



Beoordeling veiligheid primaire waterkeringen 2017-2023

Normtraject 20-3 – Geervliet-Hekelingen



waterschap
**Hollandse
Delta**

Definitief v3.0

28 augustus 2017

VERANTWOORDING

WATERSCHAP

waterschap Hollandse Delta
Handelsweg 100
2988 DC Ridderkerk

Postbus 4103
2980 GC Ridderkerk
t 088 974 33 00
f 088 974 30 01
i www.wshd.nl

AFDELING

AAAD

AUTEUR/COÖRDINATIE

[REDACTED]

REVIEWER

[REDACTED]

AKKOORDVERKLAARDER

[REDACTED]

OPDRACHTGEVER

VERSIE

28 augustus 2017
Definitief v3.0

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Kader	1
1.2	Van overschrijdingskans naar overstromingskans	1
1.3	Eerste beoordeling Primaire Keringen Overstromingskans	2
1.4	Beschrijving normtraject	2
1.5	Leeswijzer	2
2	Veiligheidsoordeel	3
2.1	Veiligheidsoordeel ten opzichte van de norm	3
2.2	Onderbouwing van het veiligheidsoordeel - Algemeen filter op trajectniveau	3
2.2.1	Criterion 1: traject opgenomen in tabel 1 van appendix C van de regeling	3
2.2.2	Criterion 2a: nieuwe inzichten verwerkt in het WBI2017	5
2.2.3	Criterion 2b: Wijzigingen aan de kering t.o.v. situatie gehanteerd in VNK	7
2.3	Duiding veiligheidsoordeel	9
3	Te treffen voorzieningen	10
4	Aanvullende informatie	11
	Literatuur	12

1 Inleiding

Voorliggend rapport bevat het veiligheidsoordeel voor de primaire waterkeringen binnen het normtraject 20-3 zoals dat door Waterschap Hollandse Delta is bepaald op basis van het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017 (WBI2017) in het kader van de Eerste Beoordeling Primaire Waterkeringen Overstromingskans.

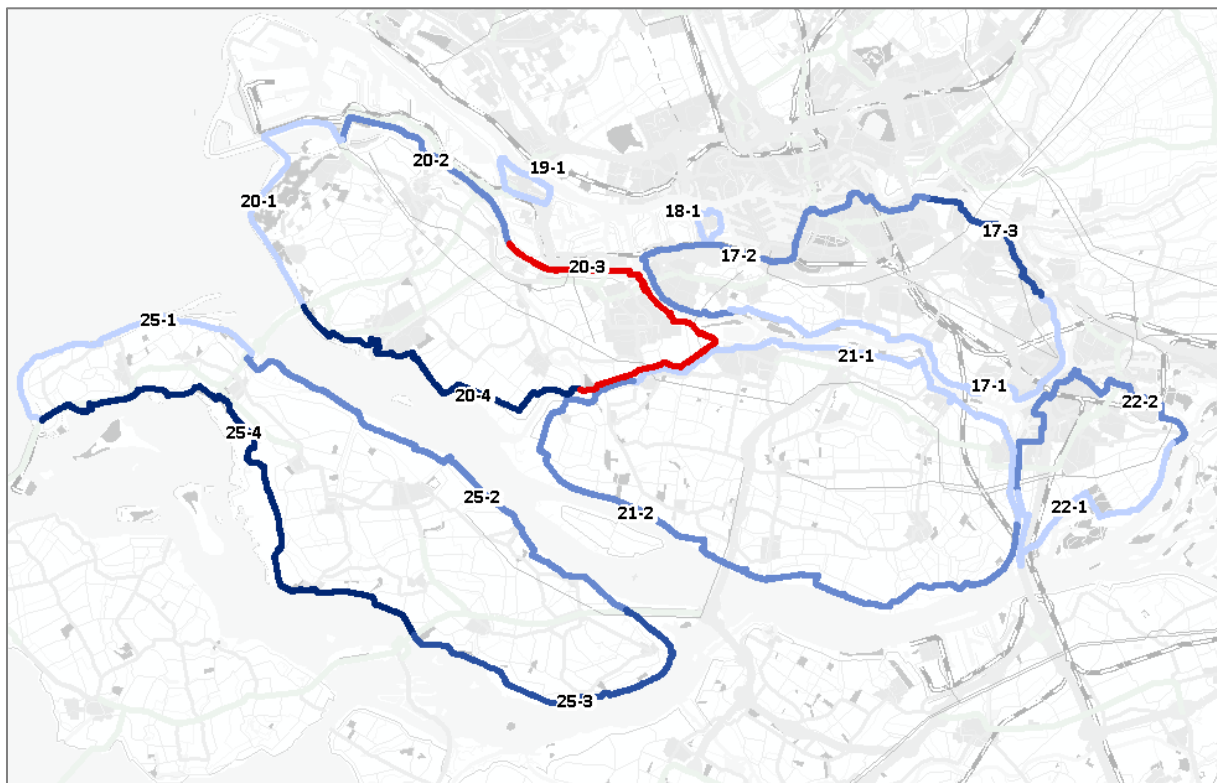
1.1 Kader

De Waterwet bepaalt dat de veiligheid van alle primaire waterkeringen elke twaalf jaar moet worden beoordeeld. Als waterkeringbeheerder van primaire waterkeringen is Waterschap Hollandse Delta (WSHD) wettelijk verplicht om deze veiligheidsbeoordeling uit te voeren. Het College van Dijkgraaf en Heemraden van het waterschap is verantwoordelijk voor het tijdig aanleveren van de resultaten van de veiligheidsbeoordeling aan de toezichthouder, de Inspectie voor Leefomgeving en Transport (ILT). Binnen WSHD is het uitvoeren van de veiligheidsbeoordeling beleidsmatig verankerd in het waterbeheerprogramma 2016 - 2021.

