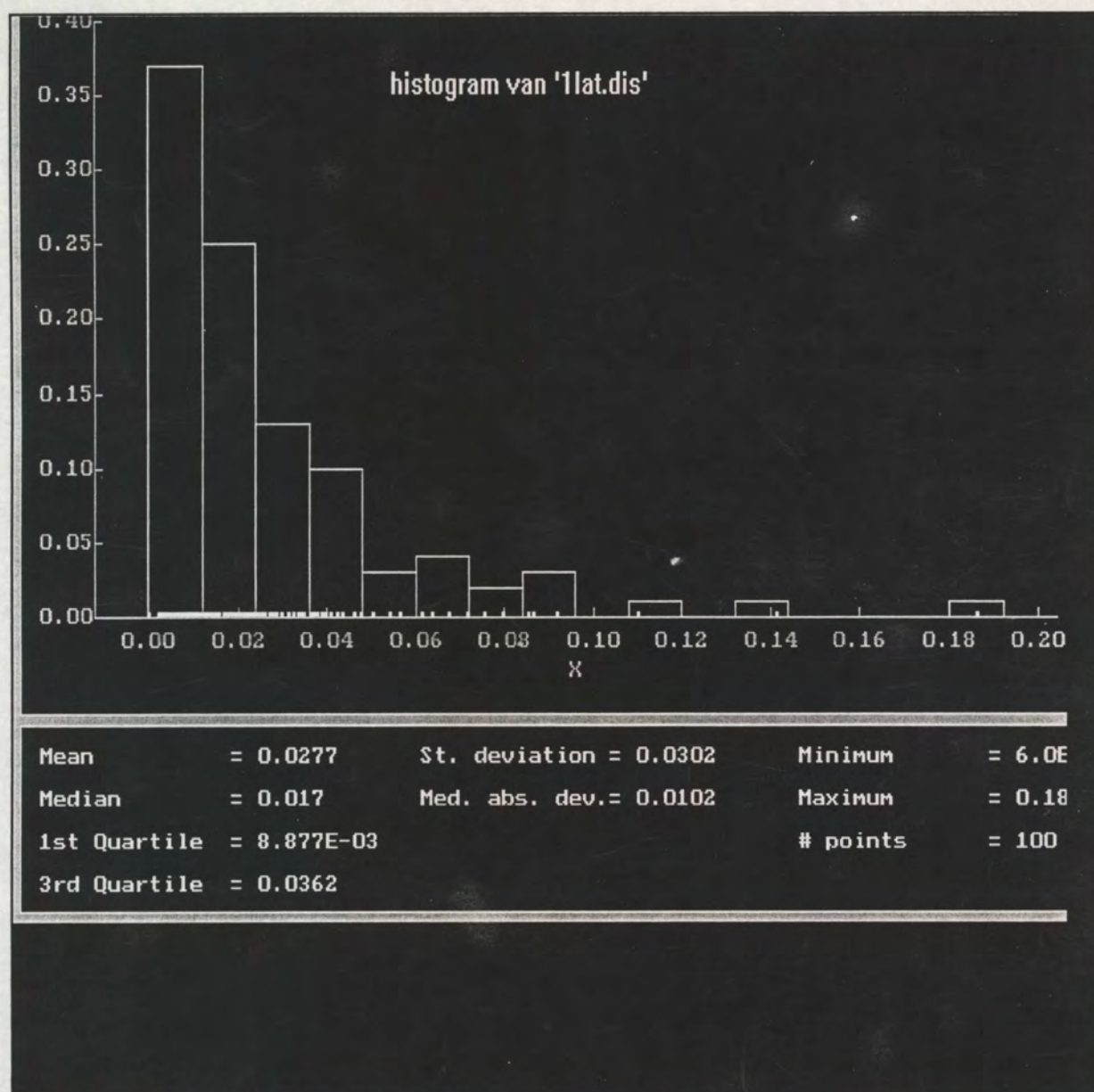


Afbeelding 3: boxplots voor de verschillende aannames

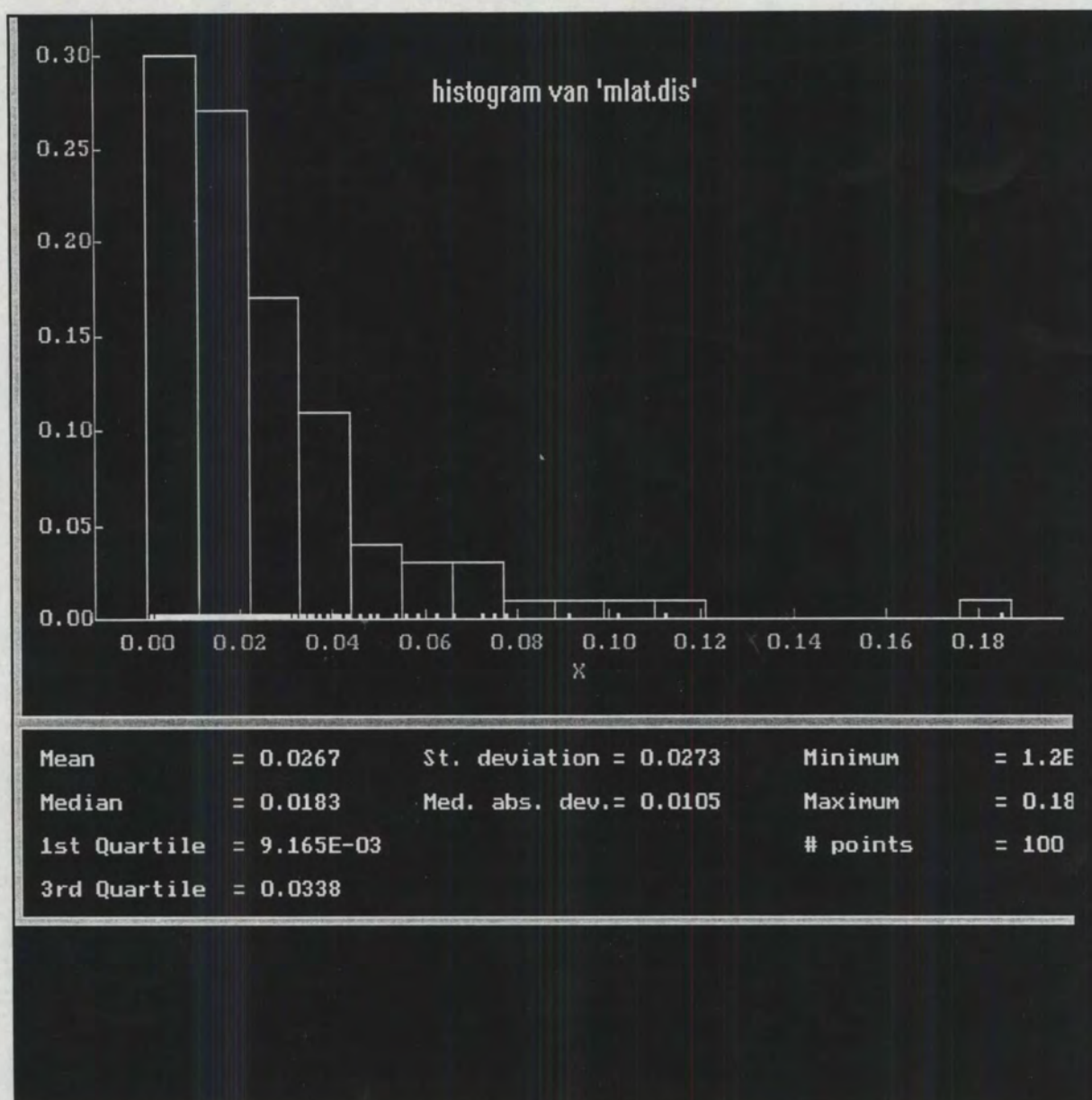
De histogrammen van de onzekerheidsverdelingen geven aanleiding tot een log-normale benadering voor de onzekerheidsverdeling van de topgebeurtenis.



Afbeelding 4: histogram van de onzekerheidsverdeling 'onz.dis'

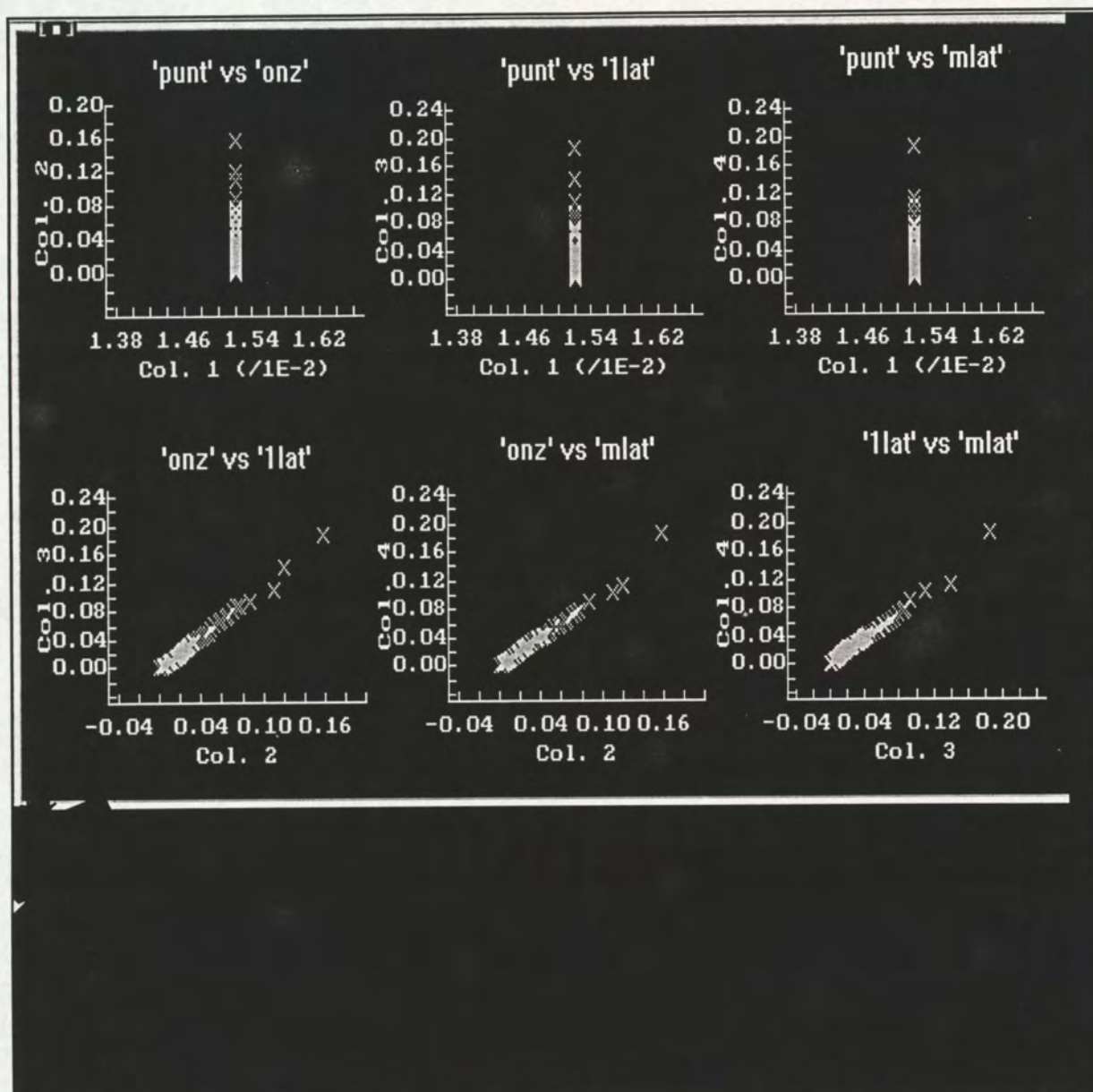


Afbeelding 5: histogram voor de onzekerheidsverdeling 'l1at.dis'



Afbeelding 6: histogram voor de onzekerheidsverdeling 'mlat.dis'

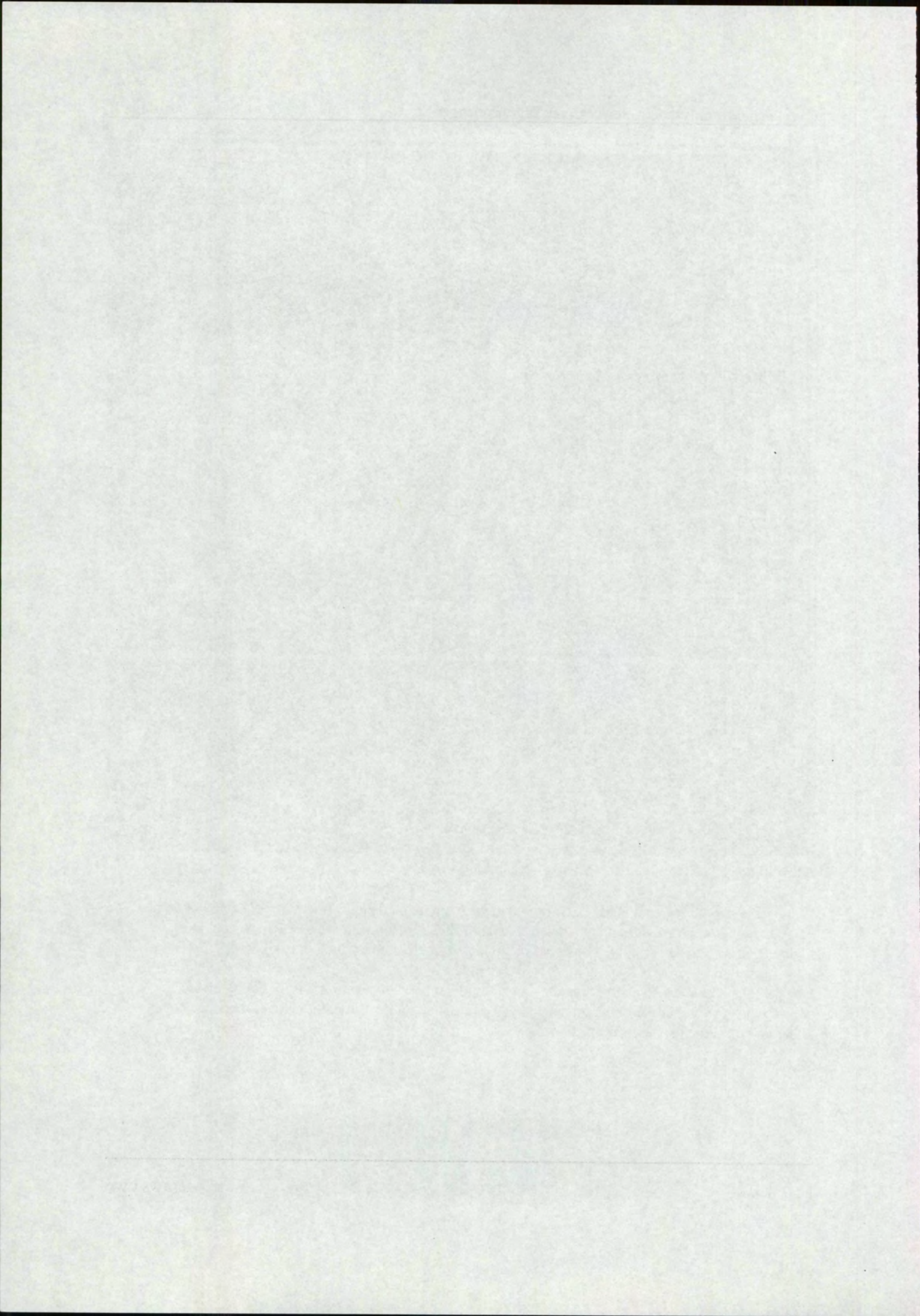
De **scatterplot matrix** geeft een paarsgewijze vergelijking van twee aannames. Op de x-as staat een kwantiel van de ene onzekerheidsverdeling en op de y-as staat het zelfde kwantiel van de andere onzekerheidsverdeling. Uit de vorm van de ontstane grafiek kunnen we een uitspraak doen over de mate van gelijkheid tussen de verdelingsfuncties.



Afbeelding 7: scatterplots, paarsgewijze vergelijking van de aannames

Wanneer er een 45° lijn vanuit de oorsprong ontstaat, zijn de verdelingen identiek. We zien dat de verdelingen, uitgezonderd de aanname van constante BSE's, in sterke mate op elkaar lijken. De invloed van de latente variabelen op de vorm van de onzekerheidsverdeling is dus gering.

Bekijken we nogmaals de histogrammen, dan zien we dat het van belang is dat we de mate van subjectiviteit (afhankelijkheid) tussen de BSE's goed inschatten. De verdeling varieert namelijk nogal onder de verschillende aannames.



Wiskundige appendix: Mutually Exclusive Basic Events

Wanneer we weten dat twee BSE's niet gelijktijdig kunnen optreden, noemen we deze BSE's Mutually Exclusive Basic Events (MEB's). Dit betekent dat wanneer MEB_A optreedt, dat dan $MEB_B (= MEB_A^c)$ zeker niet zal optreden.

We willen een onzekerheidsverdeling over beide MEB's geven en kunnen dit doen door de cumulatieve verdelingsfunctie van de kans op MEB_A en de kans op MEB_B te geven. We kunnen dan laten zien dat de MEB's rangcorrelatie -1 hebben.

Stel dus: $P(MEB_A) = p_A$
 $P(MEB_B) = p_B$

Dan geldt: $p_A + p_B = 1$.

Zij $F_1(x)$ de verdelingsfunctie voor p_A en zij $F_2(x)$ de verdelingsfunctie voor p_B ($0 \leq x \leq 1$). Er volgt dan:

$$F_1(x) = P(p_A \leq x)$$

$$F_2(x) = P(p_B \leq x) = P(1 - p_A \leq x) = P(p_A \geq 1 - x) = 1 - P(p_A \leq 1 - x) = 1 - F_1(1 - x)$$

De rangcorrelatiecoëfficiënt τ van p_A en p_B wordt dan gegeven door:

$$\tau(p_A, p_B) = \frac{\text{cov}(F_1(p_A), F_2(p_B))}{\sqrt{\text{var}(F_1(p_A))} \sqrt{\text{var}(F_2(p_B))}}$$

$$\text{Er geldt: } F_2(p_B) = 1 - F_1(1 - p_B) = 1 - F_1(p_A)$$

Schrijf nu F voor $F_1(p_A)$. We krijgen nu:

$$\tau(p_A, p_B) = \frac{\text{cov}(F, 1 - F)}{\sqrt{\text{var}(F)} \sqrt{\text{var}(1 - F)}}$$

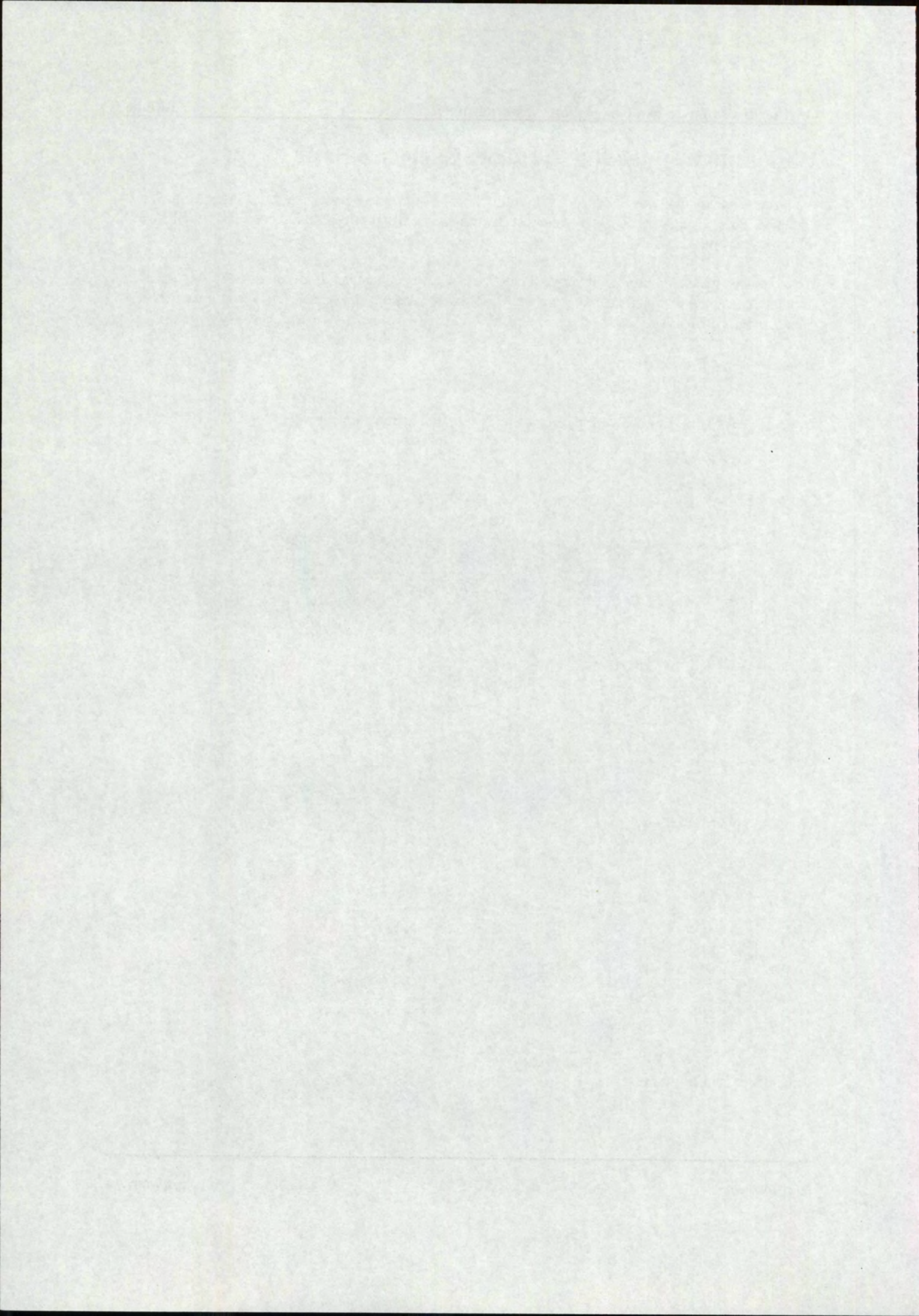
Wanneer we dit verder uitwerken:

$$\begin{aligned} \text{cov}(F, 1 - F) &= E(F(1 - F)) - E F E(1 - F) \\ &= E F - E F^2 - E F + (E F)^2 \\ &= (E F)^2 - E F^2 \end{aligned}$$

$$\text{var}(F) = \text{cov}(F, F) = E F^2 - (E F)^2$$

$$\text{var}(1 - F) = E(1 - F)^2 - (E(1 - F))^2 = \text{var}(F)$$

Uiteindelijk krijgen we dus $\tau(p_A, p_B) = -1$.



Literatuurlijst

- [Swa & Gut 83]: **Handbook of Human Reliability Analysis with emphasis on Nuclear Power Plant Applications - Final Report**, *A.D. Swain & H.E. Guttmann*, Nureg/Cr-1278, augustus 1983.
- [TAW 92]: **TAW Leidraad Kunstwerken en objecten in, op en nabij waterkeringen**, *P. van Gestel, H. E. Nieboer, A. Vrouwenvelder en A. Wubs*, B-92-1047, 2^e volledige conceptversie, december 1992.
- [Ton & Kos 93]: **Veiligheidsbeoordeling Coupure Den Oever**, *ir. M.R. Tonneijck & ir. M.J. Koster*, ministerie van Verkeer en Waterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, rapport W-DWW-93270, 12 november 1993.

