

Verkenning aanpassingen referentiekansen voor waterveiligheidsmonitor



Verkenning aanpassingen referentiekansen voor waterveiligheidsmonitor

Auteur(s)

Wim Kanning

Lieke Meijer

Verkenning aanpassingen referentiekansen voor waterveiligheidsmonitor

Opdrachtgever	DGWB, Ilka Tánczos
Contactpersoon	Wim Kanning
Referenties	zie hoofdstuk Bronnen
Trefwoorden	Waterveiligheidsmonitor, referentiekansen, VNK2, LBO1

Documentgegevens	
Versie	1.0
Datum	20-12-2024
Projectnummer	11210373-009
Document ID	11210373-009-GEO-0005
Pagina's	43
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)		
	Wim Kanning Lieke Meijer	

Samenvatting

De voortgang van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) wordt jaarlijks gerapporteerd aan de Tweede Kamer via de Waterveiligheidsmonitor (Deltares, 2024). Een onderdeel hiervan is een indicator die weergeeft hoeveel het overstromingsrisico is afgenomen door uitgevoerde dijkversterkingen. Deze indicator bepaalt het risico op basis van de kans op falen van verschillende dijktrajecten en de gevolgen van dat falen. Om het effect van de versterkingen te kunnen meten, is Deltares gevraagd de situatie na de dijkversterkingen te vergelijken met een referentiesituatie met faalkansen per dijktraject. Deze referentiesituatie is gebaseerd op de referentiekansen voor 2015 zoals gebruikt in Deltaprogramma Veiligheid (DPV, 2016; gebaseerd op Veiligheid Nederland in Kaart 2 (VVK2)) en op aannames waar VVK2 geen faalkansen heeft bepaald (samen VVK2+).

De analyse van VVK2 is al meer dan 10 jaar oud, in de tussentijd zijn nieuwe kennis en modellen op gebied van sterkte en belastingen beschikbaar gekomen. Recent is de eerste landelijke beoordeling waterkeringen (LBO1) afgerond. Het **doel** van deze studie is om te verkennen of en hoe de referentiekansen die gebruikt zijn in de waterveiligheidsmonitor kunnen worden verbeterd, vooral op basis van LBO1 uitkomsten. En om aanbevelingen te doen voor een eventuele nieuwe set referentiefalkansen voor keringen.

In Deltares (2023) is al geconcludeerd dat het niet raadzaam is LBO1 generiek als referentiekansen te gebruiken. Dit omdat LBO1 bij veel trajecten niet is toegepast voor het zo goed mogelijk bepalen van overstromingskansen, maar om te leren en om tot een stabiele scope te komen. In veel gevallen is de LBO1 kans (veel) groter dan de VVK2 faalkans.

Voor individuele trajecten geldt mogelijk wel dat de LBO1 kansen beter onderbouwd zijn en daarmee mogelijk een betere basis bieden dan VVK2+. Dit is gevalideerd door naar vier deelverzamelingen van alle trajecten te kijken:

1. Trajecten waar LBO1 een kleinere kans heeft gevonden dan VVK2+: Hoe is de onderbouwing van deze faalkansen?
2. Trajecten waarvoor in VVK2 geen volledige analyse is gedaan en waarvoor in de referentieset een aanname is gedaan van de faalkans (betreft voormalige C-keringen en trajecten in Limburg) en waarvoor nu LBO1 beschikbaar is;
3. Trajecten die een groot deel van het risico van Nederland bepalen.
4. Outliers: trajecten met een opvallend groot verschil tussen LBO1 en referentiekans (VVK2+).

Daarnaast is de onderliggende data van LBO1 en VVK2+ op orde gebracht zodat kansen helder en transparant vergeleken kunnen worden.

De belangrijkste conclusies zijn:

- Het is niet voor de hand liggend om referentiekansen aan te passen op basis van informatie uit LBO1. De LBO1 kansen lijken als geheel niet representatief voor de kans op het ontstaan van een bres en zijn daarmee niet geschikt voor gebruik in de waterveiligheidsmonitor.
- Het meenemen van kwalitatieve oordelen in LBO1 resulteert in slechtere oordelen dan op basis van alleen de kwantitatieve resultaten. Trajecten waar het kwalitatieve oordeel in LBO1 niet doorslaggevend is, komen in aanmerking voor het bijstellen van de referentiekansen, mits beter onderbouwd dan VVK2+.
- Voor deze trajecten is er een wisselend beeld. Verschillen tussen LBO1 en VVK2 zijn lastig te verklaren aangezien bij LBO1 vaak is teruggevallen op een Toetsen op Maat oordeel welke data voor dit project niet beschikbaar was. De VVK2 data zijn veel

transparanter. Daar waar LBO1 mogelijk beter onderbouwd is, kost het veel inspanning om dit uit te zoeken omdat er veel verschillende en niet makkelijk toegankelijke databronnen en modellen geraadpleegd moeten worden.

- Van de trajecten die bepalend zijn voor het totale overstromingsrisico in Nederland (en dus de grootste impact hebben op de indicator) zijn alleen voor traject 14-1 LBO1 resultaten beschikbaar, de overige trajecten zijn zogenaamde top9/14 trajecten en direct naar het HWBP gegaan. De consequentie hiervan is dat deze referentiekansen niet aangepast kunnen worden, terwijl deze de indicator voornamelijk bepalen. De indicator zal naar verwachting daarom niet significant verbeteren als LBO1 resultaten van de overige trajecten wel worden aangepast. Voor traject 14-1 wordt een vergelijkbare kans gevonden in LBO1 als de referentiekans, welke ook onderwerp van nader onderzoek is.
- Voor de keringen in Limburg geldt ook een wisselende onderbouwing in LBO1, maar deze is beter dan generieke 1/125 per jaar welke nu als referentiekans wordt gebruikt. Toch zijn er verschillende redenen om ook deze niet aan te passen zoals discussies over normen en lopend onderzoek.

Er zijn dus maar een beperkt aantal trajecten waar LBO1 een beter onderbouwde kans geeft dan de aanpak zoals uitgewerkt in VNK2. Geen van deze van deze trajecten heeft een significant effect op de nationale indicator van de waterveiligheidsmonitor. Het wordt aanbevolen om **LBO1 kansen niet generiek** te gebruiken als referentiekans. Ook voor **individuele trajecten** lijken de inspanningen en andere nadelen als een inhomogene set referentiekansen **niet** op te wegen tegen de voordelen (iets scherpere bepaling indicator) van een beperkt verbeterde set referentiekansen. Dit is echter uiteindelijk een beleidsmatige afweging.

Overige aanbevelingen zijn:

- **Meenemen nadere veiligheidsanalyses in indicator waterveiligheidsmonitor:** Het wordt aanbevolen om een nieuwe categorie op te nemen in de indicator van de waterveiligheidsmonitor voor onderbouwd veilige dijken (op basis van voorverkenningen/nadere veiligheidsanalyses HWBP en dijken die voldoen volgens LBO1 maar relatief grote kans hebben in VNK2). Zodat deze later niet onterecht het risico gaan bepalen.
- **Ontwikkel een betere set referentiekansen.** Goede schattingen van faalkansen van waterkeringstrajecten zijn naast de waterveiligheidsmonitor nodig voor een breed scala aan beslissingen. Er mist op dit moment een goede set faalkansen. Het wordt daarom aanbevolen om een nieuwe referentieset voor de faalkansen van waterkeringen te ontwikkelen. Gedacht kan worden aan een transparante combinatie van verschillende databronnen.
- **Zorg voor beter data- en informatiemanagement.** Er zijn veel verschillende databronnen voor overstromingskansen. De opslag en presentatie hiervan is niet consistent en transparant. Deltares heeft als onderdeel van dit projectbasis een aanpak voor opslag en presentatie opgezet. Het wordt aanbevolen om deze basis te hanteren en door te ontwikkelen met nieuwe data en dijksterkte- en overstromingsrisico informatie.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding en doel	8
1.2	Aanpak	8
1.3	Scope/Afbakening	9
2	Over de data	10
2.1	Referentieset waterveiligheidsmonitor	10
2.2	Beschikbare data	12
2.3	VNK2 originele data	13
2.4	DPV data	13
2.5	VNK2+	14
2.6	LBO1 data	15
3	Generieke vergelijking LBO1 en VNK2+	17
3.1	Generieke vergelijking	17
3.2	Analyses	17
3.3	Bevindingen	18
4	Verkenning traject-specifieke aanscherping referentiekansen	19
4.1	Aanpak	19
4.2	Trajecten waarvoor LBO1 kleinere kansen geeft dan VNK2+	20
4.2.1	Vergelijking VNK2+ en LBO1 data	20
4.2.2	Keringen met een negatief veiligheidsoordeel C of D in LBO1	20
4.2.2.1	Keringen waarbij het kwalitatieve oordeel doorslaggevend was voor een negatief veiligheidsoordeel	20
4.2.2.2	Trajecten waarbij de kwantitatieve LBO1 faalkans al niet voldoet aan de norm	22
4.2.3	Keringen met een positief veiligheidsoordeel A of B in LBO1	22
4.2.4	Deelconclusie eventuele aanpassingen kansen met LBO1 voor trajecten waarbij LBO1 een kleinere kans geeft dan VNK2+.	23
4.3	Voormalige C-keringen en keringen in Limburg	24
4.3.1	Analyse	24
4.3.2	Limburgse trajecten waar ook VNK2 analyses beschikbaar zijn	26
4.3.3	Deelconclusie	27
4.4	Trajecten die bepalend zijn voor het totale risico in Nederland	27
4.4.1	Traject 14-1 Hollandse IJssel	27
4.4.2	Deelconclusie	29
4.5	‘Outliers’ van de puntenwolk	29
5	Discussie	31

5.1	Algemeen	31
5.2	Uitkomsten per groep	31
5.3	Uitkomsten in samenhang	32
5.4	Nadere veiligheidsanalyses / ingangstoets	33
5.5	B-keringen	33
6	Conclusie en aanbevelingen	34
6.1	Conclusies	34
6.2	Aanbevelingen	34
	References	36
A	Onderbouwing keuzes referentiekans waar geen DPV / VNK2 kans beschikbaar	37
B	Nadere uitwerking Traject 12-1 Wieringen	39
C	Nadere uitwerking Traject 42-1 Nijmegen	41

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

De voortgang van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) wordt jaarlijks gerapporteerd aan de Tweede Kamer via de Waterveiligheidsmonitor (Deltares, 2024). Een onderdeel hiervan is een indicator die weergeeft hoeveel het overstromingsrisico is afgenomen door uitgevoerde dijkversterkingen. Deze indicator bepaalt het risico op basis van de kans op falen van verschillende dijktrajecten en de gevolgen van dat falen. Om het effect van de versterkingen te kunnen meten, vergelijkt Deltares de situatie na de dijkversterkingen met een basissituatie. Deze basissituatie wordt weergegeven in een 'referentieset' die de faalkans per traject toont in het referentiejaar 2015. Na dijkversterkingen wordt het effect getoetst door de nieuwe faalkans te vergelijken met de faalkans in de referentieset (de basissituatie). Op deze manier wordt de risicoreductie als gevolg van dijkversterkingen gerapporteerd.

De referentieset die gebruikt wordt voor de waterveiligheidsmonitor is dezelfde set als in het Deltaprogramma Veiligheid (DPV) gebruikt (DPV, 2016). De DPV referentieset is opgebouwd uit de uitkomsten van Veiligheid Nederland in Kaart 2 (VНК2; 2014). Die basis is later aangevuld met geplande en uitgevoerde versterken. En met aannames voor locaties waar geen VНК2 sommen beschikbaar waren: Limburg en de voormalige C-keringen.

In dit rapport wordt aan die basis-dataset gerefereerd als de 'VНК2+', (referentie)set of de referentiekansenset. Deze set belichaamt dus de uitgangssituatie: de faalkansen van de Nederlandse dijktrajecten in 2015.

De DPV referentiekansen en onderliggende data zijn echter alweer relatief oud, VНК2 is van 2012. Sinds die tijd zijn er verschillende veranderingen geweest op het gebied van sterktemodellen, belastingmodellen en nieuwe normen van 2017. In 2023 zijn de resultaten van de eerste Landelijke Beoordeling beschikbaar gekomen (LBO1), welke gebaseerd zijn op de nieuwe systematiek van normen en modellen.

Het **doel** van deze studie is om te verkennen of en hoe de referentiekansen die gebruikt zijn in de waterveiligheidsmonitor kunnen worden verbeterd, vooral op basis van LBO1 uitkomsten. En om aanbevelingen te doen voor een eventuele nieuwe set referentiefalkansen voor keringen.

1.2 Aanpak

Dit rapport bouwt voort op het rapport uit 2023 (Deltares, 2023). Hierin is geconcludeerd dat er niet voldoende basis om de huidige referentieset generiek te vervangen door de LBO1 kansen. Dit staat in Hoofdstuk 3 van dit rapport nog kort samengevat.

Op basis van deze conclusie heeft Deltares in samenspraak met de opdrachtgever (het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, DGWB) afgesproken om de volgende twee acties uit te voeren:

- A. Het verbeteren van de beschikbare dataset ten behoeve van deze studie. Er zaten nog gaten in de geraadpleegde datasets, zowel aan de kant van LBO1 als in de referentiekansen (VНК2+). Allereerst wordt deze zo compleet mogelijk gemaakt en helder vastgelegd. De verschillende databronnen zijn in Hoofdstuk 2 gerapporteerd en verder vastgelegd in GIS databases met bijbehorende beschrijvingen in ReadMe bestanden.

- B. Inzoomen op onderdelen van de dataset en verkennen of deze data een beter onderbouwde basis bieden dan de faalkansen uit de huidige VNK2+ referentieset.

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, is de beschikbare data opgedeeld in vier representatieve groepen:

1. Trajecten waar LBO1 een kleinere kans heeft gevonden dan VNK2+: Hoe is de onderbouwing van deze faalkansen?
2. Trajecten waarvoor in VNK2 geen volledige analyse is gedaan en waarvoor in de referentieset een aanname is gedaan van de faalkans (betreft voormalige C-keringen en trajecten in Limburg) en waarvoor nu LBO1 beschikbaar is;
3. Trajecten die bepalend zijn voor het totale overstromingsrisico van Nederland.
4. Outliers: trajecten met een opvallend groot verschil tussen LBO1 en referentiekans (VNK2+).

Deltares heeft de tweede actie (B) opgepakt middels uitgebreide kwantitatieve data-analyse op basis van publieke data, aangevuld met extra (niet-publieke) LBO1, welke voor dit project gebruikt mag worden van de ILenT. De exacte datasets worden uiteengezet in Hoofdstuk 2. De uitkomsten van de analyse staan in Hoofdstuk 4.

Om te bepalen of LBO1 een betere basis biedt dan VNK2+, is vooral gekeken naar de onderbouwing van de kansen. Daarbij is in eerste instantie gekeken naar trajecten met een groot risico (met een relatief grote kans in VNK2+ en grote gevolgen) omdat deze de indicator het meest bepalen. Voor de achtergronden bij de bepaling van VNK2+ wordt verwezen naar VNK2 (2014), en voor achtergronden bij de bepaling van de kansen voor LBO1 naar Overheid (2017).