1.2 Van overschrijdingskans naar overstromingskans

Per 1 januari 2017 is de Waterwet gewijzigd. De belangrijkste wijziging betreft de overgang van overschrijdingskans naar overstromingskans en daarmee samenhangend een andere normering. Dit heeft gevolgen voor de wijze waarop de beoordeling van de primaire waterkeringen wordt uitgevoerd. Omdat de nieuwe normen zijn gebaseerd op nieuwe uitgangspunten, waaronder de risicobenadering, kunnen zij niet met de voorgaande normen vergeleken worden. Om deze redenen is er sprake van een systemsprong.

De nieuwe normen zijn daarnaast niet meer afgeleid voor dijkringen, maar voor normtrajecten. De beoordeling van de primaire waterkeringen wordt dan ook niet meer op dijkringniveau uitgevoerd, maar per normtraject. In Figuur 1.1 zijn de normtrajecten van de primaire waterkeringen in beheer bij waterschap Hollandse Delta op kaart weergegeven. Hierin is traject 20-3 in rood weergegeven.



Figuur 1.1: Normtrajecten in beheer bij waterschap Hollandse Delta

1.3 Eerste beoordeling Primaire Keringen Overstromingskans

De Eerste beoordeling Primaire Waterkeringen Overstromingskans (eerste beoordelingsronde) start 1 januari 2017. In 2023 rapporteert de Minister het landelijk beeld van deze veiligheidsbeoordeling aan de Eerste en Tweede Kamer. In de eerste beoordelingsronde dienen alle primaire waterkeringen beoordeeld te worden. Voor WSHD resulteert dit in de opgave om voor 1 januari 2023 in totaal 365 km primaire waterkering te beoordelen. De beoordeling geeft inzicht in de actuele faalkans van de waterkeringen en hoe deze is gerelateerd aan de normering.

Voor de beoordeling is het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017 (WBI) gebruikt. Het WBI is door het ministerie van Infrastructuur en Milieu via het Directoraat Generaal Ruimte en Water (DGRW) op 1 januari 2017 beschikbaar gesteld. Het veiligheidsoordeel van een normtraject zoals dat volgt uit het WBI2017 wordt uitgedrukt in 5 categorieën gerelateerd aan de afstand tot de wettelijke norm (signaleringswaarde) [1] [2] [3]. De indeling in categorieën is weergegeven in Tabel 1.1.

Tabel 1.1: Categorieën van veiligheidsoordelen conform WBI2017

Cat.	Aanduiding categorie veiligheidsoordeel	Begrenzing categorie *
A+	Overstromingskans van het normtraject is kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Normtraject voldoet ruim aan de signaleringswaarde</i>	$P_{\text{traject}} < 1/30 * P_{\text{eis;sig}}$
A	Overstromingskans van het normtraject is kleiner dan de signaleringswaarde. <i>Normtraject voldoet aan de signaleringswaarde</i>	$1/30 * P_{\text{eis;sig}} < P_{\text{traject}} < P_{\text{eis;sig}}$
B	Overstromingskans van het normtraject is groter dan de signaleringswaarde, maar kleiner dan ondergrens. <i>Normtraject voldoet aan de ondergrens, maar niet aan de signaleringswaarde</i>	$P_{\text{eis;sig}} < P_{\text{traject}} < P_{\text{eis;ond}}$
C	Overstromingskans van het normtraject is groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Normtraject voldoet niet aan de signaleringswaarde en ook niet aan de ondergrens</i>	$P_{\text{eis;ond}} < P_{\text{traject}} < 30 * P_{\text{eis;ond}}$
D	Overstromingskans het normtraject is veel groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. <i>Normtraject voldoet ruim niet aan de signaleringswaarde en aan de ondergrens</i>	$P_{\text{traject}} > 30 * P_{\text{eis;ond}}$

* P_{traject} Overstromingskans van het normtraject (1/jaar)

$P_{\text{eis;sig}}$ Signaleringswaarde van het normtraject (1/jaar)

$P_{\text{eis;ond}}$ Ondergrens van het normtraject (1/jaar)

1.4 Beschrijving normtraject

Normtraject 20-3 is onderdeel van dijkkring 20 (Voorne-Putten) en ligt in het zuidwesten van de Provincie Zuid-Holland (zie Figuur 1.1) . De totale dijkkring omsluit een gebied van ruim 19.000 hectare en heeft ruim 155.000 inwoners. Normtraject 20-3 grenst aan de zuidoostzijde aan het Spui en aan de noordoostzijde aan de Oude Maas en het Hartelkanaal. Het normtraject heeft een totale lengte van 23 kilometer.

De beoordeling van het dijktraject 20-3 zoals vastgelegd in dit rapport betreft de huidige Waterkering. Dit is de situatie inclusief de verbeterde dijken in het kader van het tweede Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP2). De wettelijke norm waaraan het traject moet voldoen is opgenomen in Tabel 1.2.

Tabel 1.2: Wettelijke norm (signaleringswaarde) en ondergrens voor normtraject 20-3

Traject	Locatie	Lengte [km]	Ondergrens [per jaar]	Signaleringswaarde [per jaar]
20-3	Voorne-Putten	23	1/10.000	1/30.000

1.5 Leeswijzer

De afwegingen zoals gemaakt bij de formulering van het veiligheidsoordeel zijn vastgelegd in hoofdstuk 2. De duiding van het veiligheidsoordeel is beschreven in hoofdstuk 3. Er is daarom geen separaat logboek geschreven. De gebruikte bronnen zijn opgenomen in de literatuurlijst.

