

Advies Waterveiligheid Tunnel NWO

definitief



Horvat & Partners is een onafhankelijk adviesbureau dat zich heeft gespecialiseerd in technische en operationele auditing, het geven van second opinions en het adviseren over niet routinematige projecten, processen en problemen binnen een (civiel)technische omgeving.

Dit rapport is opgesteld in opdracht van mevr. Helene Moors, projectdirecteur van het project Nieuwe Westelijke Oeververbinding van Rijkswaterstaat.

Er is namens Rijkswaterstaat een inhoudelijke review op dit rapport uitgevoerd door de heren Richard Jorissen en Tjalle de Haan.

Advies Waterveiligheid Tunnel NWO

definitief

ir. M.J.J. Boon
prof. drs. ir. J.K. Vrijling

Voor akkoord: prof. drs. ir. J.K. Vrijling

Rapportnummer: 13027-R-003

Rotterdam, 12 december 2013

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding.....	1
1.2	Doelstelling en onderzoeksvragen	2
1.3	Scope.....	2
1.4	Aanpak en werkzaamheden.....	3
1.5	Resultaat	3
1.6	Leeswijzer	3
2	Wet- en regelgeving waterveiligheid.....	4
2.1	Huidige situatie	4
2.2	Verwachting toekomstige situatie.....	5
3	Alternatieven voor kanteldijk.....	9
4	Faalkansanalyse.....	10
4.1	Buitenwater stroomt de tunnelbuis in	10
4.2	Afsluiting faalt	14
4.3	Resultaat faalkansanalyse.....	16
5	Gevolganalyse.....	18
6	Risicoprofiel kanteldijk	20
6.1	Overstromingskans tunnel met kanteldijk	20
6.2	Gevolgen	22
7	Conclusie en aanbevelingen	23
7.1	Conclusies	23
7.2	Aanbevelingen voor mogelijk aanvullend onderzoek	24
	Bijlage A: Documentenlijst	a
	Bijlage B: Foutenbomen.....	b

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat de bereikbaarheid van de Rotterdamse regio over de weg nog niet optimaal is. Er zijn daarom investeringen nodig in nieuwe wegen. Eén van de investeringen die onderzocht wordt om de bereikbaarheid van Rotterdam te verbeteren is een Nieuwe Westelijke Oeververbinding (NWO). De NWO is de verbinding tussen de A15 Maasvlakte/Mainport Rotterdam en de A20 Westland/Haaglanden. In de eerste helft van 2013 is de ontwerp-rijksstructuurvisie voor de NWO gepubliceerd.

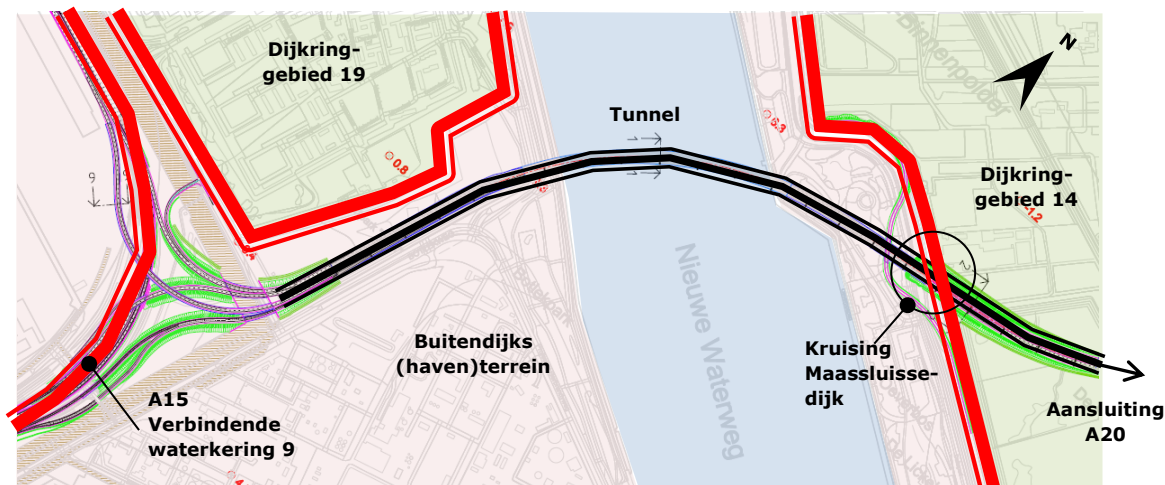
De Minister van Infrastructuur en Milieu heeft in de ontwerp-rijksstructuurvisie (d.d. 2 april 2013) haar voorkeur uitgesproken voor de Blankenburgverbinding, variant Krabbeplass-West. Bij deze variant kruist de NWO de Nieuwe Waterweg ter hoogte van Rozenburg (zuidoever) en Vlaardingen (noordoevers) middels een zinktunnel. Ten behoeve van de inpassing zal de verdiepte ligging van de weg op de noordelijke oever tussen het spoor en de Zuidbuurt worden overkapt. Zo ontstaan er twee tunnels, van elkaar gescheiden door een wegvak met een kanteldijk.

De weg kruist aan de noordzijde van de Nieuwe Waterweg de Maassluisdijk; een primaire waterkering van de categorie a¹. De Maassluisdijk is onderdeel van dijkkring 14: Zuid-Holland en in het beheer bij het Hoogheemraadschap van Delfland. De weg sluit aan de zuidzijde van de NWO aan op de A15, welke onderdeel uitmaakt van de Europoortkering (verbindende waterkering 9) tussen dijkkring 19 (Rozenburg) en de Hartelkering. De Europoortkering is een primaire waterkering van de categorie b² en is in beheer bij Rijkswaterstaat.

Het maaiveld in de polder direct achter de waterkering van dijkkring 14 ligt tussen NAP -2 à -3 m. Het huidige ontwerp van de Blankenburgverbinding bevat daarom een kanteldijk ter hoogte van de doorkruising van de Maassluisdijk, die moet voorkomen dat bij het bezwijken van tunnel de achterliggende polder, deel van dijkkring 14, overstroomt. De kanteldijk heeft echter belangrijke nadelen voor o.a. inpassing en kosten. Rijkswaterstaat beziet de mogelijkheden om de tunnel onder de Nieuwe Waterweg en de tunnel naar de aansluiting op de A20 als één tunnel uit te voeren, waarbij de kanteldijk zou kunnen vervallen; mogelijk door toepassing van een alternatieve voorziening. Een en ander is weergegeven in Figuur 1.

¹ Waterkeringen uit de categorie a zijn dijken, duinen en kunstwerken die rechtstreekse bescherming bieden tegen het buitenwater (de zee, de grote rivieren, het IJsselmeer of het Markermeer).

² Waterkeringen uit de categorie b zijn verbindende waterkeringen, ze verbinden waterkeringen uit de categorie a of uit de categorie c.



Figuur 1: Situatie NWO en Blankenburgtunnel

Rijkswaterstaat heeft Horvat & Partners gevraagd een advies uit te brengen over de mogelijke alternatieven voor de kanteldijk in relatie tot de regelgeving m.b.t. waterveiligheid. Voorliggend rapport bevat dit advies.

1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

De doelstelling van het advies is:

"Het bieden van inzicht in de mogelijke alternatieven voor toepassing van een de kanteldijk in de Blankenburgtunnel m.b.t. de wettelijke eisen t.a.v. waterveiligheid."

De bijbehorende onderzoeksvragen zijn:

1. Welke ruimte biedt de regelgeving op het gebied van waterveiligheid?
2. Welke alternatieven voor een kanteldijk (die de inpassing van de tunnel verbeteren en de kosten verlagen) zijn er geïdentificeerd en zijn er nog andere mogelijkheden?
3. Wat is het risicoprofiel t.a.v. waterveiligheid van deze alternatieven?

Een aanvullende vraag van RWS, gesteld tijdens de workshop van 27 augustus 2013, is:

4. Wat is het risicoprofiel m.b.t. waterveiligheid van een kanteldijk in de Blankenburgtunnel?

1.3 Scope

Aandachtspunten met betrekking tot de scope zijn:

- Het advies van Horvat & Partners heeft betrekking op de Blankenburgverbinding, variant Krabbeplass-West, met de voorziene toepassing van een kanteldijk in de Blankenburgverbinding.
- Er zijn verschillende mogelijke oorzaken van overstroming van het achterland. Globaal te onderscheiden zijn het falen van de tunnel (bijvoorbeeld door het lek raken van de tunnel) en het falen van de waterkeringen (dijken) die het achterland beschermen. Deze studie beschrijft uitsluitend de faalkansen, effecten en mogelijke maatregelen in relatie tot het falen van de tunnel.
- In onderhavig rapport wordt alleen ingegaan op de invloed van alternatieven voor de kanteldijk op het overstromingsrisico van dijkkring 14 volgens bovengenoemd scenario. Falen van de Blankenburgtunnel vormt geen gevaar voor de gebieden van de zuidkant van de tunnel. De tunnel sluit aan de zuidkant van de NWO immers aan op verbindende waterkering 9 die wordt omringd door "buitenwater" (Nieuwe Waterweg aan de noordkant, Hartelkanaal aan de zuidkant). Dijkkringgebied 19: Rozenburg loopt geen gevaar voor overstroming bij falen van de tunnel. De tunnel kruist de waterkering van de dijkkring 19 namelijk niet.

- Deze rapportage gaat in op het effect op de waterveiligheid van het falen van de Blankenburgtunnel bij alternatieven voor de kanteldijk. Het effect van de aansluiting van de tunnel op de primaire waterkering³ valt buiten de scope.
- De interactie tussen waterveiligheid en tunnelveiligheid is niet beschouwd.
- Een beschouwing van de financiële gevolgen van alternatieven voor de kanteldijk valt buiten de scope van dit onderzoek.

1.4 Aanpak en werkzaamheden

De aanpak is er op gericht een beeld te krijgen of alternatieven voor de kanteldijk realistisch zijn vanuit het oogpunt van waterveiligheid. De onderhavige rapportage is een eerste verkenning op de hoofdlijnen van de problematiek. Een eventuele verdiepingsslag is nodig indien alternatieven voor de kanteldijk realistisch en aantrekkelijk lijken.

Om het doel te bereiken en de onderzoeksvragen te beantwoorden, zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

- Documentenanalyse (van zowel projectspecifieke informatie als informatie t.a.v. de ontwikkelingen t.a.v. waterveiligheidsbeleid).
- Gesprek met dhr. J. van de Velde van Witteveen+Bos, d.d. 15 augustus 2013.
- Informeel contact met medewerker project Veiligheid in Kaart 2.
- Informeel contact met medewerker Deltaprogramma, deelprogramma Veiligheid.
- Korte presentatie (circa 15 minuten) van de onderzoeksresultaten op hoofdlijnen tijdens de workshop d.d. 27-8-2013 (presentatie 13027-S-003).
- Het opstellen van de onderhavige rapportage.

1.5 Resultaat

De in paragraaf 1.4 genoemde werkzaamheden resulteren in onderhavige rapportage die een advies op hoofdlijnen bevat, waarmee inzicht wordt verkregen in de kansrijkheid van de alternatieven, gezien vanuit het oogpunt van waterveiligheid.

Tevens wordt opgemerkt dat de analyses die in het kader van deze opdracht zijn uitgevoerd niet alleen een beeld geven van het (verwachte) risicoprofiel van het ontwerp, maar tevens handvaten bieden voor verdere optimalisatie van het Structuurvisie-ontwerp.

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt ingegaan op de huidige en nieuwe regelgeving voor waterveiligheid (beantwoording onderzoeksvraag 1) en vormt feitelijk het toetskader voor onderhavig advies. Hoofdstuk 3 geeft enkele (principes voor) alternatieven voor de kanteldijk (beantwoording onderzoeksvraag 2). Een beschrijving van het risicoprofiel van deze alternatieven volgt in hoofdstuk 4 (kansen) en hoofdstuk 5 (gevolgen) (beantwoording onderzoeksvraag 3). Ter vergelijking volgt in hoofdstuk 6 een beschrijving van het risicoprofiel van de kanteldijk (beantwoording onderzoeksvraag 4). Hoofdstuk 7 sluit af met de conclusies en aanbevelingen.

Bijlage A van dit rapport bevat een documentenlijst. Naar de documenten in deze lijst wordt verwezen middels [nummer].

Ontwerpers maar ook beleidsmakers e.a. wordt aangeraden het gehele rapport te lezen, aangezien het belangrijke aandachtspunten voor optimalisatiemogelijkheden van het ontwerp bevat, die niet integraal in hoofdstuk 7 zijn opgenomen.

³ Bij het ontwerp van de tunnel zal o.a. rekening moeten worden gehouden met het mechanisme onder- en achterloopsheid.