In dit rapport worden kansen genoemd, vaak zonder eenheden. Als er geen eenheid is genoemd gaat het om een kans per jaar.

1.3 Scope/Afbakening

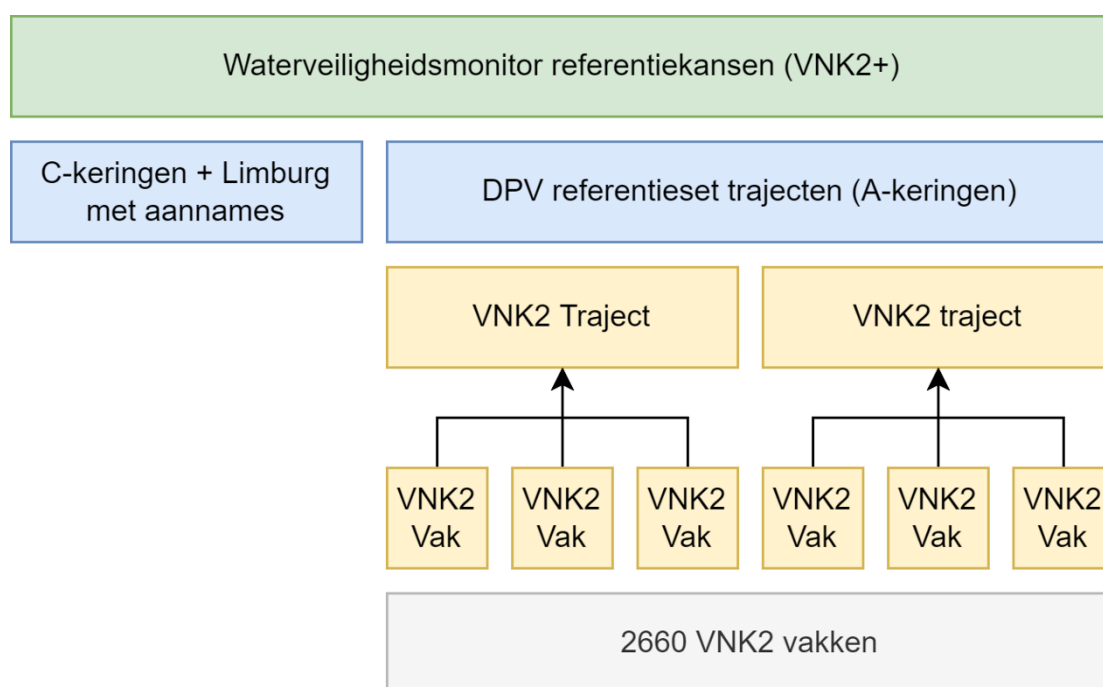
In dit project richt Deltares zich specifiek op de referentiekansen die gebruikt worden voor de waterveiligheidsmonitor. Referentiekansen, of meer algemeen goede faalkansschattingen van waterkeringen, zijn veel breder van belang dan voor de waterveiligheidsmonitor alleen. Bijvoorbeeld voor de ROR, LIWO, invullen van ruimtelijk beleid, of risicomodellen van banken. Hoewel dit buiten de scope van het huidige project valt, blijft het belang van een goed onderbouwde referentieset en een methode om om te gaan met faalkansen van dijktrajecten wel relevant voor vervolgstudies. Daarnaast maakt Deltares in deze studie een vergelijking tussen LBO1 en VNK2+ voor de basissituatie (voor versterking). Aanpassingen als gevolg van versterkingen worden niet beschouwd. Hiervoor is gekozen omdat dit aanvullende aannames vergt over hoe rekenkundig om te gaan met de versterkingen in termen van impact op overstromingsrisico's.

2 Over de data

2.1 Referentieset waterveiligheidsmonitor

De referentiekansen die gebruikt zijn voor de waterveiligheidsmonitor worden door dit rapport heen aangeduid als de 'VNK2+' kansen. Deze referentiekansen zijn gebaseerd op de originele VNK2 data. Oorspronkelijk werden de VNK2 analyses gedaan op dijkkringniveau. Later is de originele data op vak-niveau gecombineerd naar dijktrajecten met een gelijke norm. Ook zijn toen geplande versterkingen in het kader van HWBP2 meegenomen zodat de kansenset representatief wordt voor het jaar 2015. Dit resulteerde in de DPV referentieset.

De DPV referentieset bevat alleen data voor de voormalige A-keringen. Voor de referentieset die uiteindelijk gebruikt is in de waterveiligheidsmonitor, is de DPV referentieset aangevuld met een aantal aanvullende aannames voor de voormalige C-keringen en een aantal dijktrajecten in Limburg, zie Bijlage A. Dit is weergegeven in Figuur 2.1 en gevisualiseerd in Figuur 2.2.



Figuur 2.1 Totstandkoming referentieset waterveiligheidsmonitor.



Figuur 2.2 Referentiekansen gebruikt in DPV. In de waterveiligheidsmonitor zijn deze ook gebruikt en zijn daar nog kansen voor de voormalige c-keringen (bijvoorbeeld langs de Hollandse IJssel, zie Bijlage A). Bron: DPV (2016).

2.2 Beschikbare data

Onderstaande databronnen zijn beschikbaar gesteld in het kader van deze studie en benut. Deze staan hieronder samengevat in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Overzicht gebruikte databronnen.

Bron	Beschikbare data	Omschrijving	Open data?
DPV (2016)	Referentiekansen op (norm)trajectniveau	Deel van de basis voor huidige waterveiligheidsmonitor (voor voormalige A-keringen)	Ja
VNK2 originele data (2014)	Vakdata, ringdeeldata en dijkkringdata met achterliggende sommen voor de VNK2 dijkringen	De achterliggende VNK2 data inclusief onderbouwingen en sommen.	Nee
VNK2+	Faalkansen voor vakken, faalmechanismen en trajecten	Deze dataset is de basis voor huidige waterveiligheidsmonitor. Hiermee kunnen de DPV kansen worden gereproduceerd. Aanvullend hierop zijn voor voormalige C-keringen en Limburg aannames gedaan. Dit bij elkaar is de referentieset van de waterveiligheidsmonitor.	Ja (deels)
LBO1 (2023) publieke data van waterveiligheidsportaal	Oordelen en (niet-compleet overzicht van) faalkansen op traject- en mechanismeniveau	Deze data bevat geen gecombineerde faalkansen op vakniveau (inherent aan methode). Er zijn ook niet overal trajectkansen door gevoeligheden (vooral in rivierengebied). Voor een deel van de trajecten zijn er kansen op trajectniveau. Voor een deel van de trajecten zijn er vakken per mechanismen, maar niet voor alle mechanismen. Deze dataset bevat de kwantitatieve faalkansen (deelfaalmechanismen groepen 1 en 2). Er is ook een algemeen veiligheidsoordeel beschikbaar waarin ook een kwalitatief oordeel van groepen 3 en 4s meegenomen.	Ja
LBO1 data van ILT	Aanvullingen op data van het waterveiligheidsportaal	Alle trajectkansen, ook in het rivierengebied. Riskeerbestanden op vak- en trajectniveau met faalmechanisme-informatie, zowel kwantitatieve faalkansen (op basis van groepen 1 en 2) en kwalitatieve toetsoordelen voor groepen 3 en 4 deelfaalmechanismen. In deze data zit niet de onderbouwing van de uitkomsten en de faalkansen. Deze is voor een aantal trajecten opgevraagd en geeft veel inzicht in de uitkomsten van LBO1, hoewel de onderbouwing van de Toetsen op Maat (veel gebruikt) nog ontbreekt.	Nee
HWBP	Nadere veiligheidsanalyses	Gedetailleerde data en inzicht in versterkingsprojecten en faalkansen	Nee
HWBP	Locatie van uitgevoerde en geplande versterkingsmaatregelen	De uitgevoerde versterkingsmaatregelen zijn gebruikt voor de huidige waterveiligheidsmonitor	Nee

2.3 VNK2 originele data

De originele VNK2 data uit 2014 en hiervoor (VNK2, 2014) bevat informatie op vakniveau, ringdeelniveau en dijkkringniveau. Deze indelingen wijken af van de trajectindelingen die later zijn gebruikt en die op dit moment gangbaar zijn. De originele VNK2 data bevat per dijkkring de basissommen en faalmechanismen voor de dijkringen, ringdelen en vakken.

De deelfaalmechanismen die werden meegenomen in de VNK2 analyse zijn deels anders dan die zijn meegenomen in LBO1. De deelfaalmechanismen van VNK2 staan in onderstaande Figuur 2.3.

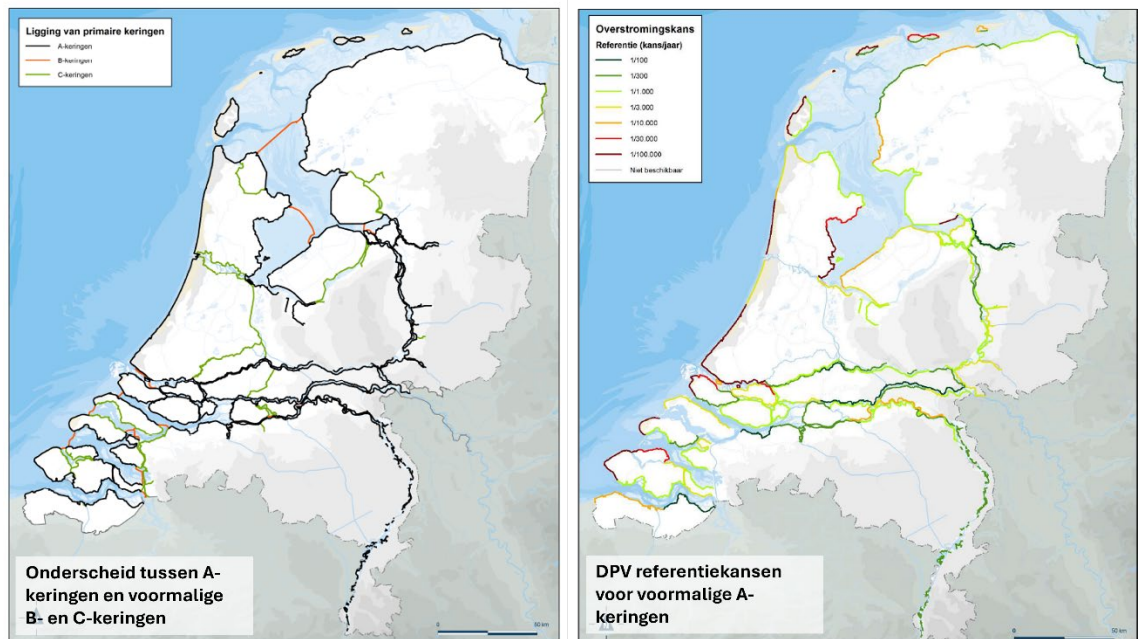
Deelfaalme	Name	Description	DimensionII
	MHW controle		Deelfaalmecha
101	Overloop/golfoverslag		Deelfaalmecha
201	Stabiliteit		Deelfaalmecha
301	Opbarsten en piping 1		Deelfaalmecha
302	Opbarsten en piping 2		Deelfaalmecha
303	Opbarsten en piping 3		Deelfaalmecha
304	Opbarsten en piping 4		Deelfaalmecha
305	Opbarsten en piping 5		Deelfaalmecha
306	Opbarsten en piping 6		Deelfaalmecha
307	Opbarsten en piping 7		Deelfaalmecha
308	Opbarsten en piping 8		Deelfaalmecha
309	Opbarsten en piping 9		Deelfaalmecha
310	Opbarsten en piping 10		Deelfaalmecha
401	Bekleding 1		Deelfaalmecha
402	Bekleding 2		Deelfaalmecha
403	Bekleding 3		Deelfaalmecha
404	Bekleding 4		Deelfaalmecha
405	Bekleding 5		Deelfaalmecha
501	Duinafslag		Deelfaalmecha
601	Overloop/golfoverslag kunstwerk		Deelfaalmecha
701	Niet sluiten kunstwerk		Deelfaalmecha
801	Piping kunstwerk		Deelfaalmecha
901	Constructief falen kunstwerk		Deelfaalmecha

Figuur 2.3 Voorbeeld beschikbare deelfaalmechanismen uit VNK2.

2.4 DPV data

De DPV data komt voort uit de originele data op vak-niveau van VNK2. Maar, deze vakken zijn voor de DPV analyse op een andere manier opgerold: namelijk naar de trajecten die later ook voor LBO1 zijn gebruikt. Daarmee wijkt de DPV data dus af van de originele VNK2 data, omdat de vakken op een andere manier zijn gecombineerd (niet naar dijkringen en ringdelen maar naar dijktrajecten). Deze exercitie is gedaan met de toen beschikbare VNK2 data. Deze originele data bevat geen faalkansen voor een aantal voormalige C-keringen en een aantal keringen in Limburg. Dit heeft de volgende consequentie dat hiervoor aannames zijn gemaakt.

Hieronder in Figuur 2.4 zijn de voormalige A-, B- en C-keringen weergegeven en ook de DPV referentieset (voormalige B keringen zitten niet in de referentieset). Overigens zijn niet alle C-keringen primair geworden en daarmee in referentieset gekomen, bijvoorbeeld de keringen om het Amsterdam-Rijnkanaal.



Figuur 2.4 Primaire keringen (links) en DPV referentiekansen (rechts) op basis van DPV (2016).