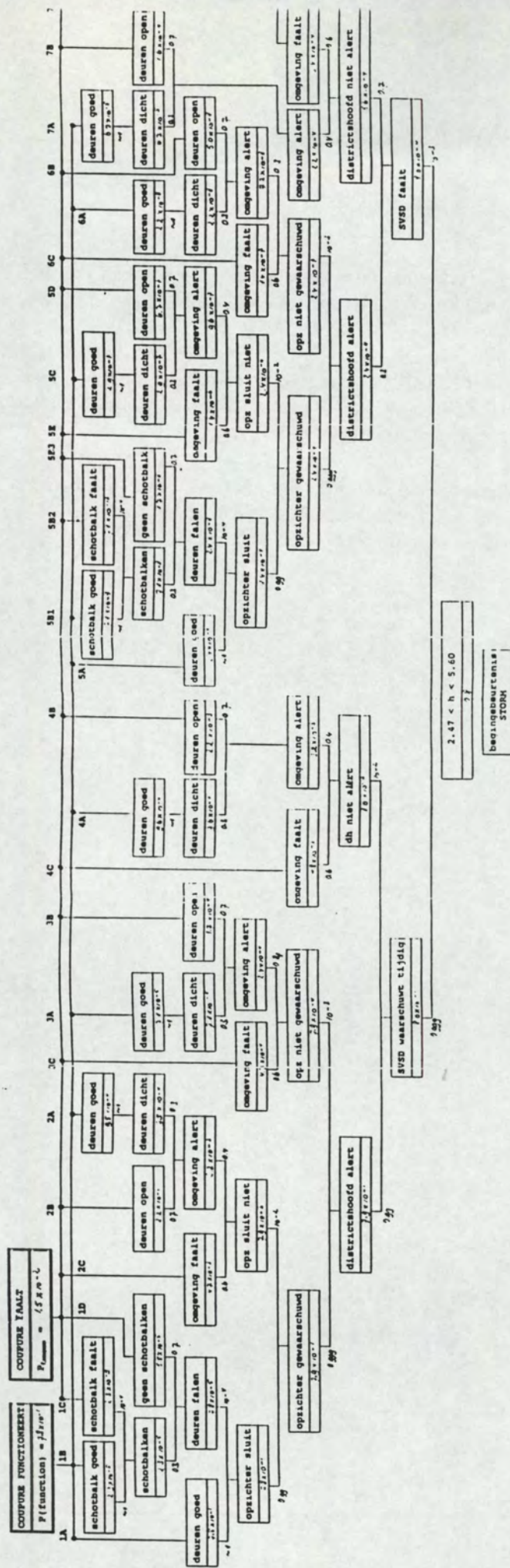


Table 7-2

Table 7-2 General guidelines for estimating uncertainty bounds for estimated HEPs*

Item	Task and HEP Guidelines**	EF [†]
Task consists of performance of step-by-step procedure ^{††} conducted under routine circumstances (e.g., a test, maintenance, or calibration task); stress level is optimal:		
(1)	Estimated HEP < .001	10
(2)	Estimated HEP .001 to .01	3
(3)	Estimated HEP > .01	5
Task consists of performance of step-by-step procedure ^{††} but carried out in nonroutine circumstances such as those involving a potential turbine/reactor trip; stress level is moderately high:		
(4)	Estimated HEP < .001	10
(5)	Estimated HEP > .001	5
Task consists of relatively dynamic ^{††} interplay between operator and system indications, under routine conditions, e.g., increasing or reducing power; stress level is optimal		
(6)	Estimated HEP < .001	10
(7)	Estimated HEP > .001	5
(8)	Task consists of relatively dynamic ^{††} interplay between operator and system indications but carried out in nonroutine circumstances; stress level is moderately high	10
(9)	Any task performed under extremely high stress conditions, e.g., large LOCA; conditions in which the status of ESFs is not perfectly clear; or conditions in which the initial operator responses have proved to be inadequate and now severe time pressure is felt (see text for rationale for EF = 5)	5

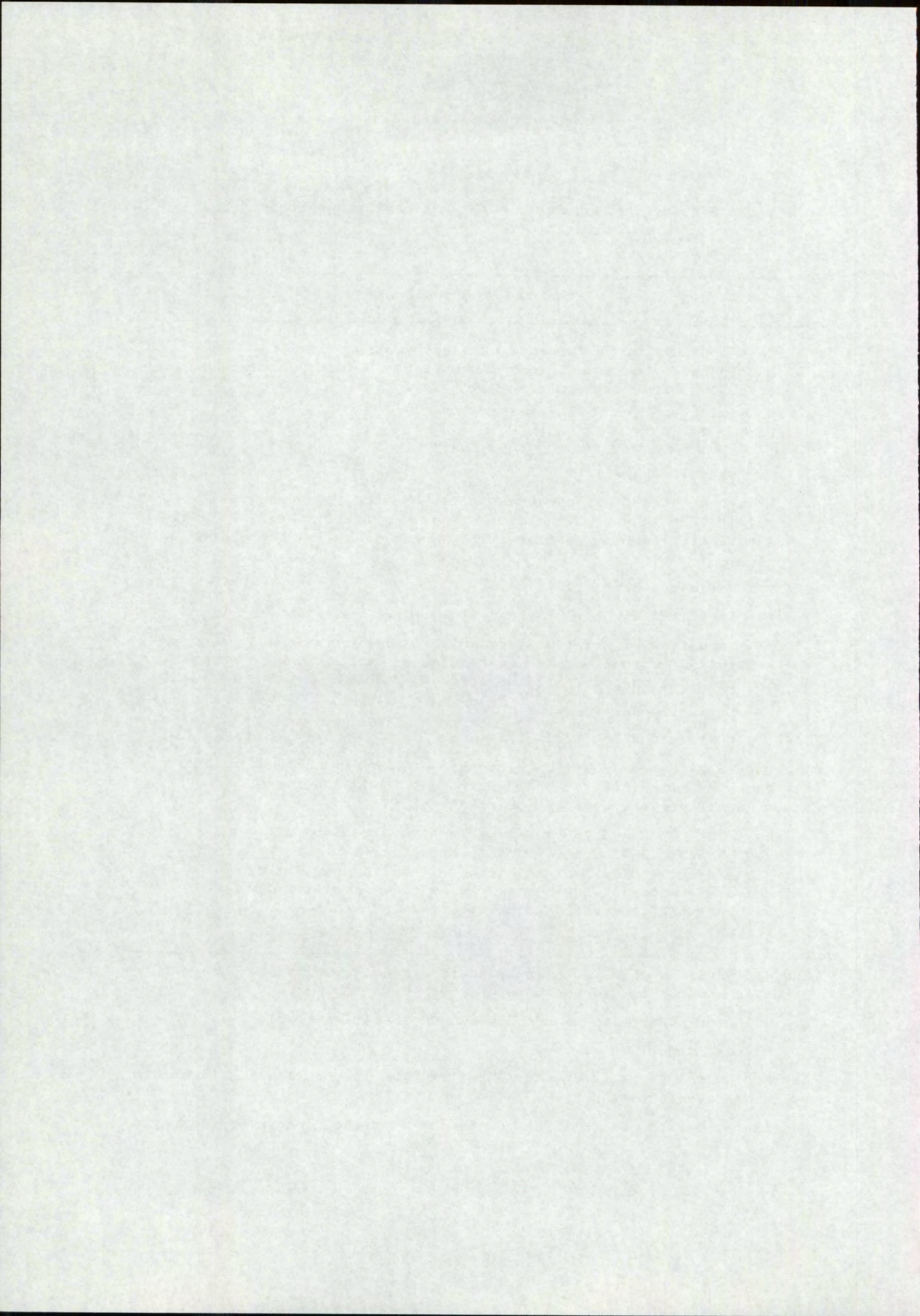
* The estimates in this table apply to experienced personnel. The performance of novices is discussed in Chapter 18.

** For UCBs for HEPs based on the dependence model, see Table 7-3.

[†] The highest upper UCB is 1.0.

See Appendix A to calculate the UCBs for $Pr[F_T]$, the total-failure term of an HRA event tree.

^{††} See Table 18-1 for definitions of step-by-step and dynamic procedures.



Rijkswaterstaat
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
van der Burghweg 1
2628 CS Delft

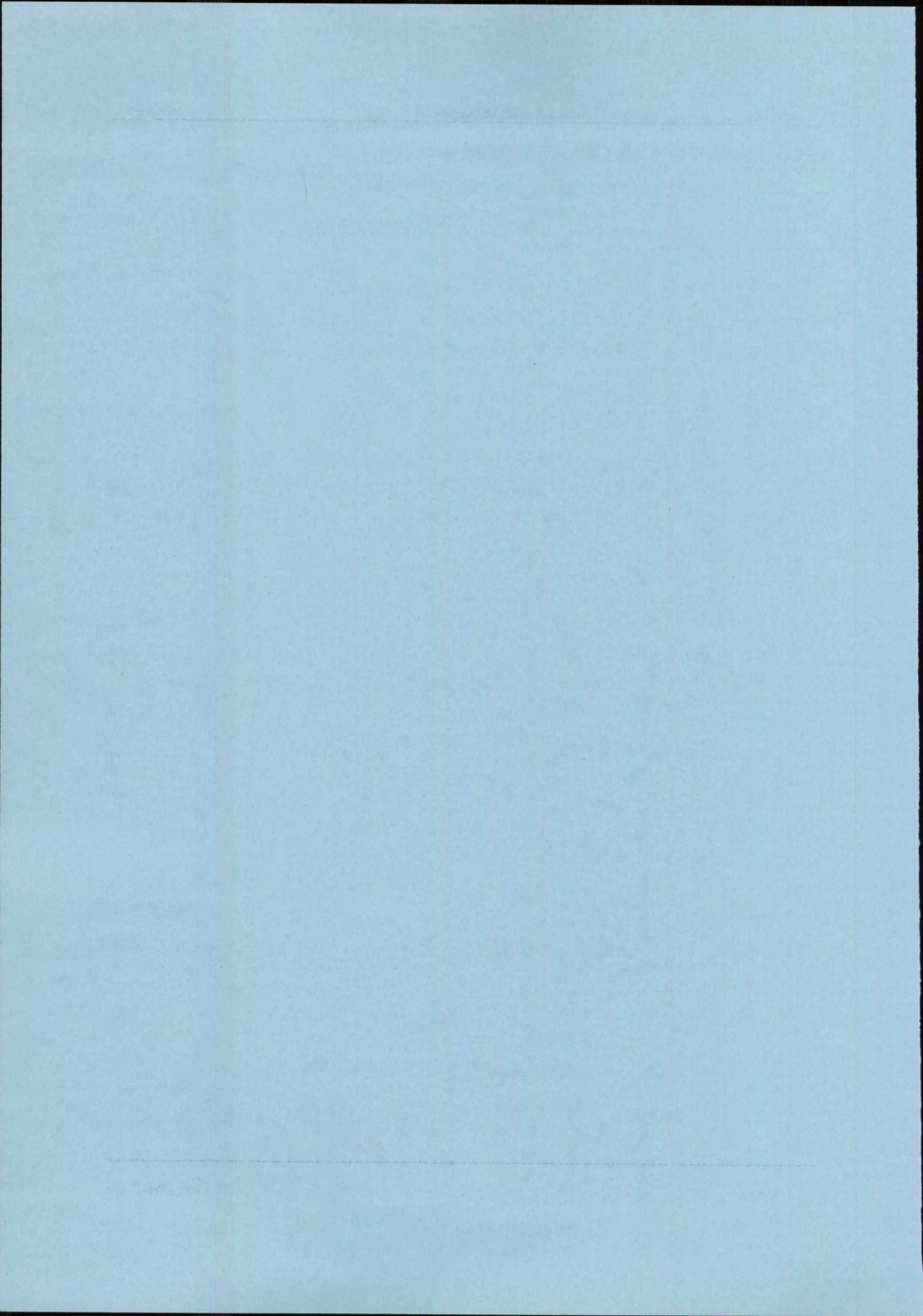


februari 1996

***Onzekerheidsanalyse
van
Beweegbare Waterkeringen***

(Bijlage C: De Modellen en Elicitatie)

Peter Blanker
Vlinderveen 530
3205 EN Spijkenisse
0181 - 635035



Bijlage C: De Modellen en Elicitatie

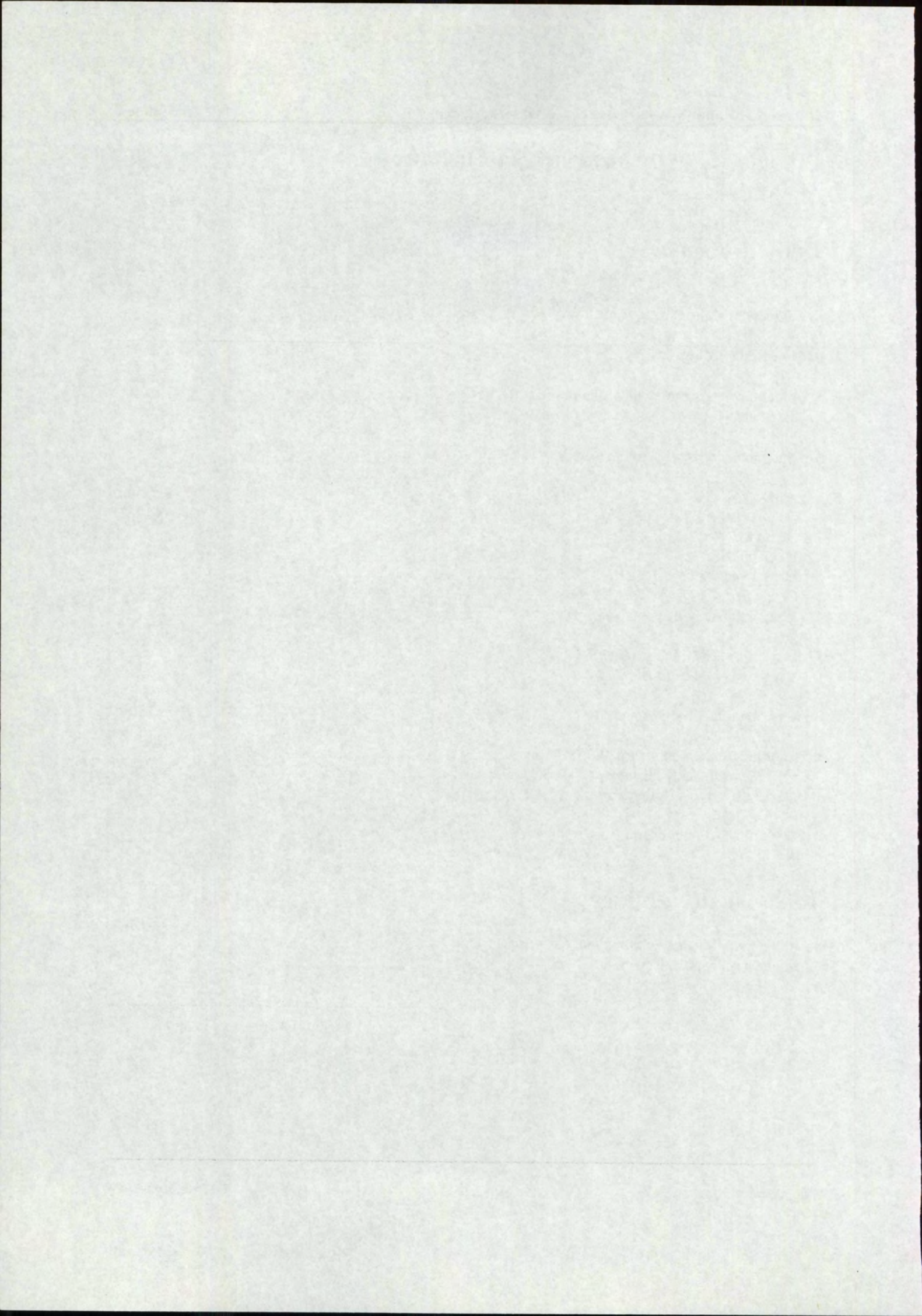
Inhoudsopgave

1. Het algemene sluitproces van de TAW/DWW	2
2. Het toestanden-diagram	3
3. Het algemeen script voor de onbemande waterkering	5
Parameters	7
4. Het algemeen script voor de bemande waterkering	8
5. Elicitatie	9
De Ontvanger	9
De Functionaris	9
De Bediening	9
Overige gegevens	9
De elicitatie-vragen	10
Voorbeeld van vragenlijst aan Experts	10
Oefeningen	13
Vragen voor de Functionaris	14
Vragen voor de bediening	16
6. De antwoorden van de experts	20
7. De standaard beoordelingsmethode	25
De Buitensluis in Schiedam	25
De Parksluizen in Rotterdam	29

copie standaard beoordelingsmethode TAW

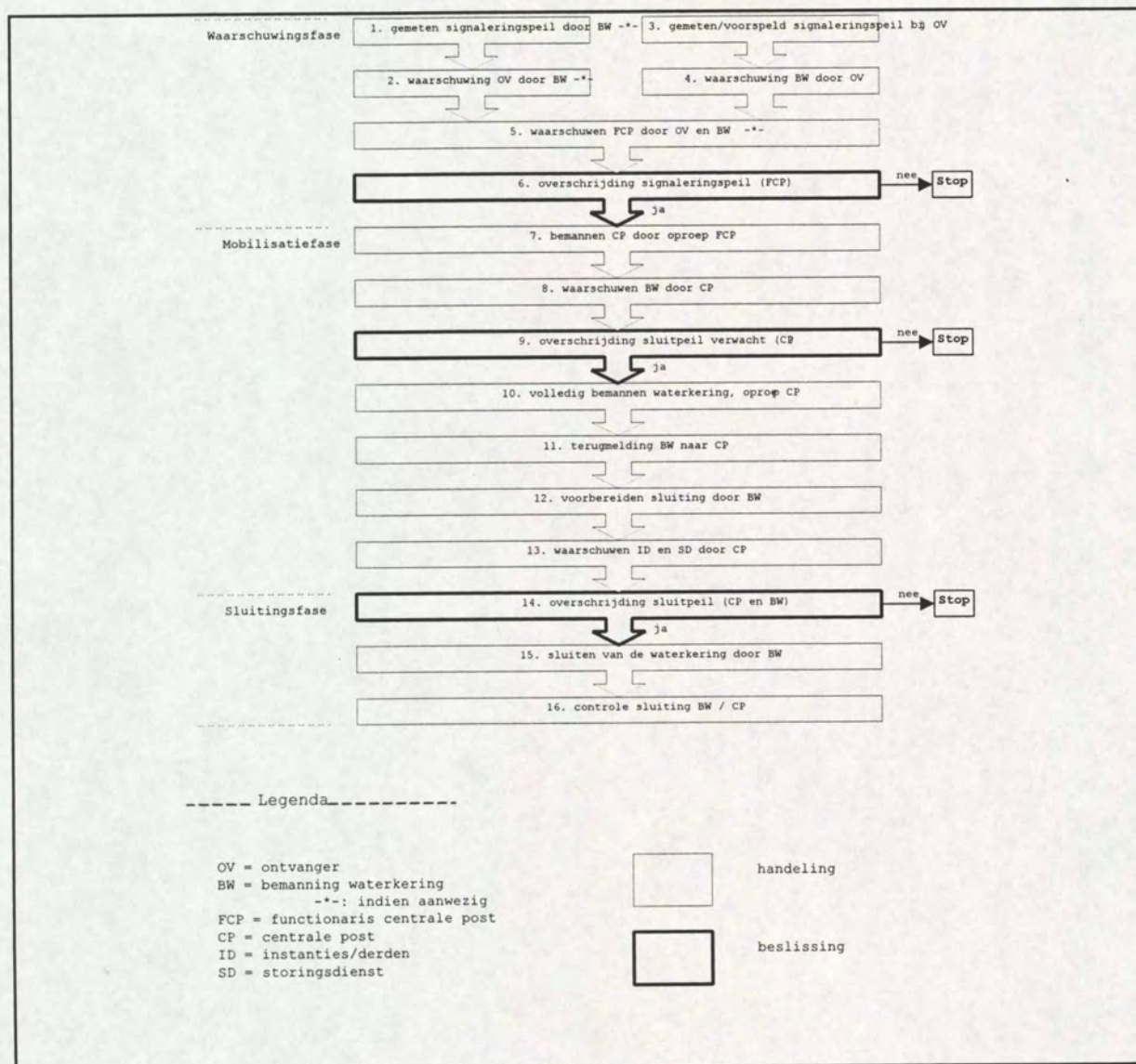
Lijst van afbeeldingen

Afbeelding 1: sluitprocedure beweegbare waterkeringen	2
Afbeelding 2: het toestandsdiagram -1	3
Afbeelding 3: het toestandsdiagram -2	4

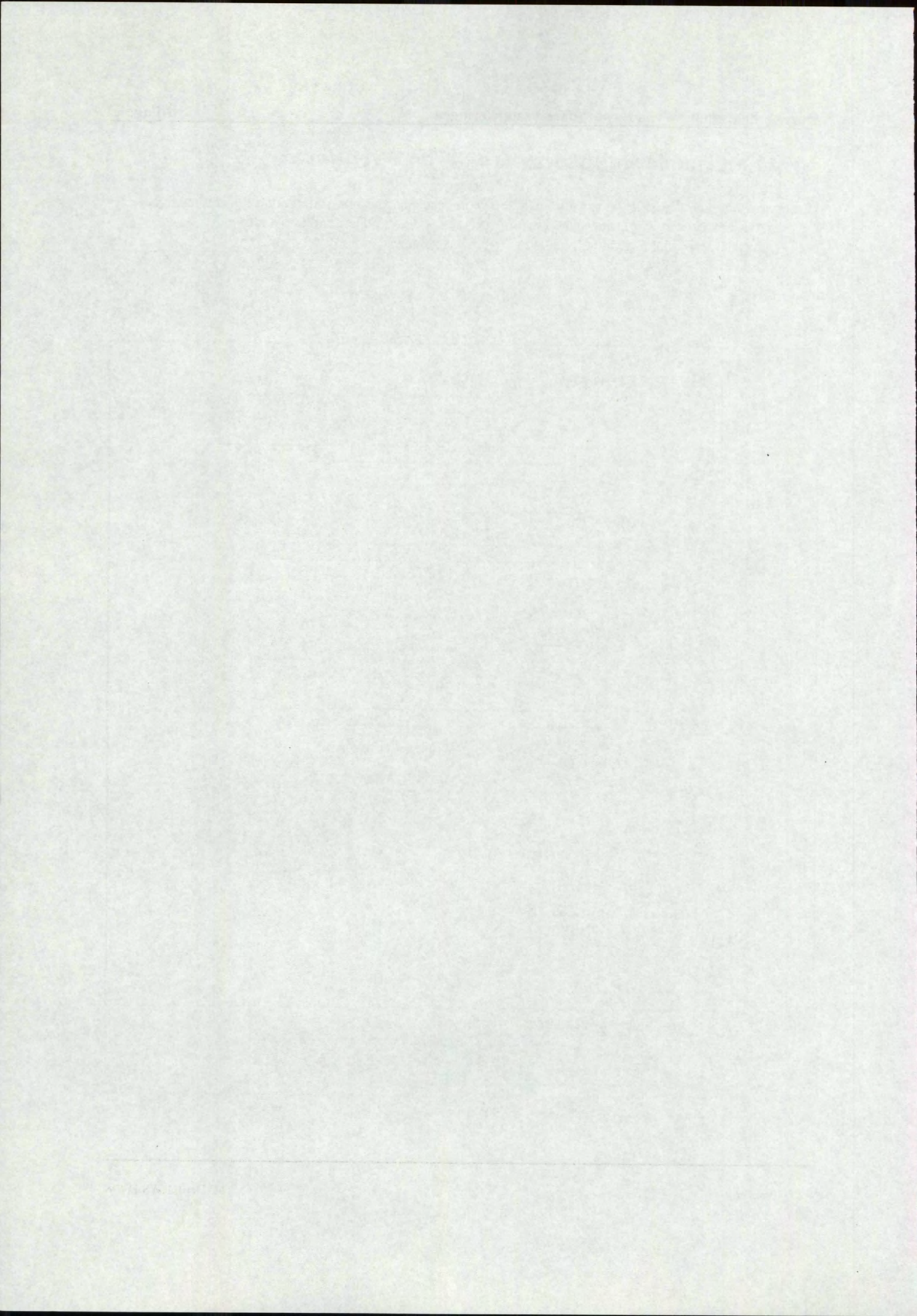


1. Het algemene sluitproces van de TAW/DWW

Hieronder staat het algemene sluitproces van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen. Op basis van dit proces wordt de waarschuwing voor een waterstand hoger dan het sluitpeil doorgegeven, waarbij het uiteindelijk de bedoeling is dat de beweegbare waterkering gesloten moet worden.