2 Wet- en regelgeving waterveiligheid

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de ruimte die de wet- en regelgeving biedt ten aanzien van waterveiligheid. Omdat de wet- en regelgeving binnen afzienbare termijn (2017) zal wijzigen, wordt in dit hoofdstuk zowel ingegaan op de huidige situatie (paragraaf 2.1) als de verwachting voor de toekomstige situatie (paragraaf 2.2).

2.1 Huidige situatie

Op 22 december 2009 is de Waterwet in werking getreden. De Waterwet is een samenvoeging van een achttal wetten. Een van deze acht wetten is de Wet op de waterkering die algemene regels bevat ter verzekering van de beveiliging door waterkeringen tegen overstromingen door het buitenwater. Deze regelgeving maakt sinds 2009 onderdeel uit van de Waterwet.

De Waterwet vormt de basis van aanleg, verbetering en onderhoud van waterkeringen en geeft voor alle dijkkringgebieden een veiligheidsnorm. De normering binnen de huidige regelgeving is gebaseerd op de kans van optreden van een hydraulische belasting (waterstand en golfbelasting) die een waterkering nog veilig moet kunnen keren. In de dijkvakbenadering die conform de huidige regelgeving wordt gehanteerd, wordt ieder dijkvak (of kunstwerk) apart getoetst of ontworpen aan een normwaarde voor de hydraulische belasting.

Voor dijkkring 14 bedraagt de normfrequentie 1/10.000 per jaar, wat betekent dat de waterkeringen zijn ontworpen op een hydraulische belasting met kans van overschrijden van 1/10.000 per jaar.

Rekenregels voor toetsing en ontwerp van waterkeringen zijn vastgelegd in leidraden en technische rapporten. Het gebruik hiervan wordt door de Waterwet (artikel 2.6) aanbevolen. Een belangrijke leidraad voor (het toetsen en ontwerpen van) waterkerende kunstwerken is de Leidraad Kunstwerken [011].

In de Leidraad kunstwerken worden de faalkanseisen van de kering gerelateerd aan de norm voor het dijkkringgebied, zoals vastgelegd in de Waterwet. Deze eis is in de Leidraad Kunstwerken [011] bij de vertaling naar een praktisch bruikbare formulering opgesplitst in eisen ten aanzien van:

- de kerende hoogte⁴ van het waterkerende kunstwerk;
- de betrouwbaarheid van de afsluitmiddelen van het waterkerende kunstwerk;
- de sterkte en stabiliteit⁵ van het waterkerende kunstwerk.

In het kader van deze opdracht is de betrouwbaarheid van het afsluitmiddel relevant. De Leidraad [011] geeft als eis dat de gemiddelde kans per jaar op overschrijding van het toelaatbaar instromend volume buitenwater via het geopende kunstwerk een factor 10 kleiner dan de normfrequentie dient te zijn.⁶

⁴ De kerende hoogte is voor een afsluitmiddel in een tunnelbuis niet relevant, er kan immers geen water over een gesloten schuif in een tunnelbuis stromen.

⁵ Sterkte en stabiliteit zijn geen onderdeel van de beschouwing in dit rapport omdat deze geen beperking vormen voor de technische haalbaarheid. Vanuit sterkte en stabiliteit volgt feitelijk een ontwerpogave die overigens wel invloed heeft op de financiële haalbaarheid; dit valt buiten de scope van dit onderzoek.

⁶ In bijlage B3 van de Leidraad Kunstwerken wordt deze eis gepresenteerd voor diverse kunstwerken, waaronder tunnels zonder kanteldijken. Deze eis (en de bijbehorende beoordelingsmethodiek) wordt daarmee verondersteld van toepassing te zijn op de Blankenburgtunnel met alternatieven voor de kanteldijk.

Voor de Blankenburgtunnel resulteert de huidige wet- en regelgeving ten aanzien van waterveiligheid in een faalkanseis van $0,1 \times 1/10.000 = 1/100.000$ (10^{-5}) per jaar voor het overschrijden van een toelaatbaar instromend volume buitenwater.

Opgemerkt wordt dat een concrete kwantificering van het begrip “toelaatbaar” ontbreekt. Voor wat betreft de gevolgen van overstroming geeft de huidige regelgeving dan ook geen toetsingskader voor de beoordeling van maatregelen.

2.2 Verwachting toekomstige situatie

Proces

Een aandachtspunt is in dit kader dat ten aanzien van de regelgeving met betrekking tot waterveiligheid ingrijpende veranderingen worden verwacht. De minister van Infrastructuur & Milieu heeft aangegeven (brief d.d. 26 april 2013 [001]) dat ze de overstap wil maken naar een veiligheidsbenadering o.b.v. de overstromingskans (in plaats van de overschrijdingskans). Daarbij zullen normen opnieuw moeten worden vastgesteld.

Momenteel wordt er in het kader van het Deltaprogramma, deelprogramma Veiligheid gewerkt aan een voorstel voor een nieuwe normering, dat uiteindelijk moet resulteren in een kabinetsbesluit, dat nieuwe beschermingsniveaus voor waterveiligheid inhoudt. De nieuwe normen worden vervolgens juridisch vastgelegd.

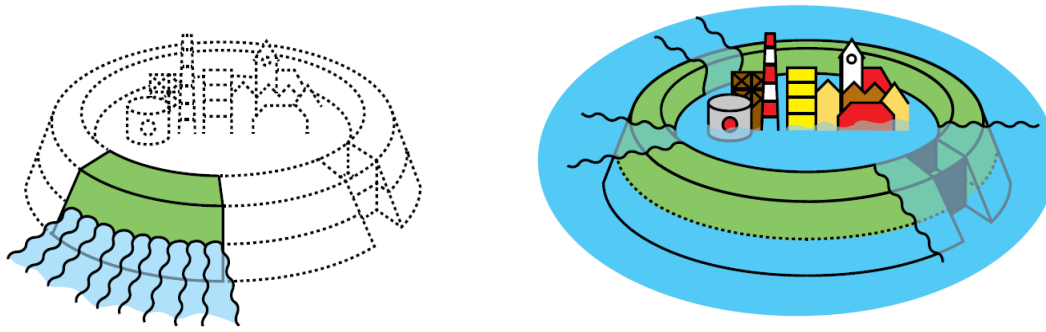
De juridische verankering (inclusief toets en ontwerpinstrumentarium) wordt pas in 2017 verwacht [022]. Tot dat de nieuwe normen juridisch zijn vastgelegd, gelden de huidige normen zoals vastgelegd in de Waterwet. Echter, om inzicht te bieden in de onzekerheid die de ontwikkelingen op het gebied van wet- en regelgeving t.a.v. waterveiligheid met zich meebrengen, is in dit hoofdstuk een beschrijving opgenomen van zowel de huidige als (de verwachting voor) de nieuwe regelgeving.

Principes

Hoewel de verankering (wetsaanpassing) van de nieuwe regelgeving nog in de toekomst ligt, zijn de principes achter de actualisering van het waterveiligheidsbeleid bekend. De wijzigingen ten opzichte van de huidige situatie die binnen het Deltaprogramma, deelprogramma Veiligheid worden uitgewerkt, zijn tweeledig:

- De norm voor dijkringen verandert van een overschrijdingskans naar een overstromingskans, gebaseerd op een risicobeschouwing.
- De nieuwe regelgeving gaat uit van een dijkkringbenadering (in tegenstelling van de dijkvakbenadering waar de huidige regelgeving vanuit gaat).

De genoemde verschillen tussen de huidige en nieuwe regelgeving t.a.v. waterveiligheid zijn in Figuur 2 geïllustreerd.



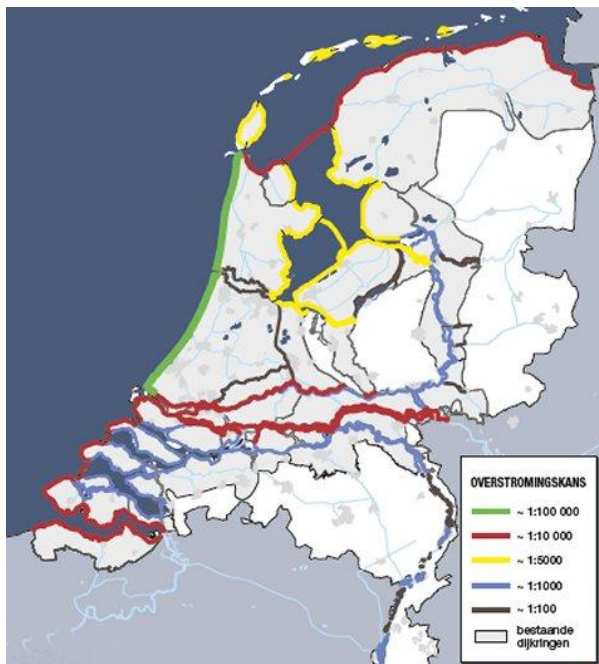
Figuur 2: Vergelijking overschrijdingskans en dijkvakbenadering (links) met overstromingsrisico en dijkkringbenadering (rechts) [003].

Waterkeringstrajecten

De verwachting is dat in de nieuwe regelgeving normen voor overstromingskans worden toegekend aan individuele "waterkeringstrajecten" binnen een dijkkring. De hoogte van de norm per waterkeringstraject is afhankelijk van de gevolgen van overstroming binnen dat traject in termen van economische schade en slachtoffers. Indien de mogelijke gevolgen relatief groot zijn, dan zal een strengere overstromingskansnorm worden toegekend (dus een kleinere overstromingskans). Anderzijds kan aan ringdelen waarvoor geldt dat een doorbraak slechts relatief kleine gevolgen heeft, juist een minder strenge overstromingskansnorm worden toegekend. Bij het toekennen van de overstromingskansen aan de ringdelen binnen een dijkkring, wordt hierdoor expliciet rekening gehouden met het overstromingsrisico voor het desbetreffende dijkkringgebied.

Een voorbeeld van een dergelijke verdeling is opgenomen in Figuur 3. De kaart is een voorstel van prof.dr.ir. Matthijs Kok, hoogleraar Waterveiligheid aan de TU Delft. In deze figuur is voor de dijk van dijkkring 14 langs de Nieuwe Waterweg een overstromingskans van 1/10.000 per jaar toegekend, terwijl aan de waterkering langs de Noordzeekust een overstromingskans van 1/100.000 is toegekend. Er moet benadrukt worden dat de kaart met overstromingskansen slechts ter illustratie is opgenomen.

Binnen het deelprogramma Veiligheid wordt momenteel een vergelijkbare kaart met overstromingskansen per waterkeringstraject ontwikkeld.



Figuur 3: Voorstel nieuwe normen voor overstromingskansen

De hoogte van de overstromingskansen van het waterkeringstraject waarbinnen de Blankenburgtunnel ligt, is nog niet officieel bekend. Horvat & Partners heeft echter via informele weg informatie kunnen verkrijgen vanuit het Deelprogramma Veiligheid. De overstromingskansen van het waterkeringstraject ter hoogte van Vlaardingen wordt nu ingeschat op 10^{-4} (1/10.000) per jaar. Horvat & Partners sluit echter niet uit dat bij de definitieve verankering een strengere norm zal worden vastgelegd en gaat er daarom van uit dat de uiteindelijke norm voor de overstromingskansen zal liggen tussen 10^{-4} en 10^{-5} (1/10.000 en 1/100.000) per jaar.

Verdeling van faalkansruimte

Binnen elk waterkeringstraject wordt de overstromingskansen, die feitelijk een soort "faalkansruimte" vertegenwoordigt, verdeeld over de verschillende faalmechanismen. Daarnaast vindt een verdeling plaats over de verschillende dijkvakken en kunstwerken. De wijze van verdelen van de faalkansruimte over de faalmechanismen en dijken/kunstwerken is nog niet bekend. In het kader van onderhavig advies is een aanname gedaan voor de verdeling van de faalkansruimte. Deze aanname is gebaseerd op expert judgment en is naar mening van Horvat & Partners conservatief van aard.

Ten behoeve van onderhavig advies is aangenomen dat voor het falen door niet sluiten van de kunstwerken in dit traject een faalkansruimte van 10% van deze norm beschikbaar is⁷. De overige 90% dient te worden toebedeeld aan de overige faalmechanismen. De faalkansruimte voor niet sluiten moet worden verdeeld over de kunstwerken die gelegen zijn binnen het traject. Er wordt hier aangenomen dat sprake is van een tiental kunstwerken⁸ en dat de faalkansruimte evenredig verdeeld wordt over deze kunstwerken. Voor de Blankenburgtunnel is daarmee 10% van de faalkansruimte voor niet sluiten beschikbaar.

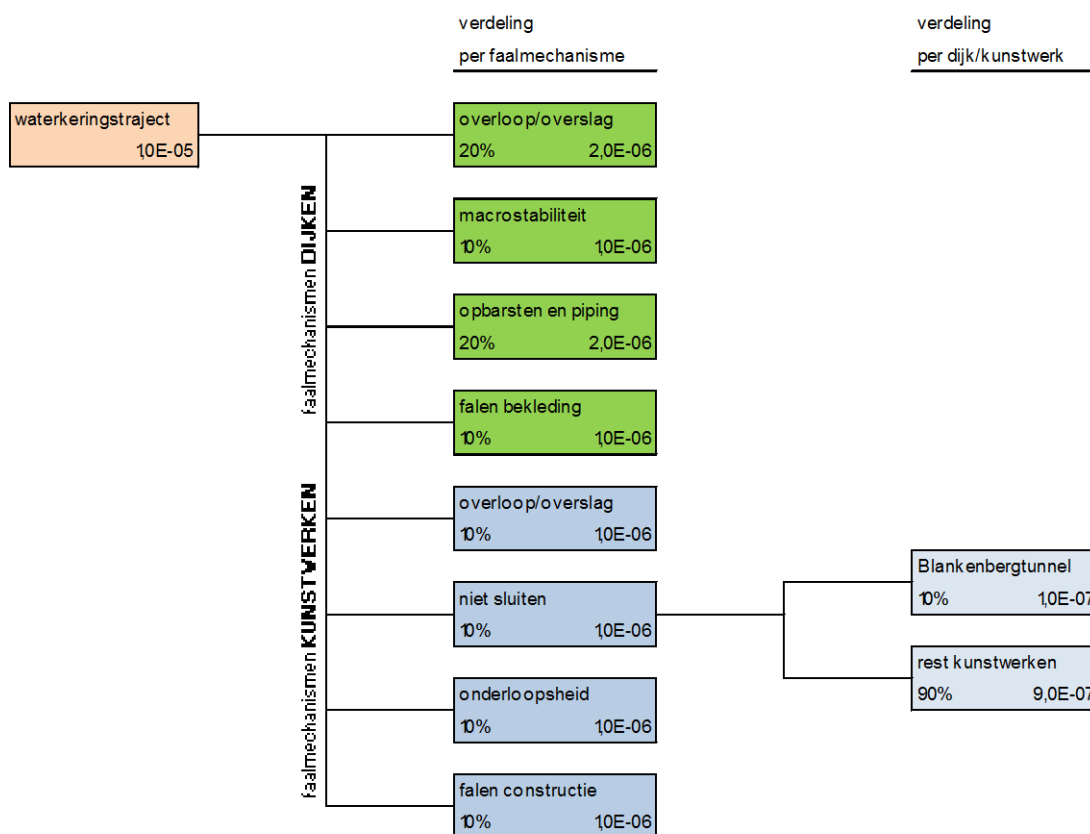
⁷ Het is niet exact bekend welke bijdrage de verschillende faalmechanismen hebben in de huidige situatie. Hier is daarom een conservatieve keuze gemaakt op basis van engineering judgement.

⁸ De exacte lengte en ligging van het waterkeringstraject is niet bekend en daarmee ook het aantal kunstwerken niet. De keuze voor tien kunstwerken is conservatief.

De faalkanseis voor niet sluiten van de Blankenburgtunnel zal bij deze verdeling liggen tussen 10^{-6} en 10^{-7} ($1/1.000.000$ en $1/10.000.000$) per jaar. Deze bandbreedte houdt rekening met de onzekerheid in de overstromingskansnorm van het waterkeringstraject.

Deze wijze van verdeling is geschematiseerd weergegeven in Figuur 4 en is een bovengrensschatting. Deze is namelijk gebaseerd op de onafhankelijke optelling van faalkansen. Indien rekening wordt gehouden met afhankelijkheden⁹, dan is de faalkansruimte voor het niet sluiten van de Blankenburgtunnel groter en dus de faalkanseis minder streng.

Het bovenstaande geeft een indicatief toetskader voor de beoordeling van maatregelen voor wat betreft de invloed op de overstromingskans. Voor zover bekend, zal er geen specifiek toetskader voor de gevolgen van overstroming worden ontwikkeld. De nieuwe normering voor overstromingskansen is namelijk al expliciet gebaseerd op de gevolgen van een overstroming, waarmee bij toetsing (van o.a. het ontwerp van de Blankenburgtunnel) dus impliciet rekening wordt gehouden met de gevolgen van overstroming.



Figuur 4: Mogelijke verdeling van faalkansruimte t.b.v. Blankenburgtunnel

⁹In werkelijkheid kan er voor bepaalde faalmechanismen sprake zijn van een sterke afhankelijkheid tussen de dijkvakken en kunstwerken. Een prominent voorbeeld van een faalmechanisme waarvoor de afhankelijkheid tussen dijkvakken groot is, is overloop en golfoverslag. De faalkans van dit faalmechanisme wordt in grote mate bepaald door de hoogwaterstand, welke sterk gecorreleerd is langs de waterkering. Dat wil zeggen dat indien op een locatie langs de dijkkring een extreme hoogwaterstand optreedt, het zeer waarschijnlijk is dat ook op een locatie enkele kilometers verderop sprake is van een extreme hoogwaterstand. In een dergelijke situatie volgt de faalkans voor het mechanisme overloop en golfoverslag niet uit de optelling ($\sum P_{f,i}$) maar uit het maximum van faalkansen voor dit mechanisme ($\max\{P_{f,i}\}$). In het algemeen geldt: $\max\{P_{f,i}\} < P_{f,\text{systeem}} < \sum P_{f,i}$.

3 Alternatieven voor kanteldijk

Horvat & Partners beschouwd een drietal opties als alternatief voor de kanteldijk. Dit zijn:

- 1 Tunnel zonder afsluitmiddel
- 2 Tunnel zonder afsluitmiddel, met procedure voor noodsluiting
- 3 Tunnel met permanent aanwezig afsluitmiddel

Ad. 1: Er kan worden overwogen om de tunnel uit te voeren zonder afsluitmiddel. Door de tunnel betrouwbaar genoeg (lees: sterk genoeg) uit te voeren, kan de kans op bezwijken worden beperkt tot een waarde lager dan de faalkanseis conform wet- en regelgeving.

Ad. 2: Voor een tunnel zonder permanent aanwezig afsluitmiddel kan een noodmaatregel (procedureel) vast worden gelegd, waarmee na bezwijken van de tunnel binnen afzienbare tijd (enkele uren) de tunnel alsnog gedicht kan worden. Een dergelijke noodmaatregel kan bijvoorbeeld zijn het storten van zand of klei in de tunnelmond. Ook interessant zijn in dit kader mobiele opblaasbare of met water gevulde noodkeringen. De uitvoerbaarheid hiervan is echter een aandachtspunt en mocht het lukken de tunnel te dichten, dan zal in het achterland (Vlaardingen en Maassluis) mogelijk al schade zijn opgetreden.

Ad. 3: In plaats van een (ad hoc) noodmaatregel, kan men kiezen om een permanent aanwezig afsluitmiddel in het tunnelontwerp op te nemen. Er kan hierbij gedacht worden aan:

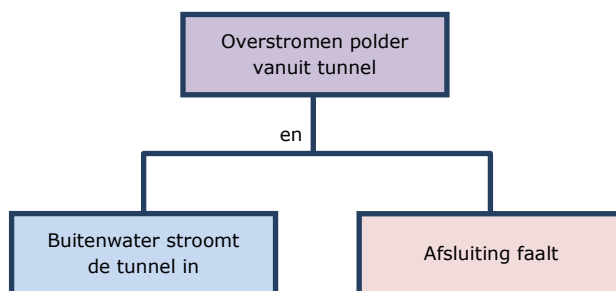
- Een hefdeur, die men verticaal laat zakken om de tunnelbuis af te sluiten.
- Twee puntdeuren die scharnierend vanuit een sparing in de tunnelwand de tunnelbuis kan sluiten.
- Een enkele klepdeur, die eveneens scharnierend vanuit een sparing in de tunnelwand de tunnelbuis kan sluiten.
- Een roldeur, die vanuit een sparing in de tunnelwand horizontaal de tunnelbuis wordt ingeschoven.
- Een balgstuw, die vanuit vloer of plafond de tunnelbuis sluit.
- een zogenaamde plofsluis, bestaand uit bakken met materiaal dat door ontploffing vrijkomt en de tunnelbuis afsluit.

4 Faalkansanalyse

Dit hoofdstuk bevat de faalkansanalyse voor de topgebeurtenis “overstromen van de polder vanuit de tunnel”. De kans van optreden van de topgebeurtenis is het gevolg van een tweetal “hoofdgebeurtenissen”, te weten:

1. Het (op enige manier) instromen van buitenwater in de tunnel.
2. Het falen van de voorziening die in dat geval het uitstromen van water in de polder moet voorkomen.

Een en ander is weergegeven in Figuur 5. Bijlage B bevat de verder uitgewerkte foutenboom waarin de jaarlijkse kans op overstromen van de polder is bepaald.



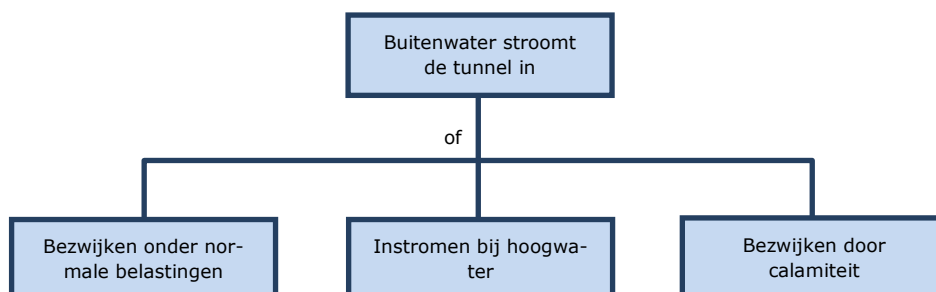
Figuur 5: Foutenboom voor overstromen van de polder vanuit de tunnel

De paragrafen 4.1 en 4.2 bevatten een nadere onderbouwing van in de foutenboom gebruikte faalkansen bij respectievelijk de kans op instroom van water in de tunnel en de kans op falen van de afsluiting van de tunnel. Paragraaf 4.3 combineert deze beide tot de kans op overstromen.

4.1 Buitenwater stroomt de tunnelbuis in

In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de faalmechanismen die er toe kunnen leiden dat water de tunnel instroomt¹⁰. De volgende mechanismen worden beschreven:

- bezwijken van de tunnel onder normale belastingen;
- instroom van buitenwater via de zuidelijke tunnelmond of vluchtschacht in geval van hoogwater;
- bezwijken tunnel als gevolg van schade door een calamiteit (verkeers- of scheepvaartongeval).



Figuur 6: Foutenboom voor overstromen van de polder

Een nadere beschrijving per faalmechanisme is opgenomen in het vervolg van deze paragraaf. Hieronder wordt al kort ingegaan op de resultaten.

¹⁰ Het onder “normale” omstandigheden volstromen van de tunnel met lekwater valt hierbuiten.

De foutenboom in bijlage B resulteert in een faalkans voor instromen van buitenwater in de tunnel van $2,2 \cdot 10^{-5}$ (1/46.000) per jaar. Deze faalkans wordt in grote mate (95%) bepaald door de kans van optreden van een verkeers- of scheepvaartongeval dat tot bezwijken van de tunnel leidt. De bijdrage van andere faalmechanismen is aanmerkelijk kleiner en levert een relatief beperkte bijdrage aan de totale faalkans.

Bij de berekening van de faalkans voor instromen van buitenwater in de tunnel is uitgegaan van een bovengrensbepaling die hoort bij een seriesysteem¹¹. Dat wil zeggen dat de faalkans volgt uit de som van faalkansen van afzonderlijke gebeurtenissen.

4.1.1 Bezwijken tunnel onder normale belastingen

Hiermee wordt bedoeld het bezwijken van de tunnel onder de "dagelijkse" belastingen (bijv. grond- en waterdruk). Dit om onderscheid te maken met de extreme/uitzonderlijke belastingen door bijvoorbeeld verkeers- of scheepvaartongevallen.