2.5 VNK2+

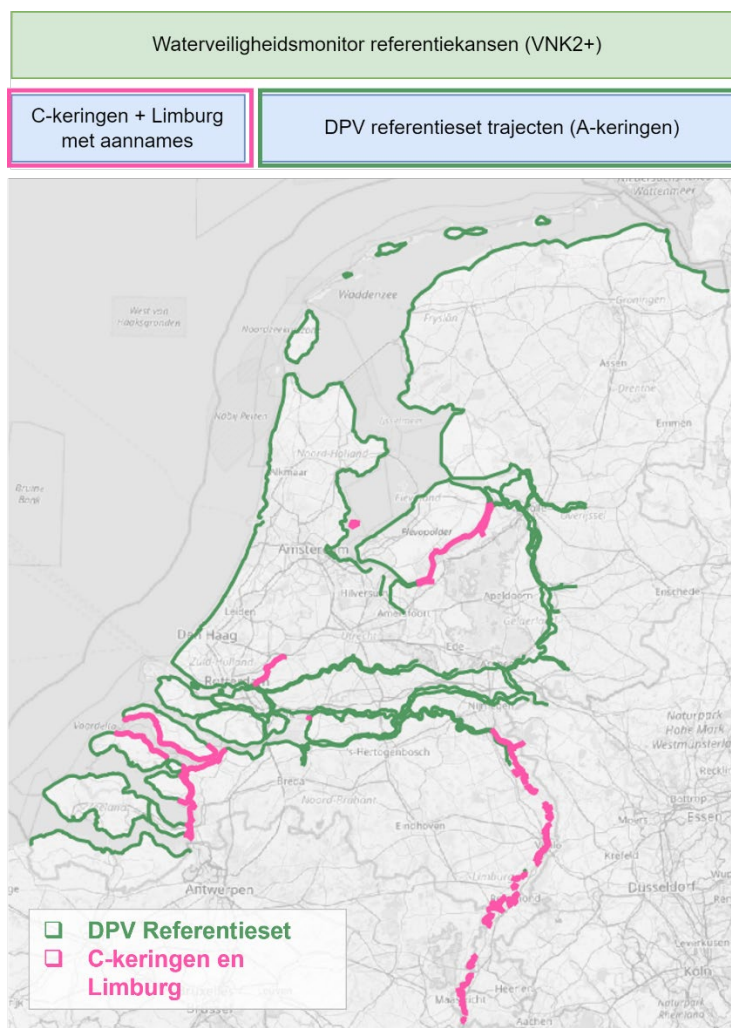
De referentieset die gebruikt is in de waterveiligheidsmonitor (VNK2+) vindt haar basis in de DPV referentieset (op basis van VNK2), maar is aangevuld met een aantal aannames voor keringen waarvoor geen VNK2 faalkansen beschikbaar waren. Dit is het geval voor voormalige C-keringen en een aantal trajecten in Limburg die niet zijn beoordeeld door VNK2. Dit gaat om 64 trajecten, zie Figuur 2.5.

De aannames die zijn gedaan zijn hieronder beknopt samengevat. De uitgebreide lijst met onderbouwingen, die uit de memo van de waterveiligheidsmonitor uit 2019 komt, is bijgevoegd in Bijlage A.

Aannames:

- Voor de Hollandse IJssel (14-1) is de referentiekans overgenomen uit de consequentie-analyse van DPV.
- Voor de overige C-keringen langs de randmeren is uitgegaan van de signaleringswaarde in de norm.
- De twee eilanden IJburg en Marken hadden geen referentiewaarde. Hier zijn de VNK2 kansen overgenomen. Deze zijn veel kleiner dan de signaleringswaarde.
- Voor normtraject 23-1 (Noordwaard) en voor dijkkring 33 (Kreekrakpolder) is de signaleringswaarde gebruikt als referentiekans bij gebrek aan VNK2 kans.
- Voor de Limburgse normtrajecten is als startwaarde een kans van 1/125 per jaar aangenomen. Deze waarde is ook gebruikt in de DPV consequentieanalyse.
- Voor normtraject 13_2 (de Hondsbossche zeewering_ en 13_5 (kust4-landelijk) zijn de signaleringswaardes overgenomen.
- Normtraject 16_5 is de Diefdijk. Deze keert geen water, maar dient om het overstroomde gebied te beperken in het geval de Betuwe en Tieler & Culemborgerwaard overstromen. Deze is niet meegenomen in de analyse.

De ruimtelijke ligging van de voormalige C-keringen en de trajecten in Limburg waarvoor aannames zijn gedaan in de referentiekansenset van de waterveiligheidsmonitor, zijn hieronder ruimtelijk weergegeven:



Figuur 2.5 Ligging voormalige C-keringen en Limburgse keringen waarvoor aannames zijn gedaan in de referentieset van de waterveiligheidsmonitor.

2.6 LBO1 data

LBO1 heeft publieke data, maar deze data is niet volledig. Zo mist er bijvoorbeeld data van het rivierengebied en is er ook minder onderliggende informatie. Een deel van de missende data komt door de zogenaamde top9/top14 trajecten welke via een algemeen filter rechtstreeks naar het HWBP zijn gegaan, deze zijn niet verder geanalyseerd.

Voor dit project hebben is dan ook gebruik kunnen maken van besloten data van het ILT voor een aantal trajecten. Hierin zit meer data. Zo zijn bijvoorbeeld de kansen beschikbaar voor het rivierengebied. Via het ILT is ook toegang verkregen tot uitgebreide informatie op vak- en trajectniveau over faalmechanismes en deelfaalmechanismes via de Riskeerbestanden.

Er zijn verschillende faalmechanismes meegenomen in LBO1. Hier zijn vier groepen in te onderscheiden, zie Tabel 2.2. Van groepen 1 en 2 zijn kwantitatieve oordelen gemaakt: dit is de kwantitatieve faalkans die in het eerdere rapport in 2023 is onderzocht en die verderop in

dit rapport ook veel aan bod komt. Voor de groepen 3 en 4 is alleen een kwalitatief oordeel beschikbaar.

Een belangrijk aandachtspunt bij de Riskeerbestanden is dat de onderbouwing van de kansen/oordelen maar heel beperkt is. De kansen/oordelen zijn vaak als toets op maat ingevoerd zonder onderbouwing van precieze analyses, ook niet in de bijbehorende dijkkringrapporten. Het is dus niet mogelijk de resultaten van LBO1 precies te duiden.

Tabel 2.2 Groepen 1-4 en bijbehorende deelfaalmechanismes meegenomen in LBO1.

Oordeel	Groep	Faalmechanisme
Kwantitatief oordeel	1	Grasbekleding erosie kruin en binnentalud
		Hoogte kunstwerk
		Betrouwbaarheid sluiten kunstwerk
		Sterkte en stabiliteit puntconstructies
	2	Piping
		Macrostabiliteit binnenwaarts
Kwalitatief oordeel	3	Stabiliteit steenzetting
		Golfklappen op asfaltbekleding
		Grasbekleding erosie buitentalud
		Duinafslag
	4	Macrostabiliteit buitenwaarts
		Microstabiliteit
		Wateroverdruk bij asfaltbekleding
		Grasbekleding afschuiven buitentalud
		Grasbekleding afschuiven binnentalud
		Piping bij kunstwerk
		Sterkte en stabiliteit langconstructies
		Technische innovaties

3 Generieke vergelijking LBO1 en VNK2+

3.1 Generieke vergelijking

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de analyse uit 2023 kort samengevat, zie Deltares (2023). Het doel van dat rapport was om te verkennen of en hoe de referentiekansen die gebruikt zijn in de waterveiligheidsmonitor, *generiek* verbeterd of aangepast kunnen worden met LBO1 data. Dit middels een volledige kwantitatieve aanpak gebaseerd op bestaande datasets.

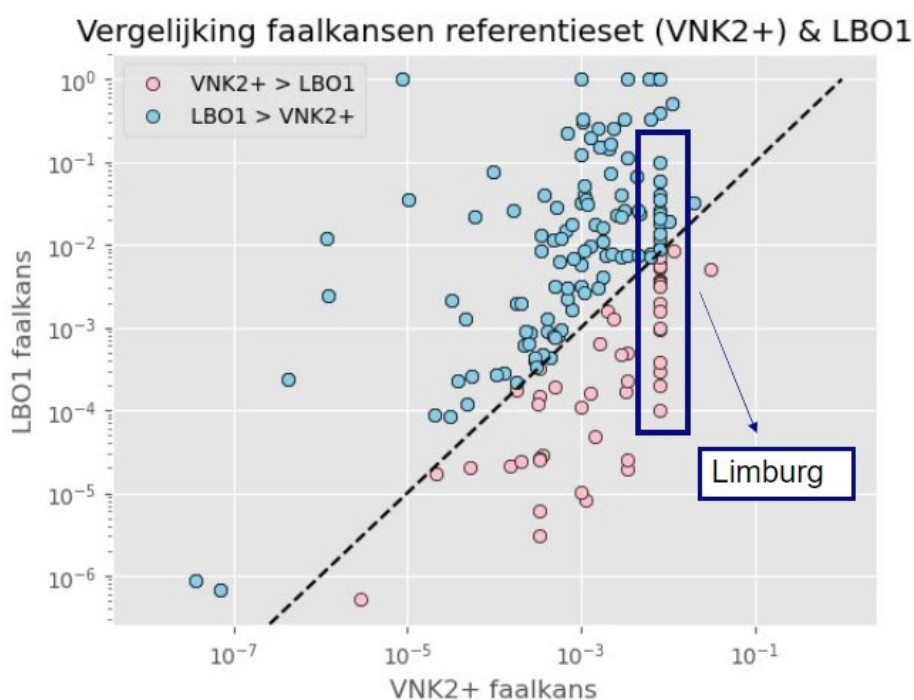
Bij het vergelijken van LBO1 en VNK2+ is het goed om te beseffen dat er een ruim 10 jaar tussen de analyses zit. In deze periode is er van alles veranderd, waardoor uitkomsten niet direct te vergelijken zijn. Voorbeelden van verschillen zijn:

- Andere belastingmodellen.
- Andere sterkte modellen.
- Dijkversterkingen.

Daarnaast had LBO1 ook vaak een ander doel dan VNK2+, zie paragraaf 3.3.

3.2 Analyses

De data-analyse heeft geresulteerd in verschillende vergelijkingen tussen VNK2+ en LBO1. De belangrijkste hiervan staat in Figuur 3.1, waarin de kansen van VNK2+ en LBO1 tegen elkaar zijn uitgezet. Wat opvalt is dat gemiddeld gezien de faalkans van LBO1 groter is dan VNK2+. Daarnaast liggen er veel punten op dezelfde verticale lijn. Dit zijn allemaal trajecten in Limburg waarin in de VNK2+ set een faalkans is aangenomen van 1/125 per jaar, terwijl hier bij LBO1 wel kansen zijn bepaald.



Figuur 3.1 Faalkansen VNK2+ uitgezet tegen LBO1. De roze bollen zijn trajecten waarvoor de VNK2+ faalkans groter is dan de LBO1 faalkans. Voor de blauwe bollen is het andersom.

3.3 Bevindingen

Een van de belangrijkste bevindingen uit het rapport uit 2023 was dat de LBO1 gegevens niet zonder meer *generiek* geschikt zijn om een nieuwe landelijke set van referentiekansen van alle waterkeringen op te baseren. Dit komt enerzijds omdat uit onze analyse blijkt dat LBO1 data grotendeels een minder scherp veiligheidsbeeld geven op trajectniveau geven dan de oudere VNK2+ data. Maar vooral omdat een significant deel van de LBO1 uitkomsten minder goed en uniform onderbouwd is dan de VNK2+ set.

De kansen uit LBO1 worden voor veel trajecten beschouwd als niet-plausibel groot of als een kans op schade aan de kering in plaats van de kans op een bres. Door deze grote kansen te gebruiken ontstaat een onrealistisch en daarmee ongewenst beeld van de overstromingsrisico's in Nederland.

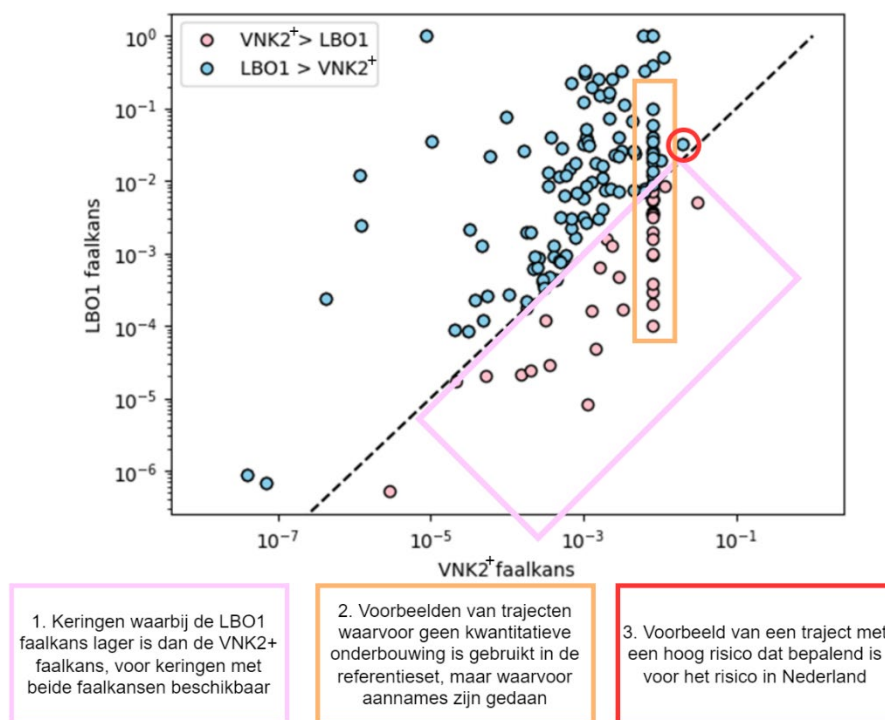
Deze hoge kansenschattingen hebben onder meer te maken met de verschillende doelen van LBO1. Bij veel trajecten was het zo goed mogelijk bepalen van de overstromingskans niet het doel, maar ging het bijvoorbeeld om ervaring op te doen met de nieuwe systematiek of om een stabiel oordeel of was het aantonen van de noodzaak tot versterking voldoende en wat het zo goed mogelijk bepalen van de faalkans onderschikt als doel. Daarnaast zijn er verschillen in gebruikte belasting- en sterktemodellen die een deel van de verschillen verklaren. Hiervoor wordt naast het achterliggende rapport (Deltares, 2023), ook verwezen naar een ENW studie waarin in wordt gegaan op de relatief grote kansen in LBO1 (ENW, 2024).

4 Verkenning traject-specifieke aanscherping referentiekansen

4.1 Aanpak

Welke opties zijn er om de referentieset van de waterveiligheidsmonitor te verbeteren op basis van de geïnspecteerde databronnen? Eerder is vastgesteld dat het compleet vervangen van de referentieset door de faalkansen van LBO1 geen optie is (zie Deltares (2023) en paragraaf 3.1).

In dit project heeft Deltares om die reden een viertal opties geïdentificeerd waarbij de LBO1 faalkansen toch mogelijkheden zouden kunnen bieden voor traject-specifieke verbeteringen, ter vervanging van de faalkansen die nu in de referentieset van VNK2+ zit. Hierbij is de voorwaarde dat de LBO1 kansen wel goed onderbouwd zijn. Dit wordt verder onderzocht in dit hoofdstuk. Deltares heeft voor deze analyse vier groepen onderscheiden waarin LBO1 mogelijk toch een betere basis biedt dan de VNK2+ faalkansen. Deze opties zijn illustratief weergegeven in het figuur hieronder.



Figuur 4.1 Vergelijking van de faalkansen voor trajecten waarbij zowel VNK2+ kansen uit de referentieset beschikbaar zijn als LBO1 kansen. De VNK2+ faalkansen zijn geplot op de x-as en zijn afgezet tegen de LBO1 faalkansen op de y-as. Naast de drie genoemde groepen is naar outliers gekeken.

De verschillende groepen sluiten elkaar niet uit, er zit overlap tussen. Dit is zo goed mogelijk aangegeven in de tekst.