2 Veiligheidsoordeel

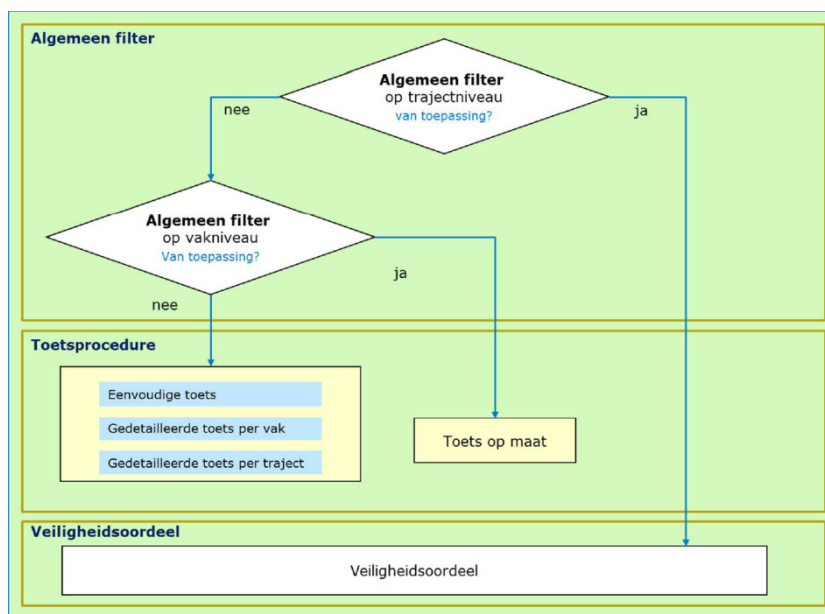
In dit hoofdstuk is het veiligheidsoordeel conform het WBI2017 voor normtraject 20-3 beschreven, én zijn de onderbouwing en duiding van dit veiligheidsoordeel nader toegelicht.

2.1 Veiligheidsoordeel ten opzichte van de norm

Het veiligheidsoordeel voor normtraject 20-3 is veiligheids categorie D: *Overstromingskans van het dijktraject is veel groter dan de signaleringswaarde. Afstand tot de norm is groot* (zie Tabel 1.1). De totstandkoming van dit oordeel is in de volgende paragrafen toegelicht.

2.2 Onderbouwing van het veiligheidsoordeel - Algemeen filter op trajectniveau

De uitvoering van de beoordeling begint met het doorlopen van het Algemeen filter (zie Figuur 2.1). Hieronder zijn de doorlopen stappen voor de beoordeling van het normtraject conform het Algemeen filter weergegeven, waarbij de eerste stap bestaat uit de beoordeling of het Algemeen filter op trajectniveau van toepassing is.



Figuur 2.1: Algemeen filter WBI2017

Het filter op trajectniveau is van toepassing als:

- het traject is opgenomen in tabel 1 van appendix C van de regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 [1] (*criterium 1*).
- de beheerder kan aantonen dat het totaal aan nieuwe inzichten die verwerkt zijn in het WBI2017 (*criterium 2a*) én wijzigingen aan de kering ten opzichte van de situatie zoals gehanteerd in het project Veiligheid Nederland in kaart (VNK) (*criterium 2b*) niet leiden tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het traject.

2.2.1 Criterium 1: traject opgenomen in tabel 1 van appendix C van de regeling

Criterium 1:

"Het traject 20-3 is opgenomen in tabel 1 van appendix C van de regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017." [1]

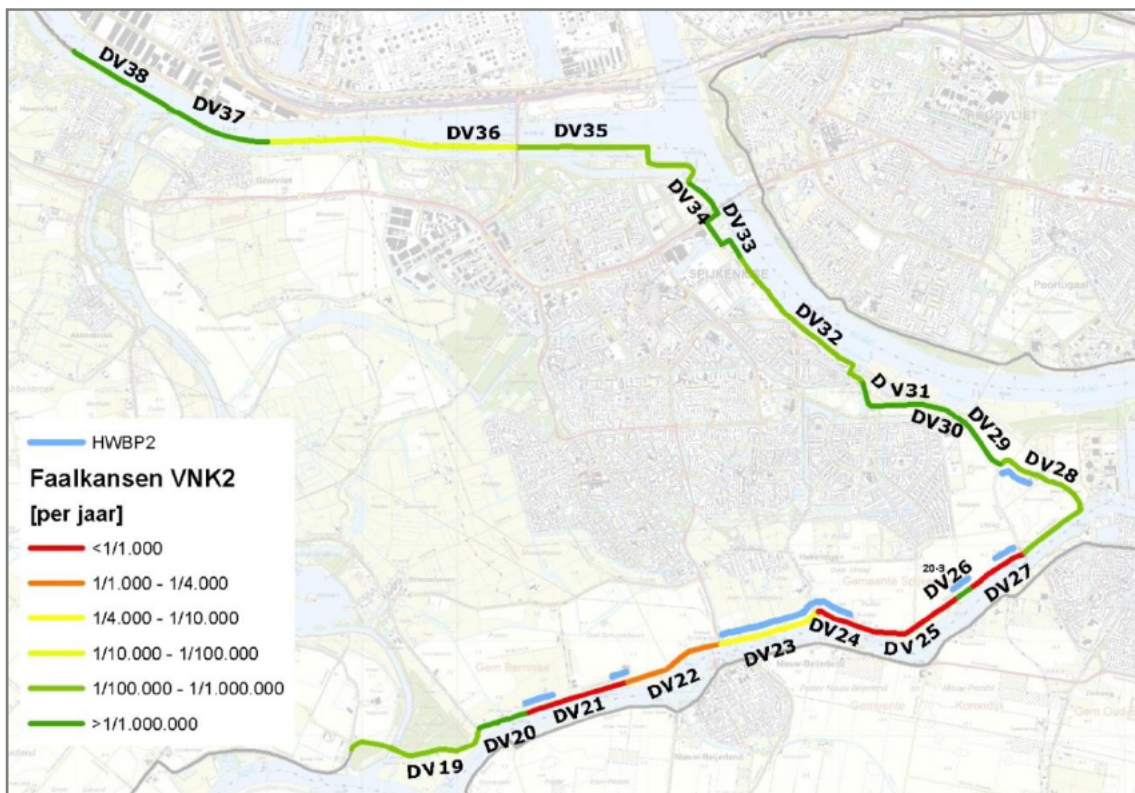
Het traject 20-3 is één van de in het WBI2017 gedefinieerde trajecten waarvoor in het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK2) een overstromingskans is bepaald die minimaal een factor 90 groter is dan de signaleringswaarde zoals vastgelegd in de Waterwet. Traject 20-3 is daarom opgenomen in bijlage C van de regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 [1].