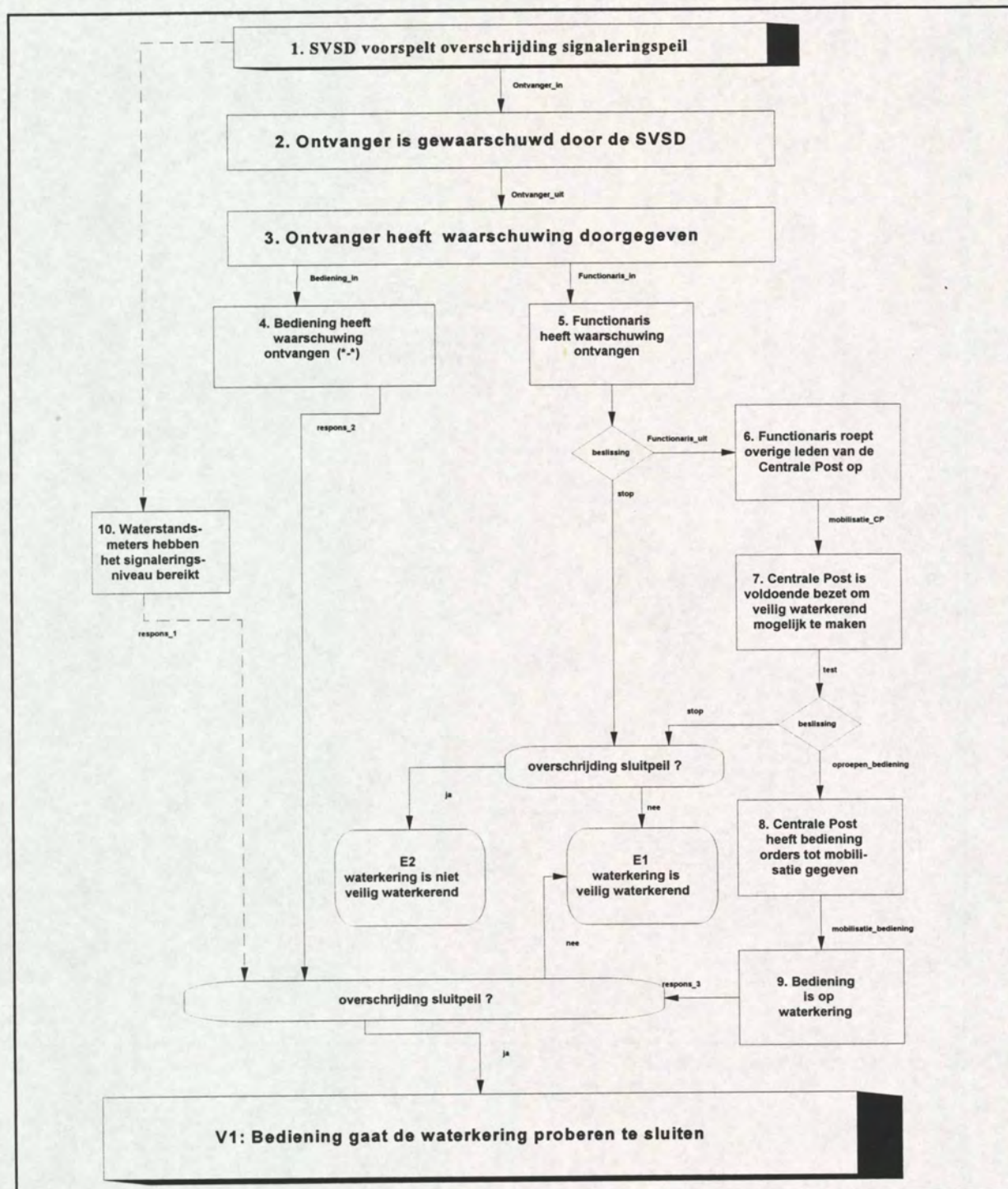


Afbeelding 1: sluitprocedure beweegbare waterkeringen

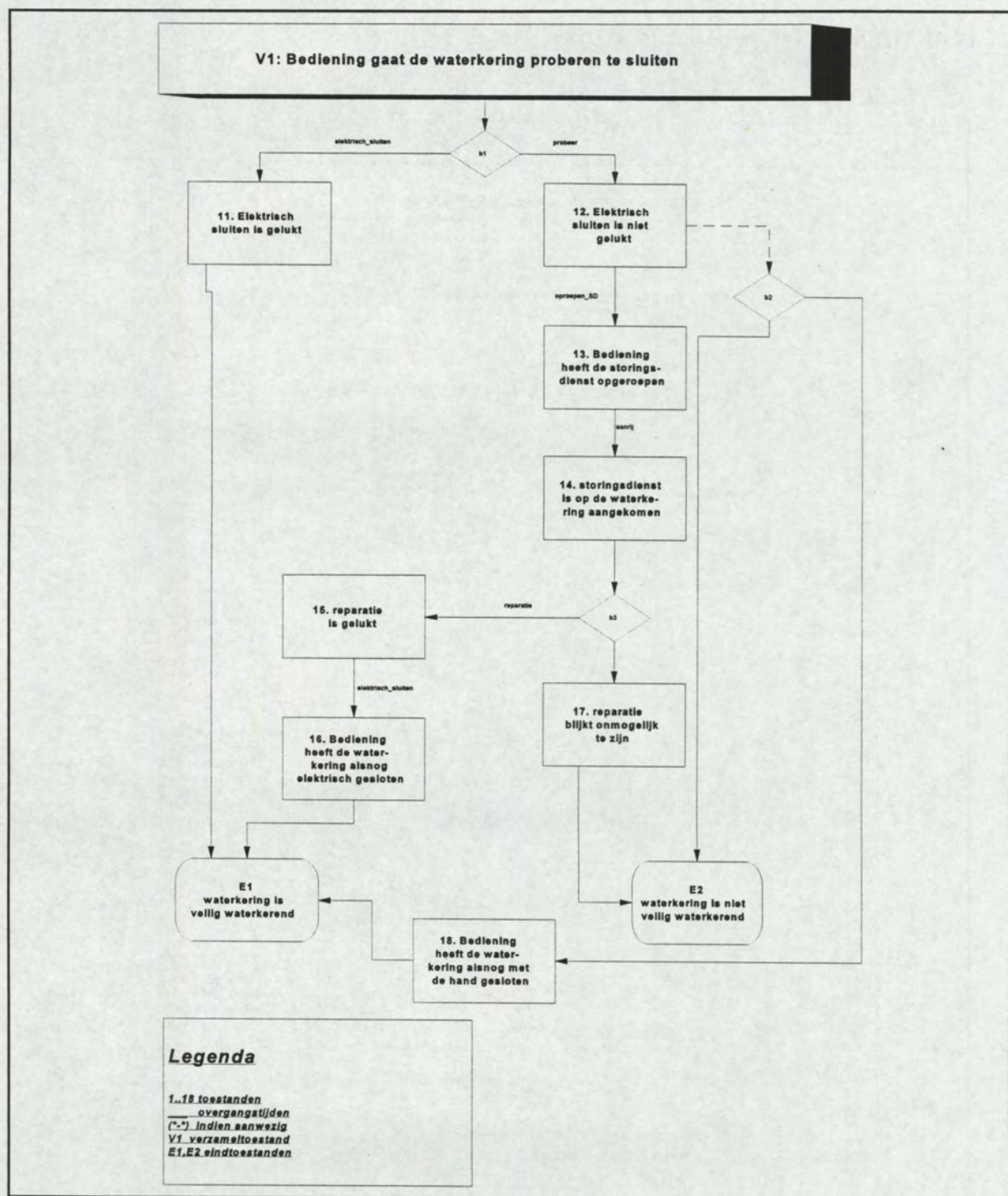


2. Het toestanden-diagram

Op basis van de algemene sluitprocedure hebben we het volgende toestandsdiagram opgesteld. Dit zal vertaald worden naar een computermodel in Unicorn.



Afbeelding 2: het toestandsdiagram -1



Afbeelding 3: het toestandsdiagram -2

3. Het algemeen script voor de onbemande waterkering

Om een en ander te kunnen simuleren gebruiken we het volgende script:

```

onb:    il{<<,tpt,mbt}

storm:  il{0.1,v1,1}*vloel+il{0.02,v1,0.1}*vloel2+il{0.002,v1,0.02}*
        » vloel3+il{0.0002,v1,0.002}*vloel4+il{0,v1,0.0002}*vloel5
tpt:    o_in+o_uit+f_in+besl+il{0,storm,sltpl}*slt
besl:    il{0,u1,bslft}*ovsl+(1-il{0,u1,bslft})*(f_uit+mo_cp+test+cpbs)
cpbs:    il{0,u2,bslft}*ovsl+(1-il{0,u2,bslft})*(op_be+mo_be+res3)
ovsl:    il{0,storm,sltpl}*<<<+il{0,sltpl,storm}*>>>
slt:     (1-il{0,b1,flsl})*elek+il{0,b1,flsl}*(prob+min{hand,sd})
hand:    il{0,b2,flha}*>>+(1-il{0,b2,flha})*2*hasl
sd:      op_sd+ry_sd+>>*il{0,b3,flrep}+(1-il{0,b3,flrep})*(rept+elek)

```

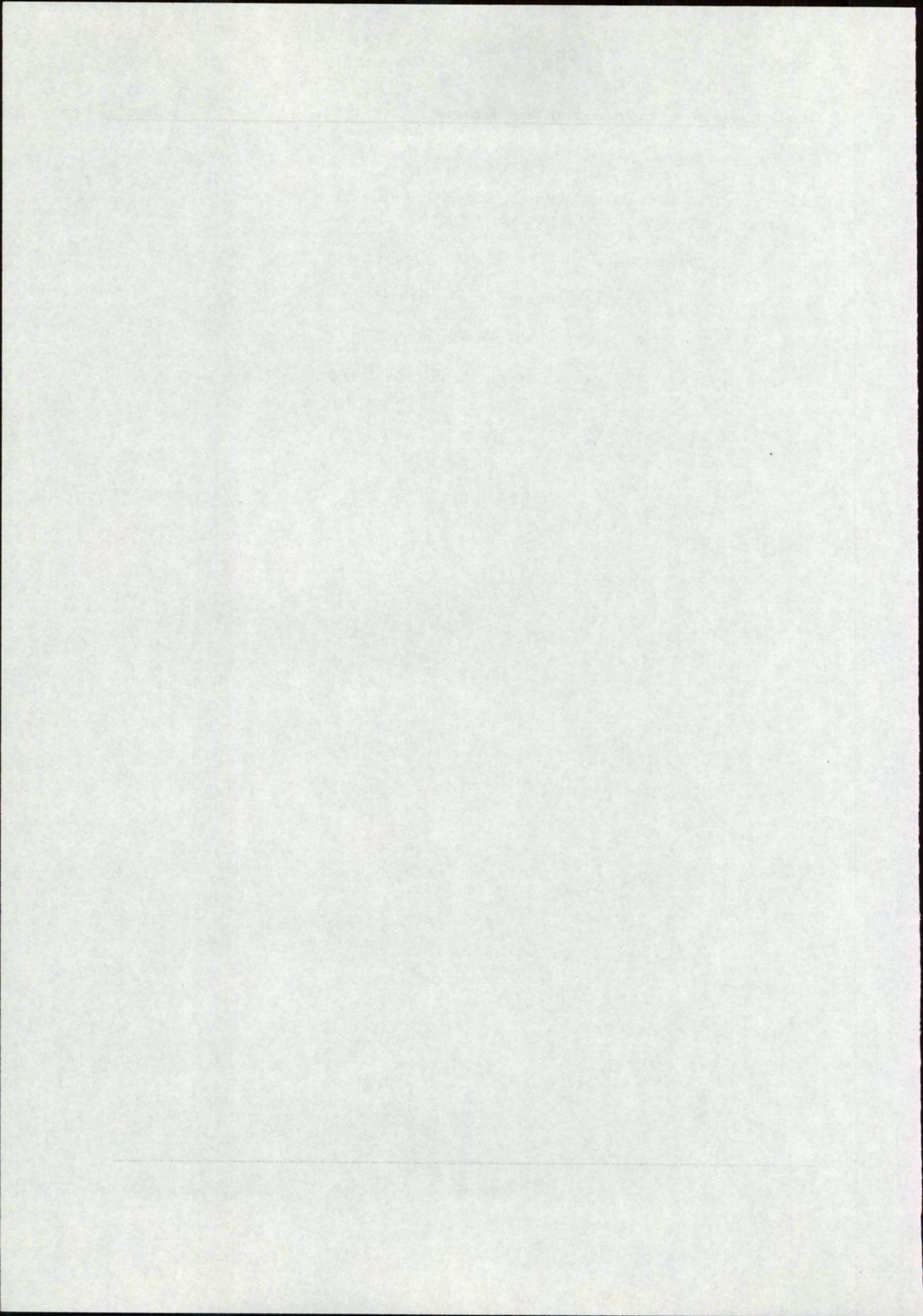
De parameters en onzekerheidsverdelingen, die hierbij horen zijn als volgt:

- MBT** : de maximaal beschikbare tijd, dus vanaf het moment van waarschuwen van de SVSD tot aan het moment dat het hoogwater bij de kering is.
- vloed1** : *hoge vloed*; normaal verdeeld met 5%-kwantiel en 95%-kwantiel volgens de tabel.
- vloed2** : *lage stormvloed*; normaal verdeeld met 5%-kwantiel en 95%-kwantiel volgens de tabel.
- vloed3** : *middelbare stormvloed*; normaal verdeeld met 5%-kwantiel en 95%-kwantiel volgens de tabel.
- vloed4** : *hoge stormvloed*; normaal verdeeld met 5%-kwantiel en 95%-kwantiel volgens de tabel.
- vloed5** : *buitengewoon hoge stormvloed*; normaal verdeeld met 5%-kwantiel en 95%-kwantiel volgens de tabel.
- alrm** : tijd tot de waterstandsmeters het signaleringsniveau aangeven.
- res1** : tijd die het de bediening kost om alle noodzakelijke voorbereidingen te treffen, lichten aandoen en zo, wanneer er geen waarschuwing is binnengekomen.
- res2** : tijd die het de bediening kost om alle noodzakelijke voorbereidingen te treffen, lichten aandoen en zo, wanneer de Ontvanger gewaarschuwd heeft.
- O_in** : tijd die verstrijkt tussen het doorgeven van de waarschuwing door de SVSD aan de Ontvanger.
- O_uit** : tijd die verstrijkt voordat de Ontvanger de waarschuwing heeft doorgegeven.
-

Bed_in	:	tijd die verstrijkt tussen het doorgeven van de waarschuwing door de Ontvanger aan de op de sluis aanwezige bediening.
F_in	:	tijd die verstrijkt tussen het doorgeven van de waarschuwing door de Ontvanger aan de Functionaris.
F_uit	:	tijd die er voorbij gaat voordat de Functionaris besluit om de overige leden van de Centrale Post op te roepen.
Mo_cp	:	tijd die het kost om de volledige Centrale Post te mobiliseren.
Test	:	tijd om bijvoorbeeld de verbindingen te testen.
Op_be	:	tijd die er voorbij gaat voordat de Centrale Post besluit om de bediening van de waterkering op te roepen.
res3	:	tijd die het de bediening kost om alle noodzakelijke voorbereidingen te treffen, lichten aandoen en zo, indien de waarschuwing van de Centrale Post komt.
elek	:	tijd die het kost om de waterkering elektrisch te sluiten.
prob	:	tijd die verstrijkt voordat de bediening de waterkering op een andere manier probeert te sluiten, als het elektrisch sluiten niet wil lukken.
hasl	:	tijd die het kost om de waterkering handmatig te sluiten.
Op_SD	:	tijd die het kost om de Storingsdienst te zeggen dat ze naar de waterkering moeten komen.
Ry_SD	:	tijd die het de monteurs van de Storingsdienst kost om op de waterkering te komen.
rept	:	de reparatietijd.
v1	:	Uniform op het interval $[0,1]$ verdeelde stochast om een bepaald type storm te kunnen simuleren.
u1,u2	:	Uniform op het interval $[0,1]$ verdeelde stochasten om een keuze tussen een beslissing om te stoppen of door te gaan te simuleren.
b1,b2,b3	:	Uniform op het interval $[0,1]$ verdeelde stochasten om een keuze tussen een falen of juist werken van een systeem te simuleren.

Parameters:

- bslft* : de kans dat de Functionaris (of Centrale Post) een beslissing tot stoppen neemt, gegeven dat er een waarschuwing van de SVSD is geweest.
- flcl* : faalkans van de elektrische bediening van de waterkering.
- flha* : faalkans van de handbediening van de waterkering.
- flrep* : kans dat een reparatie niet mogelijk blijkt te zijn.
- sltpl* : de waterstand waarop de kering in kwestie gesloten dient te worden.



4. Het algemeen script voor de bemande waterkering

Voor de bemande waterkering luidt het algemene script als volgt:

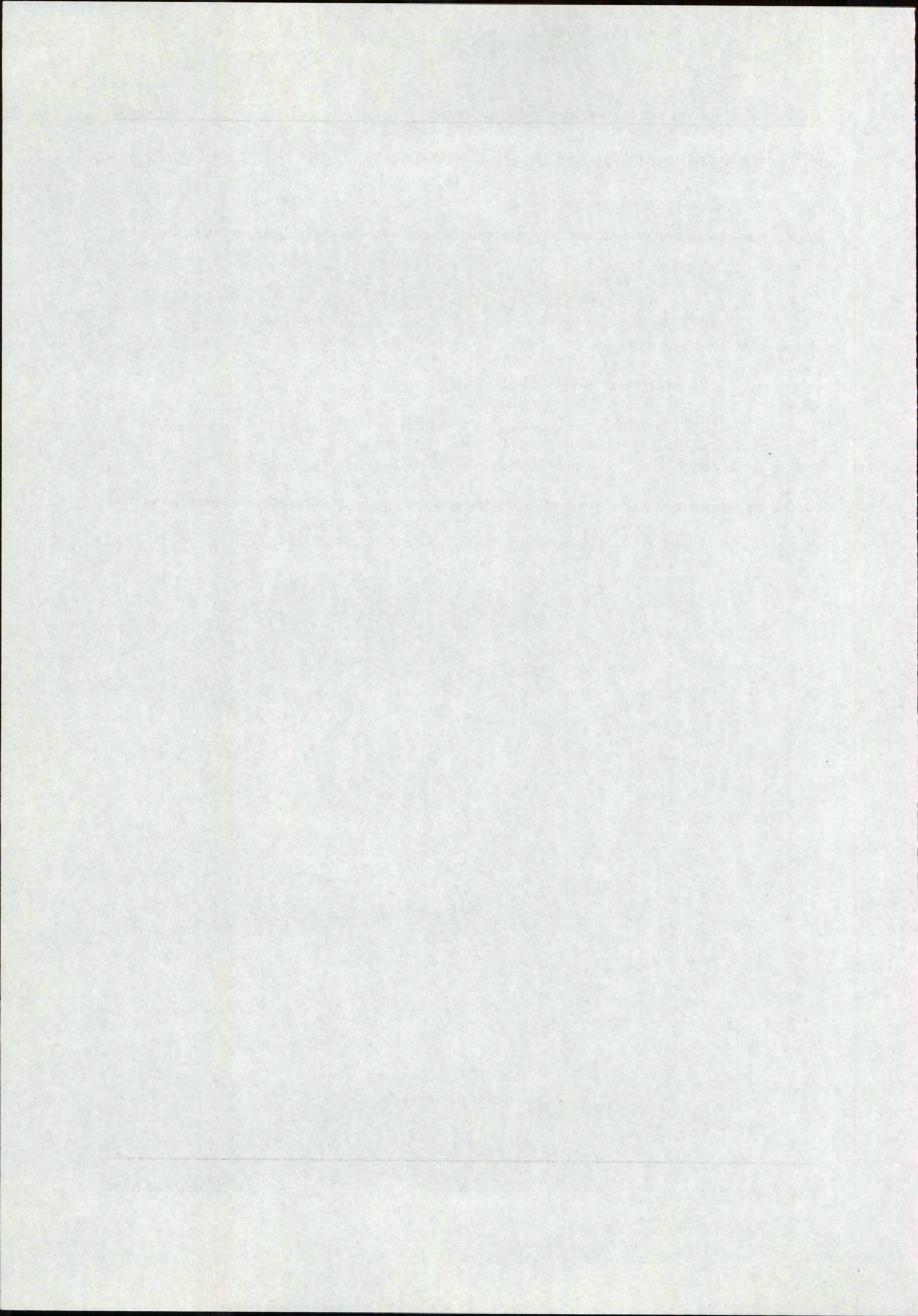
```

bem:    il{<<,tpt,mbt}

storm:   il{0.1,v1,1}*vloel+il{0.02,v1,0.1}*vloel2+il{0.002,v1,0.02}*
        » vloel3+il{0.0002,v1,0.002}*vloel4+il{0,v1,0.0002}*vloel5
tpt:     min{alrm+res1+slui,o_in+o_uit+min{be_in+res2+slui,f_in+besl}}
besl:    il{0,u1,bslft}*ovsl+(1-il{0,u1,bslft})*(f_uit+mo_cp+test+cpbs)
cpbs:    il{0,u2,bslft}*ovsl+(1-il{0,u2,bslft})*(op_be+res3)
ovsl:    il{0,storm,sltpl}*<<+il{0,sltpl,storm}>>
slui:    (1-il{0,b1,flsl})*elek+il{0,b1,flsl}*(prob+min{hand,sd})
hand:    il{0,b2,flha}>>+(1-il{0,b2,flha})*2*hasl
sd:      op_sd+ry_sd>>+il{0,b3,flrep}+(1-il{0,b3,flrep})*(rept+elek)

```

De parameters en onzekerheidsverdelingen zijn gelijk aan die van het bemande model.



5. Elicitatie

De elicatie bestond uit drie delen:

- ❶ een drietal vragen aan de **Ontvanger**,
- ❷ een aantal vragen aan de **Functionaris**,
- ❸ een aantal vragen aan de **Bediening van de waterkering**.

De Ontvanger

Na een telefonisch gesprek met de Ontvanger, in dit geval de brandweer in Schiedam, bleken we voldoende gegevens te hebben om een redelijke aanname te kunnen maken voor de onzekerheidsverdeling voor de tijden, waar de Ontvanger mee te maken heeft. Het kwam er op neer dat de Ontvanger een lijstje met telefoonnummers voor zich heeft en dat de tijd, die hij nodig heeft om deze af te werken tussen de vijftien en dertig minuten ligt. De ontvanger krijgt eerst de melding binnen, dan zal hij de telefoonlijst opzoeken. Dit duurt tussen de vijf en vijftien minuten. Het bellen en contact krijgen met de bediening of de Functionaris zelf duurt tussen de vijftien en dertig minuten. We hebben derhalve besloten om de onzekerheidsverdelingen **O_uit**, **Be_in** en **F_in** een uniforme verdeling te geven met bovenstaande onder- en bovengrenzen. Dit betekent dat binnen die grenzen elke tijdsduur even waarschijnlijk is.

De Functionaris

In het geval van de Buitensluis in Schiedam hebben we de havenmeester geëliciteerd. De gestelde vragen vinden we aan het eind van dit hoofdstuk. Met behulp van de antwoorden van de expert hebben we onzekerheidsverdelingen op kunnen stellen voor **F_uit**, **Mo_CP**, **test** en **Op_be**.

De Bediening

Aan twee sluiswachters in Schiedam en twee sluiswachters in Rotterdam is een vragenlijst voorgelegd, waarna we hun antwoorden met behulp van het computerprogramma **Excalibr** vertaald hebben naar een onzekerheidsverdeling. Zo hebben we onzekerheidsverdelingen gekregen voor **res1,2,3**, **Mo_Be**, **elek**, **hasl**, **prob**, **op_SD**, **ry_SD** en **rept**.

Overige gegevens

Verder hebben we nog gegevens nodig over de faalkansen van de verschillende systemen, deze zijn uit de TAW-leidraad gehaald. Gegevens over de waterpeilen hebben we gevonden bij de **SVSD**. Hieruit volgden de onzekerheidsverdelingen **MBT**, **alrm** en **vloe1...vloe5**.

Een gesprek met het Hoofd Dienst Beheer Bruggen en Gemalen leverde een vrij hoge waarde voor de faalkans voor de reparatie op: 0.3.

De elicitatievragen

Bij een elicitatie hebben we ook seed-variabelen nodig. Aan de hand van deze seed-variabelen kunnen we een uitspraak doen over de waarde van de antwoorden van de experts. We hebben drie seed-variabelen gebruikt. De vragenlijst bestond uit twee delen: één deel met een algemene inleiding en een deel met de vragen specifiek voor die expert. In het algemeen kunnen we zeggen dat de experts zich goed in de vragen konden inleven en dat het hun duidelijk was wat hen gevraagd werd. Het voordeel van vragen naar tijdsduren ("Hoe lang duurt het") is dat men een veel betere schatting kan maken, zeker door de toevoeging **korste tijd**, **normale tijd** en **langste tijd** leefde de materie veel meer. Waarschijnlijk had het meer moeite gekost om aan zinnige antwoorden te komen, wanneer ik gevraagd had om faalkansen en de onzekerheid daarin.

Eerst kreeg de expert een inleiding te lezen, daarna een voorbeeldje. Vervolgens werd hem gevraagd nog even te oefenen, dit waren direct de seed-variabelen. Ten slotte volgen dan de eigenlijke vragen.

Voorbeeld van vragenlijst aan Experts

Ik wil U niet alleen vragen naar een bepaalde waarde voor een tijdsduur, maar ook naar een *onzekerheidsmarge* om die waarde heen.

De onzekerheid willen we aangeven door het zogenaamde 5%- , 50%- en 95%-kwantiel aan U te vragen. Het x%-kwantiel heeft de naam q_x en geeft de waarde van de verdeling weer, waarbij precies x% van de kansmassa voor q_x ligt. De ligging van deze kwantielen geeft een indicatie van de onzekerheid in Uw antwoord.

Laat me dit verduidelijken met een voorbeeldje:

We willen graag weten wat Uw inschatting is van de sluittijd van de Oosterscheldekering. Stel dat Uw inschatting er als volgt uit ziet:

De kansmassa in relatie tot de kwantielen

```

#####
#####
# 45%# # 45% #
#####
# 5% ## ##### # 5% #
#####

```

$q_{5\%}$	$q_{50\%}$	$q_{95\%}$	kwantiel
1 uur	2 uur	3 uur	tijdsduur

Dit betekent dat U met een kans van 5% verwacht dat wanneer de Oosterscheldekering nu gesloten moet worden, de tijd die hiervoor benodigd is één uur of korter duurt. Met een kans van 45% ligt de sluitingstijd ergens tussen de één en twee uur, ook met een kans van 45% ligt de sluitingstijd tussen de twee en drie uur. Ten slotte geeft U met nevenstaande verdeling aan dat U denkt dat met een kans van 5% de sluitingsoperatie langer dan drie uur duurt.

Om deze kwantielen wat begrijpelijker te maken, vragen we U om aan 20 sluitingstijden te denken. We kunnen dan naar Uw onzekerheid vragen door van (de laatste) 20 keer dat een gebeurtenis optrad, aan te geven wat de kortste en de langste tijdsduur was en daarnaast wat U inschat hoe lang het normaal gesproken zou duren. Indien er bij U geen 20 gevallen bekend zijn, kunt U dan inschatten wat van 20 gebeurtenissen de kleinste, grootste en normale waarde zullen zijn.

Stel: U wordt gevraagd om aan te geven wat de kortste, langste en normale tijd is om van Uw huis naar Uw auto te lopen. Dan zet U de laatste 20 keer dat U dat gedaan heeft voor Uzelf op een rijtje, dit kan er bijvoorbeeld zo uitzien:

dag	1 mei	2 mei	3 mei	3 mei	6 mei
tijd	5	4.5	2	1	5
dag	8 mei	8 mei	10 mei	11 mei	12 mei
tijd	7	6	4	8	2
dag	13 mei	14 mei	15 mei	16 mei	17 mei
tijd	4	2.5	10	6	7.5
dag	18 mei	18 mei	20 mei	21 mei	22 mei
tijd	5	5	3	9	11

De tijdsduren in oplopende volgorde:

1 2 2 2½ 3 4 4 4½ 5 5 5 5 6 6 7 7½ 8 9 10 11

De eerste is 1 minuut, de laatste (van de 20) is 11 minuten. Het gemiddelde van de 10^e en 11^e waarde is $\frac{1}{2}(5+5) = 5$ minuten.