4.2 Trajecten waarvoor LBO1 kleinere kansen geeft dan VNK2+

Trajecten waar bij LBO1 kansen kleiner zijn dan VNK2+ zijn weergegeven in het roze blok in Figuur 4.1. In de volgende paragraaf wordt in meer detail uitgezocht waarom de kansen van LBO1 kleiner zijn voor deze trajecten en welke onderbouwing beschikbaar is, en of dat dan betekent dat LBO1 een alternatief is voor de referentiekansen van VNK2+ voor deze trajecten. Binnen deze eerste groep kan weer onderscheid worden gemaakt in verschillende deelverzamelingen. Per deelverzameling worden hieronder de analyse en bevindingen toegelicht.

In paragraaf 4.2.4 wordt besproken welke van deze deelverzamelingen het best in aanmerking komen voor het eventueel bijstellen van de referentiekansen.

4.2.1 Vergelijking VNK2+ en LBO1 data

Allereerst is het goed om te noemen dat er verschillen zijn in de deelfaalmechanismes die meegenomen zijn in LBO1 en in de originele VNK2 analyse. De deelfaalmechanismes van VNK2 overlappen met de faalmechanismen van groepen 1,2 en deels met groep 3 van LBO1. Verder wordt LBO1 (Overheid, 2017) onderscheid gemaakt tussen vier groepen faalmechanismen. Van de eerste twee groepen wordt een kwantitatieve faalkans bepaald. In groepen drie en vier wordt alleen een kwalitatief veiligheidsoordeel gegeven, zie Tabel 2.2.

De faalkansen van LBO1 die gekwantificeerd zijn in een faalkans, zoals in Figuur 4.1, betreffen dus alleen kansen van faalmechanismen in 'groepen 1 en 2' (Grasbekleding erosie kruin en binnentalud, Hoogte kunstwerk, Betrouwbaarheid sluiten kunstwerk, Sterkte en stabiliteit puntconstructies, Piping & Macrostabiliteit binnenwaarts). Bij Figuur 4.1 moet dus een nuance worden geplaatst: hoewel de kwantitatieve faalkans wellicht klein of op orde lijkt, kan het veiligheidsoordeel in LBO1 toch slecht uitvallen. Bij nadere analyse blijkt dit te komen door het kwalitatieve oordeel van groepen 3 en 4 waarin de overige deelfaalmechanismes beoordeeld worden.

Hoewel dit kwalitatieve oordeel tot nu toe niet is meegenomen in de analyse, zal deze extra informatie niet leiden tot een verbetering van de LBO1 faalkansen. De kwalitatieve oordelen kunnen echter wel tot een aanzienlijke verslechtering leiden (een aanzienlijk hogere faalkans). Immers: de faalkans wordt bepaald door het slechtste mechanisme en het slechtste vak. Om die reden leidt het toevoegen van extra mechanismes hooguit tot een verslechtering omdat anders de reeds geanalyseerde vakken en mechanismes bepalend zijn.

Aangezien de groepen 3 en 4 niet kwantitatief zijn beschouwd, zijn die tot nu toe niet meegenomen. Daarmee zou je kunnen concluderen dat tot nu toe de 'best case' van LBO1 is beschouwd. Bij de inhoudelijke duiding van de resultaten is dit echter wel van doorslaggevend belang. Hieronder wordt ingegaan op een aantal voorbeelden van trajecten waarbij dat kwalitatieve oordeel doorslaggevend was voor het kwalitatieve veiligheidsoordeel van LBO1.

4.2.2 Keringen met een negatief veiligheidsoordeel C of D in LBO1

In LBO1 wordt onderscheid gemaakt tussen veiligheidsoordelen A en B (positief veiligheidsoordeel) en C en D (negatief veiligheidsoordeel). Er wordt eerst gekeken naar de trajecten met een negatief veiligheidsoordeel, aangezien deze voor een verslechtering kunnen zorgen ten opzichte van de kwantitatieve kansschatting.

4.2.2.1 Keringen waarbij het kwalitatieve oordeel doorslaggevend was voor een negatief veiligheidsoordeel

Het kwalitatieve oordeel is in een aantal gevallen doorslaggevend geweest voor het veiligheidsoordeel van LBO1. Dit kan worden afgeleid uit trajecten waarbij de kwantitatieve

faalkansschatting (groep 1 en 2) aan de norm voldoet, maar waarbij het veiligheidsoordeel toch een C of D is geworden. Een veiligheidsoordeel van C of D betekent dat de kering niet aan de ondergrensnorm voldoet, waarbij een D-oordeel dertig keer slechter is dan de norm.

In de gevallen waarbij het kwantitatieve oordeel binnen de norm valt, maar het veiligheidsoordeel toch onvoldoende is, is het kwalitatieve oordeel dat gegeven is aan de deelfaalmechanismes in groepen 3 en 4 dus doorslaggevend geweest voor het eindoordeel. Dit is het geval voor negen keringen die zowel een LBO1 als VNK2+ kwantitatieve kans hebben. Hieronder worden deze uitgesplitst in A-keringen (Tabel 4.1) en trajecten waarvoor aannames zijn gedaan in de VNK2+ dataset (voormalige C-keringen en trajecten in Limburg; Tabel 4.2). Wat opvalt is dat keringen die een kleine kans lijken te hebben op basis van de kwantitatieve schatting en ruim aan de norm voldoen, alsnog niet aan de norm voldoen als het kwalitatieve oordeel wordt meegewogen.

Tabel 4.1 Trajecten waarbij de LBO1 faalkans kleiner zijn dan de VNK2+ faalkans, en ook dan de veiligheidsnorm, maar waarbij het kwalitatieve veiligheidsoordeel van LBO1 toch doorslaggevend is geweest voor het uiteindelijke negatieve veiligheidsoordeel. Betreft A-keringen.

TRAJECT_ID	Oordeel	Naam	Normkans (ondergrens (per jaar))	Kwantitatieve faalkansschatting LBO1 groepen 1 en 2 (per jaar)	Type kering
19-1	C	Rozenburg	1:30.000	1: 46.000	A
6-6	C	Friesland-Groningen - Groningen 2	1:1000	1:6.200	A
23-1	C	Dijkkring 23	1:1000	1:5.000	A
14-8	C	Zuid-Holland - Kust 4	1:10000	1: 58.000	A
12-1	D	Wieringen 1	1:1000	1:34.000	A

Tabel 4.2 Trajecten waarbij de LBO1 faalkans kleiner zijn dan de VNK2+ faalkans, en ook dan de veiligheidsnorm, maar waarbij het kwalitatieve veiligheidsoordeel van LBO1 toch doorslaggevend is geweest voor het uiteindelijke negatieve veiligheidsoordeel. Betreft keringen waarvoor aannames zijn gedaan in de referentieset van de waterveiligheidsmonitor.

TRAJECT_ID	Oordeel	Naam	Norm (ondergrens)	Kwantitatieve faalkansschatting LBO1 groepen 1 en 2	Voormalige C kering of Limburg
8-6	C	Flevoland 6	1:1000	1:37.000	C
8-5	C	Flevoland 5	1:1000	1:3100	C
8-7	C	Flevoland 7	1:1000	1:40.000	C
95-1	C	Eijsden	1:100	1:320	Limburg

Voor Traject 8-6 is het toetsoordeel van groepen 3 en 4 bepaald door de stabiliteit van de steenzetting. Voor Traject 8-7 is grasbekleding erosie buitentalud bepalend (en misschien macrostabiliteit binnenwaarts). In Bijlage B wordt in meer detail gekeken naar Traject 12-1.

4.2.2.2 Trajecten waarbij de kwantitatieve LBO1 faalkans al niet voldoet aan de norm

Het lijstje onderstaande keringen (Tabel 4.3) heeft ook een negatief veiligheidsoordeel op basis van LBO1, maar het verschil met de voorgaande trajecten is dat voor deze trajecten de LBO1 kwantitatieve faalkans ook al niet voldoet aan de norm. Daarnaast geeft LBO1 voor deze trajecten een kleinere faalkans dan VNK2+. Als voorbeeld is traject 42-1 verder uitgewerkt in Bijlage C. Hier lijkt in ieder geval het piping deel beter onderbouwd in LBO1 dan in VNK2.

Tabel 4.3 Trajecten waarbij kwalitatief oordeel maatgevend is, maar kwantitatief oordeel ook niet voldoende

Traject	Veiligheidsoordeel	Faalkans VNK2+	Faalkans LBO1 (kwantitatief)	Norm (ondergrens)
91-1	C	1:125	1:188	1:300
94-1	C	1:125	1:174	1:100
6-1	C	1:513	1:624	1:1000
30-3	C	1:32	1:195	1:1000
42-1	C	1:353	1:2.083	1:3000
93-1	C	1:125	1:140	1:300
32-4	C	1:87	1:120	1:1000
8-2	C	1:3150	1:8.423	1:10000
5-2	D	1:426	1:786	1:3000

4.2.3 Keringen met een positief veiligheidsoordeel A of B in LBO1

Onder de keringen waarvoor aannames zijn gedaan in de referentieset, is een aantal keringen met een positief veiligheidsoordeel, waarvoor zowel LBO1 als referentiekansen (VNK2+) aanwezig zijn. Zie Tabel 4.4. Als keringen op basis van zowel VNK2+ als LBO1 al voldoen aan de norm, heeft updaten in de referentieset geen zin, omdat de keringen niet worden geselecteerd voor versterking en omdat deze een verwaarloosbare bijdrage aan het risico hebben. Daarnaast valt op dat het alle keringen in Tabel 4.4 in Limburg zijn, waarvoor aanvullende overwegingen gelden, zie paragraaf 4.4.

Tabel 4.4 Keringen met een positief veiligheidsoordeel waarbij geldt dat LBO1 een kleinere kans geeft dan VNK2+.

Traject	Veiligheidsoordeel	Trajectnaam	Faalkans VNK2+	Faalkans LBO1 (kwantitatief)	Norm (ondergrens) in herhalingsstijd
73-1	A	Beesel	1:125	1:3.300	1:100
76-2	A	Roermond - Noord	1:125	1:640	1:100
78a-1	A	Beegden	1:125	1:1.000	1:100
85-1	A	Urmond	1:125	1:5.000	1:100
86-1	A	Meers Maasband	1:125	1:10.000	1:100
88-1	A	Aan de Maas	1:125	1:1.000	1:100
56-1	B	Afferden	1:125	1:180	1:100
59-1	B	Bergen	1:125	1:180	1:100
64-1	B	Broekhuizenvorst	1:125	1:290	1:100
66-1	B	Lottum	1:125	1:180	1:100
67-1	B	Grubbenvorst	1:125	1:190	1:100
78-1	B	Heel 1	1:125	1:280	1:100

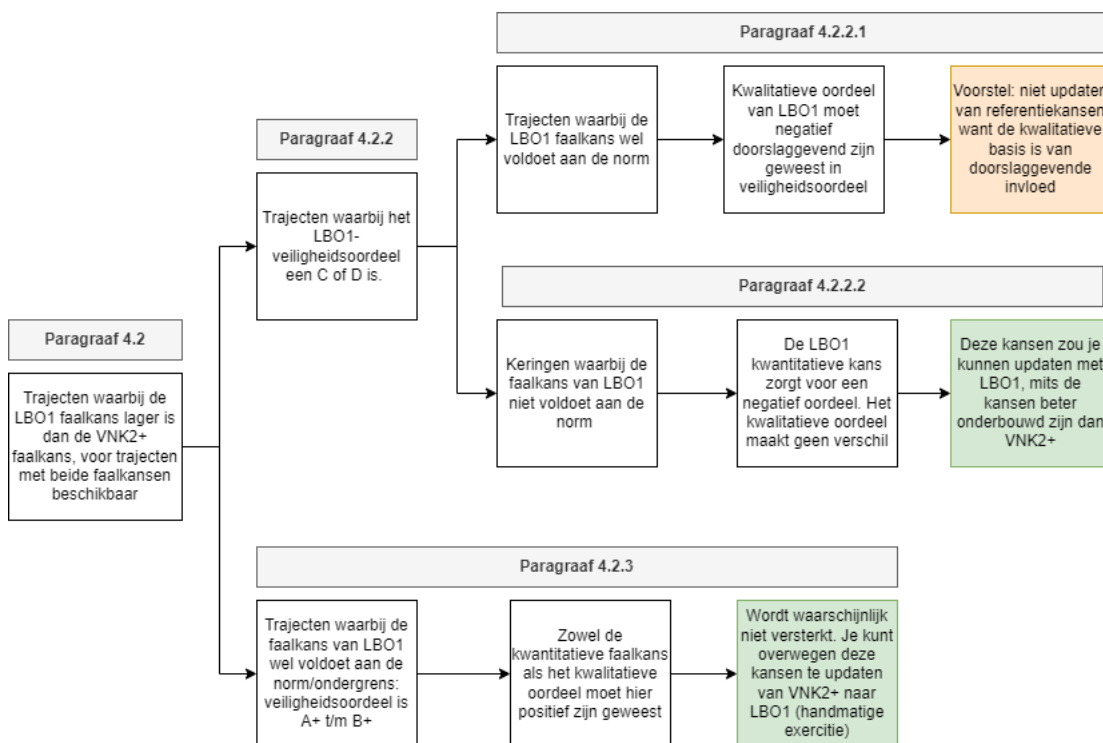
Traject	Veiligheidsoordeel	Trajectnaam	Faalkans VNK2+	Faalkans LBO1 (kwantitatief)	Norm (ondergrens) in herhalingstijd
80-1	B	Maasbracht	1:125	1:270	1:100
82-1	B	Aasterberg	1:125	1:280	1:100
89-1	B	Voulwames	1:125	1:520	1:100
92-1	B	Borgharen	1:125	1:285	1:100

4.2.4 Deelconclusie eventuele aanpassingen kansen met LBO1 voor trajecten waarbij LBO1 een kleinere kans geeft dan VNK2+.

Voor de trajecten waarbij LBO1 een kleinere kans geeft dan VNK2+ is een aantal deelverzameling geanalyseerd. Hoe deze leiden tot conclusies over het mogelijk bijstellen van referentiekansen is samengevat in Figuur 4.2. Er wordt geconcludeerd:

- Als het veiligheidsoordeel C of D is, terwijl de kwantitatieve kans klein is en aan de norm voldoet moet het kwalitatieve oordeel doorslaggevend zijn. Dit is onvoldoende basis om de referentiekansen bij te stellen. Dit geldt voor trajecten uit paragraaf 4.2.2.1.
- Als het veiligheidsoordeel C of D is en de kwantitatieve kans voldoet niet aan de norm, dan is invloed kwalitatieve oordeel waarschijnlijk beperkt. Hiervoor zou je de referentiekansen kunnen bijstellen mits de kansen beter onderbouwd zijn dan VNK2+. Dit geldt voor trajecten uit paragraaf 4.2.2.1.
- Als het veiligheidsoordeel A of B is zijn zowel het kwantitatieve als kwalitatieve oordeel positief. Hier kan je overwegen om de referentiekansen bij te stellen, mits deze goed onderbouwd zijn. Wel geldt dat het effect van deze bijstelling op de monitor op dit moment zeer beperkt zal zijn: het risico van deze trajecten is klein.