Binnen het project VNK2 is voor dijkkring 20 een overstromingskans bepaald van 1/100 per jaar. Deze faalkans wordt volledig bepaald door dijkvakken die in normtraject 20-3 liggen. De overige delen van dijkkring 20 hebben een veel kleinere faalkans en dragen daarom niet significant bij aan de berekende overstromingskans van dijkkring 20. De berekende overstromingskans voor traject 20-3 bedraagt daarom ook 1/100 per jaar. Deze faalkans is een factor 300 groter dan de signaleringswaarde (zie Tabel 2.1).

Tabel 2.1: Berekende overstromingskans en wettelijke norm voor versterking 2015

Traject	Lengte [km]	overstromingskans VNK [per jaar]	Ondergrens [per jaar]	Signaleringswaarde [per jaar]	Afstand tot norm [-]
20-3	23	1/100	1/10.000	1/30.000	300

Tijdens de uitvoering van VNK2 was de dijkversterking Spui-West nog niet gerealiseerd. In de analyses van VNK2 is deze versterking daarom niet meegenomen. In Figuur 2.2 is de verdeling in dijkvakken van het traject 20-3 conform VNK2 aangegeven. Ook zijn in deze figuur de versterkte dijkvakken weergegeven (in blauw).



Figuur 2.2: In VNK2 berekende faalkansen en in HWBP2 versterkte delen normtraject 20-3

Bij de in VNK2 berekende faalkansen dient te worden opgemerkt dat voorafgaand aan de berekeningen in VNK2 een analyse is gemaakt van de te schematiseren vakken en faalmechanismen. Daarbij is destijds de keuze gemaakt om voor de faalmechanismen *macrostabiliteit binnenwaarts* en *opbarsten en piping* vakken te selecteren die naar verwachting een grote bijdrage leveren aan de overstromingskans. Voor dijktraject 20-3 zijn 2 van de 14 (niet-versterkte) dijkvakken beoordeeld voor het faalmechanisme *opbarsten en piping* [4]. Vijf van de niet-versterkte dijkvakken zijn beoordeeld voor het faalmechanisme *macrostabiliteit binnenwaarts*. De overige, niet beschouwde vakken hebben eveneens een bijdrage aan de faalkans op dijktrajectniveau, maar deze is in VNK2 niet bepaald. Deze dijkvakken, waarvoor in VNK2 geen berekening is gemaakt voor de faalmechanismen *macrostabiliteit binnenwaarts* en *opbarsten en piping*, kunnen nog een significante bijdrage leveren aan de overstromingskans van het normtraject.

Het alsnog bepalen van deze faalkansen leidt niet tot een kleinere faalkans voor het dijktraject 20-3. Het combineren van faalkansen van meerdere vakken en faalmechanismen, hoe klein ook, leidt immers per definitie tot een grotere faalkans voor het traject.

2.2.2 Criterium 2a: nieuwe inzichten verwerkt in het WBI2017

Criterium 2a:

"Het totaal aan nieuwe inzichten verwerkt in het WBI2017 leidt niet tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het traject zoals bepaald in VNK."

In VNK2 zijn voor de berekening van de faalkans van een dijk vier faalmechanismen geanalyseerd, naast *opbarsten en piping* en *macrostabiliteit binnenwaarts* zijn dit *overloop en golfoverslag* en *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam*. Met deze faalmechanismen is voor het normtraject 20-3 een faalkans berekend van 1/185 per jaar (zie Tabel 2.2).

De faalkans van traject 20-3 wordt gedomineerd door de faalmechanismen *opbarsten en piping* en *macrostabiliteit binnenwaarts* (zie Tabel 2.3) [4]. Er zijn drie dominante dijkvakken binnen het normtraject, die niet versterkt zijn, waarvoor in VNK2 een hoge faalkans is berekend. Ten opzichte van VNK2 is een aantal zaken in de WBI-methodiek anders. Deze veranderingen betreffen:

- Nieuwe rekenmodellen
 - Voor piping is dit de aangepaste rekenregel van Sellmeijer
 - Voor macrostabiliteit betreft dit het Critical State Soil Mechanics model (CSSM)
 - Toepassing van een globale stochastische ondergrondschematisatie (WBI-SOS)
- Hydraulische belastingen waarin diverse nieuwe inzichten zijn verwerkt

2.2.2.1 Effect rekenmodellen

Om inzicht te krijgen in de invloed van de nieuwe rekenmodellen zijn hieronder de nieuwe inzichten beschreven en is geanalyseerd wat het effect op de berekende faalkans is.