Hieruit volgt:

	Kunt U aangeven hoe lang het duurt om vanuit Uw huis naar Uw auto te lopen ?
--	--

toelichting: Uw heeft Uw auto misschien niet altijd op dezelfde plek geparkeerd, misschien is Uw weg geblokkeerd door vuilniszakken en moet U omlopen. Dit zijn allemaal omstandigheden die we kunnen verwerken door een onzekerheidsmarge rond de meest voorkomende waarde te bepalen.

Antwoord:

kortste tijd:	<table border="1"><tr><td>1</td></tr></table>	1	minuten
1			
normale tijd:	<table border="1"><tr><td>5</td></tr></table>	5	minuten
5			
langste tijd:	<table border="1"><tr><td>11</td></tr></table>	11	minuten
11			

Vertaald in kwantielen:

$q_5 = 1$ minuut, $q_{50} = 5$ minuten en $q_{95} = 11$ minuten.

Uiteraard wordt er niet van U verlangd om steeds bovenstaande berekeningen uit te voeren, maar is dit voorbeeldje bedoeld als referentiekader. De te volgen procedure is dan ook:

- lees de vraag.
- roep de laatste 20 gebeurtenissen, waar de vraag betrekking op heeft op in Uw geheugen. Of, indien er geen 20 gevallen bekend zijn, probeer U zo'n 20 gevallen in te denken.
- Bepaal grofweg wat de kortste tijd was en wat de langste tijd was.
- Bedenk hoe lang U er gemiddeld over verwacht te doen.
- Vul deze waarden in in de betreffende vakjes.

Oefeningen

We zullen eerst nog wat oefenen, voordat we overgaan naar de echte vragen.

<input type="text"/>	<i>Wat is de snelste tijd ooit gelopen in de Marathon van Rotterdam (in minuten) ?</i>
----------------------	--

toelichting: De marathon is een lange-afstandsliep over 42 kilometer en 195 meter. Deze wordt steeds rond april in Rotterdam georganiseerd. Een goede hardloper kan een snelheid van zo'n 20 kilometer per uur halen.

Antwoord:

kortste tijd:	<input type="text"/>	minuten
normale tijd:	<input type="text"/>	minuten
langste tijd:	<input type="text"/>	minuten

<input type="text"/>	<i>Kunt U aangeven hoe lang het duurt voordat de grootste schuif in de Stormvloedkering Oosterschelde geheel gesloten is (in minuten) ?</i>
----------------------	---

toelichting: De Stormvloedkering Oosterschelde moet gesloten worden als de plaatselijke waterstand 3m00 boven NAP is, of hoger. De bediening van de schuif is hydraulisch en vindt plaats in het centrale bedieningsgebouw of bij de schuif zelf.

Antwoord:

kortste tijd:	<input type="text"/>	minuten
normale tijd:	<input type="text"/>	minuten
langste tijd:	<input type="text"/>	minuten

<input type="text"/>	<i>Op dinsdag 31 oktober werd rond halftwee 's middags het jachtje 'Manta' geschut van zee naar Schiedam. Kunt U aangeven hoe lang deze schutting duurde ?</i>
----------------------	--

toelichting: Dinsdag begon met veel mist, maar in de middag brak de zon door. De temperatuur lag in de buurt van de 13 graden. Het was droog en er was geen groot verschil in de waterstanden aan weerskanten van de Buitensluis.

Antwoord:

kortste tijd:	<input type="text"/>	minuten
normale tijd:	<input type="text"/>	minuten
langste tijd:	<input type="text"/>	minuten

Vragen voor de Functionaris

De onderstaande vragen zijn specifiek gericht op de Functionaris. De Functionaris is in het geval van de Buitensluis in Schiedam de havenmeester.

Achtergrond: Stelt U zich bij onderstaande vragen voor, dat het weer aanzienlijk aan het verslechteren is. U heeft zojuist een bericht van de regionale brandweer gehad, dat de SVSD verwacht dat het signaleringspeil overschreden zal worden. Aangezien de Buitensluis niet bemand is, is het uw taak om beslissingen te nemen over het oproepen van de overige leden van de Centrale Post en om de Buitensluis al dan niet te laten sluiten.

De vragen:

F1	<i>Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) er verstrijkt tussen de ontvangst van een waarschuwing van de brandweer en het besluit om al dan niet verder te gaan met de procedure ?</i>
----	--

toelichting: Dit is de tijd die de Functionaris besteedt aan het zich op de hoogte stellen van de situatie en bij voorbeeld aan het testen van de diverse verbindingen.

Antwoord:

kortste tijd: minuten
normale tijd: minuten
langste tijd: minuten

F2	<i>Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) er verstrijkt tussen het oproepen van de overige leden van de Centrale Post en het moment dat de Centrale Post volledig bezet is ?</i>
----	---

toelichting: Op basis van Uw ervaring en verwachtingen heeft U nu dus de beslissing genomen om de paraatheidsfase in te laten gaan.

Antwoord:

kortste tijd: minuten
normale tijd: minuten
langste tijd: minuten

F3	<i>Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) er verstrijkt tussen het moment dat de Centrale Post volledig bezet is en het tijdstip dat men de beslissing neemt om de bemanning van de Buitensluis al of niet te mobiliseren ?</i>
----	--

toelichting: Er zal vermoedelijk enige tijd verstrijken voordat iedereen zich op de hoogte heeft gesteld van de huidige situatie. Verder zullen er waarschijnlijk wat verbindingen getest moeten worden.

Antwoord:

kortste tijd: minuten
normale tijd: minuten
langste tijd: minuten

F4	<i>Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) er verstrijkt tussen het moment dat U de telefoon pakt om de bediening orders te geven om zich naar de Buitensluis te begeven en het moment dat U van hen gehoord heeft dat zij zich inderdaad naar de sluis zullen begeven.</i>
----	---

toelichting: Dit is de tijd die er nodig is om de bediening er bewust van te maken dat zij zich naar de sluis dienen te begeven.

Antwoord:

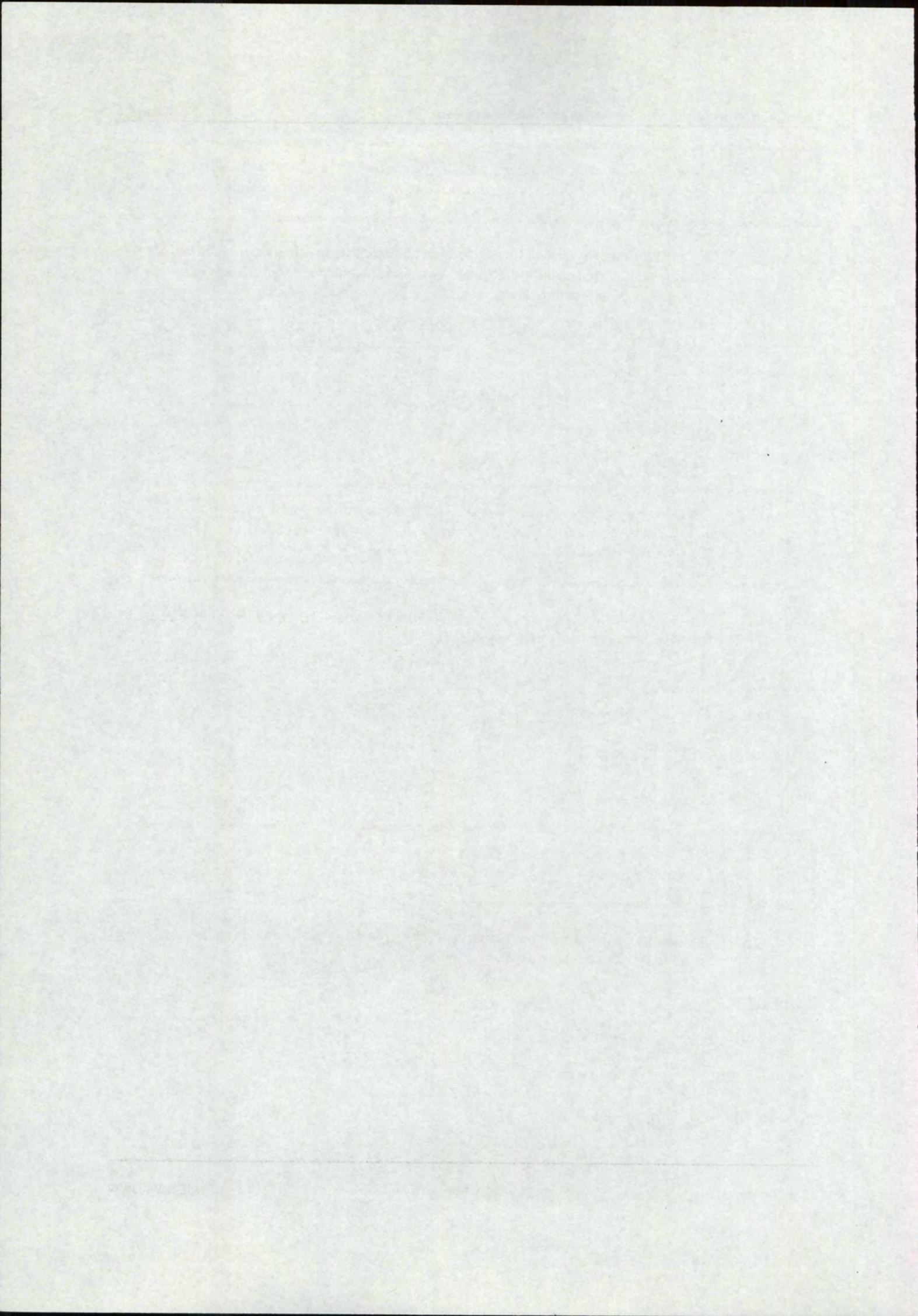
kortste tijd: minuten
normale tijd: minuten
langste tijd: minuten

F5	<i>Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) er verstrijkt tussen het moment dat U gehoord heeft dat de bediening zich naar de Buitensluis begeeft en het moment dat de bediening meldt dat ze op de sluis aangekomen is.</i>
----	---

toelichting: Dit is dus de tijd die de bediening nodig heeft om hun jas aan te doen, fiets of auto te pakken en naar de Buitensluis te gaan.

Antwoord:

kortste tijd: minuten
normale tijd: minuten
langste tijd: minuten



Vragen voor de bediening

De onderstaande vragen zijn specifiek gericht op de sluiswachters van de Buitensluis.

Achtergrond: Stelt U zich bij onderstaande vragen voor, dat het weer aanzienlijk aan het verslechteren is. U heeft als sluiswachter de taak om de Buitensluis te sluiten, om zo het achterliggende gebied te beschermen tegen inundatie.

De vragen:

B1	<i>Kunt U in de drie onderstaande gevallen aangeven hoeveel tijd (in minuten) er verstrijkt tussen het moment dat U beseft dat U de sluis zal moeten sluiten en de laatste voorbereidende handelingen?</i>
----	--

toelichting: **Er zijn drie verschillende manieren waarop U tot het besef kunt komen dat de sluis gesloten dient te worden. Denk bij de voorbereidende handelingen aan het open maken van deuren, omzetten van veiligheidsschakelaars en zo voorts, dus nog niet aan het sluiten zelf.**

Geval A: De Buitensluis was op het moment van de waarschuwing storm bemand, maar de bediening heeft geen opdracht tot sluiten van de Functionaris gehad. Toch schat de bediening in dat de sluis gesloten zal moeten worden.

Geval B: De Buitensluis was op het moment van de waarschuwing bemand, en de bediening heeft een opdracht tot sluiten van de Functionaris gehad.

Geval C: De Buitensluis was op het moment van de waarschuwing niet bemand, de bediening is dus opgeroepen door de Centrale Post en heeft een opdracht tot sluiten van de Centrale Post gehad.

Antwoord:

	<i>geval A</i>	<i>geval B</i>	<i>geval C</i>	
kortste tijd:				minuten
normale tijd:				minuten
langste tijd:				minuten

B2	<i>Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) er verstrijkt tussen het moment dat U gehoord heeft dat U zich naar de Buitensluis dient te begeven en het moment dat U op de sluis aangekomen bent ?</i>
----	--

toelichting: Het kan zijn dat de Buitensluis op het moment van de storm niet bemand is. In dat geval zult U een oproep tot mobilisatie gekregen hebben. Hier wordt dus gevraagd naar de tijd die de bediening nodig heeft om hun jas aan te doen, fiets of auto te pakken en naar de Buitensluis te gaan.

Antwoord:

kortste tijd: minuten
normale tijd: minuten
langste tijd: minuten

B3	<i>Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) het kost om één sluisdeur mechanisch te sluiten ?</i>
----	--

toelichting: U begint nu met de eigenlijke sluitingsoperatie. Uiteraard probeert U de sluis eerst op de makkelijkste manier te sluiten.

Antwoord:

kortste tijd: minuten
normale tijd: minuten
langste tijd: minuten

B4	<i>Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) er verstrijkt voordat U beseft dat het mechanisch sluiten niet lukt ?</i>
----	--

toelichting: U heeft geprobeerd om een deur mechanisch te sluiten, maar dit bleek niet mogelijk te zijn. Uiteraard probeert U het nog een aantal keer, totdat U besluit om de deur op een andere manier te sluiten.

Antwoord:

kortste tijd: minuten
normale tijd: minuten
langste tijd: minuten

B5	<i>Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) het kost om één sluisdeur met behulp van handbediening te sluiten ?</i>
----	--

toelichting: U bent begonnen met de eigenlijke sluitingsoperatie. Het bleek echter dat één of meerdere sluisdeuren niet mechanisch gesloten konden worden, dus probeert U nu de sluisdeuren met handbediening te sluiten.

Antwoord:

kortste tijd: minuten

normale tijd: minuten

langste tijd: minuten

B6	<i>Kunt U aangeven hoe lang het duurt voordat de Storingsdienst bevestigt dat zij naar de Buitensluis komt, na een oproep van de bediening ?</i>
----	--

toelichting: Het mechanische sluiten werkt niet, dus U besluit om de Storingsdienst te waarschuwen. De tijd die hier gevraagd wordt is de tijd die er tussen de oproep en de bevestiging daarvan zit.

Antwoord:

kortste tijd: minuten

normale tijd: minuten

langste tijd: minuten

B7	<i>Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) er verstrijkt tussen het moment dat de bediening gehoord heeft dat de Storingsdienst onderweg is en de werkelijke aankomsttijd van de Storingsdienst bij de Buitensluis ?</i>
----	--

toelichting: Dit is de aanrijtijd van de Storingsdienst.

Antwoord:

kortste tijd: minuten

normale tijd: minuten

langste tijd: minuten

B8	Kunt U aangeven hoeveel tijd (in minuten) een reparatie in beslag neemt ?
----	---

toelichting: De Storingsdienst is op de sluis aangekomen en voert de reparatie uit. Het is natuurlijk onmogelijk om over één bepaalde reparatie te spreken, maar misschien is het wel mogelijk om een lijstje van reparatietijden te geven.

Antwoord:

kortste tijd: minuten

normale tijd: minuten

langste tijd: minuten

6. De antwoorden van de experts

Hieronder volgen de antwoorden van de heer **Boom**, havenmeester in Schiedam. Hij vervult de rol van Functionaris in de algemene sluitprocedure.

vraag	variabele	5%	50%%	95%	realisatie
oefen1	---	120'	140'	170'	127'
oefen2	---	10'	12'	14'	100'
oefen3	---	10'	12'	14'	3'30"
F1	F uit	3'	5'	7'	
F2	Mo CP	20'	30'	45'	
F3	test	20'	30'	45'	
F4	Op be	5'	10'	15'	
F5	Mo be	10'	15'	20'	

Hieronder volgen de antwoorden van de heer **Strik**, sluiswachter op de Buitensluis in Schiedam.

vraag	variabele	5%	50%	95%	realisatie
oefen1	---	127'	165'	270'	127'
oefen2	---	30'	90'	180'	100'
oefen3	---	12'	15'	19'	3'30"
B1	res1	1'	1'	5'	
	res2	3'	3'	7'	
	res3	5'	8'	11'	
B2	Mo be	5'	8'	11'	
B3	elek	1'	1.5'	2.5'	
B4	prob	10'	15'	25'	
B5	hasl	18'	28'	35'	
B6	Op SD	20'	30'	50'	
B7	Ry SD	10'	20'	40'	
B8	rept	20'	40'	100'	

Hieronder volgen de antwoorden van de heer **Klunder**, sluiswachter op de Buitensluis in Schiedam.

vraag	variabele	5%	50%	95%	realisatie
oefen1	---	121'	180'	210'	127'
oefen2	---	30'	60'	70'	100'
oefen3	---	2'	10'	12'	3'30"
B1	res1	0'	0'	0'	
	res2	0'	0'	0'	
	res3	10'	12'	15'	
B2	Mo be	10'	12'	13'	
B3	elek	1'	2'	5'	
B4	prob	20'	30'	40'	
B5	hasl	15'	20'	30'	
B6	Op_SD	10'	30'	45'	
B7	Ry_SD	5'	10'	15'	
B8	rept	10'	30'	120'	

Hieronder volgen de antwoorden van de heer **Chef**, sluiswachter op de Parksluizen in Rotterdam.

vraag	variabele	5%	50%	95%	realisatie
oefen1	---	129'	180'	300'	127'
oefen2	---	60'	75'	120'	100'
oefen3	---	12'	15'	20'	15'36"
B1	res1	--	--	--	
	res2	--	--	--	
	res3	--	--	--	
B2	Mo_be	5'	8'	10'	
B3	elek	5'	8'	10'	
B4	prob	10'	11'	15'	
B5	hasl	---	---	---	
B6	Op_SD	20'	30'	60'	
B7	Ry_SD	5'	8'	30'	
B8	rept	35'	60'	120'	

Hieronder volgen de antwoorden van de heer **Klunder**, sluiswachter op de Parksluizen in Rotterdam.

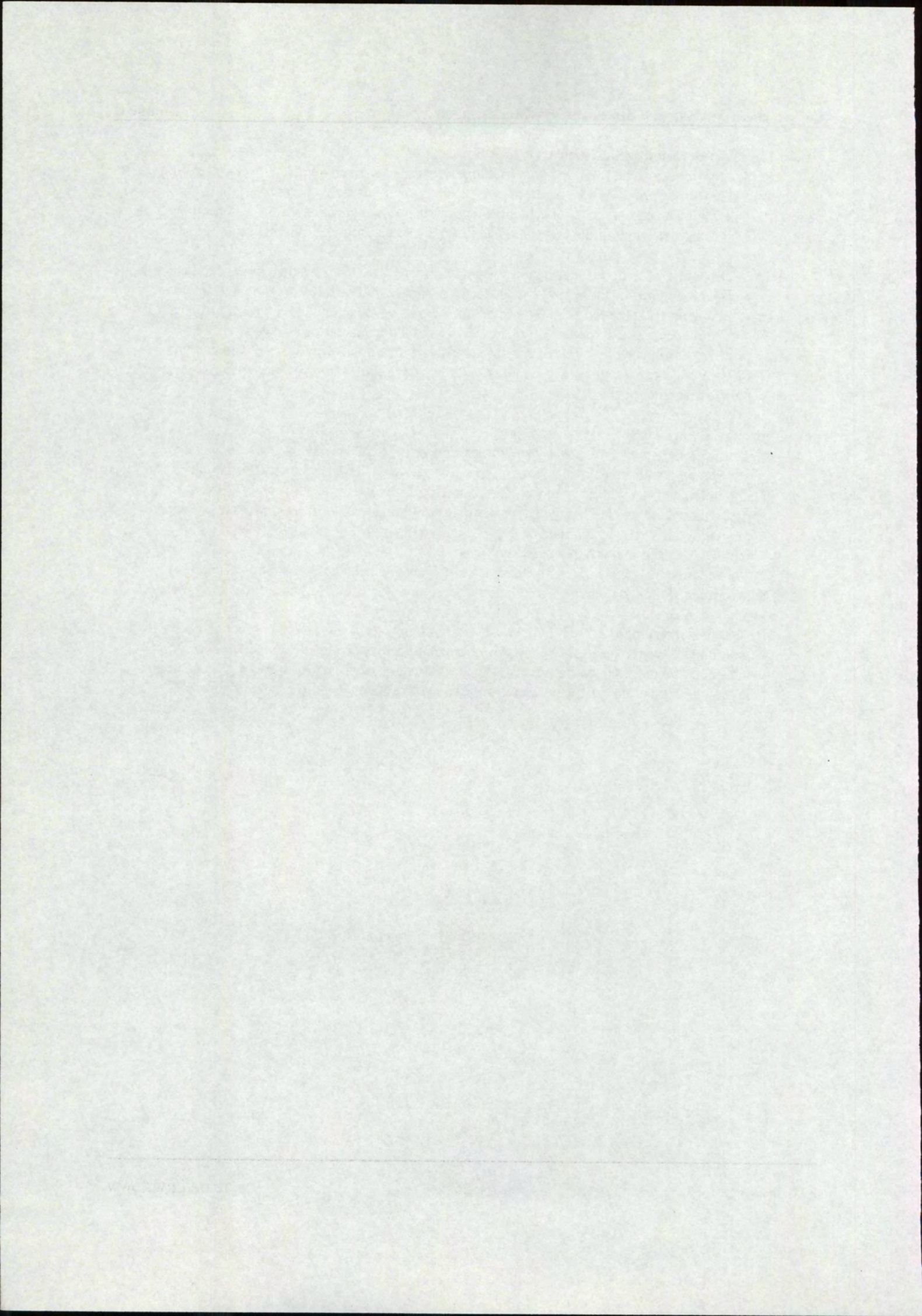
vraag	variabele	5%	50%	95%	realisatie
oefen1	---	129'	133'	145'	127'
oefen2	---	40'	60'	90'	100'
oefen3	---	10'	15'	20'	15'36"
B1	res1	--	--	--	
	res2	--	--	--	
	res3	--	--	--	
B2	Mo be	--	--	--	
B3	elek	5'	8'	10'	
B4	prob	--	--	--	
B5	hasl	--	--	--	
B6	Op_SD	30'	45'	90'	
B7	Ry_SD	30'	45'	90'	
B8	rept	--	--	--	

Verder is de heer **Berkhout** geïnterviewd. De heer Berkhout is werkzaam op de gemeentewerf in Schiedam, J. van Riebeekweg 21. Hij is hoofd afdeling Beheer bruggen en gemalen. Met betrekking tot de Buitensluis heeft deze afdeling vooral de taak om de beschikbaarheid te waarborgen van de benodigde onderdelen en componenten. De dienst kampt nog steeds met achterstallig onderhoud, waarbij ook nog eens prioriteit bij het onderhoud gegeven is aan de bruggen in Schiedam.

Recentelijk werd er een onderhoudsbeurt gegeven aan de reserve drijfstang, waarbij bleek dat deze te ver verroest was om nog bruikbaar te zijn. De sluisdeuren worden met behulp van een zogenaamde duwpers gesloten. Hiertoe zit er een drijfstang tussen de pers en de sluisdeur en men heeft altijd een reserve drijfstang op de sluis zelf liggen. Bij falen van de drijfstang kan er dus snel een nieuwe aangebracht worden. Bij inspectie bleek echter dat de opslagruimte zo vochtig was geworden dat de reserve (!) drijfstang vervangen moest worden. Dit geeft waarschijnlijk een vrij goede indicatie over de staat van de rest van het materiaal.

Enkele conclusies van de heer Berkhout:

- Handbediening gaat vrij soepel, per deur kost dit zo'n 15 à 20 minuten.
- Een oproep aan de storingsdienst wordt ingesproken in een telefoonbeantwoordapparaat, na afluisteren hiervan wordt per mobilofoon een storingsteam naar de sluis gedirigeerd. De tijd tussen inspreken van het bandje en bevestiging van ontvangst door het storingsteam wordt geschat op ongeveer 15 minuten ($T_{\text{oproepen_SD}}$). De aanrijtijd (T_{aanrij}) wordt geschat op 20 minuten, met een maximum van een half uur.
- Wanneer alle 'gewone' dingen misgaan, waarbij 'gewoon' betekent het elektro-mechanisch of handmatig sluiten, dan duurt de totale reparatietijd volgens dhr. Berkhout toch zeker niet langer dan één uur.
- De kans dat een reparatie niet lukt, wordt vrij hoog ingeschat als gevolg van het achterstallig onderhoud. Over een jaar of twee, wanneer er een informatiesysteem geïnstalleerd is en het onderhoud op peil ligt, zal deze faalkans een stuk lager liggen. Er wordt wel doorgegaan met de reparatie, maar de kans is nu zeer groot dat de reparatie niet tijdig genoeg afgerond is.



7. De standaard beoordelingsmethode

Hieronder volgen de vragen en antwoorden van de standaard beoordelingsmethode voor de bezochte waterkeringen. Er wordt steeds de waarde voor E_i bij het sub-systeem gegeven.
De standaard beoordelingsmethode zelf is aan het eind van deze bijlage toegevoegd.

De Buitensluis in Schiedam

Hoogwateralarmeringssysteem

a1 Is het primaire alarmsysteem gebaseerd op:

- ☐ een af te lezen peilstok,
- ☐ een automatische niveaumeting,
- ☐ een automatische niveaumeting met minimaal een controle per maand,
- ☒ een voorspelling.

a2 Gebeurt de registratie gewoon minimaal tweemaal per dag bij een getijregime of eenmaal per dag bij een rivierregime ?