Verder is gebleken dat het niet eenvoudig is om referentiekansen bij te stellen op basis van LBO1. Er is maar weinig onderbouwing beschikbaar van de LBO1 data, het kost veel handmatig werk om uit te zoeken in hoeverre de LBO1 uitkomsten beter zijn onderbouwd dan VNK2+, zie ook Hoofdstuk 5.



Figuur 4.2 Loont het om de LBO1 kansen over te nemen als deze kleiner zijn dan de VNK2+ kansen?

4.3 Voormalige C-keringen en keringen in Limburg

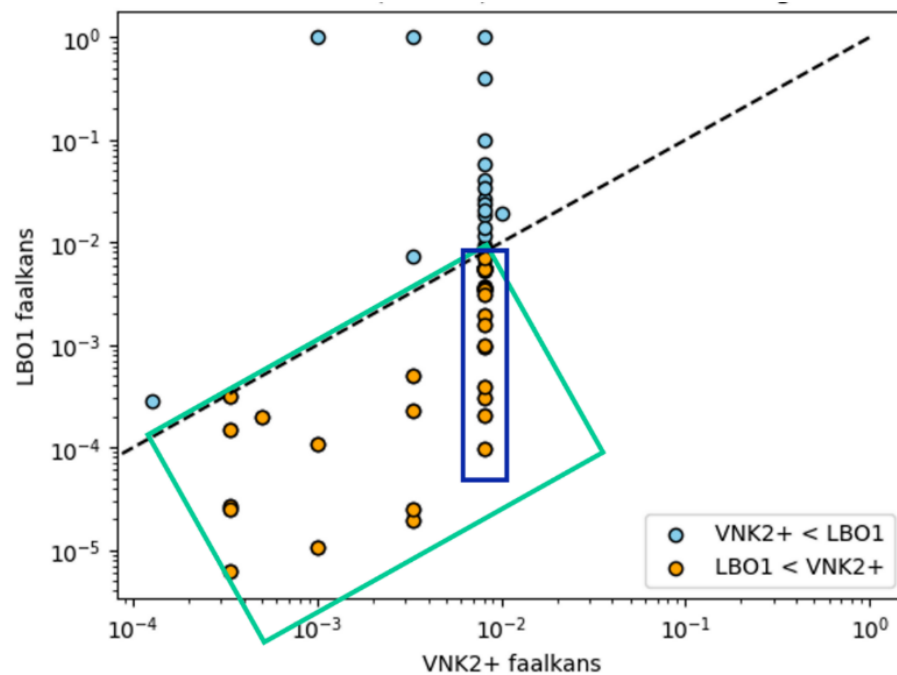
De volgende groep betreft voormalige C-keringen en keringen in Limburg. Dit zijn trajecten waarvoor geen kwantitatieve onderbouwing is gebruikt in de referentieset van de waterveiligheidsmonitor. Voor deze trajecten zijn dus aannames gedaan. Deze aannames staan uitgebreid beschreven in Bijlage A. Zie ook Figuur 2.5 voor de ruimtelijke ligging van deze groep trajecten.

4.3.1 Analyse

Van de 64 trajecten binnen deze eerste groep, hebben er 58 zowel een faalkans in de referentieset van de waterveiligheidsmonitor (VKN2+) als in LBO1. Van deze 58 trajecten hebben er 40 een kleinere LBO1-kans dan VKN2+ kans. Van die 40 liggen er 27 in Limburg. Deze 27 Limburgse trajecten hebben allemaal een 1/125 referentiekans gekregen. Zie Figuur 4.3 voor een weergave van deze feiten. Hieronder wordt ingegaan op de vraag of LBO1 een goede alternatieve bron is voor de faalkansen van deze trajecten.

Wat in het algemeen opvalt is dat de referentiekans van 1/125 voor de Limburgse trajecten gemiddeld gezien een redelijke schatting lijkt, echter er zit grote spreiding in de resultaten.

In de groep valt verder traject 14-1 welke in paragraaf 4.4 wordt behandeld. Ook trajecten 54-1 en 68-1 vallen in deze groep, deze worden behandeld in paragraaf 4.5. Voor een aantal van de overblijvende trajecten in deze groep is aanvullende data opgevraagd bij de ILenT. Dit is steekproefsgewijs gedaan, zie Tabel 4.5.



40 trajecten:
LBO1 < VNK2+

↓

Waarvan 27 in
Limburg

TRAJECT ID	Naam	Oordeel	Faalkans LBO1	Referentiekans VNK2+
27-3	Tholen en St. Philipsland 3	A	0.0001493	0.0003333
34-3	West-Brabant 3	A	0.0000061	0.0003333
8-5	Flevoland 5	C	0.0003198	0.0003333
8-6	Flevoland 6	C	0.0000269	0.0003333
8-7	Flevoland 7	C	0.0000253	0.0003333
23-1	Dijkring 23	C	0.0001955	0.0005000
27-4	Tholen en St. Philipsland 4	A	0.0000104	0.0010000
34-4	West-Brabant 4	A	0.0001099	0.0010000
25-3	Goeree-Overflakkee	A	0.0004978	0.0033333
25-4	Goeree-Overflakkee Grevelingen	A+	0.0000000	0.0033333
31-3	Zuid-Beveland Oost 3	A	0.0000252	0.0033333
34-5	West-Brabant 5	A	0.0002269	0.0033333
45-3	Gelderse Vallei - Meren 2	A	0.0000196	0.0033333
56-1	Afferden	B	0.0054645	0.0080000
57-1	Nieuw Bergen	B	0.0000000	0.0080000
59-1	Bergen	B	0.0056180	0.0080000
60-1	Well	B	0.0000000	0.0080000
63-1	Blitterswijk	A	0.0003882	0.0080000
64-1	Broekhuizenvorst	B	0.0034843	0.0080000
65-1	Arcen	A	0.0000000	0.0080000
66-1	Lottum	B	0.0056497	0.0080000
67-1	Grubbenvorst	B	0.0054054	0.0080000
70-1	Baarlo	A	0.0000000	0.0080000
71-1	Belfeld	B	0.0000000	0.0080000
73-1	Beesel	A	0.0003000	0.0080000
75-1	Buggenum	A	0.0000000	0.0080000
76-2	Roermond - Noord	A	0.0015528	0.0080000
78-1	Heel 1	B	0.0035211	0.0080000
78a-1	-	A	0.0009461	0.0080000
80-1	Maasbracht	B	0.0037037	0.0080000
82-1	Aasterberg	B	0.0036232	0.0080000
85-1	Urmond	A	0.0002021	0.0080000
86-1	Meers Maasband	A	0.0000983	0.0080000
88-1	Aan de Maas	A	0.0009930	0.0080000
89-1	Voulwames	B	0.0019380	0.0080000
91-1	Itteren	C	0.0053191	0.0080000
92-1	Borgharen	B	0.0035088	0.0080000
93-1	Bossherveld	C	0.0071429	0.0080000
94-1	Maastricht west	C	0.0057471	0.0080000
95-1	Eijsden	C	0.0031056	0.0080000

Figuur 4.3 LBO1 faalkansen versus VNK2+ faalkansen voor voormalige C-keringen en keringen in Limburg.

De belangrijkste uitkomst van Tabel 4.5 is dat op hoofdlijnen de LBO1 te volgen zijn, maar dat de exacte onderbouwing niet bekend is. Daarnaast zijn er moeilijk een trend te ontdekken in bepalende factoren. Dit kan gaan om een kwalitatief oordeel (traject 65-1, 71-1), kunstwerken of piping zijn relatief vaak dominant, lengte-effecten (traject 78-1). Voor traject

34-3 is er een groot verschil tussen referentiekans en LBO1, dit is echter bepaald op basis van onbekende toetsen op maat informatie. Het vraagt dus maatwerk en meer informatie om in te kunnen schatten voor welke trajecten de LBO1 data een voldoende basis geeft als referentiekans.

Tabel 4.5 Steekproefsgewijze analyse LBO1 kansen in relatie tot VNK2+ kans voor voormalige C-keringen en keringen in Limburg (kwal. Maat. = kwalitatief oordeel maatgevend voor totale oordeel, zie paragraaf 4.2).

Traject	Referentie-kans VNK2+	Norm (ondergr)	LBO1 kans	Kwal. Maat.	Mechanisme maatgevend	Aantekeningen
65-1	1/125	1/100	0	Ja	Graserosie buitentalud (GEBU)	GEBU op II gezet zodat handmatig het ingeschatte A oordeel kon worden opgegeven, geen verder onderbouwing bekend
66-1	1/125	1/100	1/177	Nee	Piping (STPH), hoogte kunstwerken (HTKW)	STPH op maat, HTKW berekend
91-1	1/125	1/300	1/188	Nee	piping, piping kunstwerken, sterkte langs	Onderbouwd met sommen in Riskeer
78-1	1/125	1/100	1/284	Nee	Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	Één som voor STBI, toets op maat geeft 1/700, door gecombineerde faalkansschatting STBI 1/300
34-3	1/3000	1/1000	1/160.000	Nee	Graserosie Kruin binnentalud (GEKB)	Toetsen op maat, onbekend
56-1	1/125	1/100	1/183	Nee	GEKB	Op basis van sommen
71-1	1/125	1/100	B	Ja	GEBU	GEBU alleen gebruikt om handmatig een oordeel te kunnen geven, onderbouwing onbekend

4.3.2 Limburgse trajecten waar ook VNK2 analyses beschikbaar zijn

Bij drie Limburgse trajecten (65,68,87) zijn er ook VNK2 analyses beschikbaar, zie Tabel 4.6. Traject 65-1 laat een veel kleinere LBO1 kans zien dan VNK2, de reden is nog onduidelijk maar is misschien versterking. Traject 87-1 laat een LBO1 kans zien ongeveer gelijk aan VNK2. Traject 87-1 wordt verder behandeld in paragraaf 4.4.

Tabel 4.6 Trajecten in Limburg waarvoor zowel LBO1 als VNK2 data beschikbaar zijn.

Traject	Referentiekans	LBO1 kans	VNK2 kans
65-1	1/125	0 (oordeel A)	1/20 (piping en hoogte)
68-1 (zie ook par. 4.5)	1/125	1/25	> 1/100 (piping en hoogte)
87-1	1/125	1/50	1/35 (stabiliteit)

4.3.3 Deelconclusie

Algemeen gezien is de beschikbare onderbouwing van de LBO1 kansen wisselend, maar beter dan de generieke kans van 1/125 per jaar die nu als referentiekans wordt gebruikt. Hoewel de kans van 1/125 gemiddeld gezien passend is. Er zit echter grote spreiding in de LBO1 uitkomsten, wat aanleiding kan zijn om LBO1 te gebruiken als referentiekans. Een kanttekening is dat er voor Limburg VNK2 data is die niet gebruikt is. Ook zijn keringen waarbij het kwalitatieve oordeel doorslaggevend is voor het uiteindelijke veiligheidsoordeel.

4.4 Trajecten die bepalend zijn voor het totale risico in Nederland

Er is een aantal trajecten die bepalend zijn voor het totale overstromingsrisico van Nederland: 7 trajecten bepalen 50% van het risico. De top 5 van deze trajecten omvat: 14-1 (Hollandse IJssel), 16-4 (Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden), 44-1 (Kromme Rijn), 43-5 (Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 5) en 43-6 (Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden 6). Deze zijn ook onderdeel van zogenaamde Top14 trajecten. Deze top 14 trajecten zijn projecten die op basis van een algemeen filter direct naar het HWBP zijn gegaan, zonder een verdere veiligheidsanalyse. Van deze trajecten is dus ook geen LBO1 data beschikbaar. Alleen van traject 14-1 is er LBO1 data beschikbaar: een Riskeerbestand met achterliggende data.

4.4.1 Traject 14-1 Hollandse IJssel

De huidige referentiekans (VNK2+) voor traject 14-1 is gedaan op basis van een aanname van 1/100 in de DPV consequentieanalyse (DPV, 2014 en Bijlage A). Dit traject is een voormalige C-kering. Dat betekent dat er in VNK2 data geen faalkansen zijn berekend. Dit traject is wel beoordeeld in LBO1. De resultaten van LBO1 in Riskeer staan in Figuur 4.4.

Op trajectniveau wordt in het gecombineerde toetsoordeel een kans van 1/51 per jaar berekend. Dit komt voornamelijk door macrostabiliteit binnenwaarts, zie Figuur 4.5 voor een ruimtelijke verdeling hiervan. De LBO1 resultaten ondersteunen de aannames die zijn gemaakt voor de referentiekansen (VNK2+) voor dijktraject 14-1 Hollandse IJssel. Het verschil voor dit dijktraject is klein, maximaal een factor 2 in kans. Dat houdt in dat er weinig reden is om de schatting van een faalkans van 1/100 (referentiekans) aan te passen naar de LBO1 faalkans (ongeveer 1/50). Daarnaast geldt dat stabiliteit voor traject 14-1 nader wordt beschouwd in het kader van de herijking van de normen en er nog verder naar de gevolgen van een doorbraak en de bepalende situaties (open/gesloten Hollandse IJsselkering) voor falen en bijbehorende gevolgen wordt gekeken. Eventuele verbeteringen in de kans van stabiliteit zorgen direct voor een gunstiger beeld voor het traject.