Opbarsten en piping

In het rapport 'Piping: realiteit of rekenfout?' [5] is geconcludeerd dat het zogenaamde lengte-effect een fysische realiteit is voor die faalmechanismen zoals piping, waarbij de onzekerheid van de sterkte groot is en varieert over de lengte. Voor piping wordt het lengte-effect in de tot 31 december 2016 vigerende ontwerp- en toetsregels echter onvoldoende afgedekt. In VNK2 is voor het faalmechanisme *opbarsten en piping* reeds met dit lengte-effect gerekend, maar tegelijkertijd nog met de oude rekenregel van Sellmeijer.

Binnen het WBI2017 wordt inmiddels gebruik gemaakt van de aangepaste rekenregel van Sellmeijer. Voor deze aangepaste rekenregel is een partiële veiligheidsfactor afgeleid waarin de modelonzekerheid, het vereiste veiligheidsniveau, de lengte van de dijkkring (lengte-effect) en de toegestane kansbijdrage door piping aan het falen van de waterkering verwerkt zijn [6]. De aangepaste rekenregel is daarmee conservatiever dan de rekenregel toegepast in VNK2.

Bovenstaande geeft geen aanleiding aan te nemen dat de aangepaste rekenregel van Sellmeijer leidt tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het normtraject 20-3.

Macrostabiliteit binnenwaarts

Een belangrijke verandering in het WBI2017 is de overgang van rekenen met gedraineerd grondgedrag naar rekenen met ongedraineerd grondgedrag, waarbij gebruik wordt gemaakt van het model Critical State Soil Mechanics (CSSM). Dit aspect van het grondgedrag van klei en veen is tot op heden ten onrechte buiten beschouwing gelaten in de Nederlandse geotechnische praktijk. Bij een langzame of permanente belasting en goed doorlatende grondlagen is een gedraineerde analyse echter op zijn plaats [7].

Voor het besluitvormingsproces in het WBI 2017 ten aanzien van het CSSM model bij het toetspoot *macrostabiliteit binnenwaarts* is een consequentie analyse uitgevoerd [7]. Met deze

analyse zijn aan de hand van profiel- en ondergrondschematisaties uit VNK de consequenties van de implementatie van het materiaalmodel met ongedraineerde schuifsterkte in kaart gebracht. De consequentie-analyse met het CSSM model geeft voor *macrostabiliteit binnenwaarts* een ander beeld dan VNK. Waar in VNK *macrostabiliteit binnenwaarts* voor veel dijkringen geen dominant faalmechanisme is en veelal een kleine faalkans voor dit faalmechanisme wordt berekend, voldoen in de consequentie-analyse veel dijkprofielen niet aan de semi-probabilistische veiligheidseis voor macrostabiliteit. Per saldo geven semi-probabilistische stabiliteitsanalyses met ongedraineerde schuifsterkte parameters en relatief lage materiaalfactoren gemiddeld genomen 10 tot 15% lagere stabiliteitsfactoren dan de vigerende werkwijze met gedraineerde schuifsterkte parameters met de vigerende relatief hoge materiaalfactoren en zoals ook gehanteerd in VNK [7].

Bovenstaande geeft geen aanleiding aan te nemen dat de overgang van rekenen met gedraineerd grondgedrag naar rekenen met ongedraineerd grondgedrag leidt tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het normtraject 20-3.

Ondergrondschematisaties (WBI-SOS)

Specifiek voor de beoordeling van de primaire keringen is binnen het WBI2017 een globale stochastische ondergrondschematisatie opgesteld (WBI-SOS). Het WBI-SOS bestaat uit een schematisering van de ondergrond op basis van scenario's van de grondopbouw. Samen met inzicht in de werking van en invloeden op faalmechanismen kan met de WBI-SOS informatie een verantwoorde lokale schematisatie van de ondergrond worden opgesteld [8].

Voor het WBI2017 zijn bij het opstellen van het WBI-SOS en het bepalen van de startwaarden voor diverse pipingparameters de VNK data met betrekking tot de ondergrond voor het faalmechanisme *opbarsten en piping* gebruikt [9] [7] [10]. Hieruit kan worden afgeleid dat een schematisatie van de ondergrond voor het faalmechanisme *opbarsten en piping* met het WBI-SOS naar verwachting weinig afwijkt van een schematisatie van de ondergrond zoals gehanteerd in VNK2.

Binnen VNK2 zijn voor het faalmechanisme *macrostabiliteit binnenwaarts* de schematisaties gehanteerd die zijn opgesteld ten behoeve van de LRT3 [4]. In het WBI2017 is de wijze van schematiseren en de parameterkeuze ten opzichte van de LRT3 echter dermate gewijzigd (zie ook de toelichting onder de kop *Macrostabiliteit binnenwaarts*) dat het effect van alleen het toepassen van het WBI-SOS niet éénduidig is te verklaren. Er zijn te veel wijzigingen om het effect van één enkele wijziging te kunnen duiden [9] [7] [10]. Desondanks is het totale effect op de resultaten van VNK2 naar verwachting beperkt, doordat het WBI-SOS voor het andere dominante faalmechanisme (*opbarsten en piping*) niet leidt tot een afwijkende schematisatie.

Bovenstaande geeft geen aanleiding aan te nemen dat het gebruik van het WBI-SOS leidt tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het normtraject 20-3.

Overige faalmechanismen

De faalkans voor het traject 20-3 wordt gedomineerd door de faalmechanismen *opbarsten en piping* en *macrostabiliteit binnenwaarts*. In VNK2 zijn ook faalkansen berekend voor de faalmechanismen *overloop en golfoverslag* en *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam*. De in VNK2 berekende faalkansen voor deze beide mechanismen zijn meer dan 100 keer kleiner dan de berekende faalkansen voor de faalmechanismen *opbarsten en piping* en *macrostabiliteit binnenwaarts* (zie Tabel 2.3). De bijdrage aan de overstromingskans van het normtraject is daarmee verwaarloosbaar. Wijzigingen in de rekenregels voor de faalmechanismen *overloop en golfoverslag* en *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam* zijn daardoor verder niet relevant voor de berekende faalkans van het traject 20-3.