- ☒ ja ☐ nee

a3 Is er een controle of back-up registratiesysteem ?

- ☒ ja ☐ nee

b1 Moeten in geval van hoogwater via menselijke handelingen andere personen worden gewaarschuwd ?

- ☒ ja ☐ nee, ga verder met vraag d1

b2 Is er een schriftelijke procedure voor meting en waarschuwing ?

- ☒ ja ☐ nee

b3 Indien ja: Wordt deze procedure minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend ?

- ☒ ja ☐ nee

b4 Is er een terugmeldingsprocedure ?

- ☒ ja ☐ nee

Indien ja: Hoeveel schakels zitten er dan in de waarschuwingsketen ? Maw. hoeveel personen moeten elkaar waarschuwen ? 2

g Kan in geval van falend alarm de bevolking op tijd waarschuwen ?

- ☐ ja ☒ soms mogelijk ☐ nee

Indien er een back-up systeem is:

d1 Is het secundaire alarmsysteem gebaseerd op:

- ☐ een af te lezen peilstok,
- ☒ een automatische niveaumeting,
- ☐ een automatische niveaumeting met minimaal een controle per maand,
- ☐ een voorspelling.

d2 Gebeurt de registratie gewoon minimaal tweemaal per dag bij een getijregime of eenmaal per dag bij een rivierregime ?

☒ ja ☐ nee

d3 Is er een controle of back-up registratiesysteem ?

☒ ja ☐ nee

e1 Moeten in geval van hoogwater via menselijke handelingen andere personen worden gewaarschuwd ?

☒ ja ☐ nee, ga verder met vraag d1

e2 Is er een schriftelijke procedure voor meting en waarschuwing ?

☒ ja ☐ nee

e3 Indien ja: Wordt deze procedure minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend ?

☒ ja ☐ nee

e4 Is er een terugmeldingsprocedure ?

☒ ja ☐ nee

Indien ja: Hoeveel schakels zitten er dan in de waarschuwingsketen ? Maw. hoeveel personen moeten elkaar waarschuwen ? 2

$E_1 = 5.5$

Mobilisatie

a1 Is er een volledige bediening permanent aanwezig ?

☐ ja, ga naar b1 ☒ nee

a2 Is er een schriftelijk vastgelegde up-to-date mobilisatieregeling ?

☒ ja ☐ nee

a3 Is er een voorwaarschuwingssysteem ?

☒ ja ☐ nee

a4 Is er een terugmeldingssysteem voor mobilisatie ?

☒ ja ☐ nee

a5 Wordt de mobilisatie minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend ?

☐ ja ☒ nee

b1 Bevat het mobilisatieplan een schriftelijk vastgelegde stand-by regeling ?

☒ ja ☐ nee

b2 Is er een voorwaarschuwingssysteem voor de stand-by ?

☐ ja ☒ nee

d2 Indien er geen permanente bediening aanwezig is, is het kunstwerk dan onder alle omstandigheden bereikbaar ?

☐ meestal ☒ vrijwel altijd ☐ altijd

E₂ = 3

Bedieningsfout

a1 De bediening is:

- ☐ volledig automatisch, ga naar *technische storing*
☒ niet automatisch, sluitprocedure aanwezig,
☐ niet automatisch, geen sluitprocedure aanwezig, ga naar b1.

a2 Bevat de sluitprocedure een terugmeldingsplicht ?

☒ ja ☐ nee

a3 Is de procedure bekend bij alle bij de sluiting betrokken personeel ?

☒ ja ☐ nee

a4 Wordt de sluiting minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend ?

☒ ja ☐ nee

b Zijn er bij bedieningsfouten mogelijkheden tot herstel ?

☐ ja ☒ mogelijk ☐ nee

c1 Zijn alle ruimten en toegangen verlicht en wordt dit minstens tweemaal per jaar gecontroleerd ?

☒ ja ☐ nee

c2 Wordt minstens eenmaal per jaar gecontroleerd of iedereen beschikt over de nodige sleutels voor de toegang of bediening ?

☒ ja ☐ nee

c3 Zijn er communicatie-middelen (portofoons) of zijn deze niet nodig ?

☐ ja ☐ nee ☒ niet nodig

d Is er bij problemen genoemd bij c een realistische mogelijkheid tot herstel ?

☒ ja ☐ mogelijk ☐ nee

E₃ = 2

Technische storing

a1 Is het primaire keermiddel een permanent middel (dus geen schotbalken, zandzakken of dergelijke) ?

☒ ja ☐ nee

a2 Wordt het primaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en minstens eenmaal per jaar volledig getest ?

☒ ja ☐ nee

a3 Is er een aanvarings- of aanrijdingsrisico van betekenis ?

☒ ja ☐ nee

b Is de aandrijving van het keermiddel:

- ☒ elektrisch, via GEB, met noodaggregaat
☐ elektrisch, via GEB, zonder noodaggregaat
☐ via handkracht
☐ via een diesel- of benzinemotor

d Is er een volledig en onafhankelijk reserve-aandrijvingssysteem ?

☒ ja ☐ nee

e Zijn er meer dan normale belemmeringen te verwachten ?

☐ ja ☒ nee

f Is ingrijpen mogelijk bij fysieke belemmering ?

☒ ja ☐ nee

Indien er een tweede keermiddel is:

g1 Is het primaire keermiddel een permanent middel (dus geen schotbalken, zandzakken of dergelijke) ?

☒ ja ☐ nee

g2 Wordt het primaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en minstens eenmaal per jaar volledig getest ?

☐ ja ☒ nee

g3 Is er een aanvarings- of aanrijdingsrisico van betekenis ?

☒ ja ☐ nee

h Is de aandrijving van het keermiddel:

- ☐ elektrisch, via GEB, met noodaggregaat
☐ elektrisch, via GEB, zonder noodaggregaat
☒ via handkracht
☐ via een diesel- of benzinemotor

i Zijn er meer dan normale belemmeringen te verwachten ?

☐ ja ☒ nee

$$E_4 = 2.5$$

$$E = \min \{5.5, 3, 2, 2.5\} = 2$$

De Parksluizen in Rotterdam*Hoogwateralarmeringssysteem*

a1 Is het primaire alarmsysteem gebaseerd op:

- ☐ een af te lezen peilstok,
- ☐ een automatische niveaumeting,
- ☒ een automatische niveaumeting met minimaal een controle per maand,
- ☐ een voorspelling.

a2 Gebeurt de registratie gewoon minimaal tweemaal per dag bij een getijregime of eenmaal per dag bij een rivierregime ?

- ☒ ja ☐ nee

a3 Is er een controle of back-up registratiesysteem ?

- ☒ ja ☐ nee

b1 Moeten in geval van hoogwater via menselijke handelingen andere personen worden gewaarschuwd ?

- ☒ ja ☐ nee, ga verder met vraag d1

b2 Is er een schriftelijke procedure voor meting en waarschuwing ?

- ☒ ja ☐ nee

b3 Indien ja: Wordt deze procedure minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend ?

- ☒ ja ☐ nee

b4 Is er een terugmeldingsprocedure ?

- ☒ ja ☐ nee

Indien ja: Hoeveel schakels zitten er dan in de waarschuwingsketen ? Maw. hoeveel personen moeten elkaar waarschuwen ? 1

g Kan in geval van falend alarm de bevolking op tijd waarschuwen ?

- ☐ ja ☒ soms mogelijk ☐ nee

Indien er een back-up systeem is:

d1 Is het secundaire alarmsysteem gebaseerd op:

- ☐ een af te lezen peilstok,
- ☐ een automatische niveaumeting,
- ☐ een automatische niveaumeting met minimaal een controle per maand,
- ☐ een voorspelling.

d2 Gebeurt de registratie gewoon minimaal tweemaal per dag bij een getijregime of eenmaal per dag bij een rivierregime ?

- ☐ ja ☐ nee

d3 Is er een controle of back-up registratiesysteem ?

- ☐ ja ☐ nee

e1 Moeten in geval van hoogwater via menselijke handelingen andere personen worden gewaarschuwd ?

☐ ja ☐ nee, ga verder met vraag d1

e2 Is er een schriftelijke procedure voor meting en waarschuwing ?

☐ ja ☐ nee

e3 Indien ja: Wordt deze procedure minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend ?

☐ ja ☐ nee

e4 Is er een terugmeldingsprocedure ?

☐ ja ☐ nee

Indien ja: Hoeveel schakels zitten er dan in de waarschuwingsketen ? Maw. hoeveel personen moeten elkaar waarschuwen ? _____

$E_1 = 4$

Mobilisatie

a1 Is er een volledige bediening permanent aanwezig ?

☒ ja, ga naar b1 ☐ nee

a2 Is er een schriftelijk vastgelegde up-to-date mobilisatieregeling ?

☐ ja ☐ nee

a3 Is er een voorwaarschuwingssysteem ?

☐ ja ☐ nee

a4 Is er een terugmeldingssysteem voor mobilisatie ?

☐ ja ☐ nee

a5 Wordt de mobilisatie minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend ?

☐ ja ☐ nee

b1 Bevat het mobilisatieplan een schriftelijk vastgelegde stand-by regeling ?

☒ ja ☐ nee

b2 Is er een voorwaarschuwingssysteem voor de stand-by ?

☐ ja ☒ nee

d2 Indien er geen permanente bediening aanwezig is, is het kunstwerk dan onder alle omstandigheden bereikbaar ?

☐ meestal ☐ vrijwel altijd ☐ altijd

$E_2 = 5$

Bedieningsfout

a1 De bediening is:

- ☐ volledig automatisch, ga naar *technische storing*
☐ niet automatisch, sluitprocedure aanwezig,
☒ niet automatisch, geen sluitprocedure aanwezig, ga naar b1.

a2 Bevat de sluitprocedure een terugmeldingsplicht ?

- ☐ ja ☐ nee

a3 Is de procedure bekend bij alle bij de sluiting betrokken personeel ?

- ☐ ja ☐ nee

a4 Wordt de sluiting minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend ?

- ☐ ja ☐ nee

b Zijn er bij bedieningsfouten mogelijkheden tot herstel ?

- ☒ ja ☐ mogelijk ☐ nee

c1 Zijn alle ruimten en toegangen verlicht en wordt dit minstens tweemaal per jaar gecontroleerd ?

- ☒ ja ☐ nee

c2 Wordt minstens eenmaal per jaar gecontroleerd of iedereen beschikt over de nodige sleutels voor de toegang of bediening ?

- ☒ ja ☐ nee

c3 Zijn er communicatie-middelen (portofoons) of zijn deze niet nodig ?

- ☐ ja ☐ nee ☒ niet nodig

d Is er bij problemen genoemd bij c een realistische mogelijkheid tot herstel ?

- ☐ ja ☒ mogelijk ☐ nee

 $E_3 = 2$ *Technische storing*

a1 Is het primaire keermiddel een permanent middel (dus geen schotbalken, zandzakken of dergelijke) ?

- ☒ ja ☐ nee

a2 Wordt het primaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en minstens eenmaal per jaar volledig getest ?

- ☒ ja ☐ nee

a3 Is er een aanvarings- of aanrijdingsrisico van betekenis ?

- ☒ ja ☐ nee

b Is de aandrijving van het keermiddel:

- ☒ elektrisch, via GEB, met noodaggregaat
☐ elektrisch, via GEB, zonder noodaggregaat
☐ via handkracht
☐ via een diesel- of benzinemotor

d Is er een volledig en onafhankelijk reserve-aandrijvingssysteem ?

- ☐ ja ☒ nee

e Zijn er meer dan normale belemmeringen te verwachten ?

- ☐ ja ☒ nee

f Is ingrijpen mogelijk bij fysieke belemmering ?

- ☒ ja ☐ nee

Indien er een tweede keermiddel is:

g1 Is het primaire keermiddel een permanent middel (dus geen schotbalken, zandzakken of dergelijke) ?

- ☐ ja ☐ nee

g2 Wordt het primaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en minstens eenmaal per jaar volledig getest ?

- ☐ ja ☐ nee

g3 Is er een aanvarings- of aanrijdingsrisico van betekenis ?

- ☐ ja ☐ nee

h Is de aandrijving van het keermiddel:

- ☐ elektrisch, via GEB, met noodaggregaat
☐ elektrisch, via GEB, zonder noodaggregaat
☐ via handkracht
☐ via een diesel- of benzinemotor

i Zijn er meer dan normale belemmeringen te verwachten ?

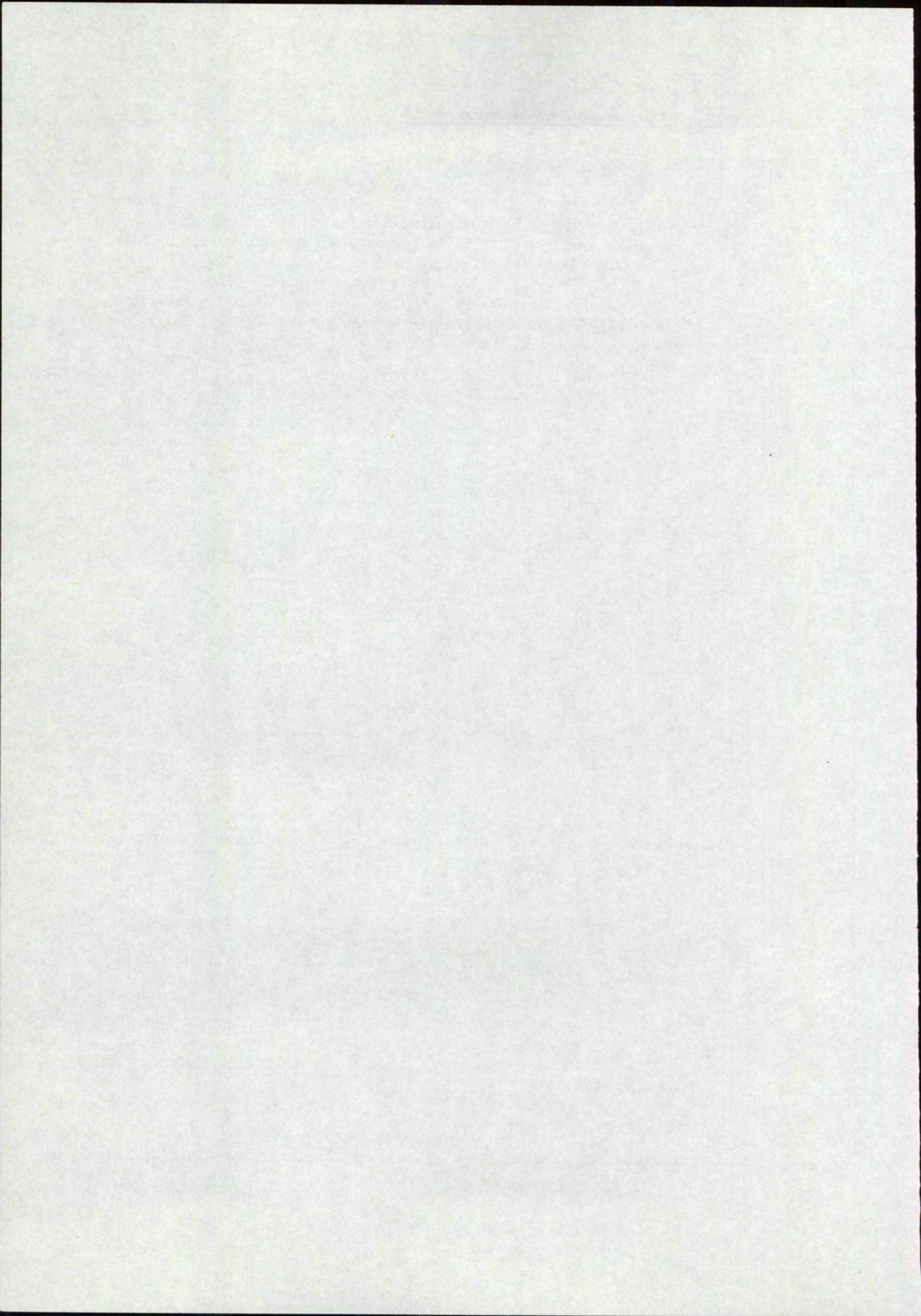
- ☐ ja ☐ nee

$$E_4 = 2$$

$$E = \min \{4, 5, 2, 2\} = 2$$

Literatuurlijst

- [Hei & Baa 92]: **Menselijke en organisatorische factoren bij het beheer van beweegbare waterkeringen**, *W. Heins, R.C.M.S. Baaijens*, in samenwerking met *L.H.J. Goossens*, TU Delft WTM-TBB, september 1992.
- [TAW 92]: **TAW Leidraad Kunstwerken en objecten in, op en nabij waterkeringen**, *P. van Gestel, H. E. Nieboer, A. Vrouwenfelder en A. Wubs*, B-92-1047, 2^e volledige conceptversie, december 1992.



3 STANDAARD BEOORDELINGSMETHODE

3.1 Algemeen

De actuele faalkans van de kering wordt bepaald door (zie vergelijking (2.1)):

- Het aantal keren per jaar dat de kering moet worden gesloten (n_i); dit volgt bij bekend faalpeil direct uit de overschrijdingsfrequentielijn, volgens verg. (2.7).
- De kans op niet sluiten, gegeven noodzaak (P_{ns}); deze kans volgt uit de analyse van de vier in hoofdstuk 2.2 onderscheiden subsystemen voor de gebeurtenis "kering niet gesloten". Deze vier subsystemen zijn:
 - 1) falen hoogwateralarmeringssysteem (HAS)
 - 2) falen van de mobilisatie (MOB)
 - 3) het maken van een bedieningsfout (BED)
 - 4) falen door een technische storing (STO)

Voor elk van de vier subsystemen wordt in dit hoofdstuk een standaardfoutenboom opgesteld. Aan elk van de vier foutenbomen wordt vervolgens een vragenlijst gekoppeld. Via beantwoording van de vragen en het bijhouden van een daarmee samenhangende score, wordt een maat voor de betrouwbaarheid van dat onderdeel van de sluitprocedure voor de kering verkregen. Op basis van de vier eindscores E_i wordt de kans geschat dat het afsluitmiddel niet gesloten is als dat nodig is. Deze kansschatting wordt gegeven door:

$$P_{ns} = 10^{-E} \quad (3.1)$$

P_{ns} = kans op niet sluiten, gegeven noodzaak

E = de laagste waarde van E_i ($i = 1$ tot en met 4)

E_i = eindscore volgend uit de beantwoording van de vragenlijst voor subsysteem i

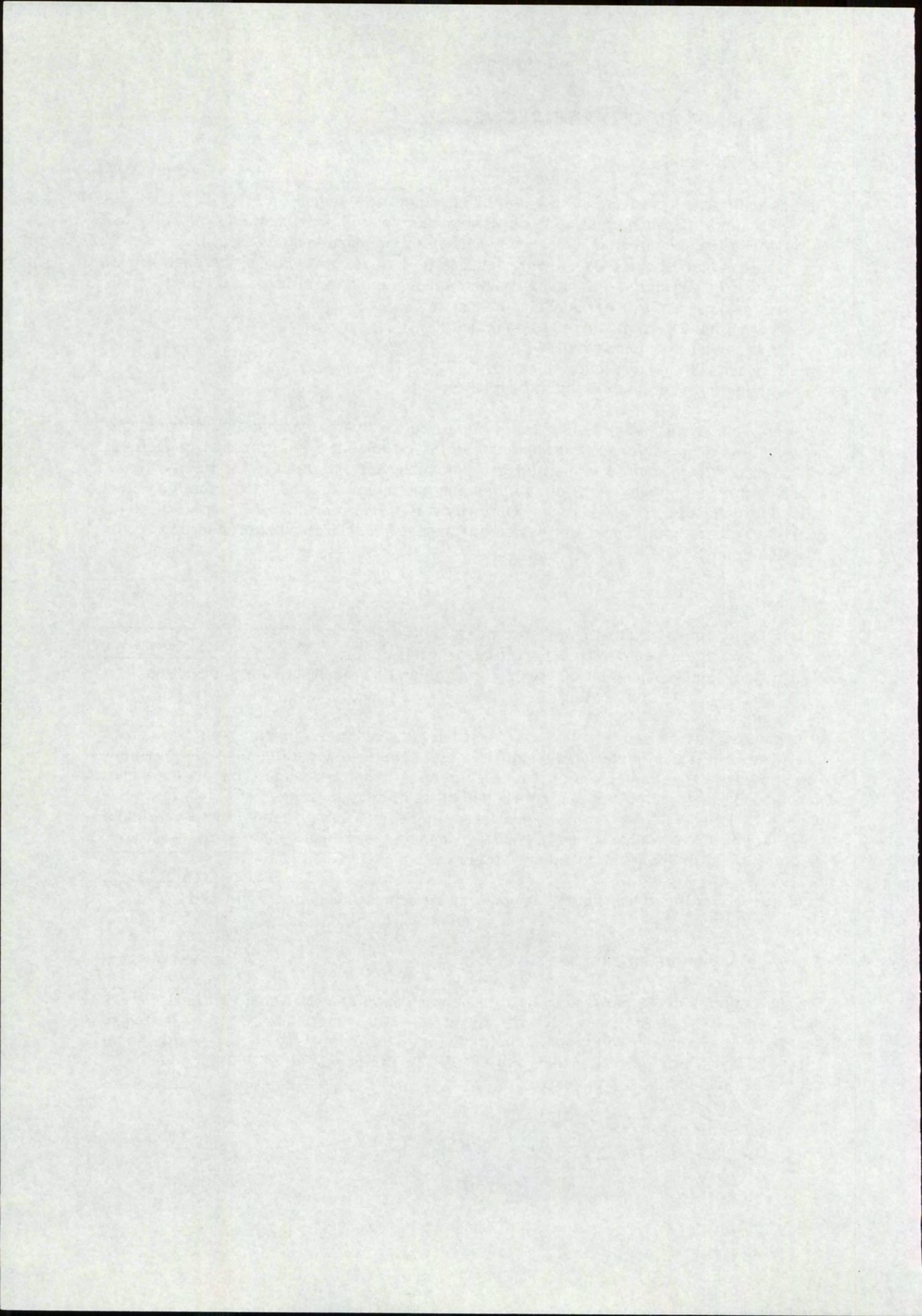
Opmerking:

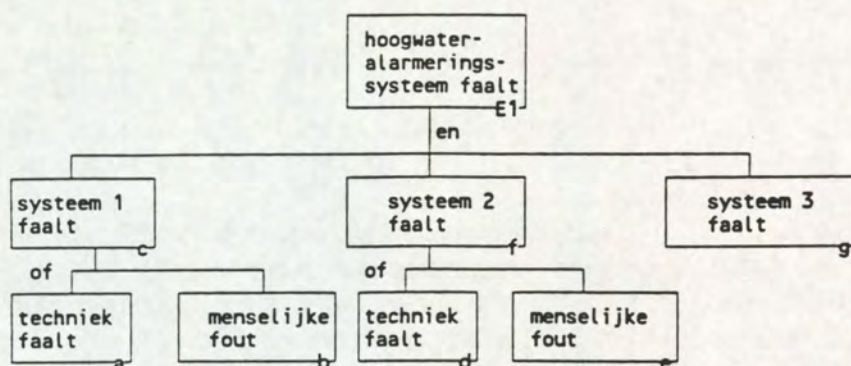
In beginsel komt de score gedurende de gehele beoordelingsprocedure steeds in grote lijnen en voor zover mogelijk overeen met de negatieve logaritme van de overeenkomstige faalkans. Een EN-poort in de foutenboom correspondeert bij onafhankelijke gebeurtenissen derhalve met een optelling in de scoretabel (bijvoorbeeld $c = a + b$). In het geval van een OF-poort wordt de kleinste van de deelscores genomen (bijvoorbeeld $c = \min(a, b)$). Dit is weliswaar een benadering aan de niet-conservatieve kant, maar voor de grote lijn is dit voorlopig geen echt bezwaar.

In bijlage D wordt een alternatieve lay-out van de scoretabellen gepresenteerd.

3.2 Hoogwateralarmeringssysteem

De alarmering is de eerste fase in de totale sluitingsoperatie. Het doel van deze fase is het geven van het startsein voor de mobilisatiefase waarin alles voor de feitelijke sluiting in gereedheid wordt gebracht. In figuur 6 is de tak "hoogwateralarmeringssysteem faalt" uit figuur 2 nader uitgewerkt. Op basis van deze foutenboom is de scoretabel volgens tabel 3 opgesteld.