Gecombineerd toetsoordeel

Veiligheidsoordeel

D

Toetsoordeel groepen 1 en 2

Vlt

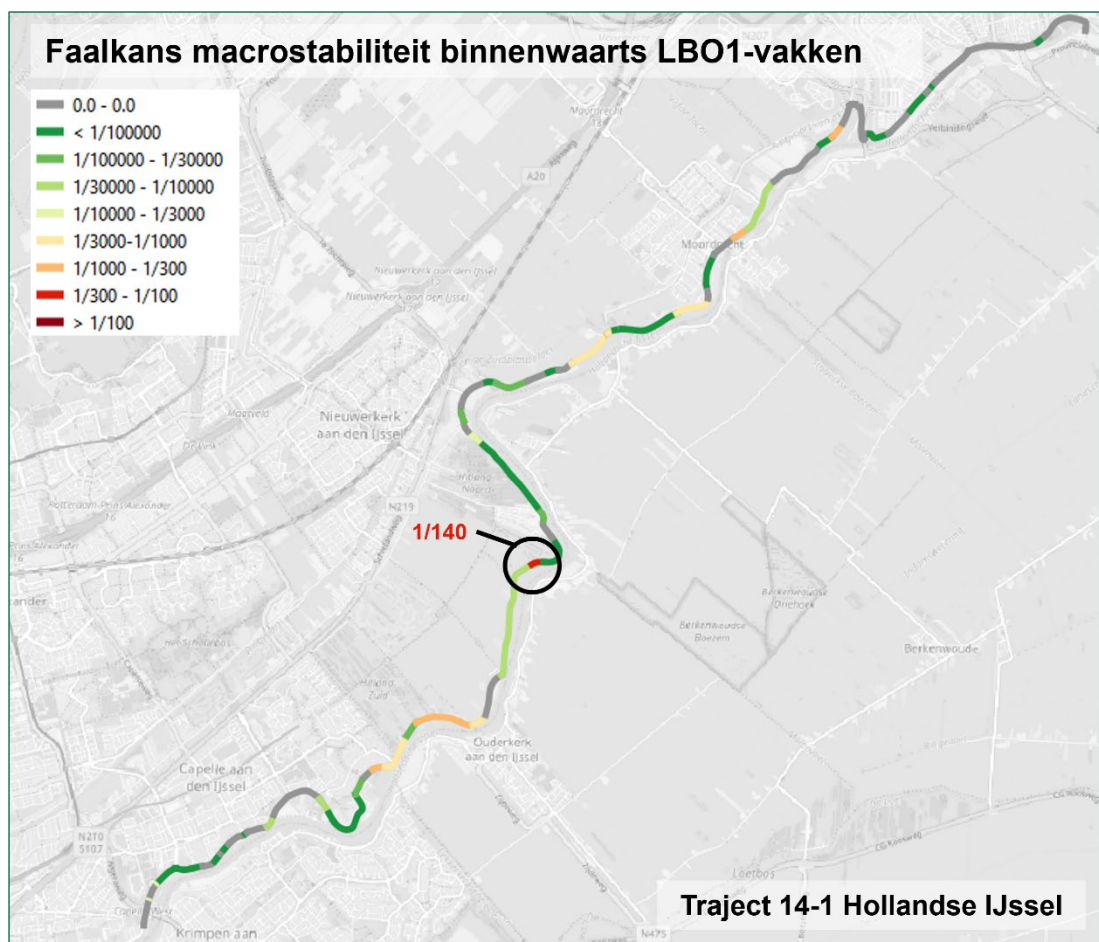
1/51

Toetsoordeel groepen 3 en 4

Vt

Toetsspoor	Label	Groep	Toetsoordeel	Benaderde faalkans [1/jaar]
Dijken en dammen - Piping	STPH	2	-	-
Dijken en dammen - Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB	1	Vt	1/5.000
Dijken en dammen - Macrostabiliteit binnenwaarts	STBI	2	Vlt	1/52
Dijken en dammen - Macrostabiliteit buitenwaarts	STBU	4	Vt	-
Dijken en dammen - Microstabiliteit	STMI	4	lIt	-
Dijken en dammen - Stabiliteit steenzetting	ZST	3	Vt	-
Dijken en dammen - Golfklappen op asfaltbekleding	AGK	3	-	-
Dijken en dammen - Wateroverdruk bij asfaltbekleding	AWO	4	-	-
Dijken en dammen - Grasbekleding erosie buitentalud	GEBU	3	IVt	-
Dijken en dammen - Grasbekleding afschuiven buitentalud	GABU	4	Vt	-
Dijken en dammen - Grasbekleding afschuiven binnentalud	GABI	4	Vt	-
Kunstwerken - Hoogte kunstwerk	HTKW	1	It	1/10.499.300
Kunstwerken - Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW	1	lIt	1/22.499.999
Kunstwerken - Piping bij kunstwerk	PKW	4	It	-
Kunstwerken - Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp	1	Vt	1/9.910
Kunstwerken - Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWI	4	Vt	-
Duinwaterkering - Duinafslag	DA	3	-	-

Figuur 4.4 Riskeer resultaten traject 14-1 Hollandse IJssel.



Figuur 4.5 LBO1 resultaten traject 14-1 voor macrostabiliteit binnenwaarts.

4.4.2 Deelconclusie

Op basis van de informatie voor de Hollandse IJssel, is er niet genoeg reden om de referentiekans aan te passen naar de LBO1 faalkans. Voor de andere keringen die een groot deel van het risico bepalen is geen onderliggende data beschikbaar omdat deze zijn beoordeeld via een filter op trajectniveau. Voor de waterveiligheidsmonitor adviseert het onderzoeksteam van Deltares om deze trajecten dan ook niet te updaten met de LBO1 faalkans.

4.5 'Outliers' van de puntenwolk

In deze paragraaf wordt gekeken naar een aantal outliers, waarbij er grote verschillen zijn tussen LBO1 en VNK2+. Deze zijn willekeurig gekozen op basis van de puntenwolk van Figuur 3.1. Voor de beschouwde gevallen is bekeken of de verschillende tussen VNK2+ en LBO1 verklaarbaar zijn en in hoeverre de LBO1 resultaten een betere basis geven als referentiekans. De resultaten zijn samengevat in Tabel 2.1. Samengevat komt het neer op:

- Traject 6-5 (Friesland): VNK2+ heeft veel grotere kans dan LBO1, maar is versterkt in tussentijd.
- Voor 19-1 (Rozenburg): VNK2+ veel grotere kans dan LBO1, vooral omdat restbreedte bij falen asfaltbekleding niet is meegenomen in VNK2, wel in LBO1. Extra kennis zorgt voor een scherper en beter onderbouwd oordeel. Dit traject voldoet bijna op basis van LBO1 (norm 1/30.000) en is een factor 5 minder veilig volgens VNK2+.
- Traject 68-1: significant grotere kansen in LBO1 dan referentiekansen (1/125). VNK2+ geeft een kans die ongeveer gelijk is aan LBO1, beide $\sim 1/25$. Ondanks dat in de referentiekansen rapportage staat dat er geen VNK2 data is. Dit betreft VNK2 sommen uit 2014. Kunstwerken en piping in maatgevend, piping in Limburg is onderwerp van nader onderzoek.
- Traject 54-1: significant grotere kans in LBO1 ($\sim 1/3$) dan referentie (1/125) en VNK2 ($\sim 1/100$). Kunstwerken en piping in maatgevend, piping in Limburg is onderwerp van nader onderzoek.

Tabel 4.7 Analyse outliers.

Traject	Normkans (ondergr.) (per jaar)	LBO1 kans (per jaar)	Onderbouwing LBO1 kans	VNK2 Kans (per jaar)	Onderbouwing VNK2 kans	Opmerkingen
6-5. Zowel dijk als kunstwer k.	1/1000	1/160.000 Categorie A.	Net versterkt op basis van OI (2014). Veiligheidsoordeel I categorie A o.b.v. dijklichaam. Kunstwerk voldoet ook ruim	1/100. Rond de norm	Sommen	Dit dijktraject is versterkt tussen de beoordeling door VNK2 en LBO1. Dus niet logisch om deze versterking al mee te nemen in de referentie die de situatie voor 20215 representeert.
19-1	1/30000	Categorie C beoordelin g	Kans wordt bepaald door twee dijken die allebei net te klein zijn. Geen acuut gevaar voor waterveiligheid	1/6700	Uit het dijkkringrapport komt bekleding naar voren : de asfaltbekleding. Deze werd in LBO1 als	De kering voldoet 'net niet'. De europoortkering gaat eerder overstromen met als gevolg minder belasting op dit traject.

Traject	Normkans (ondergr.) (per jaar)	LBO1 kans (per jaar)	Onderbouwing LBO1 kans	VNK2 Kans (per jaar)	Onderbouwing VNK2 kans	Opmerkingen
			waardoor het niet direct versterkt wordt.		voldoende beoordeeld op basis van restbreedte. Dit is niet meegenomen in VNK2 beoordeling.	
54-1. Aangem eld in het HWBP voor 2020- 2025.	1/300 (referentiekans = 1/125 betreft kering in Limburg)	1/2,5	Oordeel C op basis van groep 3&4 en oordeel D o.b.v. groep 1 en 2. Piping lijkt maatgevend (Categorie VI). Kunstwerken is ook slecht (categorie V). Dit is conform de verwachting van de beheerder. Groot deel van vakken orde 1/100 kansen, telt op tot grote systeemkans	Geen systeem kans, piping 1/130 (zwakste dijk), 1/285 zwakste kunstwer k (vooral door hoogte)	Er is geen VNK2 som gedaan volgens rapportage, in de waterveiligheidsm onitor referentiekansen is een aanname van 1/125 gedaan omdat het een Limburgs normtraject is. Minder groot piping probleem (in lengte) dan LBO1	Dijkversterkingen zijn uitgevoerd Als referentiekans 1/125. VNK2 voor Limburg uit 2015 → niet meegenomen in ref kansen. LBO1 analyse is zeer uitgebreid. Veel uitgebreider dan wat er beschikbaar is van VNK2 (uit 2015). Disclaimer: piping in Limburg onderwerp van nader onderzoek in 2024/2025 (KIA).
68-1	1/300	1/25 benaderde faalkans.	Groepen 3 en 4 een V oordeel. Categorie C oordeel. Ontwerp van het traject was niet gericht op de huidige norm van 1/300. Vooral kunstwerken zijn zwak.	1/125 aangeno men in VNK2+. Maar er zijn wel VNK2 kansen: 1/50 voor overloop, 1/60 piping, 1/50 kunstwer ken.	De VNK2+ referentiekans is een aanname. In 2014 is het traject alsnog beoordeeld door VNK2. Daar kwamen hoge faalkansen uit.	

5 Discussie

5.1 Algemeen

Een eventuele keuze tot het aanpassen van de referentiekansen voor de waterveiligheidsmonitor is uiteindelijk aan het ministerie. Op basis van de analyses uit deze studie kunnen wel enkele aspecten worden geïdentificeerd die van belang zijn voor het omgaan met overstromingskansen en hierbij een mogelijke rol kunnen (of dienen te) te spelen:

- Stabiliteit instrumentarium: in hoeverre is het wenselijk om het de referentiekansen aan te passen?
- Nauwkeurigheid vs. uniformiteit: is het belangrijker om een zo nauwkeurig mogelijke set referentiekansen te hebben op basis van verschillende bronnen, of is het wenselijker een uniforme maar mogelijk minder nauwkeurige basis te hebben?
- Impact op het totale overstromingsrisico van Nederland: er is een grote variatie in de bijdrage van de verschillende trajecten aan het totale risico. Veel trajecten hebben een verwaarloosbaar kleine bijdrage. Het verbeteren van die hele kleine risicobijdrages is niet zichtbaar in het totale overstromingsrisico van Nederland, welke aan de kamer wordt gerapporteerd.
- Gebruikte kennis: Kennis ontwikkelt continue. VNK2 is bijvoorbeeld meer dan 10 jaar oud, sinds die tijd zijn er verschillende ontwikkelingen in sterkte, belastingen en normen geweest. Hoe belangrijk is het om de laatste stand van zaken qua kennis in de referentieset te hebben?

Het algemene beeld is dat LBO1 grotere kansen geeft dan VNK2+, waarop de referentiekansen zijn gebaseerd. De LBO1 kansen worden voor veel trajecten als onrealistisch beschouwd en geven meer een indicatie voor de noodzaak van versterking dan de beste schatting voor de kans op een bres. VNK2+ is een veel consistentere aanpak dan LBO1. Het is dan ook niet raadzaam de hele LBO1 set generiek over te nemen.

Daarom is in deze analyse gekeken naar verschillende groepen trajecten en voorbeeldtrajecten om grip te krijgen op trajecten waarvoor LBO1 scherpere kansen zou kunnen geven met een goede onderbouwing. Onze aanpak was steekproefsgewijs. Hieronder worden kort een aantal bevindingen per onderzochte groep toegelicht. Er op het niveau van deelverzamelingen van de dataset uitspraken gedaan. Mochten deze deelverzamelingen worden overgenomen, dan moeten deze nog case-by-case worden onderbouwd. Dit vraagt meer data dan beschikbaar was voor deze studie.

5.2 Uitkomsten per groep

1. Trajecten waarbij kans LBO1 kleiner is dan VNK2+

Mogelijk kunnen faalkansen worden aangepast mits deze in LBO1 beter onderbouwd zijn: dit is het meest relevant voor trajecten met een onvoldoende veiligheidsoordeel waarbij de kwantitatieve LBO1 faalkans onder de norm ligt en het kwalitatieve oordeel niet maatgevend. Zie ook Figuur 4.2. Dit betreft een beperkte groep en vraagt grote inspanning met onzekere uitkomst aangezien LBO1 gemiddeld minder onderbouwd is dan VNK2+ (zie Hoofdstuk 3). Dit maakt de effectiviteit van deze inspanning beperkt. Dit kan ook gelden voor trajecten die aan de norm voldoen en waarbij het kwalitatieve niet doorslaggevend is. In dit geval is het

risico echter beperkt, zal het de indicator niet tot nauwelijks beïnvloeden en lijken de inspanningen daarmee niet te rechtvaardigen.

2. Voormalige C- keringen en Limburg

De discussie focust zich vooral op Limburg (zie groep 3 voor een voormalige C-kering). Hoewel de aangenomen kans van 1/125 gemiddeld gezien passend is, is er een grote spreiding in de LBO1 uitkomsten. Dit kan aanleiding zijn om in de toekomst de LBO1 te gebruiken als referentiekans. Een kanttekening is dat er voor Limburg VNK2 data is die niet gebruikt is. Ook zijn keringen waarbij het kwalitatieve oordeel doorslaggevend is voor het uiteindelijke veiligheidsoordeel.

Er is echter nog een aantal redenen om de referentiekansen niet aan te passen:

- Normen en omgang met waterveiligheid Limburg staan ter discussie. Wellicht is het beter de uitkomsten hiervan eerst af te wachten.
- Piping bepaalt voor een belangrijk deel de faalkans. Piping in Limburg is vanwege de specifieke ondergrondopbouw onderwerp van nader onderzoek de komende jaren.
- Het risico is beperkt: aanpassingen zullen niet tot grote veranderingen in de indicator leiden.

Het lijkt dus verstandig af te wachten met een keuze voor aanpassing van referentiekansen tot de eerste twee punten (normen, piping) een helderder beeld geven.

3. Trajecten die bepalend zijn voor het totale risico van Nederland

Van deze groep trajecten is alleen 14-1 beoordeeld in LBO1. Dit traject is niet beoordeeld in VNK2 want het betreft een voormalige C-kering. De overige trajecten in de top 5 van grootste risicobijdrage in Nederland zijn via een algemeen filter naar de top9/14 gegaan. De aanname voor traject 14-1 (referentiekans 1/100 per jaar) ligt niet ver af van de LBO1 kans (orde 1/15 per jaar). Daarnaast loopt onderzoek om deze verder aan te scherpen. Als er een aanpassing aan de referentiekans voor traject 14-1 wordt gedaan, wat gezien de grote bijdrage aan het totale risico een impact zal hebben op de indicator, is het aan te raden eerst het nader onderzoek af te wachten.

4. Outliers

Voor de beschouwde outliers zijn de verschillen tussen VNK2+ en LBO1 op hoofdlijnen verklaarbaar maar voor elke outlier anders. Dit dient daar case-voor-case te worden bekeken.