Niet alle faalmechanismen konden met het VNK-instrumentarium worden doorgerekend. Zodoende zijn onder meer de faalmechanismen *microstabiliteit (STMI)*, *macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)*, *zettingsvloeiing voorland (VLZV)* en *niet waterkerende objecten (NWO)* binnen VNK niet in de faalkansberekeningen meegenomen. In VNK2 is op basis van een kwalitatieve analyse geconcludeerd dat deze faalmechanismen, met uitzondering van *zettingsvloeiing (VLZV)*, geen substantiële bijdrage leveren aan de berekende faalkansen.

In het WBI2017 worden deze faalmechanismen nu wel beschouwd. Het introduceren van extra faalmechanismen ten opzichte van VNK leidt niet tot een kleinere faalkans. Het combineren van faalkansen van meerdere mechanismen, hoe klein ook, leidt immers per definitie tot een grotere faalkans voor het traject. Het is bekend dat het traject 20-3 gevoelig is voor het faalmechanisme zettingsvloeiing voorland (VLZV). Verwacht kan worden dat dit mechanisme significant bijdraagt aan de overstromingskans.

Daarnaast leveren de aanwezige leidingen naar verwachting een significante bijdrage aan de faalkans. Bij het traject langs het Spui kruist een bundel van leidingen die gevaarlijke stoffen transporteren en ligt in de veiligheidszone van de waterkering een watertransportleiding. In het traject langs de Oude Maas bevinden zich nog een tweetal kruisingen van gastransportleidingen. De berekende overstromingskans zal daardoor alleen maar verder van de norm af komen te liggen.

2.2.2.2 Effect hydraulische belastingen

De hydraulische belasting van normtraject 20-3 wordt bepaald door een combinatie van de afvoerstatistiek van de Rijn en de waterstandstatistiek van de Noordzee. In de hydraulische belastingen van toepassing in het WBI2017 zijn diverse nieuwe inzichten verwerkt, waaronder de effecten van zeespiegelrijzing, statistische onzekerheden, modelonzekerheden en nieuwe wind-, afvoer- en waterstandstatistiek [11].

In het rivierengebied is een van de belangrijkste veranderingen de overstap naar GRADE (Generator of Rainfall And Discharge Extremes) waarmee een nieuwe afvoerstatistiek is bepaald [12]. Dit resulteert in lagere afvoeren bij extreme condities doordat overstromingen in Duitsland voor het eerst worden meegenomen. Het effect van het toepassen van GRADE op de resultaten van VNK is echter beperkt. Voor het dominante faalmechanisme *opbarsten en piping* geldt dat de hoge faalkansen zijn bepaald binnen het lage bereik van de afvoerstatistiek, oftewel bij waterstanden behorende bij een afvoer bij Lobith ruim onder de 16.000 m³/s [4]. Daarmee hebben de lagere afvoeren (en daaruit resulterende lagere waterstanden) bij extreme condities weinig invloed op de berekende faalkansen.

In verband met de stijging van het hoogwater (zeespiegelrijzing en lokale effecten) na 1985 zijn in het WBI2017 een aantal correcties doorgevoerd op de zeewaterstandsstatistiek. Voor Hoek van Holland is dit een toeslag van 10 cm [12]. Een verhoging van de waterstand leidt tot een grotere faalkans voor het faalmechanisme *opbarsten en piping*.

Voor de berekende faalkansen voor macrostabiliteit binnenwaarts zijn bovenstaande onnauwkeurigheden verwaarloosbaar. Het faalmechanisme stabiliteit is namelijk niet erg gevoelig voor kleine afwijkingen in de buitenwaterstand. De definitieve randvoorwaarden zullen daarom tot vrijwel dezelfde faalkansen leiden als in de uitgevoerde berekeningen.

Bovenstaande geeft geen aanleiding aan te nemen dat de veranderingen in de hydraulische belastingen leiden tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het traject.

2.2.3 Criterium 2b: Wijzigingen aan de kering t.o.v. situatie gehanteerd in VNK

Criterium 2b:

"Wijzigingen aan de kering ten opzichte van de situatie die gehanteerd is in VNK, niet leiden tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het traject."

Op dijktraject 20-3 zijn recent dijkversterkingen uitgevoerd in het kader van HWBP-2. Hierdoor wijkt de geschematiseerde situatie in het project VNK2 af van de werkelijke situatie op het dijktraject. Conform de Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 [1] is het filter op dijktrajectniveau van toepassing als wijzigingen aan de kering ten opzichte van de situatie die gehanteerd is in VNK2, niet leiden tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het traject.

Faalkans traject 20-3 conform VNK2 na versterking

Om te bepalen of de wijzigingen aan de kering ten opzichte van de situatie die gehanteerd is in VNK2, niet leiden tot een substantieel kleinere overstromingskans, is de faalkans voor traject 20-3 is opnieuw bepaald. Hiervoor is er van uitgegaan dat alle vakken waarin een versterking heeft plaatsgevonden niet bijdragen aan de faalkans. Omdat niet alle vakken volledig versterkt zijn en dus nog wel bijdragen aan de faalkans, is dit een conservatief uitgangspunt.

De berekende overstromingskans voor traject 20-3 waarbij rekening is gehouden met de uitgevoerde dijkversterking bedraagt 1/185 per jaar. Deze faalkans is een factor 162 groter dan de signaleringswaarde (zie Tabel 2.2).

Tabel 2.2: Berekende overstromingskans en wettelijke norm na versterking 2015

Traject	Lengte [km]	overstromingskans VNK [per jaar]	Ondergrens [per jaar]	Signaleringswaarde [per jaar]	Afstand tot norm [-]
20-3	23	1/185	1/10.000	1/30.000	162

De faalkans voor het traject 20-3 zoals gepresenteerd in Tabel 2.2 is het resultaat van een combinatie van faalkansen berekend voor 7 verschillende faalmechanismen verdeeld over 20 dijkvakken en 9 kunstwerken.

In Tabel 2.3 is de verdeling in dijkvakken van het traject 20-3 conform VNK2 weergegeven. Hierin is aangegeven voor welke faalmechanismen in VNK2 een faalkans is berekend [4]. De tabel laat zien dat de voor het traject 20-3 berekende faalkans bepaald wordt door een aantal vakken langs het Spui en één vak langs het Hartelkanaal (DV36).

Tabel 2.3: In VNK2 berekende faalkans per faalmechanisme voor normtraject 20-3

Dijkvak	Faalkans (per jaar) per faalmechanisme				Gecombineerd
	Overloop en golfoverslag	Macrostabiliteit binnenwaarts	Opbarsten en piping	Beschadiging bekleding	
DV19_km17,1-km18,66	1/480.000	-	-	-	1/480.000
DV20_km18,66-km19,2	<1/1.000.000	-	-	-	<1/1.000.000
DV21_km19,2-km20,3	(deels) versterkt in HWBP2				
DV22_km20,3-km21,37	<1/1.000.000	-	1/1.300	-	1/1.300
DV23_km21,37-km22,47	versterkt in HWBP2				
DV24_km22,47-km22,82	versterkt in HWBP2				
DV25_km22,82-km24,1	<1/1.000.000	1/220	-	-	1/220
DV26_km24,1-km24,3	versterkt in HWBP2				
DV27_km24,3-km24,95	(deels) versterkt in HWBP2				
DV28_km24,95-km26,74	(deels) versterkt in HWBP2				
DV29_km26,74-km27,45	<1/1.000.000	-	-	-	<1/1.000.000
DV30_km27,45-km27,85	<1/1.000.000	-	-	-	<1/1.000.000
DV31_km27,85-km28,67	<1/1.000.000	-	-	-	<1/1.000.000
DV32_km28,67-km30,58	1/520.000	-	-	-	1/520.000
DV33_km30,58-km31,28	<1/1.000.000	-	-	<1/1.000.000	<1/1.000.000
DV34_km31,28-km31,75	<1/1.000.000	-	-	<1/1.000.000	<1/1.000.000
DV35_km31,75-km33,92	1/340.000	-	<1/1.000.000	-	1/340.000
DV36_km33,92-km36,5	1/325.000	-	1/11.000	<1/1.000.000	1/11.000
DV37_km36,5-km37,8	<1/1.000.000	-	<1/1.000.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000
DV38_km37,8-km38,87	<1/1.000.000	<1/1.000.000	<1/1.000.000	-	<1/1.000.000
Overstromingskans	1/325.000	1/220	1/1.157	<1/1.000.000	1/185

Substantieel kleinere overstromingskans

Conform het draaiboek [13] is, in afstemming met het directoraat-generaal Ruimte en Water van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (DGRW) en ILT, een nadere invulling gegeven aan het criterium "substantieel kleinere overstromingskans". Er is sprake van een substantieel kleinere overstromingskans indien de ingeschatte actuele overstromingskans kleiner is dan een factor 90 van de signaleringswaarde én de actuele overstromingskans meer dan een factor 3 verandert ten

opzichte van de oorspronkelijke overstromingskans. De onderbouwing van deze nadere invulling is als volgt:

- het algemeen filter op trajectniveau is van toepassing op dijktrajecten die meer dan een factor 90 van de signaleringswaarde af liggen. Dit is het criterium van tabel 1 van appendix C van de regeling [1];
- De normklassen in de wet zijn afgeleid met steeds een factor 3 verschil, zodat de klassen in verhouding zijn met alle onzekerheden bij het bepalen van norm en bij het beoordelen aan de norm.

De in VNK2 berekende overstromingskans voor het hele normtraject bedraagt 1/100 per jaar (zie Tabel 2.1). Hierin is geen rekening gehouden met de uitgevoerde versterkingen. Indien wel rekening wordt gehouden met de uitgevoerde versterkingen, bedraagt de overstromingskans conform VNK2 1/185 per jaar (zie Tabel 2.2). Deze overstromingskans is bepaald met het uitgangspunt dat de verbeterde vakken geen bijdrage leveren aan de overstromingskans.

De afstand tot de signaleringswaarde is nu een factor 162. Ten opzichte van de oorspronkelijke overstromingskans is de verandering in de overstromingskans een factor 1,9. Hiermee wordt aan criterium 2b voldaan: wijzigingen aan de kering ten opzichte van de situatie die gehanteerd is in VNK, leiden niet tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het dijktraject.