In de ontwerpnota [009] wordt aangegeven dat de tunnel wordt ontworpen conform de Landelijke Tunnel Standaard [002] en de Richtlijn Ontwerp Kunstwerken [016]. In de richtlijn staat vermeld dat tunnels onder een hoofdvaarweg vallen in gevolgklasse CC3. Voor constructies van de gevolgklasse CC3 geldt dat bezwijken "grote gevolgen heeft ten aanzien van het verlies van mensenlevens (enkele tientallen), en/of zeer grote economische, sociale of gevolgen voor de omgeving" [017]. Gevolgklasse CC3 correspondeert met betrouwbaarheidsklasse RC 3. Bij het ontwerp van de tunnel dient dan ook betrouwbaarheidsklasse RC 3 te worden aangehouden.¹²

Bij deze betrouwbaarheids- en gevolgklasse geldt een β -waarde van 4,3 voor een periode van 50 jaar en 5,2 op jaarbasis [017, 020] wat correspondeert met een faalkanseis voor de constructie van circa 10^{-7} (1/10.000.000) per jaar. Dit is een conservatieve waarde omdat de ontwerplevensduur van de tunnel 100 jaar bedraagt, terwijl de hier gehanteerde faalkans uitgaat van een ontwerplevensduur van 50 jaar.

4.1.2 Instromen vanaf zuidzijde

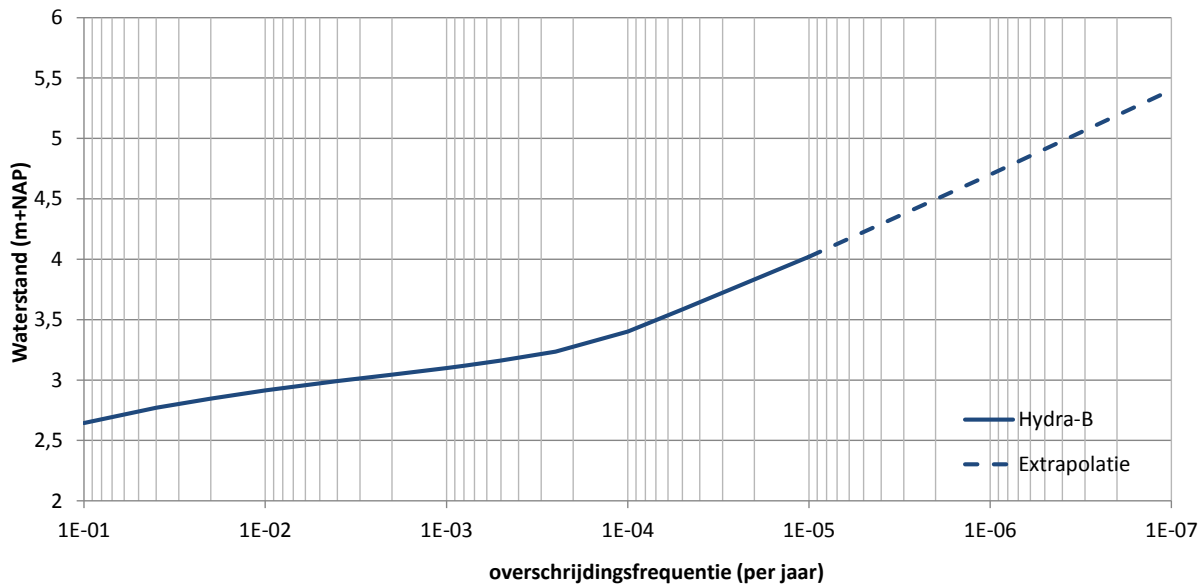
De NWO sluit aan de zuidzijde van het tracé aan op de A15. De zuidelijke toerit van de tunnel wordt omringd door keerwanden met bovenkant op een niveau van NAP +4,926 m. Bij waterstanden hoger dan dit niveau zal buitenwater de tunnel vanaf de zuidzijde instromen.

Om te kunnen bepalen wat de kans van optreden van deze waterstand is, is voor de Nieuwe Waterweg ter hoogte van de zuidelijke tunnelmond een berekening met het RWS-programma Hydra-B gemaakt. De overschrijdingsfrequentielijn van de waterstand in Figuur 7 is het resultaat van deze berekening; de lijn is geëxtrapoleerd voor frequenties kleiner dan 1/100.000 per jaar. Bij het bepalen van de overschrijdingsfrequentie van de waterstanden van NAP +4,926 m moet voorzichtigheid in acht worden genomen omdat (i) Hydra-B een toetsinstrument is (geen ontwerpinstrument) en geen rekening houdt met toekomstige ontwikkelingen en (ii) de extrapolatie onzeker is. Daarom wordt voor het instromen van buitenwater via de zuidelijke tunnelmond als conservatieve inschatting een kans van 10^{-6} (1/1.000.000) per jaar aangehouden.

¹¹Bij een seriesysteem, waarvan hier sprake is, ligt de kans op falen van het systeem tussen de som van de kansen van de subsystemen en de maximale waarde van de kansen van de subsystemen, in formulevorm:

$\max\{Pf_i\} \leq Pf_{sys} < \sum\{Pf_i\}$

¹²"RC" is de afkorting van "Reliability Class", "CC" is de afkorting van "Consequence Class".



Figuur 7: Overschrijdingsfrequentielijn waterstand (bron: berekening Hydra-B, Nieuwe Waterweg km 1017).

Een aandachtspunt is de sterkte van de (betonnen) keerwanden langs de tunnelmond. Deze zullen gedimensioneerd moeten worden op de belasting die optreedt bij een hoogwaterstand van NAP +4,926 m om te voorkomen dat deze al bij lagere waterstanden onder de (hydraulische) belasting bezwijken.

Overigens is het niet onwaarschijnlijk dat bij een dergelijke hoge waterstand al elders in dijkkring 14 een doorbraak is opgetreden. De waterstand is namelijk aanmerkelijk hoger dan de toetswaterstand van NAP +3,4 m waaraan de huidige dijken achter de Maeslantkering langs de Nieuwe Waterweg moeten voldoen [023]. Dit is een aandachtspunt bij (nut en noodzaak van) het ontwerp van de zuidelijke tunnelmond t.a.v. waterveiligheid.

4.1.3 Instroom vluchtschacht

In het huidige ontwerp zijn geen vluchtschachten opgenomen waardoor water de tunnel in kan stromen; de kans dat buitenwater via vluchtschachten de tunnel in stroomt is dan ook nihil.

4.1.4 Verkeersongeval

Brand

Niet alle voertuigbranden zullen tot dusdanige schade leiden dat tunnelwanden of -dak zullen bezwijken. Personenautobranden en lege vrachtwagens of vrachtwagens zonder brandbare goederen hebben een brandvermogen tot 25 MW en zullen (uitgaande van een passende brandwerende bekleding) doorgaans niet tot noemenswaardige schade aan de tunnel kunnen leiden. Normaal gesproken kunnen alleen zeer grote branden tot schade leiden die de tunnelconstructie kan aantasten. In [005] wordt zelfs gesteld dat vrachtwagenbranden van 200 MW nog geen schade aan de constructieve integriteit van de tunnel zullen toebrengen en dat zich in Nederland tot nog toe geen tunnelbrand heeft voorgedaan waarbij een vermogen groter dan 50 MW is bereikt.

In de onderhavige analyse wordt als uitgangspunt aangehouden dat alleen branden met een brandvermogen groter dan 200 MW tot ernstige schade aan de constructieve integriteit van de tunnel zullen leiden, wat in bezwijken van de tunnel zal resulteren.

De Landelijke Tunnel Standaard [002] beveelt aan om voor de kans op brand in Nederland voor zowel personenauto's, bussen als vrachtauto's $2 \cdot 10^{-8}$ per voertuigkilometer aan te houden. Bij een totaal van 97.000 voertuigpassages per dag [006] en een tunnallengte van circa 0,8 km zal er op jaarbasis circa 0,57 keer sprake zijn van een brand in de tunnel.

De kans dat een ontstane brand wordt geblust bedraagt 0,90 [002]. Voor de vervolgekans op een >200 MW brand, wordt een waarde van 10^{-4} gehanteerd [005]. De kans op een >200 MW brand is daarmee op jaarbasis $5,7 \cdot 10^{-6}$. Deze waarde wordt hier als faalkans aangehouden.

Explosie

De Blankenburgtunnel is een tunnel van de categorie C [010] en kent daarmee een beperking¹³ voor gevaarlijke goederen die aanleiding kunnen geven tot een grote of zeer grote explosie [009]. Horvat & Partners schat daarom in dat de kans op bezwijken van de tunnel door explosies nihil is.

Chemische lekkage

De kans op aantasting van de voegen door chemicaliën uit een lekkende tankwagen wordt verwaarloosbaar klein verondersteld, op voorwaarde dat de voegen hierop worden ontworpen en beheer en onderhoud ingericht is op het vroegtijdig signaleren hiervan.

4.1.5 Scheepvaartongeval

Aanvaring

De tunnel wordt verzonken in de rivierbedding aangelegd onder een beschermende deklaag en vormt geen uitstulping in de vaargeul. Er wordt vanuit gegaan dat aanvaring van de tunnel uitgesloten is.

Vallend anker

De Richtlijn Ontwerp Kunstwerken (ROK) [016] schrijft voor dat t.a.v. de belasting van de tunnel door een vallend anker rekening wordt gehouden met een maatgevend anker. Dit maatgevend anker is gedefinieerd als het anker waarvoor geldt dat de kans dat een zwaarder anker op de tunnel valt, gelijk is aan 10^{-6} (per jaar). Voor het bezwijken van de tunnel door een vallend scheepsanker wordt hier de conservatieve aanname gedaan dat een zwaarder dan maatgevend anker tot bezwijken van de tunnel leidt. De faalkans van de tunnel als gevolg van een vallend anker wordt daarmee op 10^{-6} per jaar aangehouden. Dit is een conservatieve aanname omdat hiermee wordt uitgegaan van het bezwijken van de tunnel bij overschrijden van de ontwerpbelasting.

Slepend anker

Er vanuit gaande dat de tunnelconstructie onder de Nieuwe Waterweg wordt voorzien van een afdekkende beschermingslaag die voldoende dik en erosiebestendig is, kan worden uitgesloten dat een slepend scheepsanker achter de tunnelconstructie kan haken.

Zinkend schip

Conform Richtlijn Ontwerp Kunstwerken [016] geldt dat de tunnel t.a.v. zinkende schepen ontworpen dient te zijn op een belasting met overschrijdingskans van maximaal $1,3 \cdot 10^{-5}$ op jaarbasis voor klasse CC3. In de faalkansanalyse is gerekend met een kans op bezwijken van de tunnel door een zinkend schip van $1,3 \cdot 10^{-5}$ per jaar. Dit is een conservatieve aanname omdat hiermee wordt uitgegaan van het bezwijken van de tunnel bij overschrijden van de ontwerpbelasting.

¹³ Hoewel nooit volledig kan worden uitgesloten dat een vracht- of tankwagen met explosieve stoffen (ondanks deze beperkingen) toch van de tunnel gebruik maakt, is de kans dat deze vrachtwagen vervolgens in de tunnel explodeert verwaarloosbaar klein.

Explosie schip boven tunnel

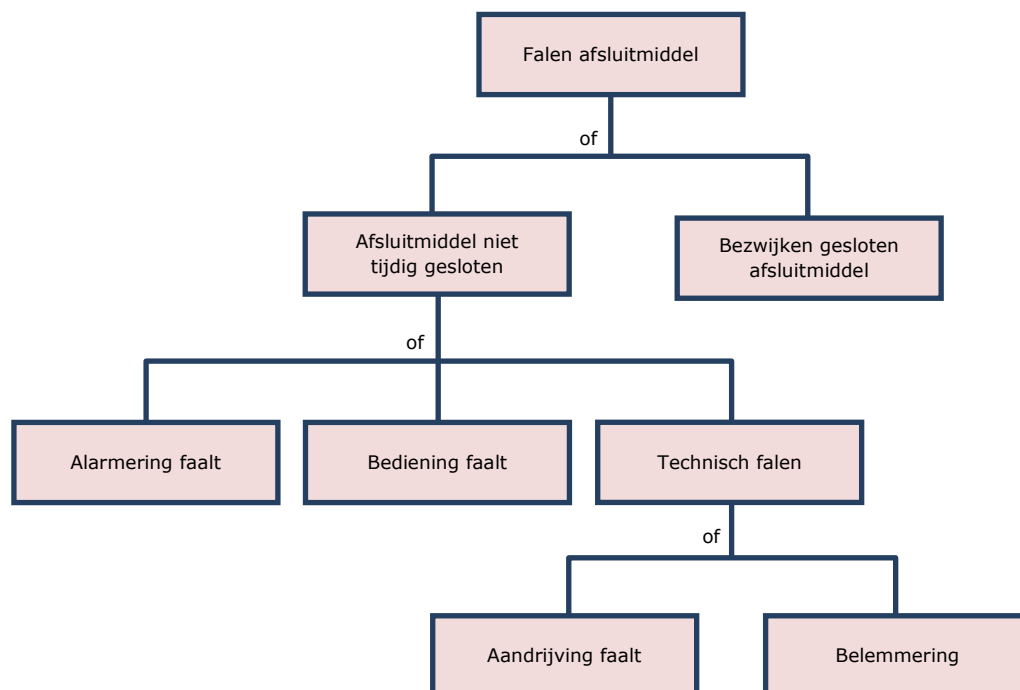
Om dusdanige schade te kunnen toebrengen zal er sprake moeten zijn van een schip met explosieve lading. De Inspectie voor Leefomgeving en Transport heeft beperkingen opgelegd voor het transport van explosieve lading over de Nederlandse wateren. Voor de Rotterdamse haven geldt dat buiten de Amazone-, Yangtze of Europahaven (Maasvlakte) een beperking voor stoffen met kans op massa-explosie. Schepen op de Nieuwe Waterweg mogen slechts een beperkte lading van dergelijke goederen vervoeren.

De beschikbare normen en leidraden bieden geen informatie op basis waarvan een inschatting kan worden gemaakt van de kans dat boven de tunnel een schip explodeert waardoor de tunnel bezwijkt. Horvat & Partners neemt aan dat deze ten minste een factor 10 kleiner dan de kans op bezwijken door een zinkend schip. In de foutenboom is daarom een waarde van 10^{-6} opgenomen.

4.2 Afsluiting faalt

Het falen van het afsluitmiddel kan twee hoofdoorzaken hebben: (i) het falen van de sluiting en (ii) het bezwijken van het gesloten afsluitmiddel. Omdat de algemene eisen aan een constructief ontwerp streng zijn, wordt de kans op bezwijken van het gesloten afsluitmiddel ten minste twee ordes kleiner geschat (expert judgement) dan de kans op falen van de sluiting. De bijdrage van falen van het gesloten afsluitmiddel draagt daarmee niet significant bij aan de totale kans op falen van het afsluitmiddel.

Voor het falen van de sluiting van het afsluitmiddel wordt een aantal oorzaken voorzien. Een en ander is verder uitgewerkt in Figuur 8 en is gebaseerd op de methodiek uit de Leidraad Kunstwerken [011].¹⁴



Figuur 8: Faalkans voor niet sluiten afsluitmiddel

¹⁴ In deze methodiek wordt normaal gesproken ook het falen van de mobilisatie beschouwd. De verwachting is echter dat voor de sluiting van het afsluitmiddel in de tunnel geen expliciete mobilisatiefase van toepassing is, maar dat na de alarmeringsfase direct een sluitingsprocedure wordt gestart. De invloed van menselijke beslissingen bij sluiting van het afsluitmiddel is in de methodiek overigens onderdeel van het aspect "bediening".

De Leidraad Kunstwerken [011] biedt de mogelijkheid om per faalmechanisme een faalkans te bepalen middels gestandaardiseerde invultabellen. Zonder in detail in te gaan op de inhoud en werking van deze tabellen, geldt volgens deze tabellen voor een enkel keermiddel een minimale faalkans van $3,2 \cdot 10^{-3}$ (1/316) per jaar.

Het bovenstaande is voor het afsluitmiddel in de Blankenburgtunnel te optimistisch. Met name de naar verwachting korte waarschuwingstijd (bezwijken van de tunnel kan mogelijk vrij plotseling plaatsvinden) en de kans op obstakels (voertuigen) die de sluiting belemmeren, resulteren in een grotere faalkans van de sluiting.

Voor een situatie waarbij sprake is van een geringe waarschuwingstijd en obstakels een belemmering kunnen vormen voor de sluiting, volgt uit de tabellen van de Leidraad Kunstwerken [011] een faalkans per sluitvraag van 10^{-1} (1/10). Indien de waarschuwingstijd langer is en de tunnel vrijgemaakt is van verkeer (geen belemmering), dan zal per afsluitmiddel een faalkans van 10^{-2} (1/100) per sluitvraag haalbaar moeten zijn. De verwachting van Horvat & Partners is, is dat voor een permanent aanwezig afsluitmiddel de faalkans tussen deze twee waarden zal liggen, dus: 10^{-1} tot 10^{-2} (1/10 tot 1/100) per sluitvraag. Dit zal in een later stadium moeten worden aangetoond middels een gedetailleerde faalkansanalyse.

Dit is overigens de faalkans voor één afsluitmiddel, de tunnel zal echter worden uitgevoerd met een tweetal afsluitmiddelen, één per tunnelbuis. Een bovengrensschatting voor falen van (ten minste één van) de afsluitmiddelen is de som van de individuele faalkansen, dus respectievelijk $2 \cdot 10^{-1}$ (1/5) en $2 \cdot 10^{-2}$ (1/50) per sluitvraag.

Type afsluitmiddel

Bij het voorgaande is geen onderscheid gemaakt tussen het type afsluitmiddel. Gezien de mogelijkheid van aanwezige obstakels die de sluiting belemmeren, liggen bepaalde typen hier niet voor de hand. Dit geldt in ieder geval voor de puntdeuren, roldeur en klepdeur. Ook is het de vraag of een balgstuw toepasbaar is, vanwege gevaar voor ernstige beschadiging van de balg door auto's of autowrakken.

Ook een afsluitmiddel met schotbalken die met kranen in sponningen in de tunnel worden gehesen, zal qua betrouwbaarheid van de sluiting minder goed scoren. De faalkans van een sluiting met schotbalken hangt af van de omstandigheden bij sluiting. De Leidraad Kunstwerken [011] geeft voor een sluiting met schotbalken faalkansen die variëren van 1/100 tot 1/10 tot 3/10 per sluitvraag (afhankelijk van de omstandigheden waaronder gesloten wordt). Horvat & Partners schat in dat de faalkans van een sluiting met schotbalken voor de Blankenburgtunnel rond de 1/10 per sluitvraag zal liggen.

Voor de Blankenburgtunnel is wellicht een hefdeur het meest betrouwbaar omdat deze ook onder invloed van stroming goed kan worden gesloten en minder gevoelig is voor obstakels (kan vaak ten minste deels sluiten).

Noodmaatregel

Zoals in hoofdstuk 3 is aangegeven, bestaat de mogelijkheid om, in plaats van een permanent aanwezig afsluitmiddel, een noodprocedure in te richten waarbij door bijvoorbeeld het storten van zand of klei in de tunnelmond de tunnelbuizen kunnen worden afgesloten. De slagingskans van een dergelijke sluiting hangt grotendeels af van de omstandigheden, met name de snelheid waarmee de overstroming zich ontwikkelt. Indien sprake is van een fors debiet vanuit de tunnel (zie ook hoofdstuk 5), dan zal de kans op een tijdige sluiting nihil zijn. Bij een slechts langzaam ontwikkelende overstroming en een klein debiet zal de slagingskans echter ruim groter zijn. Maar ook dan is de mobilisatie een belangrijk aandachtspunt.

De faalkans van een noodsluiting met zand en klei zal naar verwachting niet kleiner zijn dan 1/10 per sluitvraag.

4.3 Resultaat faalkansanalyse

Bijlage B bevat de complete foutenbomen voor de topgebeurtenis van overstroming van de polder vanuit de Blankenburgtunnel. In deze paragrafen volgt een beschrijving van de resultaten.

In paragraaf 4.3.1 wordt ingegaan op de resultaten die worden verkregen op basis van de in paragraaf 4.1 en 4.2 ingeschatte faalkansen. In paragraaf 4.3.1 wordt inzicht geboden in het effect van mogelijk optimalisatie door middel van nader onderzoek naar het werkelijke veiligheidsniveau, waarbij kleinere (minder conservatieve) waarden voor de faalkansen kunnen worden gehanteerd.

4.3.1 Resultaten

Berekende kansen

De kans op het instromen van buitenwater in de tunnel is in eerste instantie berekend op $2,2 \cdot 10^{-5}$ per jaar. Indien geen verdere voorzieningen worden getroffen, dan is deze waarde tevens de kans op overstroming van de polder vanuit de tunnel. Indien een noodprocedure of afsluitmiddel wordt toegepast, bedraagt de kans op overstroming van de polder vanuit de tunnel $4,4 \cdot 10^{-6}$ tot $4,4 \cdot 10^{-7}$ per jaar (voor respectievelijk een faalkans van noodprocedure/afsluitmiddel van 10^{-1} en 10^{-2} per sluitvraag).

Vergelijking met faalkanseis

Volgens de huidige wet en regelgeving bedraagt de faalkanseis 10^{-5} per jaar. Bij de gekozen waarden voor de faalkansen voldoet de tunnel zonder verdere voorzieningen niet aan de huidige faalkanseis. De tunnel met noodmaatregel of afsluitmiddel voldoet wel aan deze eis. Bij vergelijking met de faalkanseis die volgens de nieuwe wet- en regelgeving kan gelden (10^{-6} tot 10^{-7} per jaar), blijkt dat geen van de drie alternatieven voor de kanteldijk voldoet.

Horvat & Partners verwacht echter dat faalkansen verder kunnen worden verlaagd en dat alsnog kan worden aangetoond dat de alternatieven voor een tunnel met kanteldijk voldoen aan de wet- en regelgeving. Hiertoe zijn nodig: (i) nader onderzoek t.b.v. optimalisatie van faalkansen (van met name de belastingen bij calamiteiten), (ii) nader onderzoek naar de sterkte van het (standaard) tunnelontwerp en/of (iii) het stellen van ontwerpgegevens voor de tunnel. Horvat & Partners verwacht dat zelfs de tunnel zonder verdere voorzieningen (afsluitmiddel of noodmaatregel) hiermee kan voldoen aan de eisen vanuit wet- en regelgeving.

In paragraaf 4.3.2 wordt inzicht geboden in het mogelijke effect van nader onderzoek en ontwerpgegevens.

4.3.2 Effect van mogelijk nader onderzoek

Bij het bepalen van de kans op instromen van buitenwater in de tunnel zijn een aantal conservatieve waarden gebruikt voor de kans op bezwijken van de tunnel als gevolg van een calamiteit. Nader onderzoek naar het werkelijke veiligheidsniveau van het (standaard) tunnelontwerp resulteert mogelijk in kleinere faalkansen en een kleinere overstromingskans. Daarnaast kunnen strengere faalkanseisen als ontwerpgegevens gesteld worden, op basis waarvan de tunnelbuis kan worden gedimensioneerd.

Om inzicht te bieden in het effect van een dergelijke "optimalisatie", is een aanvullende analyse uitgevoerd waarbij voor het bezwijken van de tunnel als gevolg van een calamiteit waarden zijn gehanteerd die naar inschatting van Horvat & Partners haalbaar zijn (hetzij

door nader onderzoek, hetzij door ontwerpaanpassingen). De volgende faalkansen zijn in de foutenboom gewijzigd:

- bezwijken door vallend anker: van 10^{-6} naar 10^{-7} per jaar;
- bezwijken door zinkend schip: van $1,3 \cdot 10^{-5}$ naar 10^{-8} per jaar;
- bezwijken door explosie schip: van 10^{-6} naar 10^{-8} per jaar;
- bezwijken door brand in tunnel: van $5,7 \cdot 10^{-6}$ naar 10^{-8} per jaar.

Bij gebruik van deze waarden bedraagt de kans op overstroming van de polder vanuit de tunnel (zonder afsluitende voorzieningen) $1,2 \cdot 10^{-6}$ per jaar. Door de lagere faalkansen die nu zijn gehanteerd voor het bezwijken van de tunnel als gevolg van calamiteiten, is het in een hoogwatersituatie instromen van water via de zuidelijke tunnelmond bepalend geworden. Door aanpassing van de tunnelmond kan de faalkans verder worden verlaagd. Dit zou onderwerp van nader onderzoek kunnen zijn, maar wordt hier niet verder besproken.

Indien een noodprocedure of afsluitmiddel wordt toegepast, dan bedraagt de kans op overstroming van de polder vanuit de tunnel $2,5 \cdot 10^{-7}$ tot $2,5 \cdot 10^{-8}$ per jaar (voor respectievelijk een faalkans van noodprocedure/afsluitmiddel van 10^{-1} tot 10^{-2} per sluitvraag).

Vergelijking met faalkanseis

Bij het gebruik van de minder conservatieve waarden voor bezwijken van de tunnel als gevolg van een calamiteit, zou de tunnel zonder aanvullende voorzieningen kunnen voldoen aan de huidige faalkanseis (10^{-5} per jaar); aanvullende voorzieningen zouden dan niet noodzakelijk zijn.

De overstromingskans van $1,2 \cdot 10^{-6}$ van een tunnel zonder voorzieningen valt nog juist buiten de bandbreedte van de nieuwe faalkanseis (10^{-6} tot 10^{-7} per jaar). Het verschil is minimaal. Nader onderzoek en/of het stellen van ontwerpopgaven kan resulteren in een overstromingskans die binnen de bandbreedte ligt.

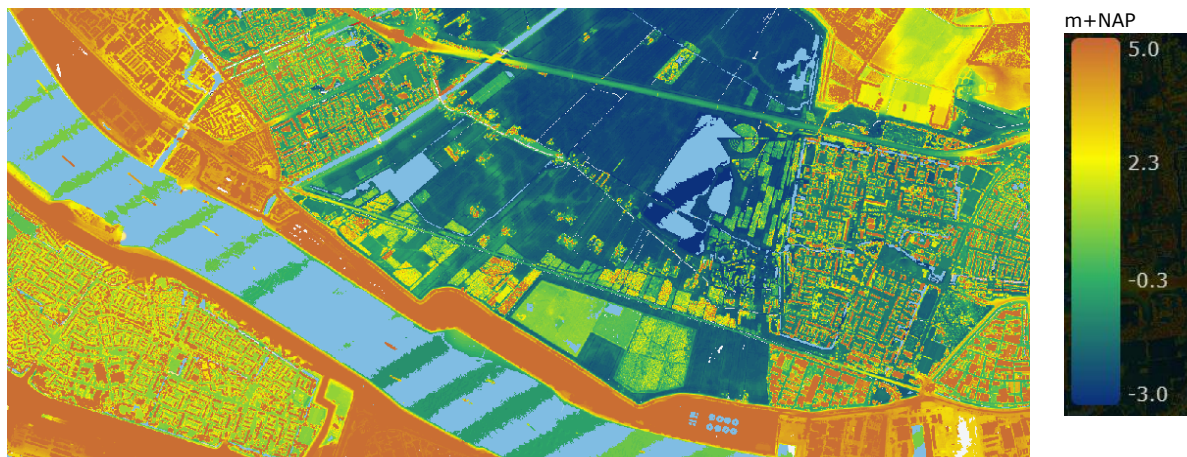
Een aandachtspunt is in dit kader instromen van buitenwater via de zuidelijke tunnelmond. Ook hier zou wellicht een ontwerpaanpassing nodig zijn om de faalkans te verkleinen.

Bij een extra voorziening (noodprocedure of afsluitmiddel) waarvoor de kans op falen 10^{-1} per sluitvraag bedraagt, nadert de overstromingskans de ondergrenswaarde van de bandbreedte voor de faalkanseis volgens de nieuwe wet- en regelgeving (10^{-7} per jaar). Bij een betrouwbaarder afsluitmiddel met faalkans per sluitvraag van 10^{-2} is de overstromingskans kleiner dan de ondergrenswaarde van de bandbreedte.

5 Gevolganalyse

Hoogteligging

Bij een doorsnijding van de primaire waterkering door de Blankenburgverbinding (zonder kanteldijk) zal, indien de tunnel bezwijkt en de sluiting faalt, water de polder achter de tunnel instromen. Het gebied achter de primaire waterkering ligt met een maaiveldhoogte van NAP -2 à -3 m (zie Figuur 9) namelijk circa 2 à 3 m lager dan de gemiddelde waterstand op de Nieuwe Waterweg [012].



Figuur 9: Hoogtekaart omgeving Maassluis en Vlaardingen (bron: AHN.nl)

Achter de primaire waterkering zal het water zich in eerste instantie verspreiden tot aan het weglichaam van de A20 dat hoger in het landschap ligt (circa NAP -0,5 m). In eerste instantie zijn de gevolgen van overstrooming van de dijkkring 14 daarom beperkt tot de polder ten zuidzijde van de A20. Mogelijk zullen ook de oude waterkering en de spoorlijn, die het gebied van oost naar west doorsnijden, voor enige barrièrewerking zorgen.

Instromend debiet

Horvat & Partners heeft een bovengrensberekening gemaakt van het debiet dat in die situatie de polder zal instromen. Deze bovengrensberekening is gemaakt op basis van de aanname van onbelemmerde instroom door één of beide tunnelbuizen. De aanname van onbelemmerde instroom is conservatief omdat hiervoor een gat in de tunnelbuis zal moeten ontstaan dat minimaal de doorsnede van de tunnelbuis heeft.

Waterstand	waterstand (m+NAP)	ΔH (m)	V (m/s)	Q_1 buis (m ³ /s)	Q_2 buizen (m ³ /s)
eb	-0,39	1,61	4,2	317	634
gemiddelde waterstand	0,24	2,24	5,0	374	748
vloed (gemiddeld)	1,32	3,32	6,1	455	911
1/1 per jaar	2,56	4,56	7,1	534	1.067
1/10 per jaar	2,65	4,65	7,2	539	1.078
1/100 per jaar	2,92	4,915	7,4	554	1.108
1/1.000 per jaar	3,10	5,099	7,5	564	1.129
1/10.000 per jaar	3,40	5,402	7,7	581	1.162

Tabel 1: Instromend debiet bij bezwijken tunnelbuizen.

Uit Tabel 1 volgt dat het debiet, afhankelijk van de buitenwaterstand zal variëren van circa 300 tot 600 m³/s voor één tunnelbuis en circa 600 tot 1.200 m³/s voor twee tunnelbuizen. Deze waarden geven een bovengrens voor het instromend debiet.

Gevolgen

Voordat het water de bebouwing van Maassluis en Vlaardingen zal bereiken, zal eerst het lagergelegen gebied à 4 km² tussen deze twee plaatsen gevuld worden. Als het water in dit tussenliggende gebied is gestegen tot ongeveer NAP -1,5 m (er staat in dit gebied dan gemiddeld 1,0 m water), dan zal ook de bebouwing in Vlaardingen overstromen. Bij een gemiddelde waterstand op de Nieuwe Waterweg en instroming vanuit één tunnelbuis, zal dit binnen drie uur gebeuren; bij instroming vanuit de beide tunnelbuizen duurt dit slechts anderhalf uur. Bij een waterstand in de polder van NAP -1,0 m of hoger zal ook de bebouwing in oostelijk Maassluis overstromen.

De compartimenterende werking van het weglichaam van de A20 zou in dit geval een ongunstige invloed kunnen hebben op de optredende gevolgen in termen van slachtoffers en mogelijk ook economische schade. De waterstand in de polder stijgt immers relatief snel door de beperkte oppervlakte van het gebied. Indien het weglichaam van de A20 voortijdig (al dan niet kunstmatig) zou doorbreken, dan zou dit (ondanks een toename van de oppervlakte van het overstroomd gebied) de gevolgen kunnen beperken. Het laaggelegen gebied aan de noordzijde van de A20 is namelijk dunbevolkt en kent een, naar verwachting, beperkte economische waarde. Ook kan worden overwogen om de A20 (preventief) waterdoorlatend uit te voeren door middel van bruggen en/of duikers.

Over de ernst van de gevolgen kan in dit stadium nog geen uitspraak worden gedaan. Hiertoe moeten schade en slachtoffers nader worden gekwantificeerd. Berekeningsmodellen hiervoor zijn beschikbaar en worden onder andere in het kader van het project Veiligheid Nederland in Kaart 2 gebruikt bij het bepalen van overstromingsrisico's per dijkkring.

Aandachtspunt is het ontbreken van een toetsingskader voor gevolgen vanuit zowel de huidige als de nieuwe regelgeving.

6 Risicoprofiel kanteldijk

Ter beantwoording van onderzoeksvraag 4 wordt in dit hoofdstuk kort ingegaan op het risicoprofiel t.a.v. waterveiligheid van de toepassing van een kanteldijk in de Blankenburgverbinding.

6.1 Overstromingskans tunnel met kanteldijk

De kans op overstroming van de polder vanuit de tunnel met kanteldijk is het product van de kans op instroming van buitenwater in de tunnel en de kans op falen van de kanteldijk. Voor de kans op instromen van buitenwater in de tunnel wordt verwezen naar hoofdstuk 4. In deze paragraaf wordt een faalkans van $2,2 \cdot 10^{-5}$ (1/46.000) per jaar gehanteerd, dit is de faalkans op basis van de conservatief ingeschatte waarden uit paragraaf 4.1. Een inschatting van de kans op falen van de kanteldijk is in paragraaf 6.1.1 gegeven. Paragraaf 6.1.2 gaat in op de overstromingskans van de polder door de tunnel met kanteldijk.

6.1.1 Falen van de kanteldijk

De kanteldijk heeft ten opzichte van afsluitmiddelen (of noodprocedures) het voordeel dat deze al "gesloten" is; de kans op niet sluiten is dan ook nul. De kanteldijk kan echter nog steeds falen. Relevante faalmechanismen zijn:

- Overloop
Bij overloop stroomt er water vanuit de tunnel over de kruin van de kanteldijk. Bij kleine debieten hoeft dit niet direct problematisch te zijn, maar bij grote debieten kan dit in de achterliggende polder voor problemen zorgen. Het faalmechanisme overloop kan alleen optreden bij waterstanden in de tunnelbuis die hoger zijn dan de kruin van de kanteldijk. De hoogte van de kanteldijk is daarmee bepalend voor de hoogte van de faalkans.
- Macrostabieliteit:
Gezien de forse breedte van het grondlichaam van de kanteldijk met (voor een dijk) zeer flauwe taluds, wordt de kans op falen als gevolg van macrostabieliteit nihil verondersteld.
- Opbarsten en piping:
Ook hier geldt dat, gezien de forse breedte van het grondlichaam van de kanteldijk en de zeer flauwe taluds, de kans op falen als gevolg van opbarsten en piping kan worden nihil verondersteld.
- Bezijken van de bekleding:
Erosie van het dijklichaam door bezijken van de bekleding (de asfaltweg) zou kunnen optreden indien water over de kanteldijk stroomt. Bij waterstanden onder de kruin van de kanteldijk zal de bekleding niet worden aangetast. Golfwerking zal immers nihil zijn, het talud is zeer flauw en de asfaltlaag relatief dik. Ook bij stroming over de kanteldijk wordt de bekleding voldoende robuust verondersteld.

Het faalmechanisme overloop, oftewel overstroom van de dijk, is vanwege de relatie tussen de faalkans en hoogte van de kanteldijk in het vervolg van deze paragraaf verder beschouwd.

Overstroom van de dijk kan optreden indien bezijken van de tunnel samenvalt met een hoogwaterstand op de Nieuwe Waterweg. De hoogte van de kanteldijk bedraagt NAP +5,10 m volgens het ontwerp zoals opgenomen in de rijksstructuurvisie. De frequentie van een waterstand met deze hoogte bedraagt circa 10^{-6} (1/1.000.000) per jaar (uit Figuur 7 in paragraaf 4.1.2).

De kans dat een hoogwater ook daadwerkelijk optreedt als buitenwater de tunnel instroomt, hangt samen met de mate van afhankelijkheid tussen deze beide gebeurtenissen. Indien deze afhankelijkheid er niet is (bijvoorbeeld bij bezwijken van de tunnel door een calamiteit) dan is de kans relatief klein. Deze is dan gelijk aan de kans dat er zich in de periode tussen bezwijken van de tunnel en het herstel van de tunnel (of het anderszins treffen van maatregelen) een hoogwater optreedt. Bij een duur van deze periode van 1 maand (conservatieve schatting), is de kans op optreden van hoogwater $1/12 \times$ jaarlijkse kans van optreden van een waterstand boven de kruinhoogte van de kanteldijk.

Voor een kanteldijk met kruinhoogte op NAP +5,10 m bedraagt de kans op hoogwater (hoger dan de kanteldijk), gegeven bezwijken van de tunnel, $1/12 \times 10^{-6} = 8,3 \cdot 10^{-8}$ per jaar.

Indien instromen van buitenwater in de tunnel juist wordt veroorzaakt door een hoge waterstand (bijvoorbeeld bij instromen via de zuidelijke tunnelmond), dan is er echter sprake van volledige afhankelijkheid en is de kans op hoogwater (hoger dan de kanteldijk), gegeven bezwijken van de tunnel, gelijk aan 1.

In dit kader is overigens een coupure met schotbalken vergelijkbaar met een kanteldijk. Deze is immers ook "overstroombaar". Een nadeel is echter dat deze ook nog kan falen door niet sluiten.

6.1.2 Overstromingskans tunnel met kanteldijk

De overstromingskans van de polder bij een tunnel met kanteldijk is het product van de kans op instromen van buitenwater in de tunnel (hier $2,2 \cdot 10^{-5}$) en de kans op falen van de kanteldijk. De invloed van (on)afhankelijkheid tussen enerzijds de oorzaak van instromen van water in de tunnel en anderzijds de oorzaak van falen van de kanteldijk, heeft tot gevolg dat de kans van overstroom van de polder vanuit de tunnel met kanteldijk een aanzienlijke bandbreedte heeft. Deze bandbreedte bedraagt voor het ontwerp uit de rijksstructuurvisie met kruinhoogte NAP +5,10 m:

- bij onafhankelijkheid: $2,2 \cdot 10^{-5} \times 8,3 \cdot 10^{-8} = 1,8 \cdot 10^{-12}$ per jaar;
- bij afhankelijkheid: $2,2 \cdot 10^{-5} \times 1 = 2,2 \cdot 10^{-5}$ per jaar.

In werkelijkheid zal de overstromingskans van de tunnel met kanteldijk ergens tussen de twee grenzen van de bandbreedte liggen.¹⁵ In potentie is de tunnel met kanteldijk daarmee veiliger dan de tunnel met afsluitmiddel. Mogelijk dienen hiertoe echter wel maatregelen ter plaatse van de zuidelijke tunnelmond worden genomen, om de kans op instroom via de zuidelijke tunnelmond te verkleinen; dit kan als ontwerpopgave worden meegenomen.

Overigens geldt conform de huidige wet- en regelgeving voor een tunnel met kanteldijk een andere faalkanseis en een andere beoordelingsmethodiek dan voor een tunnel met afsluitmiddel. De kans op falen van de sluiting van het afsluitmiddel is voor een kanteldijk immers nul. Uitgangspunt conform de huidige wet- en regelgeving is dat de kanteldijk van een tunnel is ontworpen is om de normwaterstand (hier: waterstand met overschrijdingsfrequentie $1/10.000$ per jaar) te kunnen keren. Voor de hoogte van de kanteldijk betekent dit in de praktijk dat deze gelijk is aan de normwaterstand die geldt voor de primaire waterkering (die door de tunnel wordt doorkruist) mogelijk verhoogd met enkele toeslagen¹⁶.

Voor de kanteldijk kan verder worden gesteld dat deze voldoende hoog is indien de veiligheid van de kanteldijk in verhouding staat tot de (vereiste) veiligheid van de overige waterkerin-

¹⁵ Bij een parallelsysteem, waarvan hier sprake is, ligt de kans op falen van het systeem tussen het product van de kansen van de subsystemen en de minimale waarde van de kansen van de subsystemen, in formulevorm: $\min\{P_f\} \leq P_{f_{sys}} \leq \Pi\{P_f\}$ in casu $1,8 \cdot 10^{-12} \leq P_{f_{sys}} \leq 1,8 \cdot 10^{-12}$ per jaar.

¹⁶ Mogelijke toeslagen zijn toeslagen voor waterstandsstijging (binnen de planperiode), zetting, bodemdaling en de zogeheten robuustheidstoelagen (i.v.m. onzekerheid in de waterstandsstatistiek). Een waakhogte voor golfoploop is voor de kanteldijk niet van toepassing; in de tunnelbuis zullen zich immers geen golven ontwikkelen.

gen die het dijkkringgebied beschermen. Een nog hogere kanteldijk is voor wat betreft de waterveiligheid van dijkkring 14 niet effectief of efficiënt.

Ten slotte bestaat de mogelijkheid om de benodigde hoogte van de kanteldijk verder te optimaliseren (lees: verlagen). Hiertoe dient een analyse te worden uitgevoerd naar de overstromingskans van de tunnel met kanteldijk in relatie tot de hoogte van de kanteldijk. Uit deze analyse kan volgen dat een lagere kanteldijk nog voldoende veiligheid biedt. Onderdelen van deze analyse zijn onder meer:

- Een onderzoek naar de normwaterstand voor de waterkering en relevante toeslagen conform zowel huidige als toekomstige normen.
- De mate van (on)afhankelijkheid tussen enerzijds de oorzaak van instromen van water in de tunnel en anderzijds de oorzaak van falen van de kanteldijk.
- Het veiligheidsniveau van de kanteldijk in relatie tot het veiligheidsniveau van de overige waterkeringen die het dijkkringgebied beschermen.

6.2 Gevolgen

De gevolgen van falen van de kanteldijk zullen aanmerkelijk kleiner zijn dan bij de eerder in dit rapport beschreven varianten. Doordat de kanteldijk het verval over de kering beperkt, zal het instromend debiet lager zijn. Afhankelijk van de buitenwaterstand hooguit enkele honderden m³/s.

7 Conclusie en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Op basis van de resultaten van het onderzoek en overwegende, dat:

- voorliggend rapport een verkennende studie betreft, waarin op punten aannames¹⁷ zijn gedaan op basis van expert judgement,
- het bepalen en vergelijken van de kosten van alternatieven voor de kanteldijk geen onderdeel is van de scope van dit onderzoek¹⁸,
- het effect van de aansluiting van tunnel op de bestaande primaire waterkering (de Maassluisdijk) geen onderdeel is van de scope van dit onderzoek,
- een beschouwing van raakvlakken tussen waterveiligheid en tunnelveiligheid geen onderdeel is van de scope dit onderzoek¹⁹,
- dat ten behoeve van dit onderzoek nog geen contact heeft plaatsgevonden met het bevoegd gezag op het gebied van waterveiligheid, het Hoogheemraadschap van Delfland,

concludeert Horvat & Partners het volgende:

- A. Conform de huidige wet- en regelgeving bedraagt de faalkanseis voor de Blankenburgtunnel 10^{-5} per jaar (zie kader paragraaf 2.1). De voorziene wijziging in de wet- en regelgeving ten aanzien van waterveiligheid en resulteert voor de Blankenburgtunnel naar verwachting in een faalkanseis die zal liggen tussen de 10^{-6} en 10^{-7} per jaar (zie kader paragraaf 2.2).
- B. Horvat & Partners verwacht dat alternatieven voor de kanteldijk mogelijk zijn en dat een ontwerp van de Blankenburgtunnel volgens het "standaard" tunnelontwerp (conform de vigerende tunnellenormen) al kan voldoen aan zowel de huidige als de verwachte (strengere) toekomstige wettelijke eis ten aanzien van waterveiligheid. Dit dient middels nader onderzoek te worden aangetoond. Mogelijk dienen daarnaast, vanuit de faalkanseisen, aanvullende ontwerpgegevens voor de tunnel te worden geformuleerd.
- C. Het veiligheidsniveau kan verder worden verhoogd door toepassing van een extra voorziening, zoals:
 - a. Een tunnel zonder afsluitmiddel met een procedure voor noodsluiting.
 - b. Een tunnel met permanent aanwezig afsluitmiddel.
- D. Ook een kanteldijk is een reële optie om te voldoen aan de eisen t.a.v. waterveiligheid. Een belangrijke ontwerpparameter is de hoogte van de kanteldijk.
- E. Buiten het voldoen aan de wettelijke eisen met betrekking tot de overstromingskans, kan men overwegen om de gevolgen van een overstroming (in termen van slachtoffers en economische schade) te beperken door de A20 waterdoorlatend uit te voeren.

¹⁷ Aannames hebben met name betrekking op (i) de faalkansen voor belastingen bij calamiteiten (explosie in de tunnel, explosie van een schip, chemische lekkage, slepende ankers en aanvaring) en (ii) de faalkansen van sluiting middels noodprocedure c.q. afsluitmiddel.

¹⁸ Hiertoe is een parallelle studie uitgevoerd door ingenieursbureau Witteveen+Bos.

¹⁹ De raakvlakken tussen waterveiligheid en tunnelveiligheid zijn wel relevant; afsluitmiddelen kunnen immers (negatieve) gevolgen hebben voor de tunnelveiligheid. Ter illustratie: bij sluiting van het afsluitmiddel wordt de vluchtweg voor verkeer in de tunnel geblokkeerd.

7.2 Aanbevelingen voor mogelijk aanvullend onderzoek

Om meer zekerheid te krijgen over de mogelijkheden ten aanzien van waterveiligheid, doet Horvat & Partners de volgende aanbevelingen voor de invulling van aanvullend onderzoek.

Algemeen:

1. Ga bij het ontwerp uit van de eisen conform de (verwachting voor) de nieuwe regelgeving, op voorwaarde dat dit niet resulteert in exorbitante stijging van de kosten van de tunnel.
2. Betrek het Hoogheemraadschap van Delfland bij de verdere uitwerking van het ontwerp t.a.v. waterveiligheid.

Indien de projectorganisatie zou beslissen tot verdere uitwerking van alternatieven voor de kanteldijk:

3. Verifieer de aannames die in deze verkennende studie zijn gemaakt voor:
 - a. de faalkansen van belastingen bij calamiteiten,
 - b. en de faalkansen van sluiting door middel van noodsluiting of afsluitmiddel.
4. Doe onderzoek naar het veiligheidsniveau van het "standaard" tunnelontwerp om te bepalen of daarmee de faalkansen gehaald kan worden.
5. Stel zo nodig ontwerpgegevens vast en maak aanpassingen aan het tunnelontwerp om de faalkansen te kunnen halen.
6. Ontwerp indien (politiek) gewenst een aanvullende voorziening, zoals:
 - a. een procedure voor noodsluiting, of
 - b. een permanent aanwezig afsluitmiddel.
7. Doe onderzoek naar de raakvlakken tussen waterveiligheid en tunnelveiligheid en bepaal of tunnelveiligheid beperkingen oplevert voor de alternatieven voor de kanteldijk.

Indien de projectorganisatie zou beslissen om het ontwerp van de tunnel met kanteldijk uit de rijksstructuurvisie verder uit te werken:

8. Voer een analyse uit naar de overstromingskansen van de tunnel met kanteldijk in relatie tot de hoogte van de kanteldijk; bepaal hiermee in hoeverre de hoogte van de kanteldijk kan worden geoptimaliseerd (lees: verlaagd).
9. Ook voor de kanteldijk zijn de genoemde onderzoeken bij punt 3.a, 4 en 5 relevant.

Ten aanzien van gevolgen:

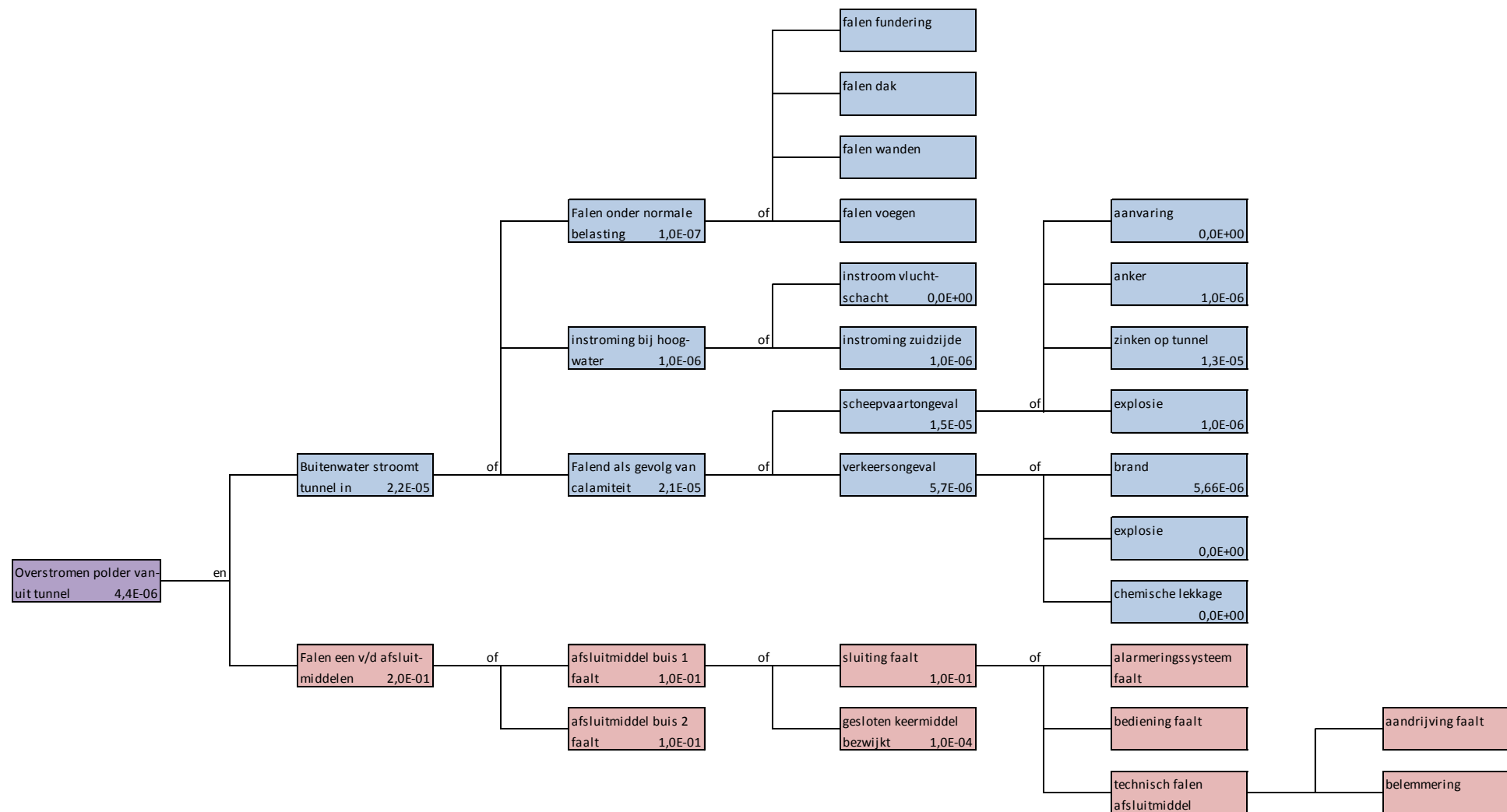
10. Doe onderzoek naar het effect op de gevolgen van een waterdoorlatende A20 en de maatregelen die daarvoor nodig zijn.

Bijlage A: Documentenlijst

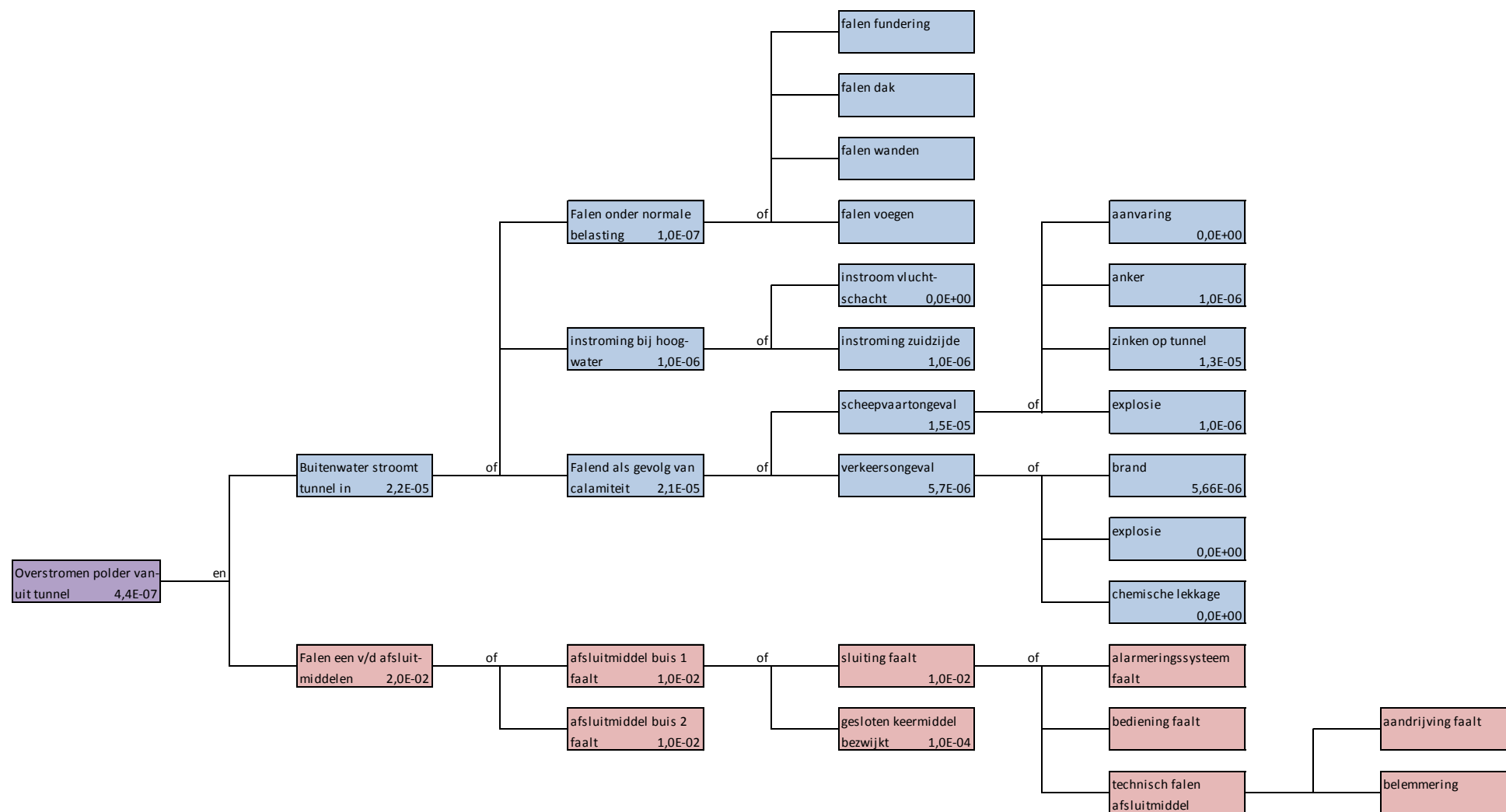
Lijst ontvangen documenten			
Project: Advies Tunnel NWO			
Nr.	Omschrijving	Datum	Opsteller
001	Brief van de Minister van Infrastructuur en Milieu	26-04-13	min. IenM
002	Landelijke tunnelstandaard release 1.2	28-05-13	RWS
002a	QRA-tunnels 2.0 Achtergronddocument	2-02-12	RWS/Steunpunt Tunnelveiligheid
002b	Gebruikershandleiding QRA-tunnels 2.0	2-02-12	RWS/Steunpunt Tunnelveiligheid
003	Overschrijdingskans, Overstromingskans, Overstromingsrisico	nov. 2011	VNK2
004	Overschrijdingskansen en overstromingskansen	jul. 2012	VNK2
005	Grote vrachtwagenbrand in tunnel A2 Leidsche Rijn - Risico's, schade en kosteneffectiviteit maatregelen	27-07-10	steunpunt tunnelveiligheid
006	Ontwerp-Rijksstructuurvisie Bereikbaarheid Regio Rotterdam en Nieuwe Westelijke Oeververbinding - Plan-MER Nieuwe Westelijke Oeververbinding - Deelrapport D: Verkeersnota	apr. 2013	Project-organisatie NWO
007	Overstromingsrisico dijkkring 14: Zuid-Holland	dec 2010	VNK2
008	Ontwerpnota project Nieuwe Westelijke Oeververbinding	1-08-13	RHDHV
009	Vervoer gevaarlijke stoffen en tunnels	apr. 2011	IVW
010	Reactie in kader van schriftelijk debat over de ontwerp-Rijksstructuurvisie Bereikbaarheid Regio Rotterdam en NWO	6-06-13	IenM
011	Leidraad Kunstwerken	mei 2003	TAW
012	Waternormalen Rijkswaterstaat	14-08-13	RWS
013	NWO - Blankenburgverbinding - West van Krabbepas (zonder aansluiting) - situatietekening - ontwerp Aalkeettunnel - variant 1: tunneldek op maaiveld - ZHTX 1300001, versie E, concept	2-07-13	RWS
014	NWO - Blankenburgverbinding - West van Krabbepas (zonder aansluiting) - situatietekening - ontwerp Aalkeettunnel - variant 1: tunneldek op maaiveld - ZHTX 1300004, versie B, concept	25-04-13	RWS
015	NWO - Blankenburgverbinding - West van Krabbepas (zonder aansluiting) - situatietekening - ontwerp Aalkeettunnel - variant 1: tunneldek op maaiveld - ZHTX 1300005, versie B, concept	25-04-13	RWS
016	Richtlijn Ontwerp Kunstwerken - ROK 1.2	1-01-13	RWS
017	Eurocode 7 - Achtergronden en voorbeeldberekeningen	2008	KIVI NIRIA
018	De Ingenieur	16-03-13	de Ingenieur
019	Grondslagen voor waterkeren	jan 1998	TAW
020	Eurocodes - EN1990 - Basis of Structural Design	n.b.t	Ton Vrouwenvelder
021	Risicobeschoouwing Coupure	7-08-13	Witteveen+Bos
022	Deltaprogramma 2012 - Bijlagen - Maatregelen van nu, voorbereiding voor morgen	sept 2011	min. IenM min. ELenI
023	Hydraulische randvoorwaarden primaire waterkeringen	aug 2007	min. VenW

Bijlage B: Foutenbomen

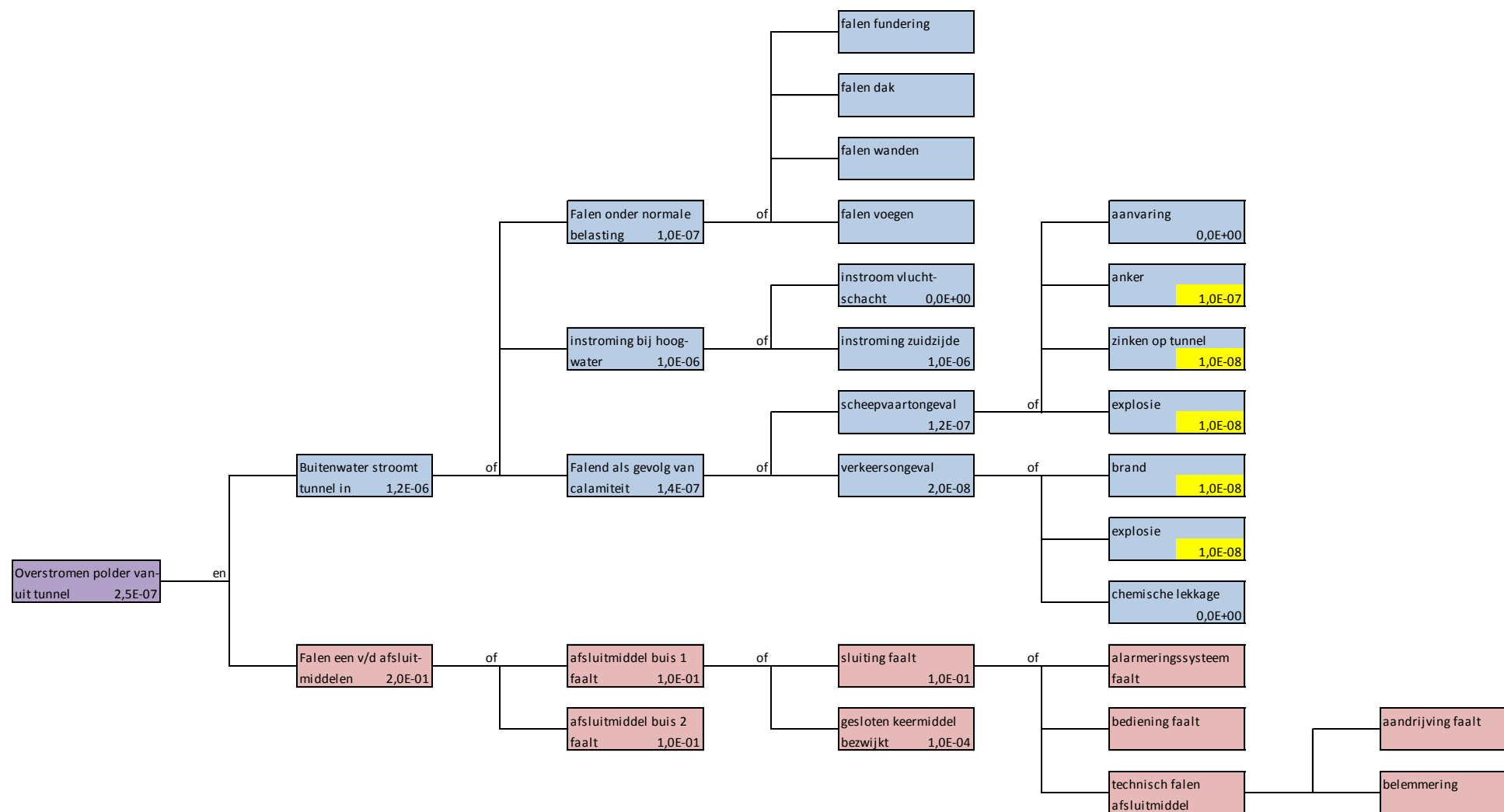
Foutenboom met conservatieve inschatting Horvat & Partners voor falen als gevolg van calamiteit - faalkans afsluitmiddel 1/10 per sluitvraag.



Foutenboom met conservatieve inschatting Horvat & Partners voor falen als gevolg van calamiteit - faalkans afsluitmiddel 1/100 per sluitvraag.



Foutenboom met aangepaste waarden voor falen als gevolg van calamiteit - faalkans afsluitmiddel 1/10 per sluitvraag.



Foutenboom met aangepaste waarden voor falen als gevolg van calamiteit - faalkans afsluitmiddel 1/100 per sluitvraag.