5.3 Uitkomsten in samenhang

Het blijft een uitdaging om de data te interpreteren. Dat heeft ermee te maken met alle data en onderliggende analyses versnipperd zijn opgeslagen. Het beeld dat uit de analyses voortkomt is dat LBO1 data een wisselende mate van onderbouwing heeft. De datasets vertellen niet het volledige verhaal, gezien de vele onderliggende aannames, verschillende softwareversies en het gebrek aan een centraal platform. Daarnaast blijkt dat de kwantitatieve kansen op zichzelf niet direct bruikbaar zijn, omdat deze altijd in relatie met het kwalitatieve oordeel moet worden geduid, aangezien het kwalitatieve oordeel doorslaggevend kan zijn voor het uiteindelijke veiligheidsoordeel. De VNK2+ uitkomsten daarentegen, zijn makkelijker te duiden. Dit gegeven is een belangrijk aandachtspunt: het opslaan van gegevens volgens het FAIR-principe is van groot belang voor de toekomst.

In Hoofdstuk 3 werd al duidelijk dat het compleet vervangen van de referentieset van de waterveiligheidsmonitor door de LBO1 faalkansen geen goede optie was. In voorgaande paragraaf komen hier voor specifieke groepen nog enkele overwegingen bij (Limburg, traject 14-1). Er blijft nog maar een beperkt aantal trajecten over waarbij kan worden overwogen de

LBO1 kans als referentiekans te gebruiken omdat deze mogelijk beter onderbouwd is dan VNK2+. Dit vergt een case-tot-case aanpak met grote inspanning. Waarbij waarschijnlijk voor een significant deel zal blijken dat de LBO1 kans minder goed onderbouwd is.

Deze afweging tussen eventuele aanpassing of geen aanpassing van de referentieset is een beleidsmatige, al dan niet politieke keuze. Nadelen kleven aan een case-tot-case aanpak is dat dit een inhomogene dataset oplevert (mix VNK2+ en LBO1), die niet of lastig te vergelijken is met de referentieset uit 2019. 'Cherry picking' ligt daarbij op de loer. Daarnaast wordt het risico er niet significant scherper van, terwijl dat wel het 'doel' is van de eventuele aanpassingen van de referentieset. Het zijn namelijk niet de trajecten die het risico het meest bepalen, die aangepast zullen worden. Daar waar de aanpassingen van de referentieset eventueel wel leiden tot een scherpere faalkans, heeft die aanpassing voor het risico van Nederland eigenlijk weinig impact. Voordelen van het case-tot-case bekijken van trajecten zijn recentere data, kennis en modellen LBO1 (bijvoorbeeld voor gras erosie).

Alles overziend lijken de case-to-case inspanningen, in combinatie met nadelen (inhomogene set referentiekansen, weinig impact op risico) en dat het gaat om een kleine groep trajecten waar bijstellen referentiekansen mogelijk geldt, niet op te wegen van de eventuele voordelen.

Een uitzondering hierop zijn *vakken* die in LBO1 voldoen maar niet in VNK2+. Deze zullen niet snel op de HWBP lijst komen ter versterking, terwijl er in de referentieset wel relatief grote kansen worden gebruikt. Deze vakken kunnen op termijn het risico gaan bepalen. Hier moet dus iets mee gebeuren, ofwel door de referentieset aan te passen voor deze vakken, ofwel door deze mee te nemen via een nieuwe categorie onderbouwd veilige dijken in het HWBP (zie ook aanbevelingen).

5.4 Nadere veiligheidsanalyses / ingangstoets

Zoals in Deltares (2023) al besproken vinden er nadere veiligheidsanalyses en ingangstoetsen plaats binnen het HWBP. Hierbij wordt op basis van nadere, gedetailleerde analyses vaak een significant aantal dijken onderbouwd veilig geacht en dus niet versterkt. Voor deze trajecten blijven echter de oude, hoge, VNK2+ kansen de basis van de waterveiligheidsmonitor, waardoor het risico onterecht groot blijft omdat deze trajecten nooit versterkt worden. Deze moeten een plek krijgen in de waterveiligheidsmonitor om een realistische indicator te krijgen.

5.5 B-keringen

B-Keringen zijn een groep zonder referentiekans en zitten niet in de indicator. Er zijn voor B-keringen wel LBO1 kansen beschikbaar. Deze groep valt buiten de scope van deze studie. Het is echter de vraag in hoeverre het terecht is dat B-keringen niet worden meegenomen in de indicator. Vooral de voorliggende keringen bepalen indirect een groot deel van de kans op falen van andere trajecten. Of en hoe B-keringen een plek zouden kunnen krijgen in de waterveiligheidsmonitor is dus iets om verder over na te denken.

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Conclusies

De **VNK2+ data** vormt als geheel een **betere basis dan LBO1** voor de referentiekansen van de waterveiligheidsmonitor (en is daar ook voor gebruikt). Vooral omdat LBO1 vaak een ander doel had dan zo goed mogelijk een faalkans inschatten. Voor individuele gevallen geeft LBO1 een beter onderbouwd en/of scherper veiligheidsbeeld. Eventuele aanpassingen aan de referentiekansen dienen per traject uitgezocht en onderbouwd te worden.

Over de gedetailleerde vergelijking tussen VNK2+ en LBO1 op basis van deelverzamelingen van trajecten wordt het volgende geconcludeerd:

- Door kwalitatieve oordelen in LBO1 ook te beschouwen worden nog slechtere veiligheidsoordelen gevonden dan alleen op basis van de kwantitatieve uitkomsten. Deze grote kansen zijn niet overal plausibel en daarmee niet bruikbaar in de waterveiligheidsmonitor. Trajecten waar het kwalitatieve oordeel in LBO1 niet doorslaggevend is, komen in aanmerking voor het bijstellen van de referentiekansen, mits beter onderbouwd dan VNK2+. Waarbij vooral is gekeken naar trajecten waarbij LBO1 een kleinere kans heeft dan VNK2+ aangezien hier de impact op de indicator van de waterveiligheidsmonitor het grootst is. Voor deze trajecten is er een wisselend beeld. Door de oogharen heen is de ruimtelijke verdeling over de kansen per faalmechanisme vergelijkbaar. Verschillen zijn echter lastig te verklaren aangezien bij LBO1 vaak is teruggevallen op Toetsen op Maat welke data voor dit project niet beschikbaar was. De VNK2+ data is veel transparanter. Daar waar LBO1 mogelijk beter onderbouwd is, kost het veel inspanning om dit uit te zoeken omdat er veel verschillende en niet makkelijk toegankelijke databronnen en modellen geraadpleegd moeten worden. Voorbeelden waar aanpassen nuttig kan zijn is traject 19-1 (Rozenburg) of het piping deel van traject 42-1 (Nijmegen).
- Voor de trajecten die bepalend zijn voor het totale risico (en dus de grootste impact hebben op de indicator) zijn alleen voor traject 14-1 LBO1 resultaten beschikbaar, de overige trajecten zijn zogenaamde top9/14 trajecten en direct naar het HWBP gegaan. De consequentie hiervan is dat deze referentiekansen niet aangepast kunnen worden, terwijl deze de indicator voornamelijk bepalen. De indicator zal naar verwachting daarom niet significant verbeteren als LBO1 resultaten van de overige trajecten wel worden aangepast. Voor traject 14-1 wordt een vergelijkbare kans gevonden in LBO1 als de referentiekans, welke ook onderwerp van nader onderzoek is.
- Voor de keringen in Limburg geldt ook een wisselende onderbouwing in LBO1, maar deze is beter dan generieke 1/125 per jaar welke nu als referentiekans wordt gebruikt. Toch zijn er verschillende redenen om ook deze niet aan te passen zoals discussies over normen en lopend onderzoek.

6.2 Aanbevelingen

Gebruik LBO1 niet voor referentiekansen

Vervang de referentiekansen van de waterveiligheidsmonitor niet generiek door LBO1 data, zoals ook werd geadviseerd in 2023. Voor enkele trajecten kan worden overwogen om LBO1 wel te gebruiken als referentiekans. Dit geldt bijvoorbeeld voor traject 19-1 (Rozenburg). Echter, dit gaat ten koste van de homogeniteit van de data en aanpak en kost veel inspanning om te onderbouwen. Daarom is het advies om ook niet voor enkele trajecten LBO1 als referentiekans te gebruiken.

Meenemen nadere veiligheidsanalyses in indicator waterveiligheidsmonitor

Het wordt aanbevolen om een nieuwe categorie op te nemen in de indicator van de waterveiligheidsmonitor voor onderbouwd veilige dijken (zie Hoofdstuk 5), hierin kunnen worden opgenomen:

- Dijken die bij nadere veiligheidsanalyse alsnog onderbouwd veilig worden geacht.
- Dijken die in LBO1 veilig zijn bevonden maar wel een relatief grote kans hebben in de referentieset op basis van VNK2+.

Dit om te voorkomen dat deze in de toekomst onterecht het risico gaan bepalen. Alternatief kunnen deze in de referentiekansen worden verwerkt, maar dat zorgt voor een steeds veranderende referentieset, wat niet de voorkeur heeft. In de indicator wordt dan het risico gegeven in de referentiesituatie en voor en voor het beschouwde jaar (bijvoorbeeld 2024) na dijkversterking en na nadere veiligheidsanalyses van de dijkvakken.

Ontwikkel een betere set referentiekansen

Goede schattingen van faalkansen van waterkeringstrajecten zijn naast de waterveiligheidsmonitor nodig voor een breed scala aan beslissingen. Het gaat om verzekeringen, investeringsbeslissingen, etc. Er mist op dit moment een goede set faalkansen, aangezien LBO1 niet toereikend is en VNK2+ deels verouderd. De resultaten van LBO2 laten waarschijnlijk nog meer dan 10 jaar op zich wachten. Het wordt daarom aanbevolen om een nieuwe referentieset voor de faalkansen van waterkeringen te ontwikkelen, met inachtnaam van de verschillende beslissingen die deze ondersteunt. Hierbij kan gedacht worden aan een transparante combinatie van verschillende databronnen (LBO1, VNK2, HWBP, LIWO, etc.). Bijvoorbeeld in een vergelijkbare opzet als recente OOG gesprekken waarin nauw werd samengewerkt tussen waterschappen en specialisten. Hierin kan de nieuwe kennis opgedaan in de vele onderzoekstrajecten zoals “kennis voor keringen”, BOI, bij de universiteiten etc. meegenomen worden. Dit vraagt vaak echter nog een vertaling van de opgedane kennis over bijvoorbeeld faalmechanismen naar vuistregels of updates van faalkansschattingen van keringen. Er kan worden begonnen met de 7 trajecten welke bepalend zijn voor het risico (tenzij die al versterkt zijn, dan is immers de kans zo klein geworden, dat het traject niet meer bepalend is).

Zorg voor beter data- en informatiemanagement

Er zijn veel verschillende bronnen: losse LBO1 trajecten, VNK2+ data, DPV referentiekansen etc. De opslag en presentatie hiervan is niet consistent en transparant. De VNK2+ data is veel beter te duiden dan de LBO1 data. Eén heldere basis is hiervoor noodzakelijk. Deze basis is door Deltares gecreëerd in dit project. Het wordt aanbevolen om deze basis te hanteren en door te ontwikkelen met nieuwe data en dijksterkte- en overstromingsrisico informatie volgens het FAIR data principe (Findability, accessibility, interoperability, and reusability). Daarnaast geldt dat de LBO1 datasets niet het hele verhaal vertellen, er zijn veel onderliggende aannames welke onbekend zijn en verschillende softwareversie zonder backward compatibility. Voor volgende beoordelingsrondes is het ook van belang dat hierin verbetering komt.

References

- Deltares (2019). De Waterveiligheidsmonitor: indicatoren voor het effect van maatregelen op de waterveiligheid van Nederland. 19-12-2019. Auteur: K. de Bruijn.
- Deltares (2023). Verkenning aanpassing referentiekansen voor waterveiligheidsmonitor 2023. W. Kanning en L. Meijer
- Deltares (2024) Waterveiligheidsmonitor 2024 - De Waterveiligheidsindicator: indicatie van het effect van maatregelen op de waterveiligheid van Nederland. Deltares memo 11210373-009-GEO-0001. Auteur: K. de Bruijn.
- DPV (2014) : Consequentieanalyse. Technisch-inhoudelijke uitwerking DPV 2.2. Werkdocument Deelprogramma Veiligheid, Definitief 19 September 2014)."
- DPV (2016). Achtergronden bij de normering van de primaire waterkeringen in Nederland
- Hoofdrapport Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 28 juni 2016
- ENW – Expertise Netwerk Waterveiligheid (2024). Analyse grote overstromingskansen LBO-1. www.enwinfo.nl
- Overheid (2017). Bijlage III. Voorschriften bepaling sterkte en veiligheid primaire waterkeringen (bijlage bij artikel 3 van de Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017). <https://wetten.overheid.nl/BWBR0039040/2017-01-01#BijlageIII>. Vervallen per 01-07-2023
- VNK2 (2011). Overstromingsrisico dijkkring 12 Wieringen. Projectbureau VNK2. Document HB 1555732.
- VNK2 (2012).Overstromingsrisico Dijkkring 42 Ooij en Millingen. Projectbureau VNK2. Document HB1838751.
- VNK2 (2014). De veiligheid van Nederland in kaart – Hoofdrapport. Rijkswaterstaat Projectbureau VNK. HB 2540621.

A Onderbouwing keuzes referentiekans waar geen DPV / VNK2 kans beschikbaar

Voor een aantal keringen is in DPV geen referentiekans bepaald. Voor deze trajecten is de referentiekans bepaald op basis van aannames (Deltares, 2019):

- Voor de Hollandse IJssel is de referentiekans zoals voorgesteld in Consequentieanalyse overgenomen (Zie: DPV (2014) Consequentieanalyse. Technisch-inhoudelijke uitwerking DPV 2.2. Werkdocument Deelprogramma Veiligheid, Definitief 19 September 2014).
- Voor de overige C-keringen langs de randmeren is uitgegaan van de signaleringswaarde in de norm. Dit betreft de keringen langs de randmeren: (Flevoland oostzijde (8_5, 8_6, 8_7), IJsseldelta 3 (11_3) en Gelderse Vallei 45-3), langs de Grevelingen (Goerree Overflakke 25_3, 25_4 en Schouwen-Duiveland 26_4), langs het Volkerrak-Zoomer en het Schelde-Rijnkanaal (27-3 en 27_4, en 31_3, 34_3, 34_4 en 34-5).
- De twee eilanden IJburg en Marken hadden geen referentiewaarde. Hier zijn de VNK2 kansen overgenomen. Deze zijn veel kleiner dan de signaleringswaarde.
- Normtraject 23 beschermt het kleine stukje van de Noordwaard dat nog resteert nu de Noordwaard grotendeels buitendijks is komen te liggen. Er zijn geen VNK2 kansen beschikbaar voor dit kleine gebied. Hier is de signaleringswaarde gebruikt als referentiekans.
- Dijkkring 33, de Kreekrak polder heeft ook geen VNK2 referentiekansen. Hier is ook de signaleringswaarde gebruikt als referentiekans.
- Voor de Limburgse normtrajecten (54_1 tot en met 95_1 zijn geen VNK2 referentiekansen beschikbaar. Voor deze trajecten is als startwaarde een kans van 1/125 aangenomen. Deze waarde komt overeen met de referentiekans uit WV21 en is ook gebruikt in de DPV consequentieanalyse (Consequentieanalyse. Technisch-inhoudelijke uitwerking DPV 2.2. Werkdocument Deelprogramma Veiligheid, Definitief 19 September 2014).
- Bij dijkkring 13 zijn geen referentiekansen bekend voor normtraject 13_2 (de Hondsbossche zeewering_ en 13_5 (kust4-landelijk). Voor deze zijn de signaleringswaardes overgenomen. Van 13_2 was versterking in uitvoering tijdens het VNK2 project en 13_5 is de faalkans bepaald als kleiner dan 1/4000.