2.3 Duiding veiligheidsoordeel

Op basis van de gehanteerde criteria geldt dat het Algemeen filter op trajectniveau van toepassing is op het normtraject 20-3. Op basis van deze criteria is geen substantieel kleinere overstromingskans te verwachten dan eerder berekend in het project VNK2. Het normtraject 20-3 valt daarmee conform Tabel 1.1 in veiligheids categorie D. Dit veiligheidsoordeel wordt als volgt gedeut:

- De grootste bijdrage aan het veiligheidsoordeel wordt geleverd door de faalmechanismen *macrostabiliteit binnenwaarts en opbarsten en piping*.
- Het oordeel wordt bepaald door met name de niet-versterkte dijkvakken langs het Spui. Daarnaast levert ook vak DV36 langs het Hartelkanaal een significante bijdrage aan de overstromingskans.
- In VNK2 zijn niet alle faalmechanismen voor alle vakken doorgerekend. Het is goed mogelijk dat de vakken waarvoor geen faalkans is bepaald voor de faalmechanismen *macrostabiliteit binnenwaarts en/of opbarsten en piping* bij een beoordeling conform de WBI-methodiek toch een significante bijdrage aan de faalkans zullen leveren.
- De dijkversterking die uitgevoerd is in het kader van het tweede Hoog Water Beschermingsprogramma (Spui-West) reduceert de overstromingskans van traject 20-3 met een factor 1,9. Echter ook met deze reductie is de afstand tot de norm nog een factor 162.
- Het is bekend dat het traject 20-3 gevoelig is voor het faalmechanisme *zettingvloeiing voorland* (VLZV). In VNK2 is dit faalmechanisme niet meegenomen. Verwacht kan worden dat dit mechanisme significant bijdraagt aan de overstromingskans. De berekende overstromingskans zal daardoor nog verder van de norm af komen te liggen.
- De onderhoudstoestand heeft geen invloed op het veiligheidsoordeel. De faalmechanismen *macrostabiliteit binnenwaarts en opbarsten en piping*, de twee dominante faalmechanismen in dit normtraject, houden weinig verband met de onderhoudstoestand van de waterkering. Deze zijn met name gerelateerd aan een combinatie van een specifieke opbouw van de ondergrond en het ontwerp van de bestaande dijk.

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat volledige duiding van het veiligheidsoordeel niet mogelijk is doordat in VNK2 niet alle faalmechanismen voor alle vakken zijn beschouwd. Dit is echter inherent aan de toepassing van het Algemeen filter (zie paragraaf 2.2). Met deze stap eindigt de beoordeling van dit dijktraject.

3 Te treffen voorzieningen

Dijktrajecten die nog niet voldoen aan de norm krijgen bij de reguliere inspecties extra aandacht. Dit betekent dat het dijktraject 20-3 extra aandacht krijgt bij de inspecties om de actuele situatie te monitoren. De veiligheid van het traject blijft een aandachtspunt zolang de voorgenomen verbeteringsprojecten nog niet uitgevoerd zijn. Voor het traject worden veiligheidsmaatregelen voorgeschreven in het calamiteitenbestrijdingsplan van het waterschap. Tijdens de uitvoering moeten veiligheidsmaatregelen onderdeel zijn van het hoogwateractieplan van de aannemer. Afhankelijk van de projectstatus of de inspectieresultaten treft een projectaannemer of het waterschap de veiligheidsmaatregelen. Deze staan in het hoogwateractieplan of zijn onderdeel van de calamiteitenbestrijdingsplannen van WSHD.

Traject 20-3 staat op het hoogwaterbeschermingsprogramma geprogrammeerd voor de periode 2017-2023. De start van de voorverkenning staat gepland voor 2017. Onderdeel van de voorverkenning is een nadere veiligheidsanalyse van het traject. Hierin wordt de scope voor de verbetering bepaald.

4 Aanvullende informatie

Het project Spui-West betreft een de dijkversterking over een lengte van 2,8 km verdeeld over een aantal trajecten langs het Spui. Deze dijkversterking, die is uitgevoerd in het kader van het tweede Hoog Water Beschermingsprogramma, is in november 2015 afgerond.

Literatuur

- [1] Rijkswaterstaat, WVL, „Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage I Procedure,” Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017.
- [2] Rijkswaterstaat, WVL, „Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage II Voorschriften bepaling hydraulische belasting primaire waterkeringen,” Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017.
- [3] Rijkswaterstaat, WVL, „Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Sterkte en veiligheid,” Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017.
- [4] Rijkswaterstaat, WVL, „Veiligheid Nederland in Kaart Overstromingsrisico dijkkring 20 Voorne-Putten, HB2310997,” mei 2014.
- [5] ENW, „ENW, Piping: Realiteit of Rekenfout?,” Januari 2010.
- [6] Deltares, „Onderzoeksrapport Zandmeevoerende Wellen, 1202123-003-GEO-0002,” Maart 2012.
- [7] Deltares, „Memo Ongedraineerde schuifsterkte bij toetsspoor macrostabiliteit in WTI 2017 - informatie voor besluitvormingsproces, 1209434-006-GEO-0007,” 11 juli 2014.
- [8] Deltares, „Globale stochastische ondergrondschematisatie (WTI-SOS) voor de primaire waterkeringen, 1209432-000-GEO-0006, versie 2, definitief,” 24 september 2015.
- [9] Deltares, „Handleiding datamanagement WBI, 1209432-002-GEO-0002, versie 5, definitief,” 1 september 2016.
- [10] Deltares, „Memo WTI-SOS en VNK2: verschillen, overeenkomsten en hergebruik,” 22 oktober 2014.
- [11] Deltares, „Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden OI2014 versie 3 voor HWBP 2015 projecten, Rapport 1210420-000, definitief,” 3 juli 2015.
- [12] Deltares, „Basisstochasten WTI-2017 Statistiek en statistische onzekerheid, 1209433-012-HYE-0007, definitief,” 2 december 2015.
- [13] RWS, „Draaiboel Eerste Beoordeling Primaire Keringen Overstromingskans, definitieve versie,” 14 december 2016.
- [14] Rijkswaterstaat, WVL, „Schematiseringshandleiding piping, WBI2017,” Ministerie van Infrastructuur en Milieu, december 2016.
- [15] Rijkswaterstaat, WVL, „Schematiseringshandleiding macrostabiliteit, WBI2017,” Ministerie van Infrastructuur en Milieu, december 2016.
- [16] Deltares, „Memo WTI 2017: gebruik van WTI en VNK2 ondergrondschematisaties en parameters,” 22 oktober 2014.