Figuur 6. Uitwerking tak "hoogwateralarmeringssysteem faalt"

Tabel 3. Scoretabel falen hoogwateralarmeringssysteem

nr.	vraag	score
a1	is het primaire alarmsysteem gebaseerd op: -een af te lezen peilstok -een automatische niveaumeting -een automatische niveaumeting met minimaal een controle per maand -een voorspelling	ja: a = 1 ja: a = 2 ja: a = 3 ja: a = 1
a2	gebeurt de registratie/voorspelling gewoonlijk minimaal tweemaal per dag bij een getijregime of eenmaal per dag bij een rivierregime	ja: a = a + 1
a3	is er een controle of back up registratiesysteem	ja: a = a + 1
b1	moeten in geval van hoogwater via menselijke handelingen andere personen worden gewaarschuwd indien antwoord "nee", ga door met c	nee: b = 5 ja : b = 2
b2	is er een schriftelijke procedure voor meting en waarschuwing	ja: b = b + 1
b3	wordt deze procedure minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend	ja: b = b + 1
b4	is er een terugmeldingsprocedure (n = aantal schakels in de waarschuwingsketen)	ja : b = b-n/2 nee: b = b-n
c	tussenscore	c = min(a,b)
d1-d3	alle vragen a voor een eventueel tweede systeem	d
e1-e4	alle vragen b voor een eventueel tweede systeem	e
f	tussenscore als er geen tweede systeem is	f = min(d,e)-1 f = 0
g	kan in geval van falend alarm de bevolking op tijd waarschuwen	ja : g = 1 mog: g = 0.5 nee: g = 0
h	eindscore falen hoogwateralarmeringssysteem (HAS)	E ₁ = c + f + g

Toelichting op tabel 3

Vraag a1

Het hoogwateralarmeringssysteem (HAS) valt globaal uiteen in een "meting" en een "waarschuwing". De vragen a1-a3 hebben betrekking op de meting. Dit meet- of voor- spelgedeelte kan gebaseerd zijn op:

- een meting van de actuele overschrijding van het signaleringspeil via visuele (peilschaal) waarnemingen (bijvoorbeeld het aflezen van een peilstok);
- een meting van actuele overschrijdingen van het signaleringspeil via een zelfregis- trerend systeem indien standaard MSW wordt gebruikt, wordt dat ook tot deze categorie gerekend;
- idem, met minimaal eenmaal per maand controle op correcte werking;
- een voorspelling van overschrijding van een vooraf vastgesteld signaleringspeil, meestal via een telefonisch waarschuwingssysteem, zoals bijvoorbeeld RIZA of SVSD;

Welk type aanwezig is, bepaalt het antwoord bij vraag a1.

Vraag a2

Hier wordt ingegaan op de vraag of er een zekere routine is in het aflezen van de waterstanden. Als dit het geval is wordt de waarde van a (zoals volgend uit vraag a1) met 1 verhoogd. Indien dit ter plaatse niet dagelijks gebeurt, maar in bijzondere gevallen de betrokken functionaris wordt gewaarschuwd door andere waarnemers die wel dagelijks waarnemen (RIZA, MWS), dan kan dit als voldoende worden beschouwd. Wel dienen de tussenschakels dan bij vraag b2 te worden meegenomen.

Vraag a3

Het is ook mogelijk dat er twee systemen actief zijn, al dan niet van verschillend type. Het meest betrouwbare systeem dient dan als "primair" systeem te worden gezien en het andere als de back-up of controle-systeem, waarnaar in a3 wordt gevraagd. Als dit het geval is wordt a met 1 opgehoogd.

Vragen b1-b3

Er is sprake van een waarschuwingssketen als de waarnemer van de voor verdere handelingen bepalende waterstand niet zelf verantwoordelijk is voor de mobilisatie, maar andere personen daarvoor moet waarschuwen. Dit bepaalt het antwoord op vraag b1. Als dit niet het geval is, wordt b=5 en kan worden doorgegaan met vraag c. Als het wel het geval is, dan is het van belang of de te volgen procedure op schrift is vastgelegd, inclusief de mogelijke alternatieve acties voor het geval bepaalde personen niet bereikbaar of verhinderd zijn (vragen b2 en b3). Op grond van de antwoorden wordt de score van b aangepast.

Vraag b4

De score bij vraag b4 hangt samen met de lengte van de waarschuwingsketen. Algemeen geldt: hoe meer schakels, hoe groter de kans dat er ergens iets mis gaat. Indien er sprake is van een enkele andere persoon die gewaarschuwd moet worden, geldt $n = 1$, bij 2 andere personen $n = 2$, enz. Het gaat dus om personen of instanties en niet om (onderdelen) van systemen. Let op dat bij vraag b4 ook de schakels moeten worden meegenomen van een algemene waarschuwingdienst die een waarnemer van een lokale waterstand moet waarschuwen (zie toelichting bij vraag a5). De reductie in de score is verder afhankelijk gemaakt van het al dan niet bestaan van een terugmeldingssysteem: indien terugmelding van iedere actie geregeld is, is de reductie in de betrouwbaarheidsscore geringer. De terugmelding moet plaats vinden na het uitvoeren van de gewenste actie.

Vragen d/e/f

Indien er een volledig en vrijwel onafhankelijk reserve-systeem bestaat voor het gehele signalerings- en waarschuwingssysteem, kan dat bij de vragen d, e en f worden geëvalueerd en bij g worden meegenomen in de totale beoordeling. Als er geen tweede systeem is geldt $f = 0$.

Vraag g

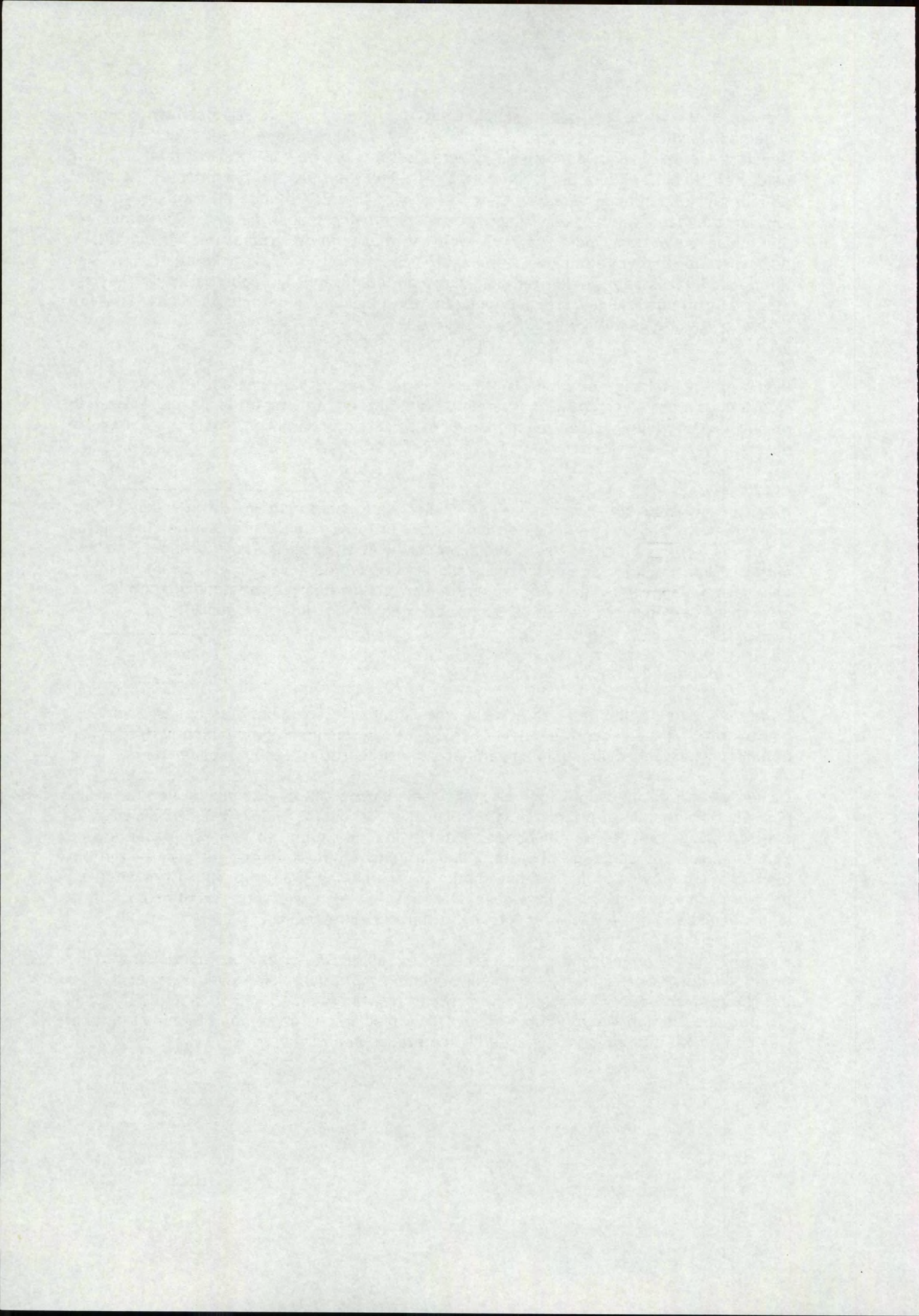
Het is in principe mogelijk dat bij een falend alarmeringssysteem de bevolking alarm slaat. Meestal zal dit pas gebeuren als het water in de buurt komt van het faalpeil bij geopende kering, of dit al heeft overschreden. Het is dus een grote vraag of na een dergelijk alarm nog tot een succesvolle sluiting kan worden overgegaan. Beantwoording van deze vraag vereist een goede kennis van de plaatselijke omstandigheden en zal onvermijdelijk subjectief zijn. In de scoretabel staat "mog" voor "mogelijk".

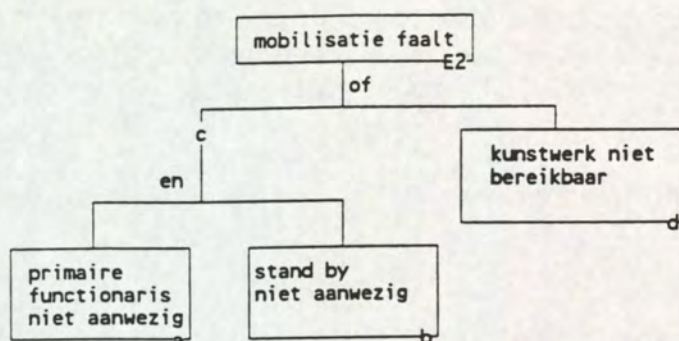
3.3 Mobilisatie

Bij een voorspelde dan wel een actuele waterstandsoverschrijding van het signaleringspeil wordt het bedienend en beslissingsbevoegd personeel gewaarschuwd. Bij een actuele waterstandsoverschrijding van het sluitpeil wordt de kering gesloten.

De tijd tussen de overschrijding van het signaleringspeil en overschrijding van het sluitpeil dient voldoende groot te zijn. De tijd tussen de overschrijding van het sluitpeil en overschrijding van de drempelhoogte dient voldoende groot te zijn om de kering te kunnen sluiten. In sommige gevallen dient de kering zelfs al eerder gesloten te zijn om overmatige golfoverslag tijdens het sluiten te voorkomen. Merk op dat in het kust- en benedenrivierengebied rekening moet worden gehouden met een significant grotere stijgsnelheid van het buitenwater dan in het bovenrivierengebied.

Het doel van de mobilisatiefase is derhalve ervoor te zorgen dat de functionaris of de groep van functionarissen die de feitelijke sluiting moet voltrekken tijdig aanwezig is op de plaats waar de werkzaamheden verricht moeten worden indien het sluitingspeil wordt overschreden. De foutenboom voor deze fase is weergegeven in figuur 7. In tabel 4 is de op deze foutenboom gebaseerde scoretabel weergegeven.





Figuur 7. Uitwerking tak "mobilisatie faalt"

Tabel 4. Scoretabel falen mobilisatie

nr.	vraag	score
a1	is een volledige bemanning permanent aanwezig (indien ja, sla a2/a3/a4/a5 over)	nee: a = 1 ja : a = 4
a2	is er een schriftelijk vastgelegde up-to-date mobilisatieregeling	ja: a = a + 0.5
a3	is er een voorwaarschuwingssysteem	ja: a = a + 0.5
a4	is er een terugmeldingssysteem voor mobilisatie	ja: a = a + 0.5
a5	wordt de mobilisatie minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend	ja: a = a + 0.5
b1	bevat het mobilisatieplan een schriftelijk vastgelegde stand-by regeling	ja : b = 1 nee: b = 0
b2	is er een voorwaarschuwingssysteem voor de stand-by	ja: b = b + 0.5
c	tussenscore	c = a + b
d1	is er een volledige bemanning permanent aanwezig indien ja, ga naar e	ja : d = 4 nee: d = 1
d2	is het kunstwerk onder alle omstandigheden bereikbaar	meestal d = d + 1 vrijwel d = d + 2 altijd d = d + 3
e	eindscore falen mobilisatie (MOB)	$E_2 = \min(c, d)$

Toelichting op tabel 4

Vraag a1

De permanente (dag en nacht) aanwezigheid van een volledige bemanning is alleen te verwachten bij de grotere kunstwerken of bij volledig automatische systemen waar geen mensen nodig zijn. In de meeste gevallen zullen een of meerdere personen dienen

te worden opgeroepen om naar de betreffende kering toe te gaan. Indien het antwoord ja is volgt $a = 4$ en kunnen de vragen a2 - a5 worden overgeslagen. Als het antwoord nee is volgt $a = 1$; deze score kan bij positief antwoord op de vragen a2-a5 verder worden verhoogd.

Vraag a2

Een mobilisatieregeling dient op schrift vast te liggen, volledige en up-to-date te zijn en bij alle betrokkenen bekend te zijn.

Vraag a3

Een voorwaarschuwingssysteem houdt in dat op basis van een verwachting minstens 12 uur voor de overschrijding van het alarmpeil alle te mobiliseren werknemers en het stand-by personeel worden gewaarschuwd dat hoogwater op komst is.

Vraag a4

Bedoeld wordt de terugmelding naar de alarmeringspost.

Vraag a5

Geen toelichting

Vraag b1/b2

Gevraagd wordt of de mobilisatieregeling een volledige beschrijving geeft van personen die bij verhindering van de primair aangewezen functionarissen de taken kunnen overnemen en of voor deze stand-by personen een voorwaarschuwingssysteem bestaat.

Vraag d1

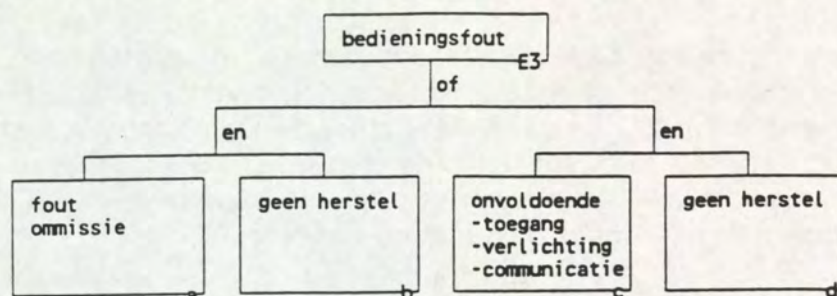
Dit is dezelfde vraag als bij a1; indien ja, dan kan vraag d2 worden overgeslagen.

Vraag d2

De bereikbaarheid van een kunstwerk hangt af van de plaats en de kwaliteit van de toevoerwegen. Indien het kunstwerk alleen via onverharde wegen of via een dijk die mogelijk onderhevig is aan golfoverslag kan niet altijd op volledige bereikbaarheid worden gerekend. Beantwoording van de vraag vereist kennis van de lokale omstandigheden en procedures.

3.4 Bedieningsprocedure voor de sluiting

De derde fase van de sluitingsoperatie is de sluiting zelf, gegeven dat de waarschuwing van "overschrijden" signaleringspeil is gegeven en de mobilisatie is geslaagd. In deze fase zijn er twee hoofdfaalmogelijkheden: technisch falen en menselijk falen. In figuur 8 is de tak "bedieningsprocedure voor de sluiting faalt" uit figuur 2 nader uitgewerkt. Figuur 8 heeft dus betrekking op het menselijke faal-aspect. De op basis van figuur 8 opgestelde scoretabel is weergegeven in tabel 5.



Figuur 8. Uitwerking tak "bedieningsprocedure voor de sluiting faalt"

Tabel 5. Scoretabel Bedieningsfout

nr	vraag	score
a1	De bediening is (1) volledig automatisch (2) niet automatisch, sluitprocedure aanwezig (3) niet automatisch, geen sluitprocedure aanwezig Bij (1) kan in principe worden doorgegaan naar e, met $E_3 = 4$ Bij (3) zijn de vragen a2-a4 niet relevant	$a = 4$ $a = 2$ $a = 1$
a2	Bevat de sluitingsprocedure een terugmeldingsplicht	ja: $a = a + 0.5$
a3	Is de procedure bekend bij alle bij de sluiting betrokken personen?	ja: $a = a + 0.5$
a4	Wordt de sluitingsprocedure minstens eenmaal per jaar uitgevoerd of geoefend?	ja: $a = a + 0.5$
b	Zijn er bij bedieningsfouten mogelijkheden tot herstel	ja : $b = 1$ mog: $b = 0.5$ nee: $b = 0$
c1	Zijn alle ruimten en toegangen verlicht en wordt dit minstens tweemaal per jaar gecontroleerd?	ja : $c = 1$ nee: $c = 0$
c2	Wordt minstens eenmaal per jaar gecontroleerd of iedereen beschikt over de benodigde sleutels voor toegang of bediening?	ja: $c = c + 1$
c3	Zijn er communicatie-middelen (portofoons) of zijn deze niet nodig?	ja: $c = c + 0.5$
d	Is er bij problemen genoemd bij c een realistische mogelijkheid tot herstel	ja : $d = 1$ mog: $d = 0.5$ nee: $d = 0$
e	Eindscore bedieningsfout (BED)	$E_3 = \min(a + b, c + d)$

Toelichting op tabel 5

Vragen a1-a4

Deze vragen zijn overeenkomstig die bij de mobilisatie.

Vraag b

In sommige gevallen kunnen gemaakte bedieningsfouten gemakkelijk worden opgemerkt en kan de betreffende functionaris de gemaakte bedieningsfout vervolgens herstellen. Het gaat hier dus om zaken als het indrukken van de verkeerde knop, het vergeten van een handeling, het omdraaien van de juiste volgorde, enz. De beoordeling van deze vraag hangt sterk af van de lokale omstandigheden en zal meestal een subjectief karakter dragen. In de score kolom is "mog" de afkorting van "mogelijk".

Vragen c1-c3

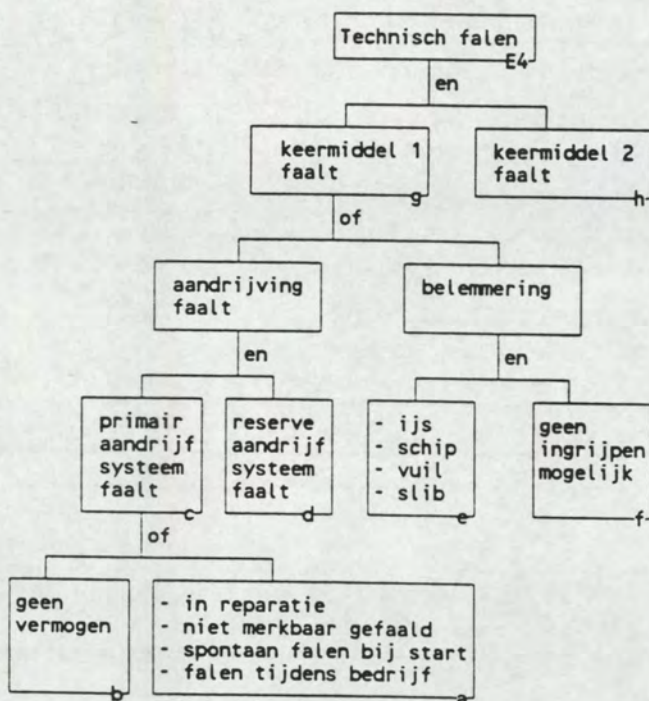
Onverwacht uitvallen van de verlichting, het niet in bezit hebben van de juiste sleutels of onvoldoende communicatie zijn uitermate praktische problemen die vaak voorkomen en tot de vertraging van de mobilisatie kunnen leiden. De genoemde controles hebben tot doel de kansen op deze gebeurtenissen te verkleinen.

Vraag d

Ook de beantwoording van deze vraag vereist net als vraag b grondige kennis van de situatie en procedure voor het betreffende kunstwerk.

3.5 Bedrijfszekerheid van de afsluitmiddelen

In figuur 9 is de tak "bedrijfszekerheid afsluitmiddelen onvoldoende" uit figuur 2 nader uitgewerkt. De op basis van figuur 9 opgestelde scoretabel is weergegeven in tabel 6.



Figuur 9: Uitwerking tak "technisch falen"

Tabel 6. Scoretabel falen als gevolg van technische storing

nr	vraag	score
a1	is het primaire keermiddel een permanent middel (dus geen schotbalken, zandzakken of dergelijke)	ja : $a = 2$ nee: $a = 1$
a2	wordt het primaire keermiddel minstens tweemaal per jaar gecontroleerd en minstens eenmaal per jaar volledig getest	ja: $a = a + 1$
a3	is er aanvarings- of aanrijdingsrisico van betekenis	ja: $a = a - 1$
b	Is de aandrijving van het keermiddel -electrisch via het GEB, met noodaggregaat -electrisch via het GEB, zonder noodaggregaat -via handkracht -via een diesel- of benzinemotor	$b = 4$ $b = 3$ $b = 3$ $b = 2$
c	tussenscore	$c = \min(a, b)$
d	is er een volledig en onafhankelijk reserve-aandrijvingssysteem	ja : $d = 1$ nee: $d = 0$
e	zijn er meer dan normale belemmeringen te verwachten	ja : $e = 1$ nee: $e = 2$
f	is ingrijpen mogelijk bij fysieke belemmering	ja : $f = 0,5$ nee: $f = 0$
g	tussenscore	$g = \min(c + d, e + f)$
h	is er een tweede keermiddel indien ja: beantwoordt vragen a, b, c, e voor het tweede keermiddel	nee: $h = 0$ $h = \min(c, e) - 1$
i	Eindscore falen als gevolg van technische storing (STO)	$E_4 = g + h$

Toelichting op tabel 6

Vraag a3

Er is sprake van een aanrijdingsrisico van betekenis indien het te sluiten keermiddel zonder bescherming op een afstand van minder dan 5 m van een rijbaan ligt. Er is sprake van een aanvaarrisico van betekenis indien het middel zonder enige bescherming in de vaargeul of maximaal 10 m daarbuiten, tenzij het scheepvaartverkeer minimaal is.

Vragen b1-b4

Veel kleine keermiddelen zijn handbediend, hetgeen, afgezien van blokkeringen of belemmeringen, als een uitermate betrouwbare krachtsbron wordt gezien. de score voor aandrijvingen op basis van een benzine of dieselmotor gelden als iets minder betrouwbaar. Voor de energielevering via het GEB geldt een faalkans van 0.4 per jaar met een gemiddelde storingsduur van 1 uur. De kans dat op een willekeurig tijdstip geen energie kan worden aangeleverd, ligt zodoende in de orde van 10^{-4} . De score $b = 3$ is derhalve conservatief. Via een noodaggregaat kan de score tot $b = 4$ worden verhoogd.

Vraag e/f

Voorbeelden van een belemmering zijn: een geparkeerde auto, het vastlopen van een deur in zand of wegdek, ijsgang, schepen in de deuropening, voorwerpen op de bodem.

Ingrijpen wordt bijvoorbeeld geacht relatief goed mogelijk te zijn bij een sluiting van een coupure in een bebouwde omgeving bij voldoende tijd. Verder verwijderd van de bewoonde centra kan het al lastiger worden. Obstakels in de natte vergen weer meer tijd en voorzieningen, zeker naarmate de schaal van het keermiddel toeneemt. De score is hier afhankelijk van een goede kennis van de plaatselijke omstandigheden en heeft altijd een subjectief karakter.

Vraag h

Een tweede keermiddel kan zijn een tweede deur of een schotbalkkering, maar bijvoorbeeld ook zandzakken indien deze in voldoende mate en op gecontroleerde wijze aanwezig zijn. Het voldoen van de zandzakken dient op overtuigende wijze te zijn aangetoond. Verder moet het tweede keermiddel altijd in voldoende mate onafhankelijk zijn en dus een voldoende grote onderlinge afstand moeten hebben en/of gebaseerd zijn op een ander principe.

3.6 Kwantitatieve beschouwing scoretabellen

Bij de voorgestelde score-toekenningen ligt de volgens de voorgestelde methode maximaal toe te kennen betrouwbaarheid vast. Immers, per tabel gelden de volgende maximale scores:

- falen hoogwateralarmeringssysteem (HAS): $E_1 \leq 10$
- falen van de mobilisatie (MOB): $E_2 \leq 4$
- het maken van een bedieningsfout (BED): $E_3 \leq 4$
- falen door een technische storing (STO): $E_4 \leq 4$

De maximaal toe te kennen betrouwbaarheid is hiermee $P_{ns} = 10^{-4}$ kans/vraag.

Deze maximale betrouwbaarheid is overigens uitsluitend haalbaar bij toepassing van een dubbel keermiddel. Bij een enkel keermiddel wordt $E_4 \leq 2,5$ zodat de maximaal toe te kennen betrouwbaarheid afneemt tot $P_{ns} = 3 \cdot 10^{-3}$ kans/vraag.

De toelaatbare faalruimtefactor ξ_{ns} is afhankelijk van o.a. de verdeling van de totaal beschikbare faalruimte per kunstwerk over falen van de sluiting en constructief falen. In de Leidraad Waterkerende Kunstwerken en Bijzondere Constructies is gesteld dat de totaal beschikbare faalruimte 0,1 maal de normfrequentie moet zijn. Voorts is gesteld dat het grootste deel van deze faalruimte beschikbaar gesteld moet worden voor falen van de sluiting. Daarom is besloten $\xi_{ns} = 0,1$ te stellen. (Dit betekent dan wel dat de faalruimtefactor voor constructief falen op 0,01 gesteld is.)

Stel voor een dijkkringgebied is $f_{norm} = 1/2000$. Uit voorwaarden (2.1) en (2.2) volgt dan:

- voor een dubbel keermiddel: $n_i \leq 0,5$ vragen/jaar
ofwel: indien het faalpeil een overschrijdingsfrequentie heeft groter dan 0,5 per jaar, kan met de standaard beoordelingsmethode geen voldoende betrouwbaarheid worden aangetoond;
- voor een enkel keermiddel: $n_i \leq 1,6 \cdot 10^{-2}$ vragen/jaar
ofwel: indien het faalpeil een overschrijdingsfrequentie heeft groter is dan $1,6 \cdot 10^{-2}$ per jaar, kan met de standaard beoordelingsmethode uitsluitend voldoende betrouwbaarheid worden aangetoond indien sprake is van een dubbel keermiddel.

Bij bv. $\xi_{ns} = 0,01$ en $f_{norm} = 1/2000$ wordt dit 0,05 resp. $1,6 \cdot 10^{-3}$ vragen/jaar.

Rijkswaterstaat
Dienst Weg- en Waterbouwkunde
van der Burghweg 1
2628 CS Delft

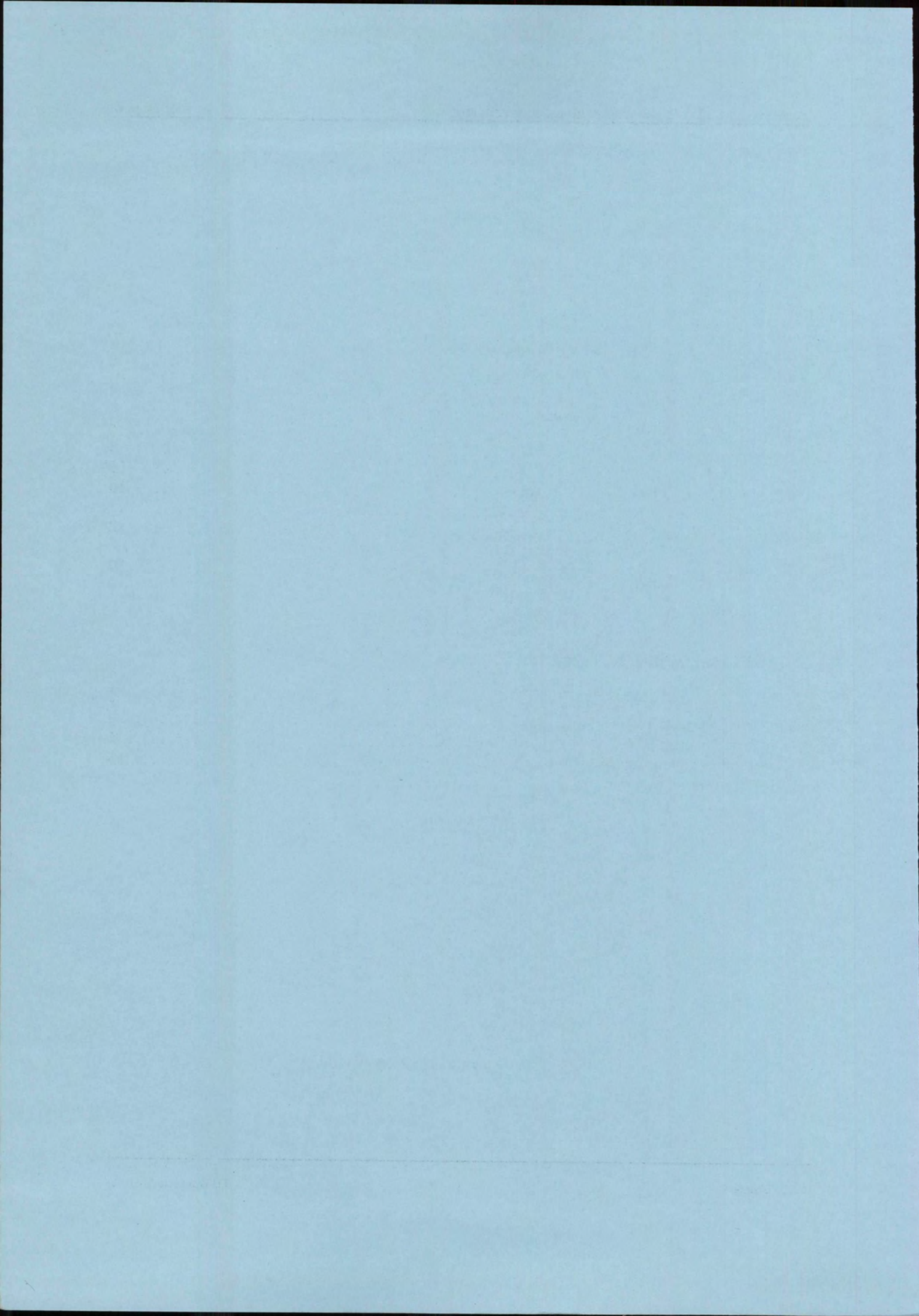


februari 1996

***Onzekerheidsanalyse
van
Beweegbare Waterkeringen***

(Bijlage D: De Organisaties)

Peter Blanker
Vlinderveen 530
3205 EN Spijkenisse
0181 - 635035

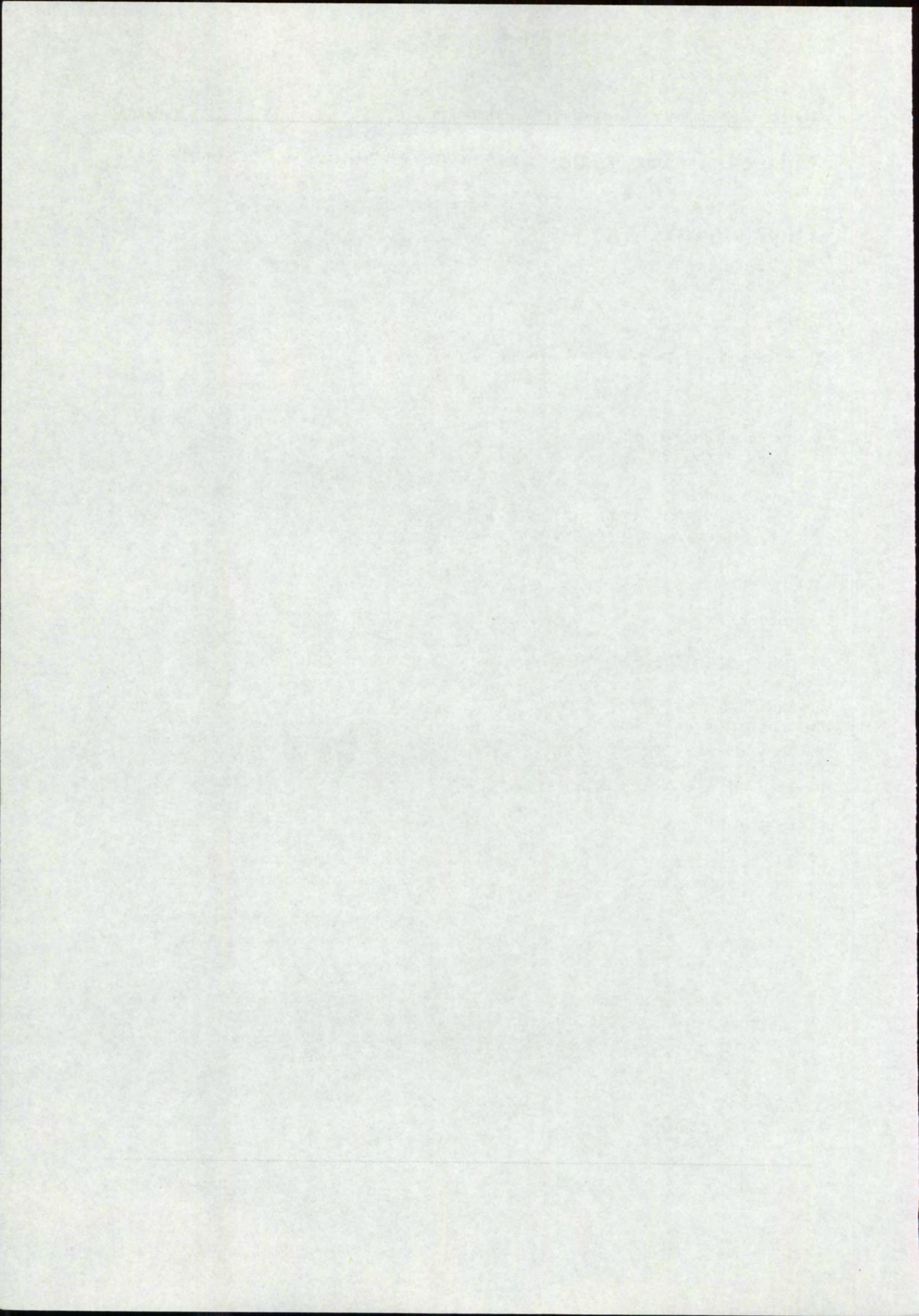


Bijlage D: De organisaties betrokken bij het waterkeren**Inhoudsopgave**

1. Rijkswaterstaat	2
2. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen	4
3. De Dienst Weg- en Waterbouwkunde	6
4. Bescherming tegen overstromingen	8
Dreiging van het water	8
Waterkeringen	10
Betrouwbaarheid sluitingsoperatie	10
Afsluitmiddelen te sluiten bij waterstanden hoger dan sluitpeil.	11
Actuele faalkans van de beweegbare waterkering	12
Literatuurlijst	13

Lijst met afbeeldingen

Afbeelding 1: organogram Rijkswaterstaat	2
Afbeelding 2: organogram TAW	4
Afbeelding 3: organogram DWW	6
Afbeelding 4: overstromingsgebied	8
Afbeelding 5: de verschillende waterpeilen	10



1. Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat is een directoraat-generaal van het ministerie van Verkeer en Waterstaat en heeft de zorg voor vier kerntaken:

- Nederland beschermen tegen overstromingen.
- Kwalitatief en kwantitatief waterbeheer.
- Het ontwikkelen en beheren van de hoofd-infrastructuur en het mogelijk maken, beheersen en begeleiden van de mobiliteit.
- De verkeersveiligheid waarborgen.

De kern van Rijkswaterstaat wordt gevormd door *tien regionale directies*: Noord-Nederland, Oost-Nederland, Utrecht, IJsselmeergebied, Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland, Noord-Brabant, Limburg en de directie Noordzee. Zij zijn verantwoordelijk voor onderhoud, beheer en aanleg van de hoofd-infrastructuur. Daarnaast garanderen zij dat het ministerie van Verkeer en Waterstaat overal in het land een herkenbaar aanspreekpunt heeft.

Het innovatief vermogen van de organisatie wordt op peil gehouden door *zes specialistische directies*. Zij ondersteunen niet alleen de uitvoering, maar ook de beleidsvoorbereiding, door kennis te ontwikkelen en deze ter beschikking te stellen.

De Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) is de adviesdienst voor techniek en milieu voor de weg- en waterbouw. De dienst onderzoekt, adviseert en draagt kennis over op dat gebied.

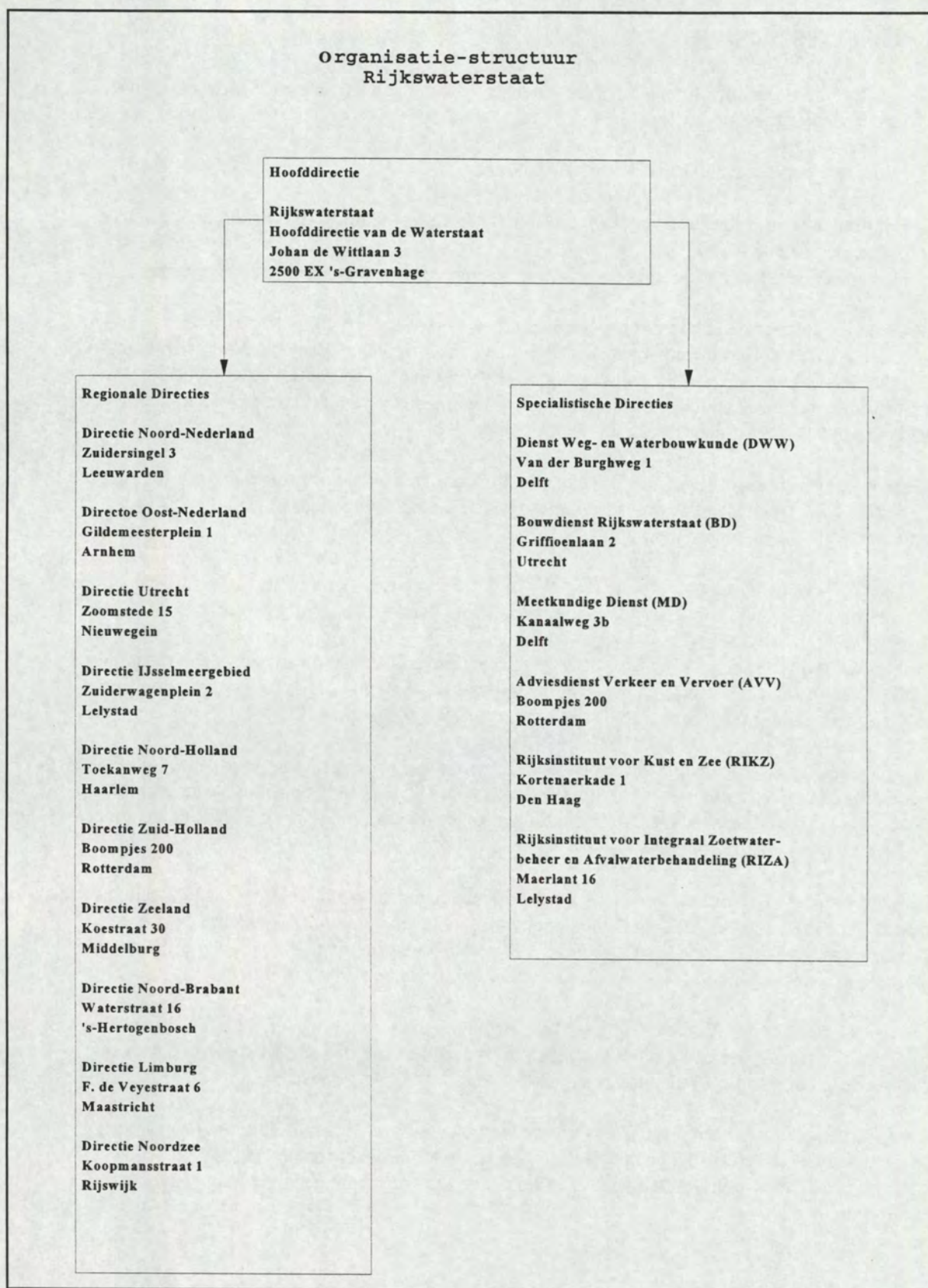
De Bouwdienst (BD) is het civiel-technisch ingenieursbureau van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. De dienst ontwerpt en begeleidt de uitbesteding van grote projecten en voert beleids-analytische studies, milieu-effectrapportages en technische audits uit.

De Meetkundige Dienst (MD) levert geografische informatie in de vorm van kaarten, topografische bestanden en modellen en onderhoudt het nulniveau voor alle hoogtemetingen in Nederland (het NAP-vlak). De MD adviseert over specialistische zaken zoals geografische informatie-systemen, remote sensing en informatie-technologie.

De Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) speelt een ondersteunende rol bij de ontwikkeling van het verkeer- en vervoerbeleid. De dienst houdt zich bezig met verkeerstechniek, verkeersveiligheid en verkeersmanagement, maar ook met goederenvervoer en logistiek, openbaar vervoer, milieu, ruimtelijke ordening, individueel vervoer en gegevensverzameling en -verwerking.

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) levert adviezen en gegevens gericht op duurzaam gebruik van estuaria, kust en zee en bescherming tegen overstroming door de zee. Het RIKZ onderhoudt daartoe de kennis- en gegevensinfrastructuur.

Het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) verricht onderzoek en adviseert op het gebied van integraal (zoet)waterbeheer en het herstel van watersystemen. Ook adviseert het RIZA met betrekking tot vergunningen over lozingen van afvalwater.



Afbeelding 1: organogram Rijkswaterstaat

2. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen

De Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) zorgt voor de ontwikkeling van voldoende kennis in Nederland van aanleg, beheer en onderhoud van waterkeringen en voor het toegankelijk maken van deze kennis voor ontwerpers en beheerders van waterkeringen. Waterkeren is een complexe zaak en vereist een grote verscheidenheid aan kennis en ervaring. Daarom is de TAW breed van samenstelling. **Vijf werkgroepen** binnen de TAW richten zich op specifieke aspecten van het waterkeren.

De TAW bestaat uit waterkeringsdeskundigen van rijks- en provinciale overheid, van waterschappen, grote technologische instituten en universiteiten. De voorzitter is onafhankelijk. Het secretariaat is ondergebracht bij de Hoofddirectie van de Waterstaat.

De TAW-organisatie omvat de plenaire commissie en vijf werkgroepen. De werkgroepen zijn belast met het programmeren en begeleiden van onderzoek en met het opstellen van leidraden. De werkgroepen van TAW hebben ieder een specifieke taak en een daarop afgestemde samenstelling.

De werkgroepen *TAW-A*, *-B*, *-C* en *-E* zijn op de ontwikkeling van vaktechnische kennis gericht. Dit betreft in principe zowel het korte als het lange termijn onderzoek.

TAW-A richt zich hierbij op de **belasting op en bekleding van dijken**, *TAW-B* op de **grondmechanische stabiliteit**, *TAW-C* op **veiligheid, kustmorfologische aspecten, flora en fauna van duinen** en *TAW-E* richt zich op **probabilistische technieken**.

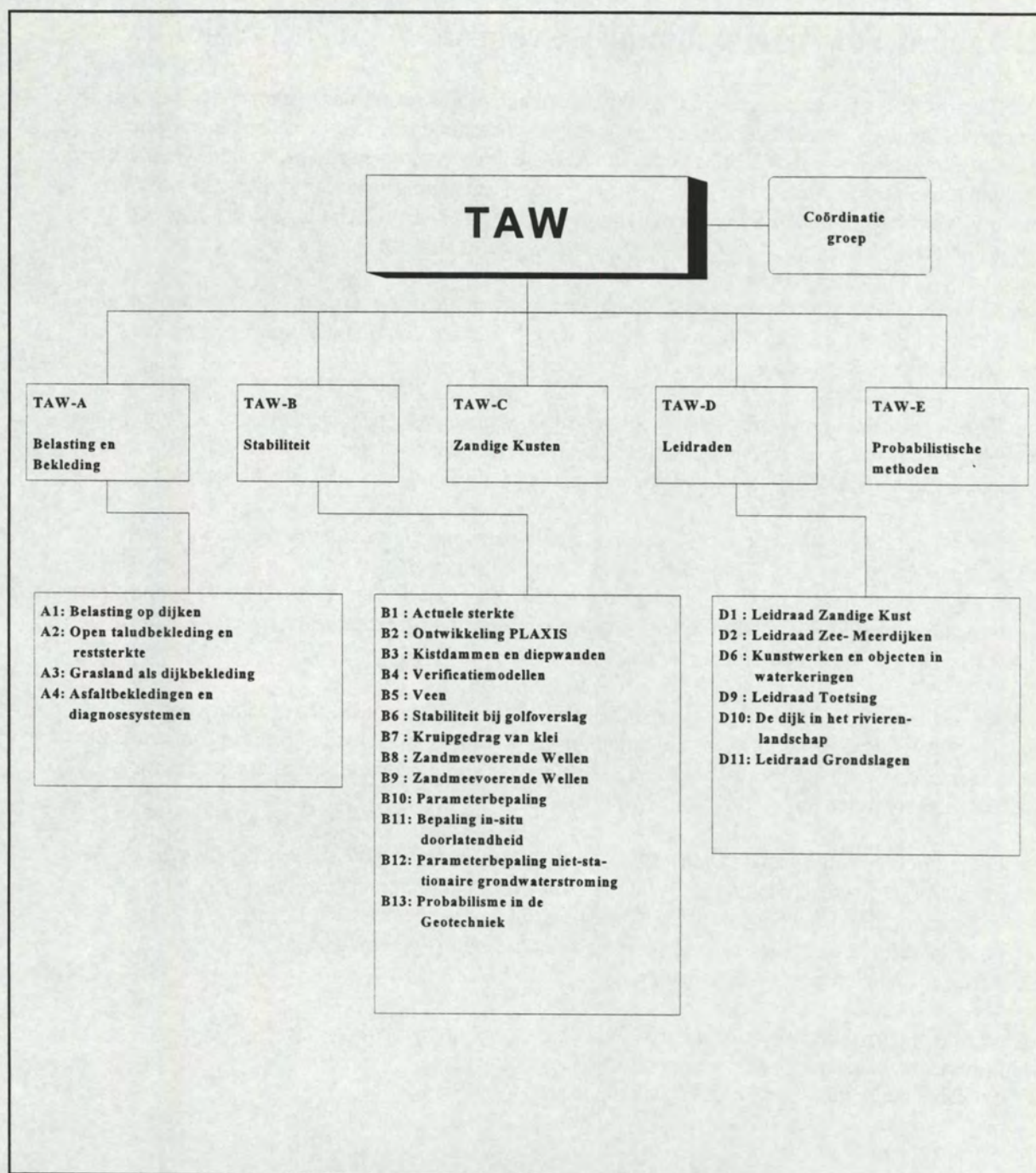
TAW-D heeft als taak de in andere groepen ontwikkelde kennis toegankelijk te maken voor belanghebbenden, door middel van **leidraden en TAW-publikaties**. In beperkte zin gaat van de werkzaamheden van werkgroep D ook een vragende, c.q. sturende werking op het kort termijn onderzoekprogramma uit.

De hoofdafdeling Water van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) fungeert als werkorgaan van de TAW. Dit betekent dat de DWW de volgende taken voor de TAW uitvoert:

- secretariaatswerkzaamheden voor de werkgroepen;
- voorbereiden van adviezen en vergaderingen van de TAW;
- adviezen aan gebruikers van leidraden.

Een aantal andere taken wordt in samenwerking met TAW uitgevoerd:

- initiëren en begeleiden van onderzoek;
- opstellen van leidraden en technische rapporten.



Afbeelding 2: organogram TAW

3. De Dienst Weg- en Waterbouwkunde

De Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) is een adviesdienst van Rijkswaterstaat. De dienst vertaalt technische- en milieukundige kennis in begrijpelijke en bruikbare adviezen op een breed terrein van de weg- en waterbouw. Daarnaast is DWW een belangrijke schakel bij de uitwisseling van specialistische kennis in de grond-, weg- en waterbouwsector.

De DWW werkt als adviesdienst voor de hoofddirectie en de regionale directies van Rijkswaterstaat en de overige vijf diensten van Rijkswaterstaat. Ook voert de DWW opdrachten uit voor andere onderdelen van Verkeer en Waterstaat; in beperkte mate werkt de dienst voor andere departementen. De kerntaken van Rijkswaterstaat zijn door de DWW vertaald in vijf werkvelden:

- wegenbouw
- water keren
- waterbeheer
- verkeersveiligheid
- grondstoffenvoorziening

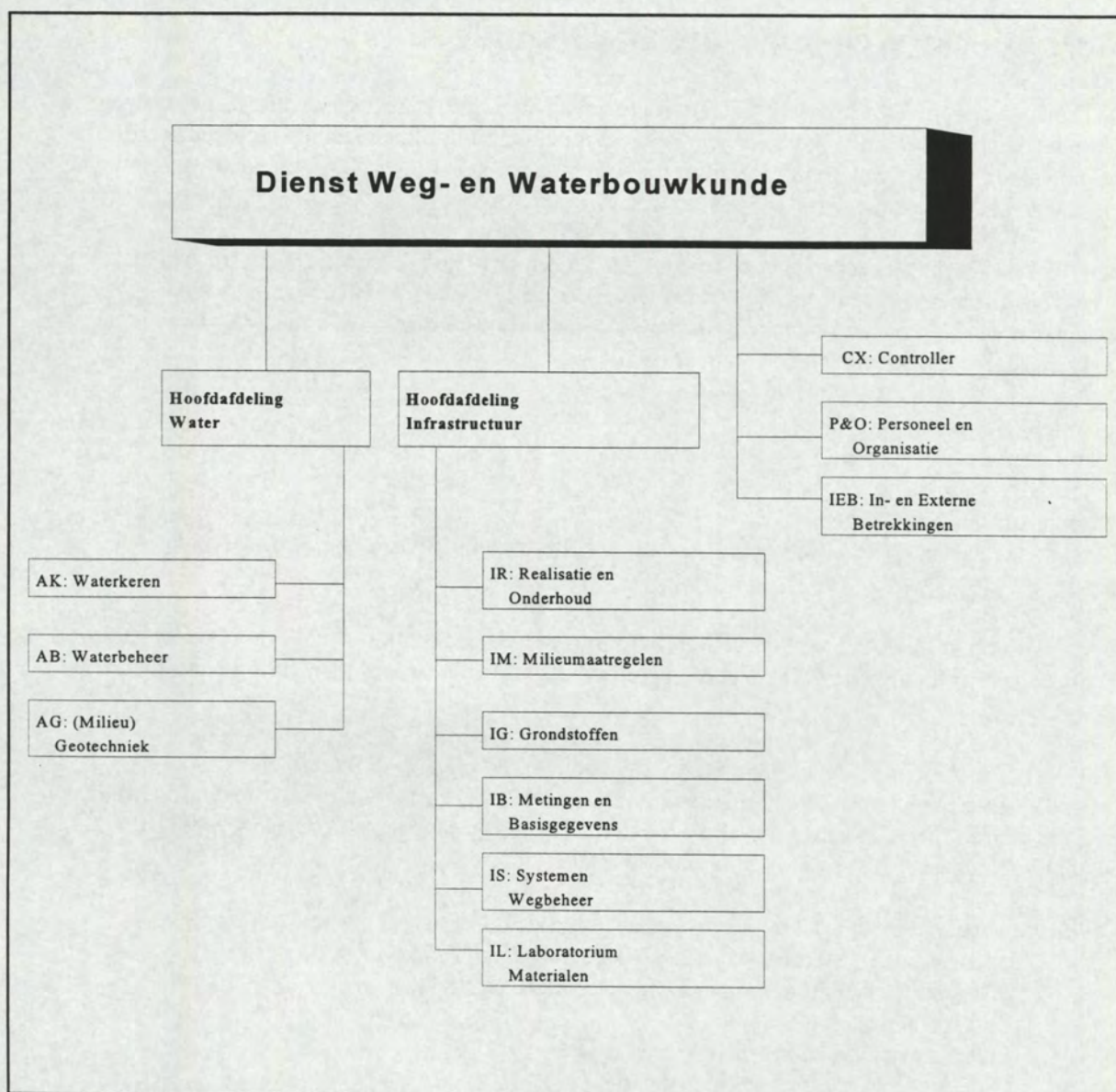
De werkzaamheden op deze werkvelden bestaan uit advisering, ontwikkeling en uitwisseling van kennis.

De DWW-organisatie bestaat uit **twee hoofdafdelingen: Infrastructuur en Water**. Daarnaast kent de dienst **drie stafafdelingen: Personeel & organisatie, Controllerafdeling en In- en Externe Betrekkingen**.

De Hoofdafdeling Water (A) bestaat uit de afdelingen Waterkeren (AK), Waterbeheer (AB) en (Milieu)Geotechniek (AG). De Hoofdafdeling Infrastructuur (I) bestaat uit de afdelingen Realisatie en Onderhoud (IR), Milieumaatregelen (IM), Grondstoffen (IG), Metingen en Basisgegevens (IB), Systemen Wegbeheer (IS) en Laboratorium Materialen (IL).

De afdeling Waterkeren houdt zich bezig met de volgende onderwerpen:

- Speciale Constructies (stormvloedkeringen, keersluizen, golfbrekers):
 - Hydraulische- en grondmechanische belastingen en sterktes,
 - Ontgrondingen,
 - Alternatieven voor constructies in den natte,
 - Dynamica van constructies in den natte.
- Beleidsvoorbereiding dijken en duinen:
 - Integrale benadering veiligheid en LNC-waarden,
 - Milieu Effect Rapportages (MER),
 - Natuurlijk kustbeheer en zeereepbegroeiing.
- Ontwikkeling Waterkeringskennis:
 - Hydraulica,
 - Grondmechanica en grondwaterstroming,
 - Berekening veiligheid tegen overstrooming,
 - Toetsing veiligheid tegen overstrooming,
 - Beheer en onderhoud waterkeringen,
 - Leidraden en ontwerpregels.



Afbeelding 3: organogram DWW

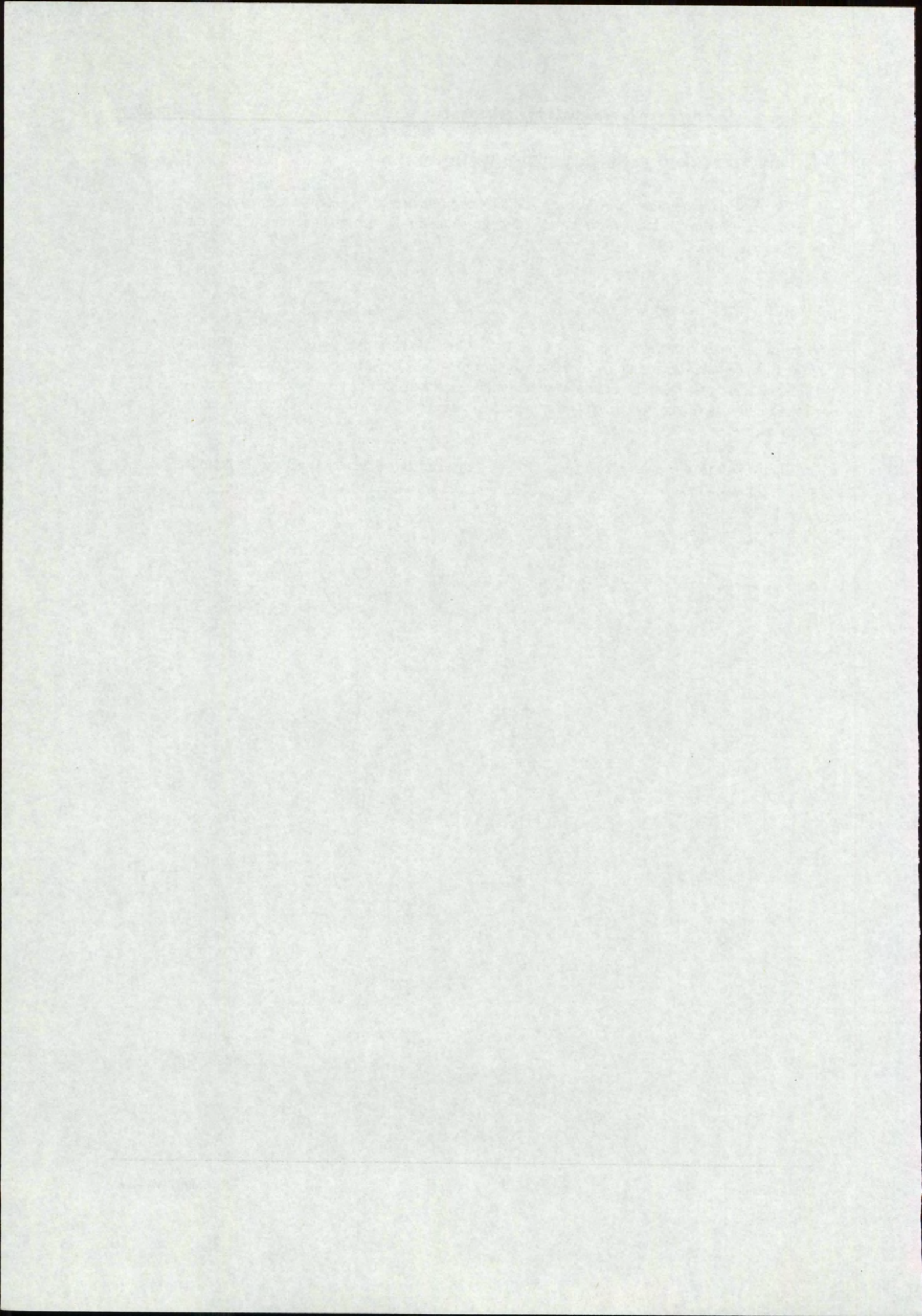
4. Bescherming tegen overstromingen

Om tot een verantwoorde waterbeheersing te komen heeft de overheid gezorgd voor waterkeringen. Deze waterkeringen moeten natuurlijk wel veilig zijn. Om dit rationeel te kunnen beoordelen dienen de leidraden van de TAW.

Dreiging van het water

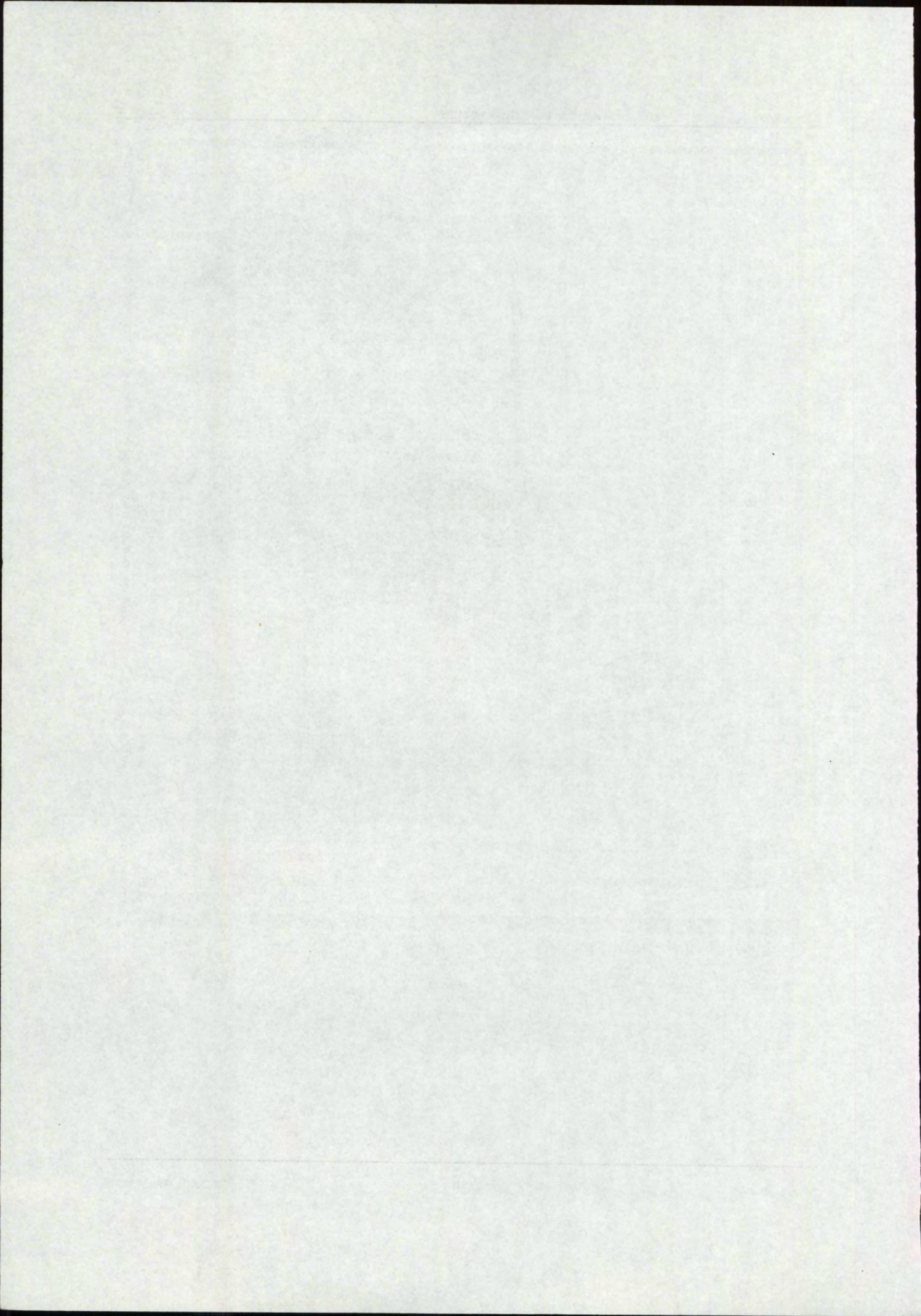
Iedereen herinnert zich wel de stormvloed van 1953. Op 1 februari 1953 zorgde een combinatie van springtij en een zeer hevige storm voor een overstroming van 136.512 hectare land en een verlies van 1835 mensenlevens. Door deze ramp werd Nederland weer eens met de neus op de feiten gedrukt: er zijn verdedigingswerken nodig tegen de immer dreigende zee. Deze verdedigingswerken noemen we waterkeringen.

Op afbeelding [4] is te zien welke de gevolgen voor ons land zijn, wanneer er geen waterkeringen zouden zijn.





Afbeelding 4: overstromingsgebied



Waterkeringen

De waterkeringen kunnen we onderverdelen in vaste waterkeringen en beweegbare waterkeringen. Voorbeelden van vaste waterkeringen zijn dijken en duinen. Deze worden zodanig ontworpen dat ze een bepaalde maatgevende belasting kunnen weerstaan. Deze maatgevende belasting wordt bepaald aan de hand van een wettelijk opgelegde overschrijdingsfrequentie.

Beweegbare waterkeringen zijn constructies zoals sluizen, coupures en stormvloedkeringen. Kenmerk van deze groep is dat de waterkering bij dreigend hoog water gesloten moet worden. Hiervoor is het nodig dat men van te voren voorspelt of sluiting noodzakelijk is. In Nederland zorgt de Stormvloed Waarschuwingsdienst van het RIKZ in samenwerking met het Koninklijk Meteorologisch Instituut voor de voorspellingen. De rivierafvoeren en IJsselmeerstanden worden door het RIZA voorspeld.

Om de veiligheid van Nederland te kunnen waarborgen is het land opgedeeld in 53 dijkkringgebieden. De definitie van een dijkkringgebied is dan ook: "Een gebied dat, door een stelsel van waterkeringen en/of hoge gronden, beveiligd moet zijn tegen overstroming, in het bijzonder bij hoge stormvloed, bij hoog oppervlaktewater van een van de grote rivieren, bij hoogwater van het IJsselmeer of bij een combinatie daarvan".

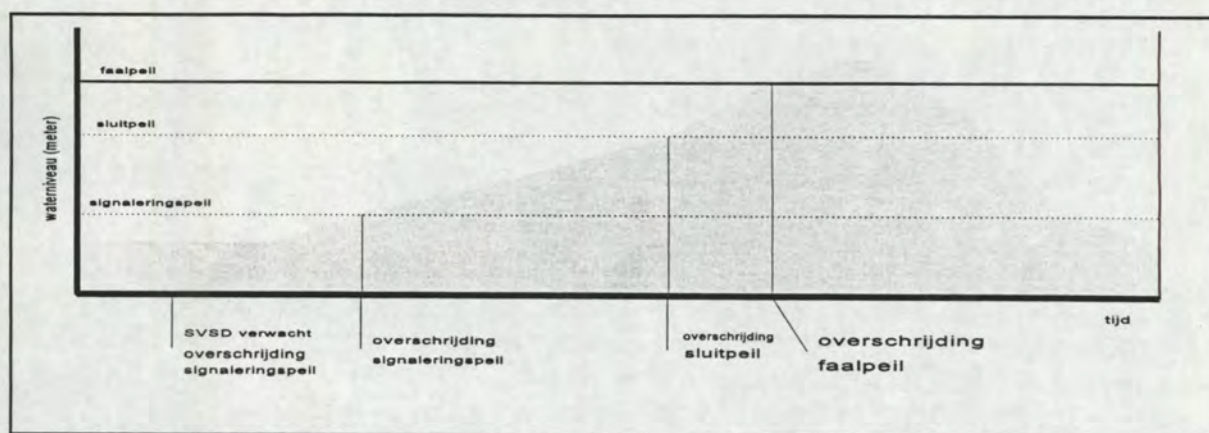
Dit verslag beperkt zich tot de analyse van beweegbare waterkeringen. Bij het beheer van deze waterkeringen zijn er een aantal aspecten, die in beschouwing genomen moeten worden om de betrouwbaarheid van de waterkering te kunnen bepalen. Denk bijvoorbeeld aan een goede werking van het sluitmechanisme, een juiste beslissing om de waterkering te sluiten, tijdige aanwezigheid van het bedienend personeel. Al deze gebeurtenissen hebben hun invloed op de uiteindelijke faalkans.

Betrouwbaarheid sluitingsoperatie

In de leidraad Waterkerende Kunstwerken en Bijzondere Constructies van 26 oktober 1994 worden de eisen geformuleerd die Rijkswaterstaat aan dergelijke keringen stelt. Het gaat hierbij om zowel constructieve aspecten als kerende hoogte en stabiliteit. Daarnaast gaat het hier ook om de betrouwbaarheid van de sluitingsoperatie.

Beweegbare waterkeringen zullen in veel gevallen zijn voorzien van één of meer afsluitmiddelen. In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de betrouwbaarheid van deze afsluitmiddelen.

Hierbij zijn drie begrippen van belang: de open keerhoogte, het keerpeil en het sluitpeil. De open keerhoogte is de kruinhoogte van de waterkering bij geopend afsluitmiddel. Het open keerpeil is de maximale waterstand die nog veilig gekeerd kan worden bij geopend afsluitmiddel. Het sluitpeil is de waterstand waarbij de sluitingsoperatie moet beginnen.



Afbeelding 5: de verschillende waterpeilen

De sluitingsoperatie faalt indien het afsluitmiddel niet gesloten is en de waterstand boven de open keerhoogte stijgt. Dit leidt direct tot "volledig falen" van de waterkering. De open keerhoogte is afhankelijk van de aard van het kunstwerk of constructie. In het geval van een coupure is de hoogte van de drempel de open keerhoogte, in het geval van een keersluis voor een binnenhaven is de hoogte van de binnenkade de open keerhoogte.

In verband met de in rekening te brengen waakhogte wegens golfoploop en onzekerheden in de waterstandsvoorspelling dient het afsluitmiddel gesloten te zijn als de waterstand het open keerpeil bereikt. Ook het open keerpeil is dus afhankelijk van de constructie (open keerhoogte en golfoploop). Met andere woorden: het open keerpeil bepaalt de kans dat de omstandigheid zich voordoet, dat het afsluitmiddel moet worden gesloten om falen van de waterkering te voorkomen. De kans dat het afsluitmiddel in deze omstandigheden niet gesloten zal worden (de kans op falen per aanvraag), wordt verder bepaald door het hoogwater waarschuwingssysteem, de procedure voor sluiting en bedrijfszekerheid van de afsluitmiddelen. In verband hiermee zal de sluitoperatie zelf moeten beginnen vòòrdat het open keerpeil wordt bereikt. Het peil waarbij de sluitoperatie moet beginnen heet het sluitpeil.

Afsluitmiddelen te sluiten bij waterstanden hoger dan sluitpeil.

De sluiting van de beweegbare waterkering wordt voldoende betrouwbaar geacht indien wordt voldaan aan de voorwaarde:

$$P_{fa} \leq 0,1 \cdot \text{norm}$$

$$P_{fa} = \text{actuele faalkans kunstwerk t.g.v. een falend afsluitmiddel [1/jaar]}$$

$$\text{norm} = \text{ontwerpfrequentie}^1 \text{ [1/jaar]}$$

Deze norm is wettelijk vastgelegd in de Wet op de Waterkering, voorbeelden zijn 1/1250 per jaar, 1/2000 per jaar, 1/4000 per jaar en 1/10.000 per jaar. Dit betekent dat de regering het risico accepteert van gemiddeld één overstroming in de zoveel jaar.

De actuele faalkans van een beweegbare kering wordt enerzijds bepaald door het aantal keren per jaar

¹ Ontwerpfrequentie: de frequentie van de hoogste hoogwaterstand, die een dijkvak veilig moet kunnen keren.

dat de kering moet worden gesloten en anderzijds door de kans op het tijdig gesloten zijn van de afsluitmiddelen, per vraag:

$$P_{fa} = n_j \cdot P_{ns}$$

n_j = het aantal keren per jaar dat de kering moet worden gesloten [vragen/jaar]
 P_{ns} = kans op niet sluiten, gegeven noodzaak [faalkans/vraag]

Het aantal keren per jaar dat de kering moet worden gesloten is gelijk aan de overschrijdingsfrequentie van het **sluitpeil**.

De kans op niet sluiten per aanvraag dient dus kleiner te zijn dan $0,1 \cdot \text{norm}/n_j$.

Bij de bepaling van de betrouwbaarheid van de sluitingsoperatie speelt de keuze van het signaleringspeil en het sluitpeil een belangrijke rol.

Bij een voorspelde dan wel een actuele waterstandsoverschrijding van het signaleringspeil wordt het bedienend en beslissend personeel gewaarschuwd. Bij een actuele waterstandsoverschrijding van het sluitpeil wordt de kering gesloten. De tijd tussen de overschrijding van het signaleringspeil en overschrijding van het sluitpeil dient voldoende groot te zijn om het bedienend personeel te mobiliseren. De tijd tussen de overschrijding van het sluitpeil en overschrijding van het open keerpeil dient voldoende groot te zijn om de kering te kunnen sluiten.

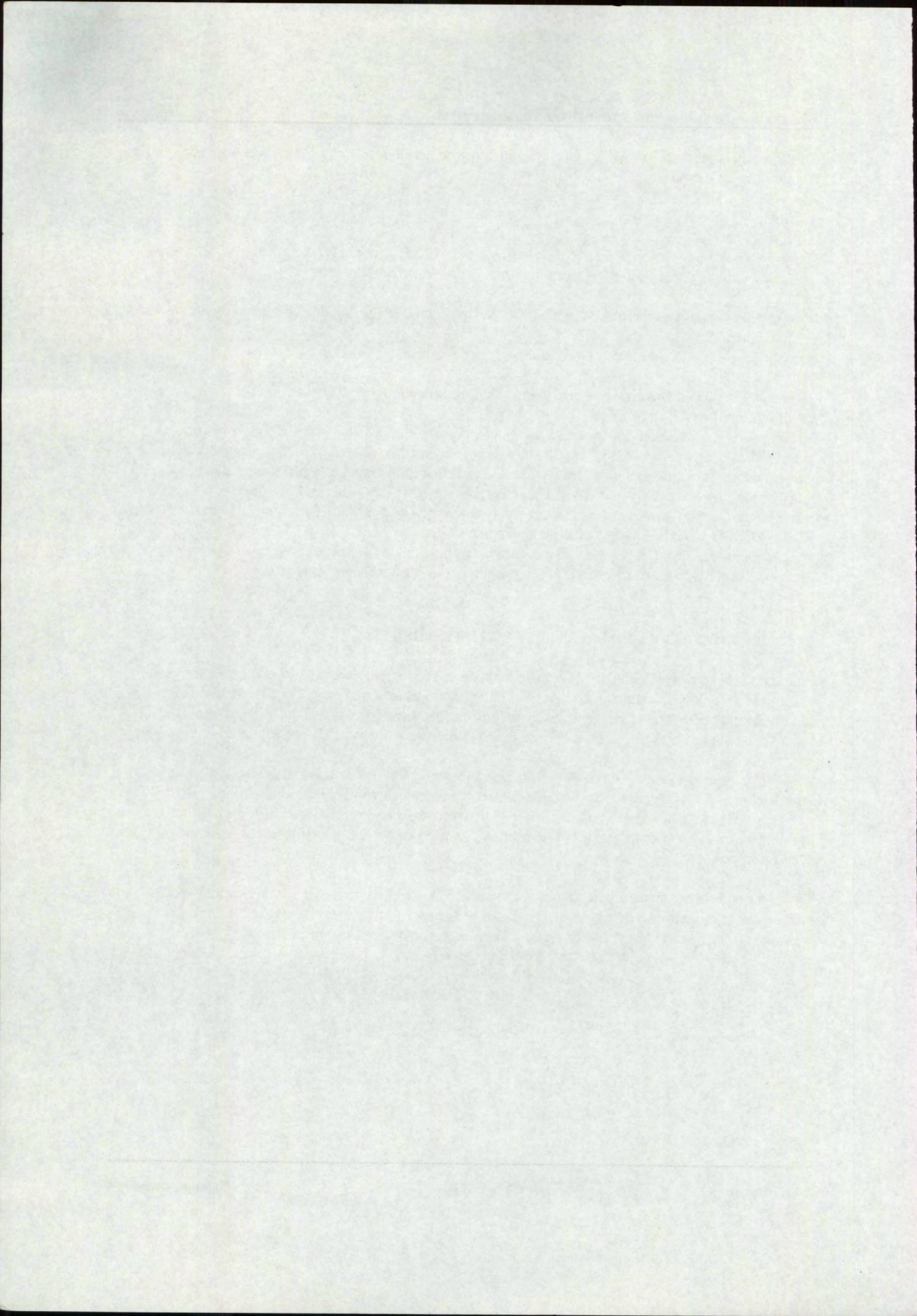
Merk op dat in het kust- en benedenrivierengebied rekening moet worden gehouden met een significant grotere stijgsnelheid van het buitenwater dan in het bovenrivierengebied.

Actuele faalkans van de beweegbare waterkering

Er zijn verscheidene methoden om de actuele faalkans te berekenen. Wel zullen we altijd eerst moeten kijken wat de faalmechanismen zijn. Falen wordt gedefinieerd als: "een constructie of onderdeel daarvan vervult een of meer van zijn gewenste functies niet meer". Het is dan ook noodzaak om eerst een inventarisatie te maken van de bedreigingen en faalmechanismen van de beweegbare waterkering.

Globaal kunnen we op twee verschillende manieren te werk gaan. We kunnen alle faaloorzaken in kaart brengen en vervolgens kijken wat de gevolgen van het falen zijn voor de waterkering (bottom-up). Ook kunnen we beginnen met het falen van de waterkering en vervolgens kijken wat hiertoe aanleiding geeft (top-down). Een gebeurtenisboom hoort bij de bottom-up aanpak, een foutenboom bij de top-down aanpak.

Wanneer het systeem in kaart gebracht is, zal men dit willen kwantificeren. Iedere gebeurtenis krijgt daartoe een kans op optreden en vervolgens wordt de faalkans van de topgebeurtenis berekend. In de praktijk is dit laatste echter niet zo eenvoudig, aangezien veel variabelen stochastisch zijn. Ook afhankelijkheden tussen de verschillende gebeurtenissen moeten in beschouwing genomen worden.



Literatuurlijst

- [RWS 67]: **Gedenkboek twee eeuwen Waterstaatswerken**, Rijkswaterstaat, Muller's drukkerij Amsterdam, 1967.
- [RWS 95]: **Jaarbericht Rijkswaterstaat 1994**, Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, mei 1995.
- [TAW 95]: **TAW: jaarverslag 1994**, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen,
september 1995.