De gebieden Kreekrakpolder, Noordwaard, Marken en IJburg zijn klein en hebben een zeer klein overstromingsrisico in verhouding tot andere gebieden in Nederland. De precieze keuze voor deze gebieden is voor de bepaling van het totale risico in Nederland daarom niet relevant.

Normtraject 16_5 is de Diefdijk. Deze keert geen water, maar dient om het overstroomde gebied te beperken in het geval de Betuwe en Tieler & Culemborgerwaard overstroomd. Deze is niet meegenomen in de analyse.



Bijlage D. Bepalen effect van versterking op faalkansen en risico's van de voormalige C-keringen

Van de voormalige c-keringen zijn geen VNK2 vakkansen bekend. Een aantal van deze keringen wordt versterkt voor 2025. Om dit effect mee te kunnen nemen, is de fractie van de lengte van de kering die versterkt wordt gebruikt. Deze aanname is om pragmatische redenen gekozen en dient niet gebruikt te worden voor andere doelen daar deze niet correct is. Wanneer een normtraject in de toekomst goedgekeurd wordt, kan voor de kering over gegaan worden naar 1/10 van de signaleringswaarde. De resultaten voor deze keringen zijn weergegeven in tabel D1.

Tabel D1. Gegevens van de versterkingen in voormalige C-keringen waarvoor geen VNK2 vakkansen bekend zijn.

Taject	Lengte (m)	Lengte versterkt (m)	Fractie versterkt	T _{referentie} (1/jaar)	T _{norm} (jaar)	Gevolgen (M€)	T ₂₀₂₄ (na versterking) (jaar)	Risico Referentie (M€/jr)	Risico ₂₀₂₄ (na versterking) (M€/jr)
14_1	20.480	10.526	0,51	100	30000	71.219	205	712	2,3
15_3	19.246	8.640	0,45	100	10000	16.744	180	167	1,67
11_3	12.941	12.609	0,97	300	300	50	300	0,2	0,2
25_4	32.522	1.898	0,06	300	300	665	300	2,2	2,2

Voor het bepalen van het effect van de maatregelen 5C, 5D, 5E, en 6D op de trajecten 14_1 en 15_3 langs de Hollandse IJssel en maatregel 25L langs de noordelijke Randmeerdijk (traject 11_3) en voor 25_4 (Grevelingen) is het effect bepaald door aan te nemen dat iedere meter dijk evenveel bijdraagt aan de faalkans. De nieuwe kans is daar het gewogen gemiddelde van de onversterkte lengtefractie maal de referentiekans plus de versterkte lengtefractie maal de kans na versterking.

De risico's horend bij de normtrajecten 11_3 en 25_4 zijn zeer beperkt en daardoor niet significant voor de uitkomsten van de indicator. De uitkomsten van de trajecten langs de Hollandse IJsselkering zijn groter. In het normtraject 14_1 en 15_3 zijn nog meer maatregelen gepland die nog niet uitgevoerd zijn. Deze keringen voldoen dus zeker nog niet aan de norm.

B Nadere uitwerking Traject 12-1 Wieringen

Traject 12-1 bij Wieringen (Vnk2, 2011) is een voorbeeld van een traject waarbij de LBO1 kans aan de ondergrensnorm voldoet, maar waar het kwalitatieve oordeel van groepen 3 en 4 doorslaggevend is geweest voor veiligheidsoordeel D, zie Tabel B.1. Op dit traject ligt de kwantitatieve LBO1 kans een factor 10 kleiner dan de Vnk2+ kans. In eerste instantie lijkt LBO1 op kwantitatief niveau dus een verbetering. Maar bij nadere inspectie blijkt het veiligheidsoordeel van dit traject een D is. Dit, terwijl de faalkansen van zowel LBO1 als Vnk2+ de ondergrenswaarde niet overschrijden. Hoe kan dit? Bij nadere inhoudelijke inspectie komt dit door het kwalitatieve toetsoordeel van groep 3 en 4: Vt, zie Figuur B.1. Dit beïnvloedt het uiteindelijke veiligheidsoordeel en is doorslaggevend voor een oordeel dat het traject ruimschoots niet aan de norm voldoet.

Tabel B.1 Samenvatting traject 12-1.

Traject 12-1	Parameter waarden
Faalkans Vnk2+	1:2.700
Faalkans LBO1	1:34.000
Norm ondergrens	1:1000
Veiligheidsoordeel	D

Bij traject 12-1 blijkt dat de deelfaalmechanismes van LBO1 een slechte score op asfaltbekleding, welke ook uitvoerig onderzocht is. Hoewel de daadwerkelijke analyses niet beschikbaar zijn. In Vnk2+ is asfaltbekleding bewust niet meegenomen (want niet in geldigheidsgebied modellen), de faalkans op basis van steenbekleding is wel als onvoldoende bevonden.

Gecombineerd toetsoordeel

Veiligheidsoordeel **D**

Toetsoordeel groepen 1 en 2 **lit** 1/34.192

Toetsoordeel groepen 3 en 4 **Vt**

	Toetsspoor	Label	Groep	Toetsoordeel	Benaderde faalkans [1/jaar]
►	Dijken en dammen - Piping	STPH	2	lit	1/42.136
	Dijken en dammen - Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB	1	lit	1/297.794
	Dijken en dammen - Macrostabiliteit binnenwaarts	STBI	2	lit	1/463.817
	Dijken en dammen - Macrostabiliteit buitenwaarts	STBU	4	lit	-
	Dijken en dammen - Microstabiliteit	STMI	4	lit	-
	Dijken en dammen - Stabiliteit steenzetting	ZST	3	Vt	-
	Dijken en dammen - Golfklappen op asfaltbekleding	AGK	3	Vt	-
	Dijken en dammen - Wateroverdruk bij asfaltbekleding	AWO	4	lit	-
	Dijken en dammen - Grasbekleding erosie buitentalud	GEBU	3	Vt	-
	Dijken en dammen - Grasbekleding afschuiven buitentalud	GABU	4	lit	-
	Dijken en dammen - Grasbekleding afschuiven binnentalud	GABI	4	lit	-
	Kunstwerken - Hoogte kunstwerk	HTKW	1	-	-
	Kunstwerken - Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW	1	-	-
	Kunstwerken - Piping bij kunstwerk	PKW	4	-	-
	Kunstwerken - Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp	1	-	-
	Kunstwerken - Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWI	4	-	-
	Duinwaterkering - Duinafslag	DA	3	-	-
	Technische innovaties - Technische innovaties	INN	4	-	-

Figuur B.1 Screenshot uit Riskeerbestand voor traject 12-1 LBO1 kansen. Duidelijk te zien is dat het kwantitatieve oordeel van groepen 1 en 2 positief is maar het kwalitatieve oordeel van groepen 3 en 4 de doorslag geeft voor een negatief veiligheidsoordeel.

LBO1 resultaten kunnen deels worden vergeleken met VNK2. Met het aandachtspunt dat dijkkring 12 (van VNK2) groter is dan traject 12-1 van LBO1. De VNK2 resultaten van de vakken die traject 12-1 omvatten zijn weergegeven in onderstaande figuur. Voor overloop/overslag laat een relatief grote kans zien, dit vak is sinds VNK2 versterkt. Piping laat een orde 4 grotere kans zien in VNK2, mogelijk te verklaren door andere randvoorwaarden en modellen.

Vak nr.	faalkans (per jaar) per faalmechanisme				
	Overloop golfoverslag	Opbarsten en piping	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	Macrostabieliteit binnenwaarts	Gecombineerd
19	1/340.000	-	<1/1.000.000	-	1/273.000
20	<1/1.000.000	1/210.000	1/130.000	-	1/83.000
21	<1/1.000.000	-	1/57.000	-	1/57.000
22	<1/1.000.000	-	1/270.000	-	1/269.000
23	<1/1.000.000	-	1/80.000	-	1/80.000
24	<1/1.000.000	-	1/79.000	-	1/79.000
25	<1/1.000.000	-	1/140.000	-	1/140.000
26	<1/1.000.000	1/11.000	1/20.000	-	1/7.300
27	1/720.000	-	<1/1.000.000	-	1/718.000
28	<1/1.000.000	-	1/18.000	-	1/18000
29	<1/1.000.000	-	1/45.000	-	1/45000
30	1/1.400	1/16.000	1/68.000	-	1/1300

Figuur B.2 Uitkomsten VNK2 voor deel van dijkkring 12 wat traject 12-1 omvat, bron: VNK2 (2011).

C Nadere uitwerking Traject 42-1 Nijmegen

Traject 42-1 is een voorbeeld van een traject waarbij het kwalitatieve oordeel maatgevend is, maar ook het kwantitatieve oordeel niet voldoende. De norm is 1:3000 per jaar. Er zijn verschillen van een factor 10 tussen LBO1 en VNK2. Dit komt vooral door andere belastingen en sterktemodellen, en dat bij LBO1 stopcriteria zijn gebruikt omdat het doel een stabiel oordeel was. De verschillen moeilijk in detail verklaarbaar. Voor piping geldt dat LBO1 op basis van gedetailleerdere analyses is uitgevoerd met nieuwe modellen en dus beter onderbouwd is. Dit resulteert ook in een beter oordeel dan VNK2. Voor de VNK2 analyses van Dijkkring 42 wordt verwezen naar VNK2 (2012).

In onderstaande figuren staan:

- Screenshot Riskeer voor traject 42-1.
- De kansen volgens VNK2.
- Een ruimtelijke verdeling van de pipingkansen voor LBO1 en VNK2.

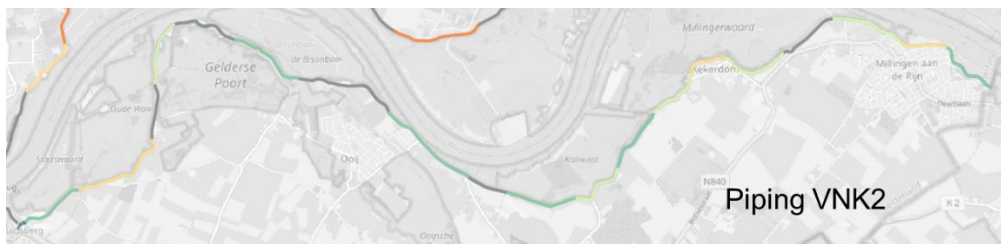
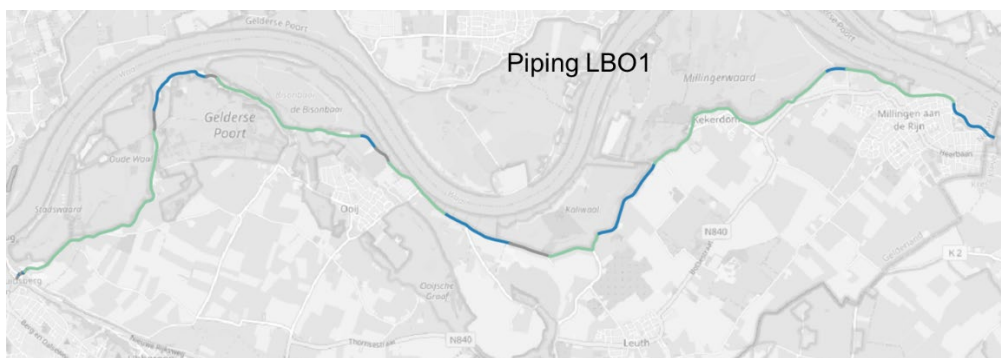
Gecombineerd toetsoordeel					
Veiligheidsoordeel		C			
Toetsoordeel groepen 1 en 2		Vt	1/2.083		
Toetsoordeel groepen 3 en 4		IVt			
	Toetsspoor	Label	Groep	Toetsoordeel	Benaderde faalkans [1/jaar]
►	Dijken en dammen - Piping	STPH	2	IVt	1/3.087
	Dijken en dammen - Grasbekleding erosie kruin en binnentalud	GEKB	1	Ilt	1/43.631
	Dijken en dammen - Macrostabieliteit binnenwaarts	STBI	2	IVt	1/9.066
	Dijken en dammen - Macrostabieliteit buitenwaarts	STBU	4	Ilt	-
	Dijken en dammen - Microstabieliteit	STMI	4	Ilt	-
	Dijken en dammen - Stabiliteit steenzetting	ZST	3	Ilt	-
	Dijken en dammen - Golfklappen op asfaltbekleding	AGK	3	-	-
	Dijken en dammen - Wateroverdruk bij asfaltbekleding	AWO	4	-	-
	Dijken en dammen - Grasbekleding erosie buitentalud	GEBU	3	IVt	-
	Dijken en dammen - Grasbekleding afschuiven buitentalud	GABU	4	Ilt	-
	Dijken en dammen - Grasbekleding afschuiven binnentalud	GABI	4	-	-
	Kunstwerken - Hoogte kunstwerk	HTKW	1	Ilt	1/50.119
	Kunstwerken - Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk	BSKW	1	Ilt	1/405.455
	Kunstwerken - Piping bij kunstwerk	PKW	4	Ilt	-
	Kunstwerken - Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp	1	Ilt	1/1.499.992
	Kunstwerken - Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWI	4	Ilt	-
	Duinwaterkering - Duinafslag	DA	3	-	-
	Technische innovaties - Technische innovaties	INN	4	-	-

Figuur C.1 Screenshot Riskeerb Bestand Traject 42-1.

Type waterkering	Faalmechanisme	Faalkans (per jaar)
Dijk	Overloop en golfoverslag	1/2.500
	Macrostabieliteit binnenwaarts	1/440.000
	Opbarsten en piping	1/300
	Beschadiging bekleding en erosie dijklichaam	1/210.000
Kunstwerk	Overloop en golfoverslag	1/7.000
	Niet sluiten	1/44.000
	Onderloopsheid en achterloopsheid (piping)	-
	Constructief falen	<1/1.000.000
Overstromingskans		1/280

Tabel 10: Berekende faalkansen per faalmechanisme

Figuur C.2 VNK2 uitkomsten dijkkring 42 (VNK2, 2012).



Figuur C.3 Vergelijking piping VNK2 en LBO1.

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl