

# Eerste Beoordeling Primaire Keringen Overstromingskans



Waterschap Scheldestromen

Eerste Beoordeling Primaire Keringen Overstromingskans  
Veiligheidsoordeel Dijktraject 30-2, Hansweert

Versie: 0.3

Datum: 9 november 2017

**Colofon**

| <b>Nr.</b> | <b>Datum</b>    | <b>Auteur</b>      | <b>Paraaf</b> | <b>Review</b> | <b>Paraaf</b> | <b>Vrijgave</b> | <b>Paraaf</b> |
|------------|-----------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| 0.1        | 16 oktober 2017 | Hans van der sande |               |               |               |                 |               |
| 0.2        | 2 november 2017 | Hans van der Sande |               |               |               |                 |               |
| 0.3        | 9 november 2017 | Hans van der Sande |               |               |               |                 |               |
| 1.0        |                 |                    |               |               |               |                 |               |
| 2.0        |                 |                    |               |               |               |                 |               |

## Inhoud

|           |                                                                                         |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1         | INLEIDING .....                                                                         | 5  |
| 1.1       | Systeemsprong.....                                                                      | 5  |
| 1.2       | Dijktraject 30-2.....                                                                   | 7  |
| 2         | HET VEILIGHEIDSOORDEEL.....                                                             | 9  |
| 2.1       | Veiligheidsoordeel dijktraject 30-2.....                                                | 9  |
| 2.2       | Onderbouwing van het veiligheidsoordeel.....                                            | 9  |
| 2.2.1     | <i> criterium 1: traject opgenomen in tabel 1 van appendix C van de regeling</i> .....  | 9  |
| 2.2.2     | <i> criterium 2a: nieuwe inzichten verwerkt in het WBI2017</i> .....                    | 11 |
| 2.2.2.1   | Effect rekenmodellen .....                                                              | 11 |
| 2.2.2.2   | Effect hydraulische belastingen .....                                                   | 15 |
| 2.2.3     | <i> criterium 2b: Wijzigingen aan de kering t.o.v. situatie gehanteerd in VNK</i> ..... | 15 |
| 2.3       | Duiding van het veiligheidsoordeel .....                                                | 15 |
| 3         | OVERZICHT TE TREFFEN VOORZIENINGEN.....                                                 | 17 |
| 4         | AANVULLENDE INFORMATIE.....                                                             | 19 |
| 5         | LOGBOEK EN OVERIGE INFORMATIE.....                                                      | 21 |
| 6         | BRONNEN .....                                                                           | 23 |
|           | BIJLAGEN .....                                                                          | 25 |
| Bijlage A | Resultaten VNK voor traject 30-2.....                                                   | 26 |
| Bijlage B | Resultaten Veiligheidsanalyse .....                                                     | 27 |
| Bijlage C | Vergelijking stabiliteitsfactor volgens Bishop.....                                     | 31 |
| Bijlage D | Bekleding, vergelijking dikteoverschot.....                                             | 34 |
| Bijlage E | Situering kunstwerken binnen het normtraject 30-2.....                                  | 39 |



## 1 Inleiding

Voorliggend rapport bevat het veiligheidsoordeel voor de primaire waterkeringen binnen het dijktraject 30-2 (Hansweert) zoals dat door Waterschap Scheldestromen is bepaald op basis van het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017 (WBI2017) in het kader van de Eerste Beoordeling Primaire Waterkeringen Overstromingskans.

De Waterwet bepaalt dat de veiligheid van alle primaire waterkeringen elke twaalf jaar moet worden beoordeeld. Als waterkeringbeheerder van primaire waterkeringen is Waterschap Scheldestromen (WSS) wettelijk verplicht om deze veiligheidsbeoordeling uit te voeren. Het Dagelijks Bestuur 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 het waterschap is het uitvoeren van de veiligheidsbeoordeling beleidsmatig verankerd in het waterkeringsbeheerplan 2016 – 2021 [15] en strategienota 2015 -2019 [16].

Bijlagen zijn in het rapport opgenomen. De appendices met meer detail informatie zijn te vinden in een afzonderlijk Excelbestand [25]. Voor dit traject is reeds een veiligheidsanalyse uitgevoerd op basis van het OI2014 versie 3. Relevante conclusies van de veiligheidsanalyse zijn in dit rapport overgenomen. Voor meer detail informatie wordt verwezen naar [21] en [22].

### 1.1 Systeemsprong

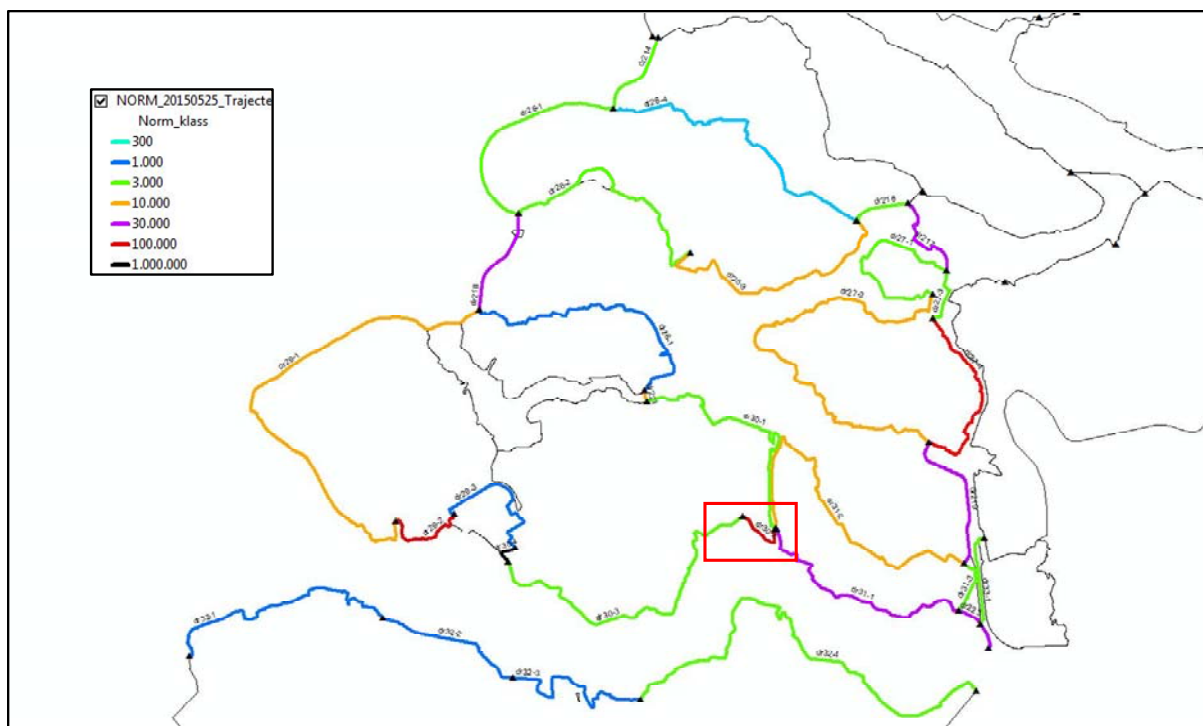
Per 1 januari 2017 is de Waterwet gewijzigd. De belangrijkste wijziging betreft de overgang van overschrijdingskans naar overstromingskans en daarmee samenhangend een andere normering. Dit heeft gevolgen voor de wijze waarop de beoordeling van de primaire waterkeringen wordt uitgevoerd. Omdat de nieuwe 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 systeemsprong.

De veiligheidsbeoordeling vindt dus plaats tegen een andere context dan de voorgaande beoordelingen (LRT-1 t/m LRT-3). Door te toetsen aan nieuwe normen gebaseerd op overstromingskansen ontstaat een ander veiligheidsbeeld dan in de eerdere beoordelingsronden. Er is daarom geen sprake van de vierde toetsing, maar van de Eerste beoordeling Primaire Waterkeringen Overstromingskans (LBO-1).

De nieuwe normen zijn daarnaast niet meer afgeleid voor dijkringen, maar voor dijktrajecten<sup>1</sup>. De beoordeling van de primaire waterkeringen wordt dan ook niet meer op dijkkringniveau uitgevoerd, maar per dijktraject. In figuur 1.1 wordt een overzicht gegeven van de dijktrajecten in Zeeland met de normeisen voor de veiligheidsbeoordeling. In figuur 1.2 is ingezoomd op het dijktraject 30-2.

---

<sup>1</sup> Binnen waterschap Scheldestromen worden dijktrajecten ook aangeduid als normtrajecten om de relatie met de vigerende normeisen per project te kunnen duiden.



Figuur 1.1: Dijktrajecten in Zeeland met ligging dijktraject 30-2 (rood omkaderd)<sup>2</sup>



Figuur 1.2 Dijktraject 30-2 tussen dp 245 en 290

<sup>2</sup> In figuur 1.1. worden de signaleringswaarden van de normeisen per dijktraject gepresenteerd zoals deze zijn vastgelegd in de bijlage II van de wet [1].

## Eerste beoordeling Primaire Keringen Overstromingskans

De Eerste beoordeling Primaire Waterkeringen Overstromingskans (eerste beoordelingsronde) start 1 januari 2017 en 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 waterschap Scheldestromen resulteert dit in de opgave om voor 1 januari 2023 in totaal 421 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 wordt het Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium 2017 (WBI2017) gebruikt. De basis hiervoor wordt gevormd door de “Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017” waarin de regels voor het toepassen van het WBI2017 zijn vastgelegd (bepalen van de hydraulische belasting en de sterkte, en procedurele regels voor de beoordeling van de veiligheid van primaire waterkeringen). Deze regeling is per 1 januari 2017 van kracht [1].

Het veiligheidsoordeel van een dijktraject zoals dat volgt uit het WBI2017 wordt uitgedrukt in 5 categorieën gerelateerd aan de afstand tot de wettelijke norm (signaleringswaarde) [2][3]. De indeling in categorieën is getoond in Tabel 1.1.

Tabel 1.1: Categorieën van veiligheidsoordelen conform WBI2017

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

- \*  $P_{\text{traject}}$  Overstromingskans van het dijktraject (1/jaar)  
 $P_{\text{eis;sig}}$  Signaleringswaarde van het dijktraject (1/jaar)  
 $P_{\text{eis;ond}}$  Ondergrens van het dijktraject (1/jaar)

## 1.2 Dijktraject 30-2

Het dijktraject 30-2 betreft de primaire waterkering langs de Noordoever van de Westerschelde ten westen van het kanaal door Zuid-Beveland (dijkpaal 245 tot 290) (zie Figuur 1.2). Op Zuid-Beveland West is een deel van de waterkeringen bij de derde wettelijke toetsing (2006-2011, LRT3, [14]) afgekeurd op binnenwaartse stabiliteit (11 trajecten). Dit heeft ertoe geleid dat deze waterkeringen zijn opgenomen in het HWBP als het project Zuid-Beveland West (24S).

Gezien de complexiteit en diversiteit van de problematiek en de nieuwe normering is het oorspronkelijke project Zuid-Beveland West langs de Westerschelde (24S) gesplitst in 3 delen. Omdat het normtraject bij Hansweert is opgenomen in de landelijke top13 prioriteringslijst (nr. 12) omvat het project het gehele normtraject 30-2 met een lengte van 4,5 km. Dat betekent dat bij gebleken noodzaak het totale dijktraject direct kan worden aangepakt.

Op dit dijktraject is in de derde wettelijke toetsing (2006-2011) [14] de waterkering op 8 trajecten afgekeurd met een totale lengte van 2 km. Voor zeven trajecten is de waterkering afgekeurd op binnenwaartse stabiliteit en bij één traject is de harde bekleding, in afwachting van de nieuwe normering, nog niet verbeterd. Het gehele traject is in beheer bij het waterschap.





## 2 Het veiligheidsoordeel

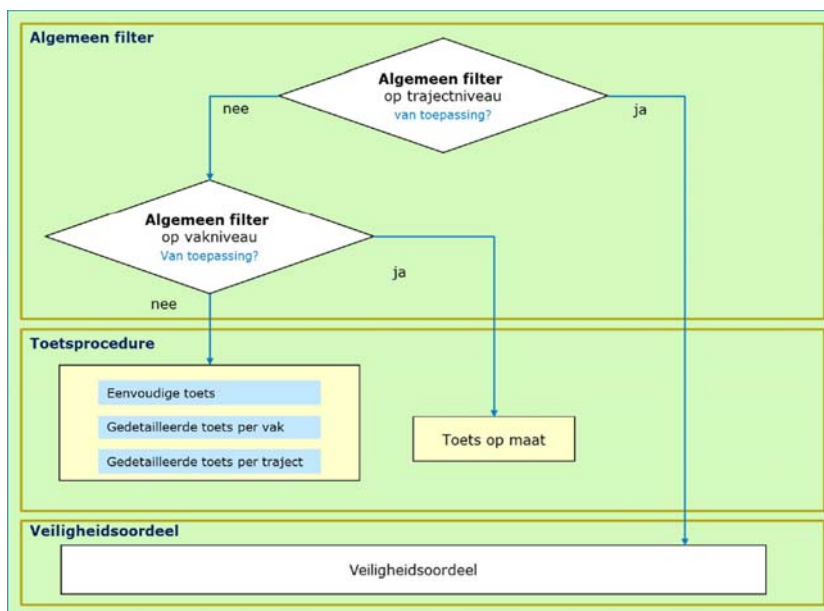
In dit hoofdstuk is het veiligheidsoordeel conform het WBI2017 voor dijktraject 30-2 geformuleerd, én zijn de onderbouwing en duiding van dit veiligheidsoordeel nader toegelicht.

### 2.1 Veiligheidsoordeel dijktraject 30-2

Het veiligheidsoordeel voor dijktraject 30-2 is veiligheids categorie D: *Overstromingskans van het dijktraject is veel groter dan de signaleringswaarde en de ondergrens. Dijktraject voldoet ruim niet aan de signaleringswaarde en aan de ondergrens.* (zie Tabel 1.1).

### 2.2 Onderbouwing van het veiligheidsoordeel

De uitvoering van de beoordeling begint met het doorlopen van het Algemeen filter (zie Figuur 2.2.1). Hieronder zijn de doorlopen stappen voor de beoordeling van het dijktraject conform het Algemeen filter weergegeven, waarbij de eerste stap bestaat uit de beoordeling of het Algemeen filter op trajectniveau van toepassing is.



Figuur 2.2.1, Algemeen filter WBI2017

#### Stap 1: Algemeen filter op trajectniveau

Het filter op trajectniveau is van toepassing als:

- het traject is opgenomen in tabel C-1 van appendix C van Bijlage I Procedure bij de regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 [2] (*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 kleinere overstromingskans voor het traject.

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

Het traject 30-2 is opgenomen in tabel C-1 van appendix C van de Bijlage I bij de regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 [2]. Het traject 30-2 is één van de in het WBI2017 gedefinieerde trajecten waarvoor in het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) een overstromingskans is bepaald die minimaal een factor 90 groter is dan de signaleringswaarde zoals vastgelegd in de

Waterwet. Binnen het project VNK is voor dit traject een overstromingskans bepaald die een factor 100 groter is dan de signaleringswaarde (zie tabel 2.2.1).

| Vak VNKnr | Gebied                       | dp van | dp tot | lengte (m) | Norm traject | overslag en overloop | MacroStab binnenwaarts | Opbarsten en Piping | Bekleding   | Traject kans |
|-----------|------------------------------|--------|--------|------------|--------------|----------------------|------------------------|---------------------|-------------|--------------|
| 31-34     | Wsnoo                        | 245,5  | 289,6  | 4.410      | N30-2        | 1/37.000             | 1/990                  | - -                 | - -         | 1/970        |
|           | normeis op trajectniveau     |        |        |            | N30-2        | 1/420.000            | 1/2.500.000            | 1/420.000           | 1/2.000.000 | 1/100.000    |
|           | Afstand tot de norm (factor) |        |        |            |              | 11                   | 2.520                  | -                   | -           | 103          |

Tabel 2.2.1: Berekende overstromingskans en wettelijke norm (signaleringswaarde) voor dijktraject 30-2

De faalkans voor het traject 30-2 zoals gepresenteerd in tabel 2.2.1 is het resultaat van een combinatie van faalkansen berekend voor 3 verschillende faalmechanismen van dijken verdeeld over 4 dijkvakken. Op dit traject is thans één kunstwerk (2015) aanwezig. De realisatie van dit kunstwerk is pas afgerond nadat de VNK studie is uitgevoerd en is derhalve niet meegenomen [4]. In appendix 1 is de verdeling in dijkvakken van het traject 30-2 conform VNK aangegeven en is aangegeven voor welke faalmechanismen binnen VNK een faalkans is berekend. Uit tabel 2.2.1 blijkt dat de afstand tot de norm groter is dan 90 (103). Voor dit normtraject zijn geen piping vakken doorgerekend. Binnenwaartse stabiliteit heeft de grootste bijdrage in de faalkans.

| Vak VNKnr | Gebied    | van    | tot    | lengte | Norm traject | overslag en overloop | MacroStab binnenwaarts | Opbarsten en Piping | Bekleding | Gecom-bineerd |
|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------------|----------------------|------------------------|---------------------|-----------|---------------|
| 30        | sluiskolk |        |        | 300    | N222         | 1/86.000             | - -                    | - -                 | - -       | 1/86.000      |
| 31        | Wsnoo     | 24.550 | 25.600 | 1.050  | N30-2        | 1/540.000            | - -                    | - -                 | - -       | 1/540.000     |
| 32        | Wsnoo     | 25.600 | 26.320 | 720    | N30-2        | 1/57.000             | - -                    | - -                 | - -       | 1/57.000      |
| 33        | Wsnoo     | 26.320 | 27.480 | 1.160  | N30-2        | 1/250.000            | 1/1.800                | - -                 | - -       | 1/1.800       |
| 34        | Wsnoo     | 27.480 | 28.960 | 1.480  | N30-2        | 1/300.000            | 1/2.200                | - -                 | - -       | 1/2.200       |

Tabel 2.2.2: faalkans per spoor op vakniveau

| Vak VNKnr | Gebied                       | dp van | dp tot | lengte (m) | Norm traject | overslag en overloop | MacroStab binnenwaarts | Opbarsten en Piping | Bekleding | Maximale vakkans |
|-----------|------------------------------|--------|--------|------------|--------------|----------------------|------------------------|---------------------|-----------|------------------|
| 31-34     | Wsnoo                        | 245,5  | 289,6  | 4.410      | N30-2        | 1/57.000             | 1/1.800                | - -                 | - -       | 1/1.800          |
|           | doorsnede-eis per spoor      |        |        |            | N30-2        | 1/830.000            | 1/3.200.000            | 1/2.900.000         | - -       | 1/540.000        |
|           | Afstand tot de norm (factor) |        |        |            |              | 15                   | 1.806                  | -                   |           | 303              |

Tabel 2.2.3: Maximale faalkans per spoor op vakniveau en vertaling wettelijke norm naar doorsnede eis

In Tabel 2.2.2 is de faalkans per spoor op vakniveau gegeven. Hieruit blijkt dat voor twee van de vier vakken de stabiliteit is beschouwd en dat er geen vakken voor piping zijn doorgerekend. Voor alle berekende faalkansen (zie tabel 2.2.2) geldt dat nergens aan de doorsnede-eis voldaan wordt (Zie tabel 2.2.3).

Verder geldt voor dit traject dat de normeis van de signaleringswaarde en de ondergrens beiden gelijk zijn aan 1/100.000ste.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat voorafgaand aan de berekeningen in VNK een analyse is gemaakt van de te schematiseren vakken en faalmechanismen. Daarbij is destijds de keuze gemaakt om voor de faalmechanismen *opbarsten en piping* en *macrostabiliteit binnenwaarts* vakken te selecteren die naar verwachting een grote bijdrage leveren aan de overstromingskans. Voor de vakken die niet zijn meegenomen zijn de omstandigheden echter niet wezenlijk anders dan voor de vakken die wel zijn meegenomen. Daarmee is de verwachting gerechtvaardigd dat voor deze vakken een zelfde ordegrrootte faalkans wordt berekend voor de genoemde faalmechanismen [4].

Het alsnog bepalen van de faalkansen voor de faalmechanismen *opbarsten en piping* en *macrostabiliteit binnenwaarts* voor de niet in VNK meegenomen vakken, leidt niet tot een kleinere

faalkans voor het dijktraject 30-2. Het combineren van faalkansen van meerdere vakken en faalmechanismen, hoe klein ook, leidt immers per definitie tot een grotere faalkans voor het traject. Voor dit traject zijn binnen VNK geen piping vakken geselecteerd.<sup>3</sup>

### 2.2.2 Criterium 2a: nieuwe inzichten verwerkt in het WBI2017

Het totaal aan nieuwe inzichten verwerkt in het WBI2017 leidt niet tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het traject zoals bepaald in VNK. Deze conclusie is onderbouwd aan de hand van onderstaande analyse van de nieuwe inzichten met betrekking tot de gehanteerde rekenmodellen en hydraulische belastingen.

#### 2.2.2.1 Effect rekenmodellen

In VNK zijn in Zeeland voor de berekening van de faalkans van een dijk drie van de vier faalmechanismen meegenomen te weten: *overloop en golfoverslag*, *opbarsten en piping* en *macrostabiliteit*. Het vierde faalmechanisme *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam* is buiten beschouwing gelaten omdat de kans bijdrage verwaarloosbaar werd geacht na afronden van het project *herstel gezette steenbekledingen* (project Zeeweringen)<sup>4</sup>. Met deze faalmechanismen is voor het dijktraject 30-2 een faalkans berekend van 1/103 per jaar (zie tabel 2.2.1). Deze faalkans wordt gedomineerd door de faalmechanismen *macrostabiliteit binnenwaarts*. Op het traject 30-2 zijn geen piping vakken geselecteerd (zie ook appendix 1).

#### Overslag en oploop

Voor *overslag en oploop* zijn de overstromingskansen van VNK vergeleken met de resultaten uit ringtoets. In appendix 2 wordt een overzicht gegeven van de resultaten van ringtoets en VNK. De resultaten zijn samengevat in bijlage B. Hieruit blijkt dat de overstromingskans volgens ringtoets significant groter is dan volgens VNK. Uitgaande van een kritiek overslag debiet van 10 l/s/m is de overstromingskans uit ringtoets een factor 4 hoger dan volgens VNK.

Bij een beoordeling volgens het WBI zal het dijktraject volledig worden afgekeurd op *erosie kruin en binnentalud*.

#### Opbarsten en piping

In het rapport 'Piping: realiteit of rekenfout?' [9] 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 VNK is voor het faalmechanisme *opbarsten en piping* reeds met dit lengte-effect gerekend, maar tegelijkertijd nog met de oude rekenregel van Sellmeijer.

Voor Zeeland is binnen VNK2 reeds gebruikt gemaakt van een gebiedsafhankelijke reductie door tijdsafhankelijkheid op basis van peilbuismetingen, zoals dit bij derde toetsing door het waterschap is afgeleid [14] en verder is uitgewerkt in de verlengde derde toetsronde (zie [17] en [18]).

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 [10].

<sup>3</sup> In het naastliggende dijktraject (30-3) zijn 14 pipingvakken geselecteerd. De maximale vakkans voor piping op dijktraject 30-3 is 1/100. Het direct aangrenzende vak heeft een vakkans voor piping van 1/320.000 (zie appendix 1).

<sup>4</sup> Binnen het project Zeeweringen is tussen 1997 en 2015 de harde bekleding voor alle dijken langs de getijdewateren in Zeeland (waar nodig) versterkt. Hierbij is eveneens de buitenberm verhoogd op het niveau van de verwachte 1/4000<sup>ste</sup> waterstand in 2060.

Voor de gangbare korreldiameters in Zeeland ( $<190\ \mu\text{m}$ ) blijft de benodigde kwelweglengte ongewijzigd en is de berekening vergelijkbaar met de rekenregel die in VNK is toegepast.

De recent uitgevoerde peilbuismetingen (2016) op dit traject laten zien dat de toegepaste reductie door VNK2 voor dit traject conservatief te noemen is. Hiervoor wordt verwezen naar appendix 10.

Dit betekent dat de overstromingskans voor piping kleiner zal zijn.

Maar omdat voor dit traject geen pipingvakken geselecteerd zijn verandert hierdoor de overstromingskans van VNK niet.

#### 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 langzaam bezwijken of een permanente belasting en bij goed doorlatende grondlagen is een gedraineerde analyse echter op zijn plaats [11].

Voor het besluitvormingsproces in het WBI 2017 ten aanzien van het CSSM model bij het toetsspoor *macrostabiliteit binnenwaarts* is een consequentie analyse uitgevoerd [11]. 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 dijprofielen niet aan de semi-probabilistische veiligheidseis voor macrostabiliteit. Per saldo geven semi-probabilistische stabiliteitsanalyses met de vigerende ongedraineerde schuifsterkte parameters en relatief lage materiaalfactoren gemiddeld genomen 10 tot 15% lagere stabiliteitsfactoren<sup>5</sup> dan de bij de LRT3 gehanteerde werkwijze met gedraineerde schuifsterkte parameters met de relatief hoge materiaalfactoren en zoals ook gehanteerd in VNK [11].

In bijlage C is voor één profiel een stabiliteitsbeschouwing uitgevoerd op basis van het gedraineerde gedrag (c-fi methode). Hierbij zijn de resultaten uit derde toetsronde vergeleken met de vigerende normeis. Gebruikmakend van het uitgevoerde peilbuisonderzoek blijft het effect van de normverzwaring beperkt maar wordt de overstromingskans wel enigszins groter.

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 dijktraject 30-2, ondanks dat de peilbuismetingen een gunstiger beeld laten zien.

#### 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 [5].

---

<sup>5</sup> 10% reductie van de stabiliteitsfactor bij de gehanteerde afkeurgrens in de derde toetsronde ( $sf=1,07$ ) komt overeen met een toename van de overstromingskans met een factor 20 (bij  $sf=0,9$  is dit een factor 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 [6][7][8]. 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 VNK. Wel zal de reductie van het maatgevende verval ten gevolge van de peilbuismetingen enig effect hebben op de overstromingskans van piping.

Binnen VNK 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 [6][7][8]. Desondanks is het totale effect op de resultaten van VNK naar verwachting beperkt.

Om een inschatting te maken van het effect van de peilbuismetingen op de stabiliteitsfactor en overstromingskans is in bijlage C een analyse hiervan voor één profiel bij dijkpaal 270 beschouwd. Hieruit blijkt dat het gunstiger beeld van peilbuismetingen volledig teniet worden gedaan door de strengere normen en de stabiliteit niet voldoet aan de eisen. Bij deze vergelijking is er van afgezien om gebruik te maken van de detailinformatie omdat dit alleen zinvol is als meerdere profielen met een maximale tussenafstand van 100 meter zouden worden beschouwd, waarbij eveneens de grondparameters t.b.v. de regionale ongedraineerde proevenverzameling worden betrokken om een ongedraineerde rekenmethode te kunnen toepassen.

Bovenstaande geeft vooralsnog geen aanleiding aan te nemen dat het gebruik van het WBI-SOS leidt tot een substantieel kleinere overstromingskans voor het dijktraject 30-2.

Voor traject 30-2 is een gedetailleerd lengteprofiel van de bodemopbouw aanwezig ter plaatse van de buitenberm, kruin en binnenteen (zie appendix 8a). Bij verdere analyse zal gebruik worden gemaakt van deze schematisatie die in de verkenningfase wordt aangevuld tussen dp 245 en 255.

#### Bekleding en erosie Dijklichaam

In VNK zijn geen berekeningen zijn uitgevoerd voor de stabiliteit van de steenbekleding omdat in het kader van project Zeewering alle bekledingen versterkt zijn en naar verwachting zeker voldoen tot 2060 aan de toen geldende normen (gebaseerd op de overschrijdingsfrequentie van de waterstand : 1/4000ste). Voor dit dijktraject is de normen dermate strenger geworden dat het verstandig is om na te gaan of de bekleding ook aan de huidige eis voldoet.

Met ringtoets zijn de hydraulische randvoorwaarden voor de gezette bekleding afgeleid. Vervolgens in de Excel applicatie '*steentoets 2017*' nagegaan of de bekleding ook bij de huidige eisen voldoet. Uit een eerste analyse blijkt bij de huidige eisen sprake is van een dikte tekort van 5 à 15 cm. Een overzicht van de resultaten is opgenomen in bijlage D. Samen met het KPR wordt momenteel nog nagegaan of er nog mogelijkheden zijn om meer sterkte aan de bekleding te kennen en een verificatie van de hydraulische belasting uit ringtoets uit te voeren.

Verder blijkt uit een analyse dat de standalone applicatie voor het beoordelen van grasbekleding (BM- gras buitentalud) met randvoorwaarden uit ringtoets dat de grasbekleding op het bovenbeloop van het buitentalud niet voldoet en dat tot en met de kruin een harde bekleding zal moeten worden aangebracht.

Dit betekent dat naar verwachting de overstromingskans voor de bekleding niet (overal) aan de normen zal voldoen.

#### Overige faalmechanismen

De faalkans voor het traject 30-2 wordt gedomineerd door het faalmechanisme *macrostabiliteit binnenwaarts*. Door het toepassen van het CSSM model worden deze faalkansen niet substantieel kleiner. De wijzigingen in de rekenregels voor de faalmechanismen *overloop en golfoverslag* en *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam* zullen wel in (beperkte) mate leiden tot een grotere faalkans voor het dijktraject 30-2.

Niet alle faalmechanismen konden met het VNK-instrumentarium worden doorgerekend. Zodoende zijn onder meer de faalmechanismen microstabiliteit (STMI), macrostabiliteit buitenwaarts (STBU), stabiliteit voorland (STVL), bijzondere waterkerende constructies (BWC) en niet waterkerende objecten (NWO) binnen VNK niet in de faalkansberekeningen meegenomen. In VNK is op basis van een kwalitatieve analyse geconcludeerd dat deze faalmechanismen 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 voor het dijktraject 30-2. Het combineren van faalkansen van meerdere mechanismen, hoe klein ook, leidt immers per definitie tot een grotere faalkans voor het traject.

#### **Kunstwerken**

In dit normtraject is één kunstwerk (het gemaal Schorer) aanwezig. Verder is sprake van een aansluiting op één kunstwerk (het sluizencomplex bij Hansweert). De situering van beide kunstwerken is opgenomen in bijlage E.

#### **Sluizencomplex Hansweert**

Het westelijke landhoofd van het sluizencomplex bij Hansweert (Normtraject 222, met normeis 1/30.000), ligt deels in het normtraject 30-2. Dit kunstwerk is in beheer bij Rijkswaterstaat. Het grondlichaam is meegenomen bij de beschouwing ten aanzien van het beoordelingsspoor *gras erosie kruin en binnentalud*. Door de grotere afmetingen van het grondlichaam ter plaatse van de aansluiting op de sluiskolk en de aanwezigheid van de damwanden zal deze aansluiting geen substantiële bijdrage leveren in de overstromingskans ten aanzien van stabiliteit, piping en bekleding (Door de hoedanigheid van het sluizencomplex is ter plaatse van het westelijk havenhoofd de kans op bresvorming ordes kleiner dan bij de aansluitende dijk langs het kanaal). De hoogte van de dijk is wel afgekeurd zoals ook blijkt uit bijlage B en bijlage E.

#### **Gemaal Schorer**

Het gemaal Schorer is gebouwd in 2015 en is derhalve niet in de VNK rapportage opgenomen. In VNK is voor dijkkring 30 geen gemaal beoordeeld. Het gemaal zou waarschijnlijk bij de screening afgevallen zijn omdat vooraf ingeschat kan worden dat de kansbijdrage verwaarloosbaar klein is. Om toch een kansinschatting te maken van de gecombineerde overstromingskans is het vergelijkbare gemaal Glerum als referentie gebruikt. Het Gemaal Glerum ligt in dijkkring 31 langs de Westerschelde en heeft een overstromingskans  $<1/400.000$  [34]. Derhalve is de bijdrage van het gemaal Schorer in de huidige overstromingskans verwaarloosbaar. Hierbij geldt dat de beoordeling voor *gras erosie kruin en binnentalud* (VNK: oploop en overslag) wordt meegenomen bij de beoordeling van de dijken omdat het gemaal de waterkering niet onderbreekt (zie bijlage E).

Uit bovenstaande blijkt de kansbijdrage van beide kunstwerken in de normtraject 30-2 verwaarloosbaar zal zijn.

### 2.2.2.2 Effect hydraulische belastingen

De hydraulische belasting voor de Westerschelde is niet wezenlijk veranderd ten opzichte van LRT3. De strenge normeis evenwel leidt wel tot grotere hydraulische belastingen dan bij LRT3 (zie de resultaten bij ook overslag en oploop).

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

In het project VNK is de toestand van de waterkeringen in 2015 gehanteerd [4]. Na 2015 hebben geen wijzigingen aan de kering plaatsgevonden die leiden tot een kleinere overstromingskans, met andere woorden, er zijn geen versterkingswerkzaamheden uitgevoerd op dit dijktraject na afronding van het project VNK.

Ook het reguliere beheer en onderhoud van de waterkeringen, gericht op het in stand houden van de bestaande kering, leidt niet tot een substantiële afname van de overstromingskans.

## 2.3 Duiding van het veiligheidsoordeel

Op basis van de gehanteerde criteria geldt dat het Algemeen filter op trajectniveau van toepassing is op het dijktraject 30-2. Op basis van deze criteria is geen substantieel kleinere overstromingskans te verwachten dan eerder berekend in het project VNK. Het dijktraject 30-2 valt daarmee conform Tabel 1 in veiligheids categorie D. Dit veiligheidsoordeel wordt als volgt geduid:

- De grootste bijdrage aan het veiligheidsoordeel wordt naar verwachting geleverd door de faalmechanismen *macrostabiliteit binnenwaarts*. Het oordeel is niet gebaseerd op één specifiek dijkvak, maar is het gevolg van een reeks aan dijkvakken die gezamenlijk het oordeel bepalen (zie paragraaf 2.2.1).
- Naast het faalmechanisme *macrostabiliteit binnenwaarts* hebben ook *bekleding* en *erosie kruin en binnentalud* een (beperkte) relevante bijdrage aan het veiligheidsoordeel (zie paragraaf 2.2.1).
- Voor *erosie kruin en binnentalud* geldt dat de faalkans bijdrage op doorsnedeniveau een factor 40x zo groot is als de doorsnede-eis (zie bijlage B, tabel b.2, kolom scenario 2)
- Voor *beschadiging bekleding en erosie dijklichaam* geldt een dikte tekort van 5 à 15 cm. In het kanaal voldoet de bekleding.
- De onderhoudstoestand heeft geen invloed op het veiligheidsoordeel.
- Het faalmechanisme *opbarsten en piping* is voor dit dijktraject niet expliciet beoordeeld in VNK en zal mogelijk ook een bijdrage in de faalkans leveren. De recent uitgevoerde peilbuismetingen (2016) op dit traject laten zien dat de toegepaste reductie door VNK2 voor dit traject conservatief te noemen is. Daarom is de verwachting dat voor dit normtraject de kansbijdrage van piping niet substantieel zal zijn.

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat volledige duiding van het veiligheidsoordeel niet mogelijk is doordat in VNK niet alle faalmechanismen 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 Overzicht te treffen voorzieningen

Op dit dijktraject is in de derde wettelijke toetsing (2006-2011) [14] de waterkering op 8 trajecten afgekeurd met een totale lengte van 2 km. Voor zeven trajecten is de waterkering afgekeurd op binnenwaartse stabiliteit en bij één traject is de harde bekleding, in afwachting van de nieuwe normering, nog niet verbeterd. Het gehele traject is in beheer bij het waterschap.

Delen van de waterkeringen op dit traject die niet in de oorspronkelijke scope van deze versterkingsprojecten zijn opgenomen op basis van de LRT3, de zogenaamde tussenvakken, zijn naar aanleiding van de nieuwe normering door middel van een scopewijziging alsnog opgenomen in de reeds gedefinieerde dijkversterkingsprojecten. Hierdoor is het hele dijktraject N30-2 als één project in het programma 2016-2021 vermeld.

Buiten reguliere inspectie bij dreigende hoogwatersituaties worden alle relevante dijktrajecten vooraf en nadien geïnspecteerd. Zonodig worden maatregelen getroffen als de inspectie hiertoe aanleiding geeft en wordt eventuele schade hersteld. Dit dijktraject behoeft verder geen extra aandacht.

Tijdens de uitvoering moeten veiligheidsmaatregelen onderdeel zijn van het hoogwateractieplan van de aannemer. Afhankelijk van de projectstatus, de inspectieresultaten in combinatie met de hoogwaterdreiging treft een projectaannemer of het waterschap de veiligheidsmaatregelen. Deze staan in het hoogwateractieplan van de aannemer en worden bij dreigend hoogwater onderdeel van de maatregelenplan hoogwater van het waterschap.



## 4 Aanvullende informatie

n.v.t.



## 5 Logboek en overige informatie

De afwegingen zoals gemaakt bij de formulering van het veiligheidsoordeel zijn vastgelegd in hoofdstuk 2. De hierbij gehanteerde bronnen zijn weergegeven in hoofdstuk 6. De bronnen van waterschap Scheldestromen zijn opgenomen in het bijgevoegde ZIP-bestand waarbij de nummers verwijzen naar de betreffende bestanden in het ZIP-bestand. Daarnaast is ook het VNK rapport van dijkkring 30 in het ZIP bestand opgenomen.

Dit betekent dat in het ZIP bestand de volgende nummers zijn opgenomen:

[4], [14] t/m [33].



## 6 Bronnen

- [1] Regeling van de Minister van Infrastructuur en Milieu van 2 december 2016 met nr. IENM/BSK-2016/283517 (*Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017*) zoals gepubliceerd in de Staatscourant Nr. 65697 van 27 december 2016.
- [2] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, *Bijlage I Procedure Beoordeling Veiligheid Primaire Waterkeringen* behorende bij Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Staatscourant Nr. 65697, 27 december 2016.
- [3] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, *Bijlage III Voorschriften Bepaling Sterkte en Veiligheid Primaire Waterkeringen* behorende bij Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Staatscourant Nr. 65697, 27 december 2016.
- [4] Rijkswaterstaat WVL, *Veiligheid Nederland in Kaart Overstromingsrisico dijkkring 30 Zuid-Beveland West, oktober 2014, HB 2585117*.
- [5] Deltares, *Globale stochastische ondergrondschematisatie (WTI-SOS) voor de primaire waterkeringen*, 1209432-000-GEO-0006, versie 2, definitief, 24 september 2015.
- [6] Deltares, *Memo WTI-SOS en VNK2: verschillen, overeenkomsten en hergebruik*, 22 oktober 2014.
- [7] Deltares, *Memo WTI 2017: gebruik van WTI en VNK2 ondergrondschematisaties en parameters*, 22 oktober 2014.
- [8] Deltares, *Handleiding datamanagement WBI*, 1209432-002-GEO-0002, versie 5, definitief, 1 september 2016.
- [9] ENW, *Piping: Realiteit of Rekenfout?*, januari 2010.
- [10] Deltares, *Onderzoeksrapport Zandmeevoerende Wellen*, 1202123-003-GEO-0002, maart 2012.
- [11] Deltares, *Memo Ongedraineerde schuifsterkte bij toetsspoor macrostabiliteit in WTI 2017 - informatie voor besluitvormingsproces*, 1209434-006-GEO-0007, 11 juli 2014.
- [12] Deltares, *Werkwijze bepaling hydraulische ontwerprandvoorwaarden OI2014 versie 3 voor HWBP 2015 projecten*, Rapport 1210420-000, definitief, 3 juli 2015.
- [13] Deltares, *Basisstochasten WTI-2017 Statistiek en statistische onzekerheid*, 1209433-012-HYE-0007, definitief, 2 december 2015.
- [14] WSS, 2011 0509 De waterkering getoetst 2010, De veiligheid van Zeeland.docx
- [15] WSS, 2011 0511 De waterkering getoetst 2010 Bijlage 2 ToetsKunstwerken.pdf
- [16] WSS, 2011 0509 De waterkering getoetst 2010 Bijlage 4 Detail per dijkkring.pdf
- [17] WSS, 2013007747 Rapportage verlengde 3e toetsronde dijken v4.docx
- [18] WSS, 2013007747 Appendix 7 Toetsschema voor piping v4.docx
- [19] WSS, 2016013478 Waterkeringenbeheerplan 2016-2020.pdf
- [20] WSS, 2013013379 Strategienota 2013-2018.pdf
- [21] WSS, 2017 0629 Notitie N30\_2 WsN Dp245\_296 Veiligheidsanalyse.docx
- [22] WSS, 2017 0629 Notitie N30\_2 WsN Dp245\_296 Veiligheidsanalyse appendices.xlsm
- [23] KPR, 2016 0729 KPR Factsheet ontwerpen waterkering bij overgang normtraject.pdf
- [24] KPR, 2017 0810 KPR\_memo\_345\_Review\_veiligheidsanalyse v0 met opmerkingen hvds.docx
- [25] WSS, 2017 1016 Veiligheidsoordeel WBI N30\_2 WsN 245-296 v0.1 Rapport.docx
- [26] WSS, 2017 1016 Veiligheidsoordeel WBI N30\_2 WsN 245-296 v0.1 appendices.xlsm
- [27] WSS, 2017 1006 Notitie\_Vergelijking\_VA2016\_Ringtoets2017 N30\_2.docx
- [28] WSS, Vgl Hydraulische Belasting PBZ Tis 4.000\_10.000\_100.000 metReductieDoorBeta.xlsm
- [29] WSS, stt Ws246-290\_20170921 steentoets2017 v17.1.1.1 HR PBZ\_2060.xlsm
- [30] WSS, stt Ws246-290\_20170921 steentoets2017 v17.1.1.1 HR RT004.000 metReductieKanaal.xlsm
- [31] WSS, stt Ws246-290\_20170921 steentoets2017 v17.1.1.1 HR RT004.000 metReductieKanaalReductieScheef2.xlsm
- [32] WSS, stt Ws246-290\_20170921 steentoets2017 v17.1.1.1 HR RT100.000metReductieHaven.xlsm
- [33] WSS, stt Ws246-290\_20170921 steentoets2017 v17.1.1.1 HR RT100.000 metReductieHavenReductieScheef2.xlsm
- [34] Rijkswaterstaat WVL, *Veiligheid Nederland in Kaart Overstromingsrisico dijkkring 31 Zuid-Beveland Oost, oktober 2011, HB 155742*
- [35] WSS, 2017 1109 Veiligheidsoordeel WBI N30\_2 WsN 245-296 v0.3 Rapport.docx (dit rapport)





## Bijlagen

## **Bijlage A    Resultaten VNK voor traject 30-2**

Voor de resultaten wordt verwezen naar appendix 1 (zie [25])  
De gegevens zijn overgenomen uit de VNK rapportage [4].

Voor het opbossen naar de VNK vakkansen voor overslag en oploop is uitgegaan van de maximale overstromingskans op doorsnedeniveau.

## Bijlage B Resultaten Veiligheidsanalyse

### Erosie kruin en Binnentalud (overslag en oploop)

Om de gevoeligheid van het kritieke overslagdebiet te onderzoeken zijn 7 verschillende scenario's doorgerekend. In tabel b.1. worden deze scenario's toegelicht

| scenario | kritiekoverslag debiet              |                                                 |                 | bron    | toelichting                                                                                                       |
|----------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | gemiddelde<br>[m <sup>3</sup> /s/m] | standaard<br>afwijking<br>[m <sup>3</sup> /s/m] | verdeling       |         |                                                                                                                   |
| 1        | 0.001                               | 1e-04                                           | deterministisch | VA2016  | overslagdebiet 1 l/s/m (instelling voor binnenwaartse stabiliteit, met waterstand bij normeis, niet hier getoond) |
| 2        | 0.010                               | 1e-04                                           | deterministisch | VA2016  | overslagdebiet 100l/s/m; keus waterschap scheldestromen, ook voor HS>3 m                                          |
| 3        | 0.100                               | 1e-04                                           | deterministisch | VA2016  | overslagdebiet 100l/s/m                                                                                           |
| 4        | 0.225                               | 0.250                                           | log normaal     | WBI2017 | gesloten zode :Hs 0 a 1 m, open                                                                                   |
| 5        | 0.100                               | 0.120                                           | log normaal     | WBI2017 | gesloten zode: Hs 1 à 2 m, open Hs 0 à 1 m                                                                        |
| 6        | 0.070                               | 0.080                                           | log normaal     | WBI2017 | gesloten zode: Hs 2 à 3 m, open Hs 1 à 2 m                                                                        |
| 7        | 0.040                               | 0.050                                           | log normaal     | WBI2017 | open zode Hs 2 à 3 m                                                                                              |

Tabel b.1 , Scenario's voor kritieke overslagdebiet

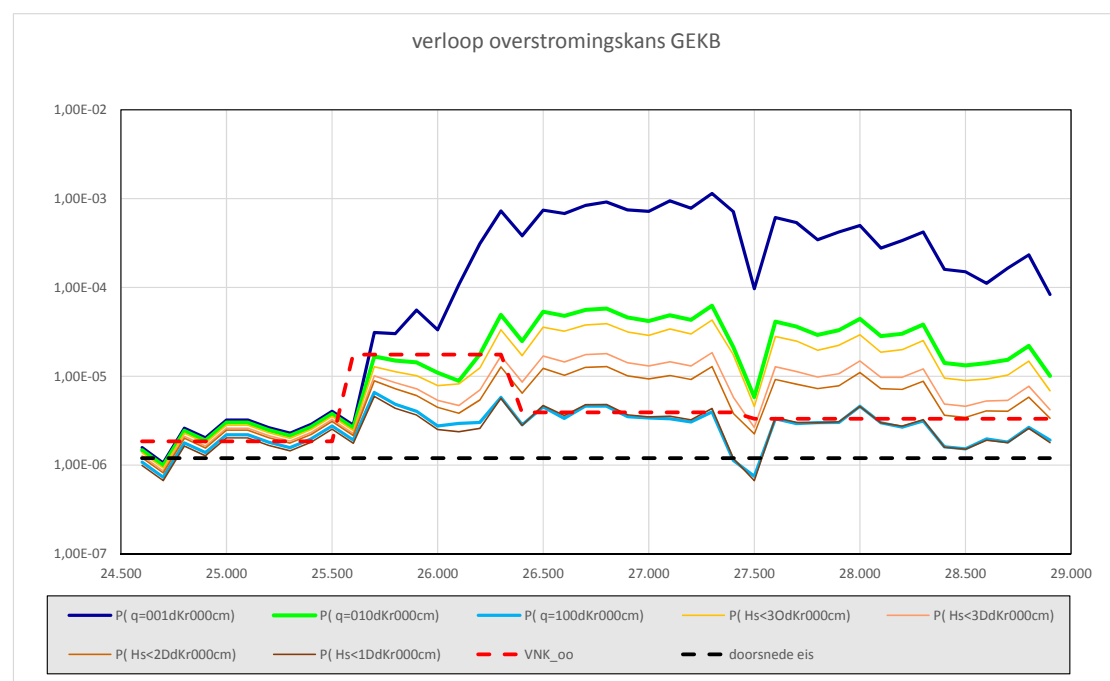
### Resultaat

#### Overstromingskans

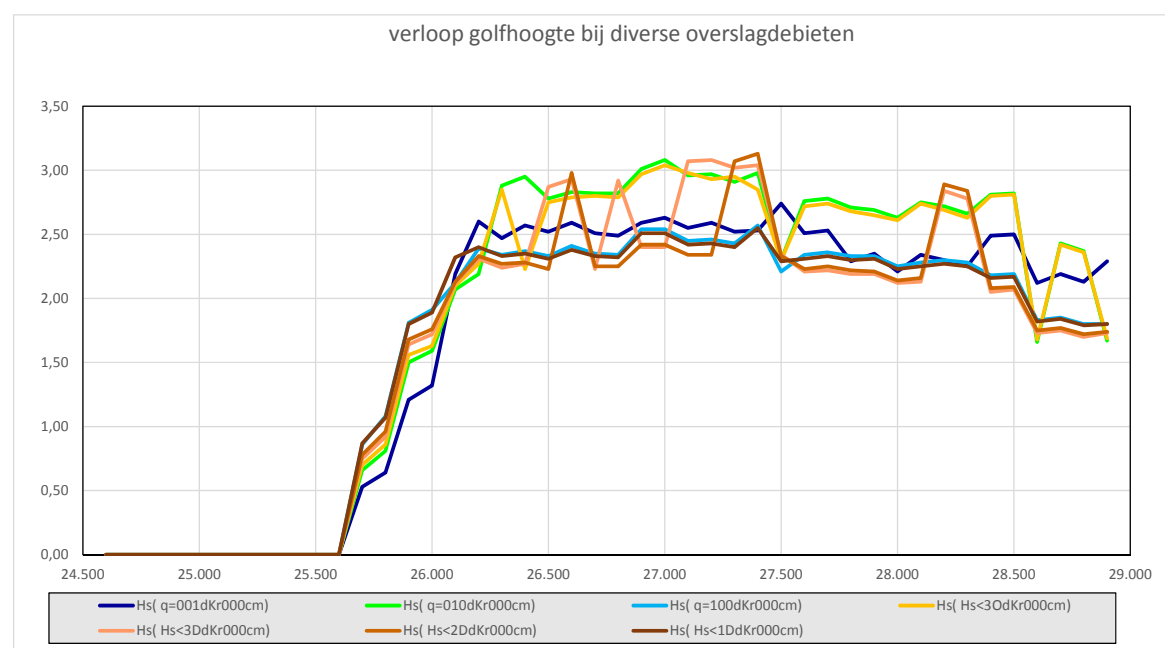
In figuur b.1 wordt een overzicht gegeven van de overstromingskans voor het beoordelingsspoor *Erosie kruin en binnentalud* (GEKB). De bijbehorende golfhoogte worden in figuur b.2 gepresenteerd. In figuur b.1 zijn ook de overstromingskansen volgens VNK opgenomen en wordt de normeis op doorsnedeniveau gevisualiseerd. In Tabel b.2 worden de gemiddelde overstromingskansen volgens de VNK vakindeling gepresenteerd. Om een goede vergelijking met de VNK resultaten te kunnen maken is in tabel b.3 de maximale overstromingskans per VNK vak gebruikt.

#### Hydraulisch belastingniveau (HBN)

In figuur b.3 wordt het verloop van het hydraulisch belastingniveau gegeven bij verschillende waarden van het kritieke overslagdebiet. Het resulterende kruinhoogtetekort bij een kritiek overslagdebiet van 10 l/s/m is weergegeven in figuur b.4.



Figuur b.1, Vergelijking Ringtoets resultaten met overstromingskansen uit VNK



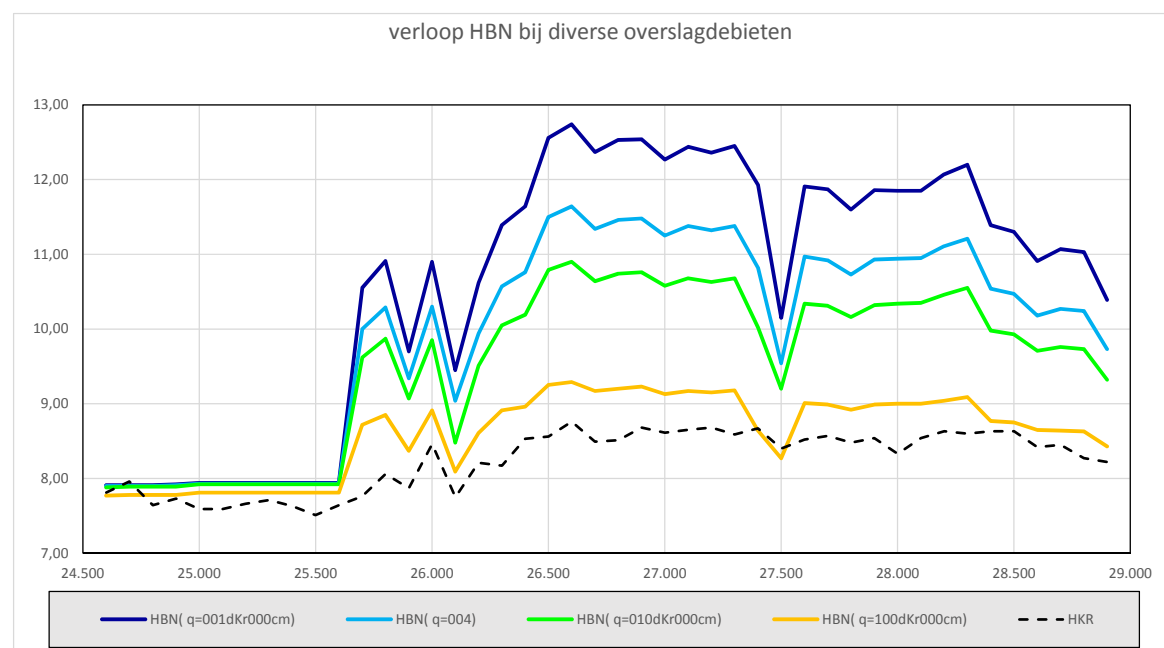
Figuur b.2 Verloop golfhoogte bij diverse overslag debieten

| Deel        |        | Gemiddelde overstromingskans |                      |                             |          |               | afstand tot doorsnede-eis |                      |                             |      | Afstand tot VNK kans |                      |                             |
|-------------|--------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------|---------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------|------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| Van         | tot    | Scenario 2 (q=10)            | Scenario 6 open zode | Scenario 7 gesloten en zode | VNK      | Doorsnede eis | Scenario 2 (q=10)         | Scenario 6 open zode | Scenario 7 gesloten en zode | VNK  | Scenario 2 (q=10)    | Scenario 6 open zode | Scenario 7 gesloten en zode |
| 24.500      | 25.600 | 2,39E-06                     | 2,23E-06             | 2,07E-06                    | 1,85E-06 | 1,20E-06      | 2,0                       | 1,9                  | 1,7                         | 1,5  | 1,3                  | 1,2                  | 1,1                         |
| 25.600      | 26.400 | 1,69E-05                     | 1,23E-05             | 7,75E-06                    | 1,76E-05 | 1,20E-06      | 14,1                      | 10,2                 | 6,5                         | 14,7 | 1,0                  | 0,7                  | 0,4                         |
| 26.400      | 27.400 | 4,81E-05                     | 3,29E-05             | 1,49E-05                    | 3,93E-06 | 1,20E-06      | 40,1                      | 27,4                 | 12,4                        | 3,3  | 12,2                 | 8,4                  | 3,8                         |
| 27.500      | 29.000 | 3,10E-05                     | 2,09E-05             | 1,02E-05                    | 3,32E-06 | 1,20E-06      | 25,8                      | 17,4                 | 8,5                         | 2,8  | 9,3                  | 6,3                  | 3,1                         |
| GEKB        |        | normeis                      |                      |                             |          |               |                           |                      |                             |      |                      |                      |                             |
| trajectkans |        | 9,84E-05                     | 6,83E-05             | 3,49E-05                    | 2,67E-05 | 2,40E-06      | 41,0                      | 28,5                 | 14,5                        | 11,1 | 3,7                  | 2,6                  | 1,3                         |

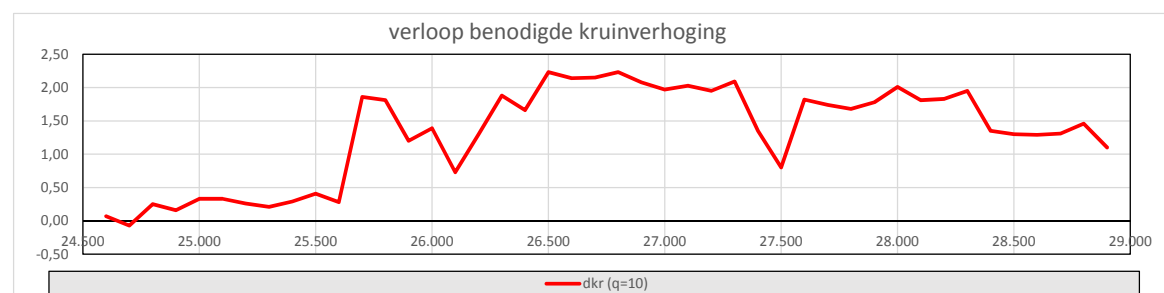
Tabel b.2 , Gemiddelde overstromingskans voor VNK en scenario 2, 6 en 7 en afstand tot doorsnede-eis en trajectkans overslag

| Deel        |        | Maximale overstromingskans |                      |                             |          |                | afstand tot doorsnede-eis |                      |                             |      | Afstand tot VNK kans |                      |                             |
|-------------|--------|----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------|----------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------|------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| Van         | tot    | Scenario 2 (q=10)          | Scenario 6 open zode | Scenario 7 gesloten en zode | VNK      | Door snede eis | Scenario 2 (q=10)         | Scenario 6 open zode | Scenario 7 gesloten en zode | VNK  | Scenario 2 (q=10)    | Scenario 6 open zode | Scenario 7 gesloten en zode |
| 24.500      | 25.600 | 3,77E-06                   | 3,52E-06             | 3,27E-06                    | 1,85E-06 | 1,20E-06       | 3,1                       | 2,9                  | 2,7                         | 1,5  | 2,0                  | 1,9                  | 1,8                         |
| 25.600      | 26.400 | 4,90E-05                   | 3,33E-05             | 1,69E-05                    | 1,76E-05 | 1,20E-06       | 40,8                      | 27,7                 | 14,1                        | 14,7 | 2,8                  | 1,9                  | 1,0                         |
| 26.400      | 27.400 | 4,81E-05                   | 3,29E-05             | 1,49E-05                    | 3,93E-06 | 1,20E-06       | 40,1                      | 27,4                 | 12,4                        | 3,3  | 12,2                 | 8,4                  | 3,8                         |
| 27.500      | 29.000 | 3,10E-05                   | 2,09E-05             | 1,02E-05                    | 3,32E-06 | 1,20E-06       | 25,8                      | 17,4                 | 8,5                         | 2,8  | 9,3                  | 6,3                  | 3,1                         |
| GEKB        |        |                            |                      |                             |          | normeis        |                           |                      |                             |      |                      |                      |                             |
| trajectkans |        | 1,32E-04                   | 9,06E-05             | 4,52E-05                    | 2,67E-05 | 2,40E-06       | 54,9                      | 37,7                 | 18,8                        | 11,1 | 4,9                  | 3,4                  | 1,7                         |

Tabel b.3, Maximale overstromingskans voor VNK en scenario 2, 6 en 7 en afstand tot doorsnede-eis en trajectkans overslag



Figuur b.3, verloop Hydraulisch belastingniveau bij verschillende kritiek overslagdebieten



Figuur b.4, Verloop kruinhoogte tekort bij kritiek overslagdebet van 10 l/s/m.

## Conclusie

Uit figuur b.1 en b.2 en tabel b.2 en b.3 zijn de volgende conclusies te trekken:

- In het kanaal door Zuid-Beveland (tussen dp 245 en dp 256) is overslag niet dominant ( $H_s=0$  in figuur b.2). Golfreductie speelt derhalve hier geen rol.
- De representatieve golfhoogte, (de golfhoogte, die in ringtoets getoond wordt bij het resultaat van de berekening van de overslagkans), varieert per scenario. Bij de keuze voor een log normale verdeling van het kritiek overslagdebiet fluctueert de golfhoogte sterker.
- Een groot deel van het traject is de golfhoogte 2 à 3 meter (tussen dp 260 en dp 285). Dat betekent dat in geval van een gesloten zode uitgegaan mag worden van scenario 6 en bij een open zode van scenario 7 (zie tabel b.1)
- De overstromingskansen met de kritieke overslagdebieten volgens het WBI (scenario 3 t/m 7) liggen tussen de deterministische beschouwde kritieke overslagdebieten 10 en 100 l/s/m (scenario 1 en 2)
- Alle berekende overstromingskansen zijn groter dan de doorsnede-eis. Dit geldt ook voor de VNK kansen.
- De met ringtoets bepaalde overstromingskansen zijn in het algemeen groter dan volgens de VNK studie. Alleen in het kanaal is de overstromingskans vrijwel hetzelfde (zie tabel b.3).
- De overstromingskans voor VNK op trajectniveau is 11 x zo groot als de normeis. De beoordeling met ringtoets levert een factor 15 à 44 op als uitgegaan wordt van de gemiddelde overstromingskans en 19 à 55 bij de maximale overstromingskans per VNK vak.
- Voor een goede vergelijking met de VNK kansen wordt geadviseerd om te kiezen voor de maximale overstromingskans per VNK dijkvak (tabel b.3). Dit betekent dat de kans volgens ringtoets 1 à 4 keer zo groot is als met VNK is berekend.
- Omdat de golfhoogte ongeveer 3 meter is wordt geadviseerd om uit te gaan van de deterministische waarde voor het kritieke overslagdebiet van 10 l/s/m (scenario 2). Dit levert een factor 44 op.

Uit figuur b.3 en b.4 zijn de volgende conclusies te trekken:

- Op het hele traject is sprake van een kruinhoogtetekort
- Met een kritiek overslagdebiet van 10 l/s/m is sprake van een maximaal kruinhoogte tekort van 2,2 meter.

## Eindconclusie

- De overstromingskansen met ringtoets zijn groter dan de VNK resultaten en voldoen niet aan de normeis.
- Ga bij de beschouwing van de veiligheidsbeoordeling voor dit traject uit van een kritiek overslagdebiet van 10 l/s/m. En gebruik deze waarde ook bij ontwerp situaties. Verifieer bij het ontwerp of een debiet van 10 l/s/m toelaatbaar is gezien het beperkte bergingscapaciteit in de polder bij Hansweert.
- Voor het ontwerp wordt geadviseerd om naast zeespiegelstijging ook de richting van de dijk normaal met 15 graden<sup>6</sup> in ongunstige richting te verdraaien om rekening te houden met het effect van de mogelijke verandering in bodemligging op de golfdoordringing in de estuaria (m.n. de verandering in de locatie van de platen).

<sup>6</sup> De keuze voor 15 graden is ingegeven door de wijze waarop de resulterende hoek van inval bij de bekleding binnen steentoets wordt meegenomen. Bij scheef invallende golven wordt binnen steentoets bij resulterende hoek van inval 15 graden in mindering gebracht omdat de bepaling van de maatgevende golfbelasting gebaseerd is op verschillende windrichtingen met een segmentgrootte van 30 graden.

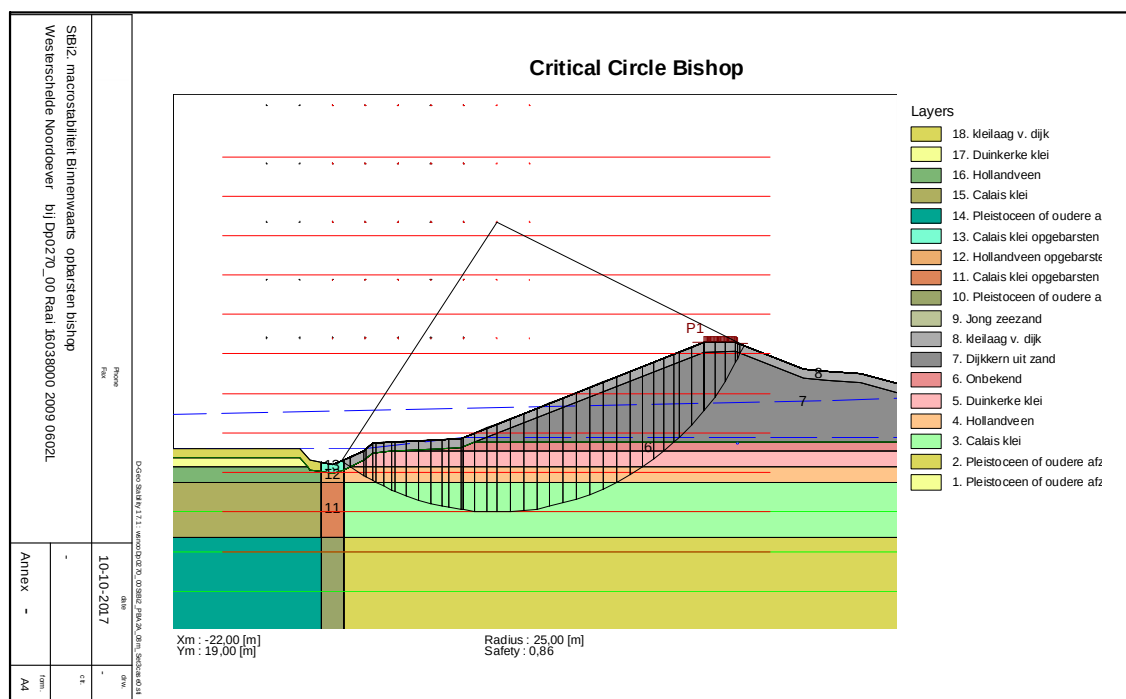
## Bijlage C Vergelijking stabiliteitsfactor volgens Bishop

Om het effect van het uitgevoerde peilbuisonderzoek te analyseren zijn vergelijkende stabiliteitsberekeningen gemaakt met D-Geostability. Hierbij is de schematisatie, de grondeigenschappen (C en fi) en de methode (Bishop en lift-Van) aangehouden die in de derde toetsronde is gebruikt. Het profiel ter plaatse van dijkpaal 270 is hiervoor beschouwd, omdat bij dit profiel de kleinste stabiliteitsfactor is berekend bij LRT-3. Voor de stijghoogte in de peilbuis bij een 1/4000<sup>ste</sup> waterstand wordt verwezen naar figuur 2.1 en 2.2 van appendix 10. Voor de bodemopbouw is uitgegaan van het lengteprofiel zoals deze gehanteerd is in derde toetsronde (TNO/NITG 1999).

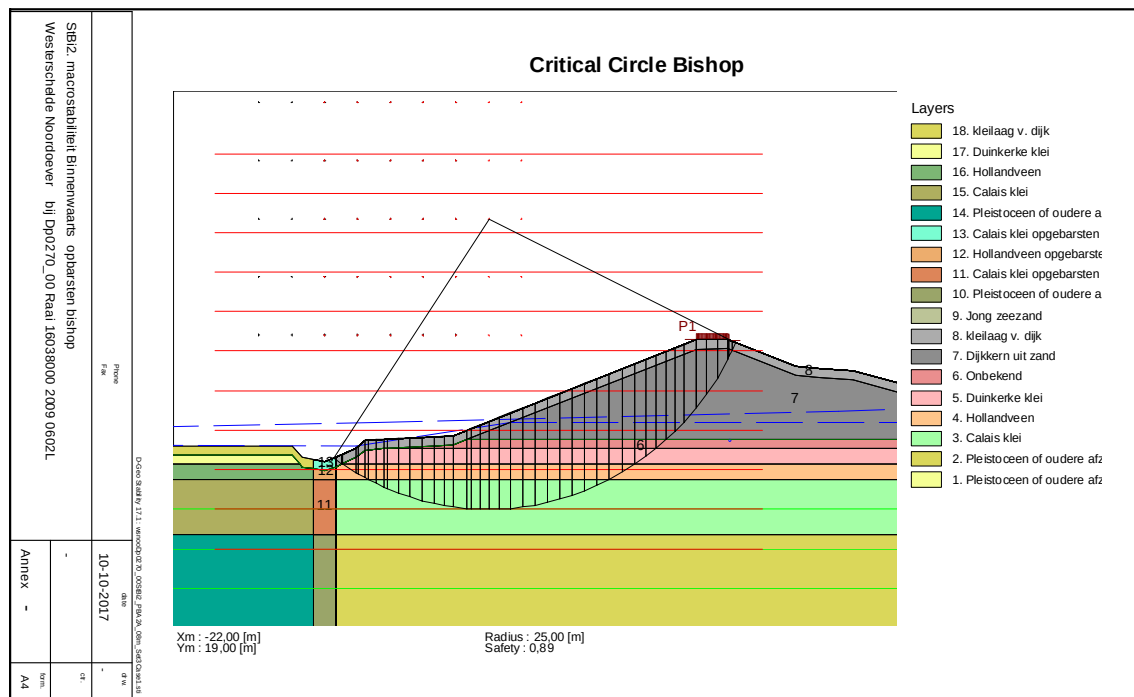
De drie volgende situaties zijn doorgerekend:

- Figuur c.1 case 0, Stabiliteit binnenwaarts conform de derde toetsronde
- Figuur c.2 case 1, Stabiliteit binnenwaarts voor de HR2006 met verwerking van de peilbuismetingen uit 2016
- Figuur c.3 case 3, Stabiliteit binnenwaarts voor de vigerende normeis met een buitenwaterstand die hoort bij de normeis op dit dijktraject (1/100.000)

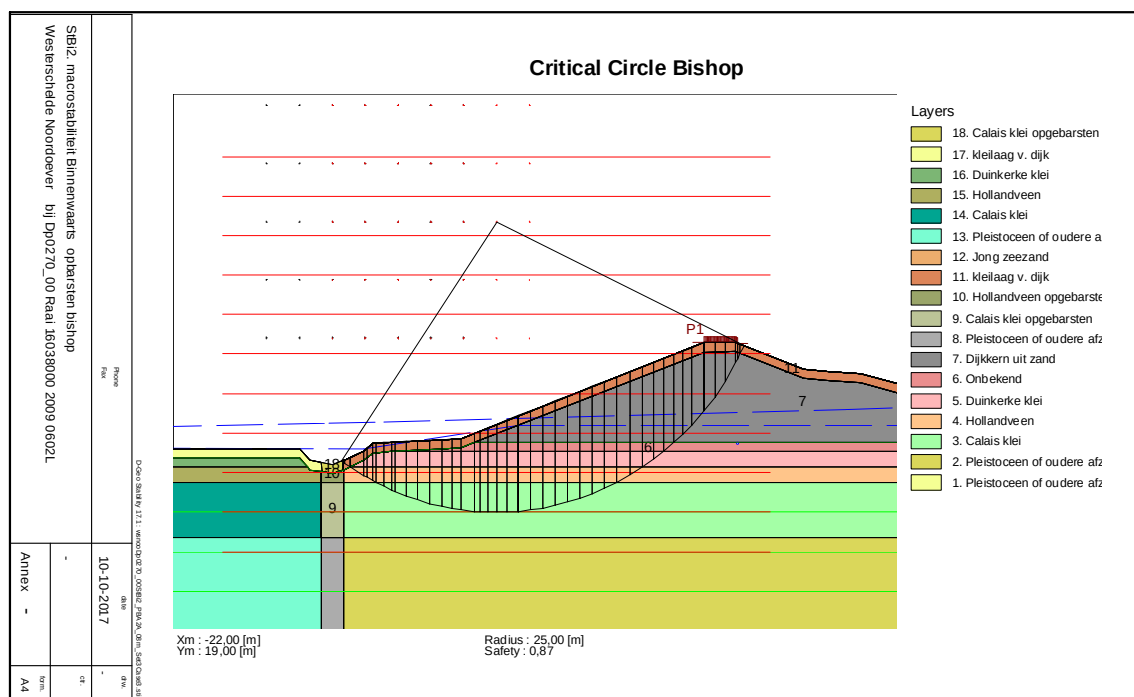
De resulterende stabiliteitsfactoren worden gepresenteerd in tabel c.1. Hierbij wordt een omrekening gemaakt naar de bijbehorende overstromingskans zodat deze vergeleken kan worden met de doorsnede-eis en de afstand tot de norm getalsmatig kan worden



Figuur c.1, Stabiliteit binnenwaarts, case 0 : waterstand conform LRT-3 (met verkeersbelasting)



Figuur c.2, Stabiliteit binnenwaarts, case 1 : waterstand conform LRT-3 (met verkeersbelasting)



Figuur c.3, Stabiliteit binnenwaarts, case 3 : waterstand conform LBO-1 (met verkeersbelasting)

In LRT-3 is de binnenwaartse stabiliteit zonder verkeersbelasting beschouwd omdat het niet aannemelijk is dat bij dergelijke omstandigheid op de kruin en buitenberm gereden zal worden. Binnen VNK is wel gerekend met verkeersbelasting, om te zorgen voor een landelijk uniforme aanpak.



| Case | oordeel | gebied | dijkpaal | Pbmeting | Sfactor Bishop<br>zonder verkeer | Sfactor Bishop<br>met verkeer | Geoprofiel<br>bodemopbouw | Beta | Kans     | terug-keertijd | terugkeertijd<br>doorsnede-eis | afstand tot<br>doorsnede-eis | StBi<br>Eis |
|------|---------|--------|----------|----------|----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|------|----------|----------------|--------------------------------|------------------------------|-------------|
| 0    | LRT3    | WsNoo  | 270      | PB2010   | 0,88                             | 0,86                          | TNO1999                   | 4,13 | 1,79E-05 | 55.938         | 9.925.000                      | 177                          | 1,16        |
| 1    | LRT3    | WsNoo  | 270      | PB2017   | 0,91                             | 0,89                          | TNO1999                   | 4,30 | 8,54E-06 | 117.097        | 9.925.000                      | 85                           | 1,16        |
| 3    | LBO-1   | WsNoo  | 270      | PB2017   | 0,89                             | 0,87                          | TNO1999                   | 4,19 | 1,40E-05 | 71.346         | 9.925.000                      | 139                          | 1,16        |

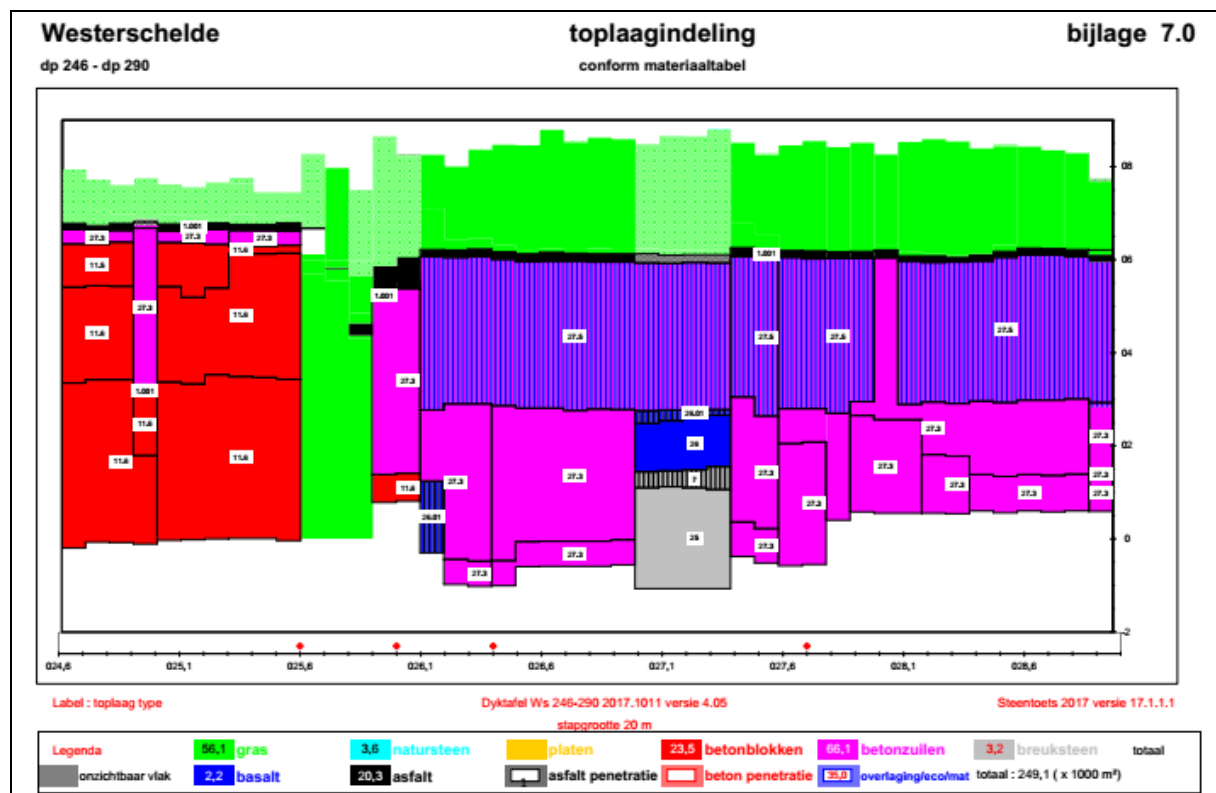
Tabel c.1, Stabiliteitsfactoren van de drie cases

### Conclusie

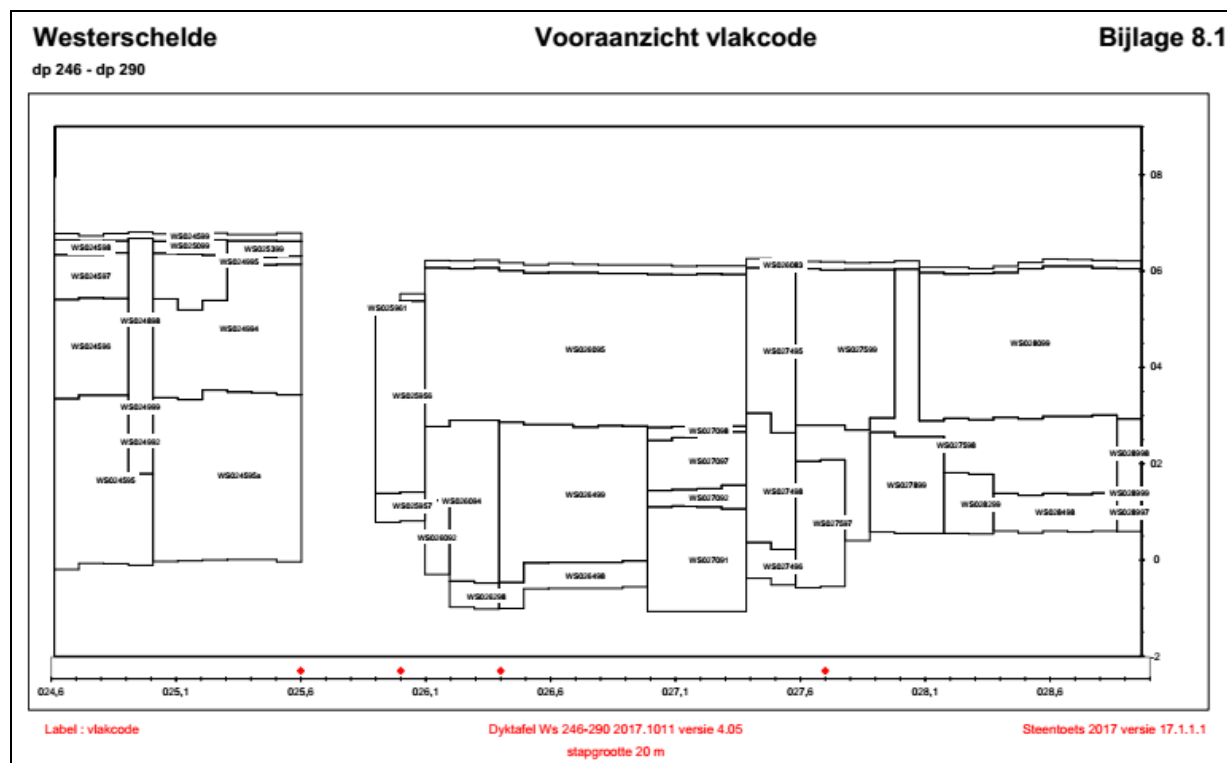
- De uitgevoerde peilbuismetingen leveren een gunstiger beeld dan destijds bij de derde toetsronde kon worden aangenomen (case 0: Sfactor = 0,88/0,86 en case 1: sfactor= 0,91/0,89).
- Door de strengere normeis (case 3) neemt de stabiliteitsfactor af en is in dit geval nagenoeg hetzelfde als bij de derde toetsronde (case 0).
- Om een inschatting te maken in hoeverre de afstand tot de norm hierdoor verandert is op basis van de relatie tussen de stabiliteitsfactor en overstromingskans voor binnenwaartse stabiliteit de afstand tot de doorsnede eis berekend. Deze is 139.
- Beschouwingen met de gedetailleerde bodemopbouw zijn alleen zinvol als alle doorsneden op het dijktraject (met een onderlinge afstand van maximaal 100 meter) worden beschouwd omdat dit mogelijk bij deze gekozen locatie een afwijkend beeld kan opleveren.
- Uit deze vergelijking wordt geconcludeerd dat de resulterende stabiliteitsfactor niet significant verandert t.o.v. de derde toetsronde en dat daarmee de overstromingskans zoals bij VNK bepaald niet wezenlijk anders zal zijn.
- Naar verwachting zullen door het ongedraineerd rekenen de stabiliteitsfactoren afnemen (in de orde van 10 a 15%) .

## Bijlage D Bekleding, vergelijking dikteoverschot

In figuur d.1 en d.2 wordt het vooraanzicht van de bekledingstafels geschematiseerd weergegeven. In figuur d.1 wordt de soort bekleding aangegeven in figuur d.2 de unieke vlakcode.



Figuur d.1 vooraanzicht bekledingstafels



Figuur d.2, vooraanzicht bekledingstafels met vlakcode

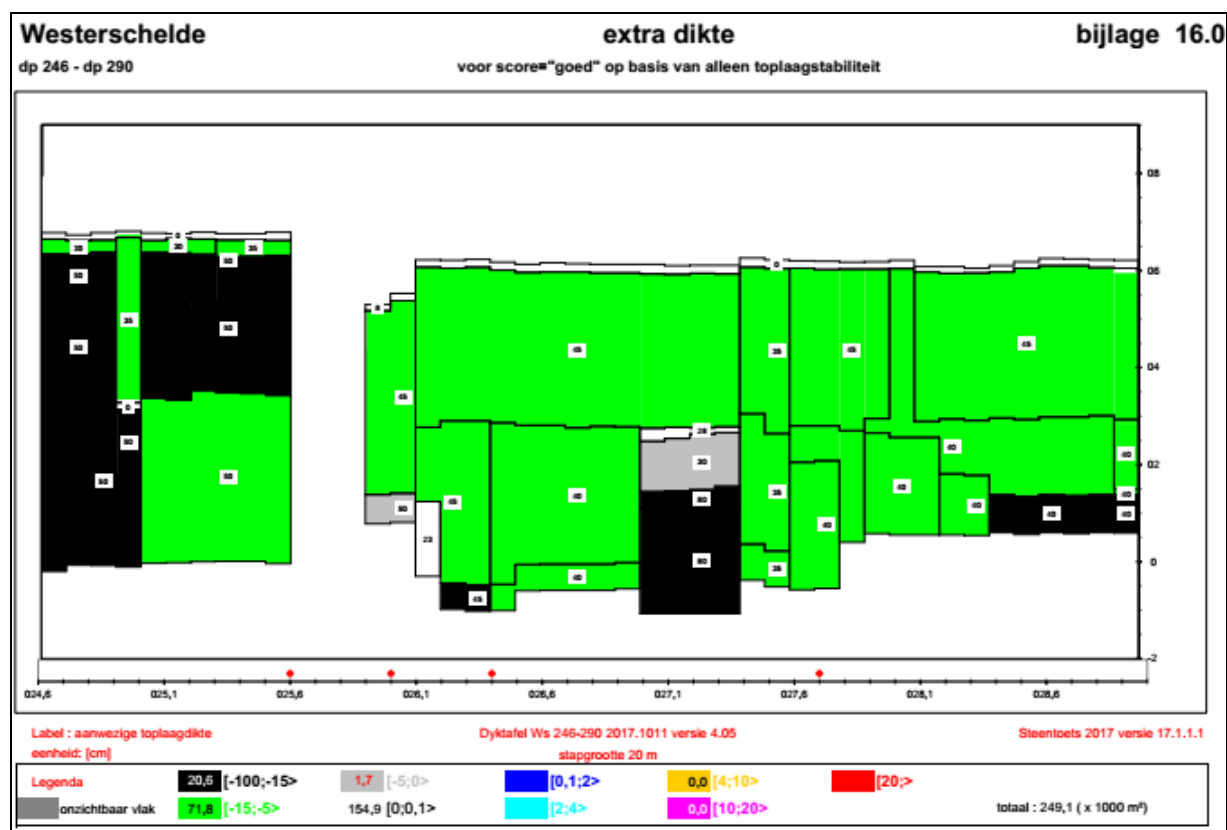
De vijf volgende situaties zijn doorgerekend:

- Figuur d.3 case 0, Stabiliteit Bekleding conform de derde toetsronde (randvoorwaarden PBZ,  $\beta = 0$ )
- Figuur d.4 case 1, Stabiliteit Bekleding met 1 /4.000ste waterstand als normeis ( $\beta = 0$ )
- Figuur d.5 case 1, Stabiliteit Bekleding met 1 /4.000ste waterstand als normeis ( $\beta > 0$ )
- Figuur d.6 case 3, Stabiliteit Bekleding met 1 /1.00.000ste waterstand als normeis (LBO-1,  $\beta = 0$ )
- Figuur d.7 case 3, Stabiliteit Bekleding met 1 /1.00.000ste waterstand als normeis (LBO-1,  $\beta > 0$ )

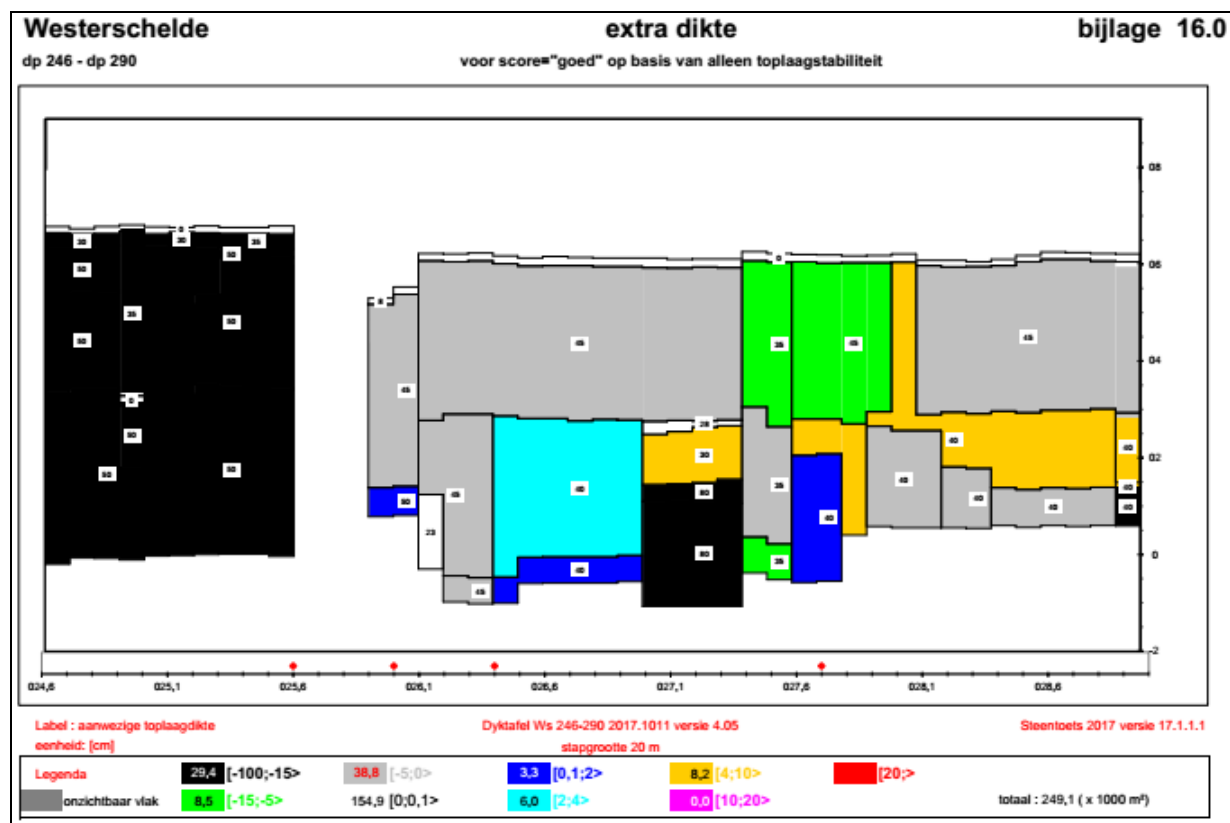
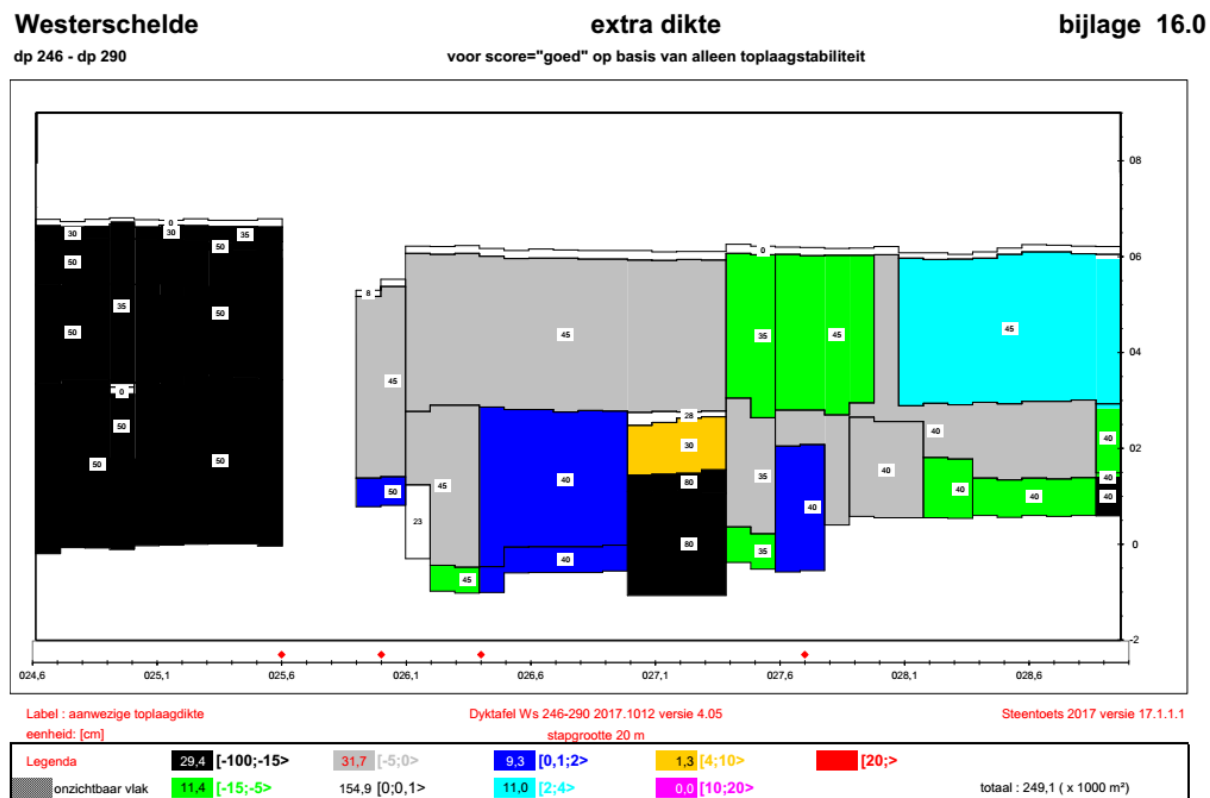
Voor Case 0 zijn de hydraulische randvoorwaarden gebruikt zoals deze binnen het project Zeeweringen zijn werden gehanteerd ( ontwerp: 1/4.000ste waterstand in 2060 met bijbehorende randvoorwaarden en een loodrechte hoek van inval).

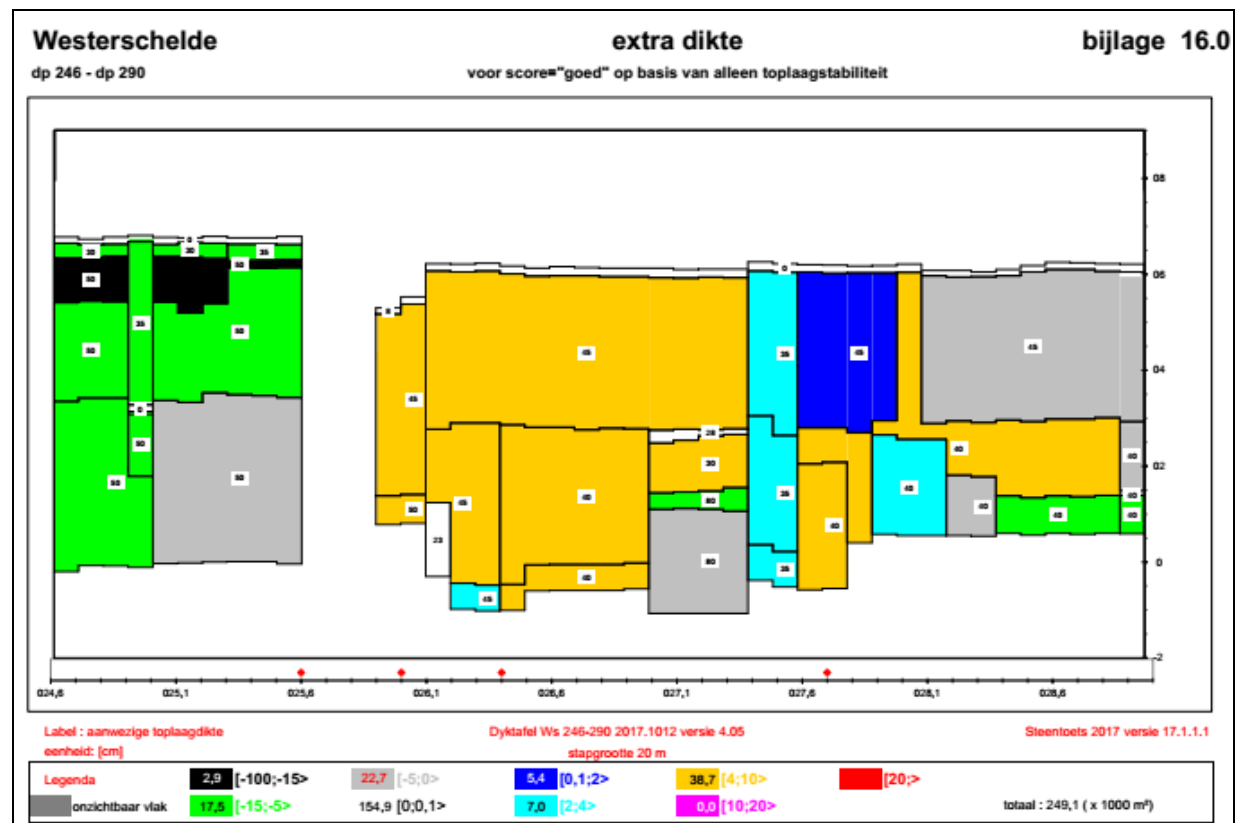
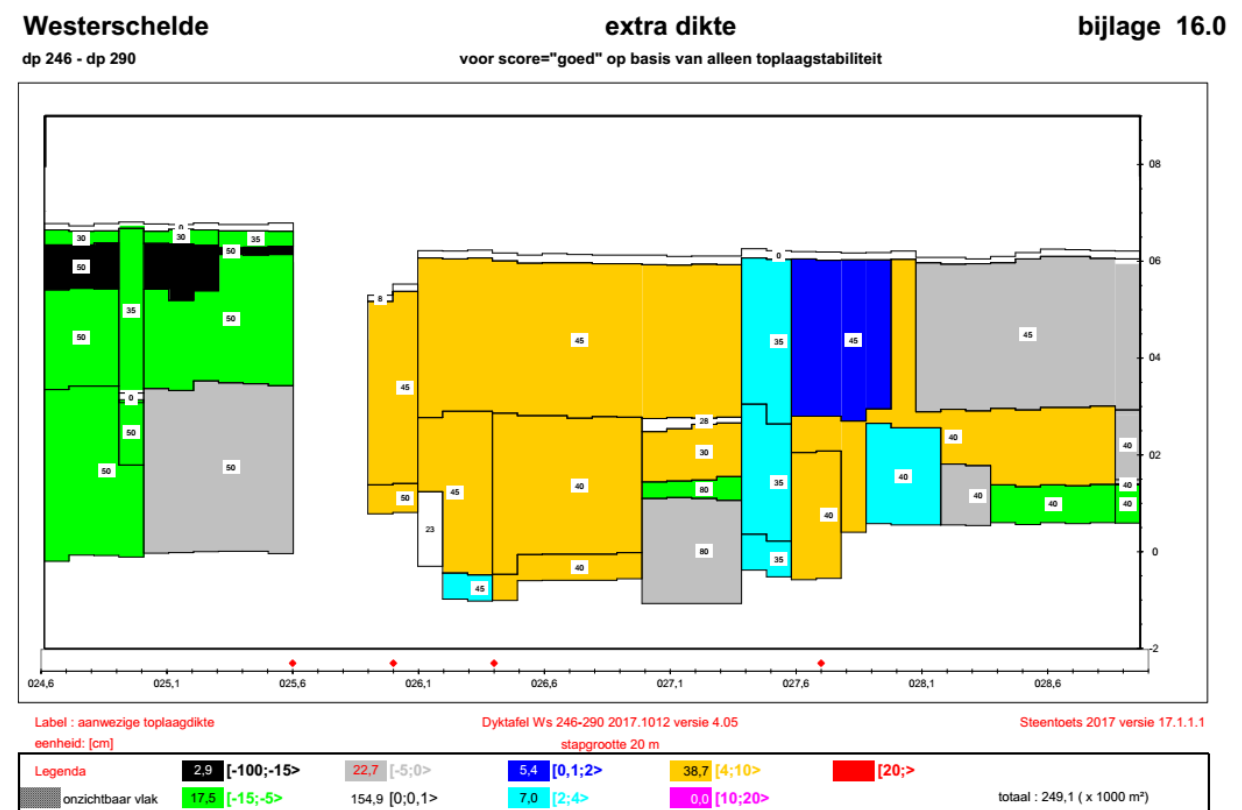
In figuur d.4 en d.5 worden de resultaten van de Steentoets berekeningen gepresenteerd met de in ringtoets berekende randvoorwaarden bij een normeis van 1/4.000. Voor een directe vergelijking case 0 wordt in figuur d.4 gerekend met loodrecht invallende golven en in figuur d.5 met een variërende hoek van inval.

In figuur d.6 en d.7 worden de resultaten van de Steentoets berekeningen gepresenteerd met de in ringtoets berekende randvoorwaarden bij de vigerende normeis van 1/100.000. Voor een directe vergelijking case 0 (PBZ ontwerp) wordt in figuur d.6 gerekend met loodrecht invallende golven en in figuur d.7 met een variërende hoek van inval.



Figuur d.3, Stabiliteit case 0 (LRT3 = randvoorwaarden PBZ, loodrechte golfaanval)

Figuur d.4, Stabiliteit case 1 (LBO-1,normeis :1/4.000 met loodrechte golfaanval,  $\beta=0$ )Figuur d.5, Stabiliteit case 1 (LBO-1,normeis :1/4.000, met scheef invallende golven,  $\beta>0$ )

Figuur d.6, Stabiliteit case 3 (LBO-1,normeis :1/100.000, loodrechte golfaanval,  $\beta=0$ )Figuur d.7, Stabiliteit case 3 (LBO-1,normeis :1/100.000, met schief invallende golven,  $\beta>0$ )

## Conclusie

- Uit figuur d.3 blijkt dat de randvoorwaarden conform PBZ leiden tot een aanzienlijk overschot aan dikte, veelal tussen 5 en 15 cm. Uit de achterliggende tabel zie appendix 16 blijkt dat het overschot te liggen tussen 1 en 24 cm
- In het kanaal blijft sprake te zijn van een dikte overschot voor alle cases. Wel is sprake van enige afname van dit overschot.
- Uit figuur d.4 blijkt dat toepassing van een normeis 1/4.000 voor de randvoorwaarden van de bekleding strenger te zijn dan de PBZ randvoorwaarden (uit appendix 16 blijkt dat 7 van de 33 tafels een dikte tekort hebben van 1 à 5 cm).
- Door rekening te houden met scheef invallende golven blijkt dat de mate van het tekort iets afneemt (6 van de 33 tafels geven een dikte tekort van 1 à 5 cm)
- Uit figuur d.6 blijkt dat bij een vigerende normeis (1/100.000) 15 van de 33 tafels een dikte tekort hebben tussen 1 en 10 cm met een gemiddelde van 5 cm (zie ook appendix 16).
- Door rekening te houden met scheef invallende golven bij de vigerende normeis (figuur d.7) blijkt dat dikte tekort niet af te nemen ten opzichte van loodrecht invallende golven (uit appendix 16 blijkt dat nog steeds 15 van de 33 tafels een dikte tekort hebben van 1 à 10 cm).

Alvorens de bekleding definitief af te keuren is nog gekeken worden naar mogelijkheden om de sterkte te kunnen vergroten (zoals inklemming, soortelijk gewicht)

## Inklemming

Binnen steentoets is de inklemfactor door de gebruiker niet aan te passen. Derhalve is deze mogelijkheid om de sterkte te vergroten verder niet onderzocht.

## Soortelijk gewicht

Voor een paar tafels is het effect van een groter soortelijk gewicht onderzocht.

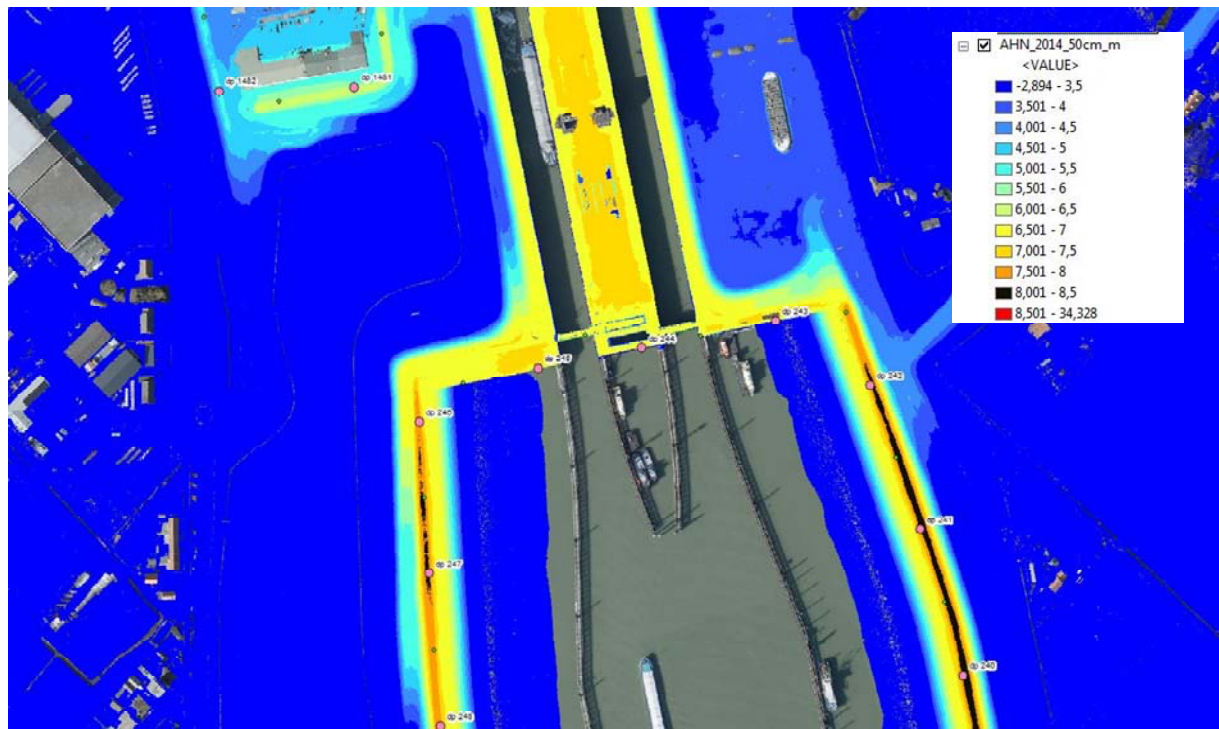
Bij een dikte tekort van 10 cm zou het soortelijke gewicht moeten toenemen van 2300 naar 2650 kg/m<sup>3</sup>; bij 4 cm van 2300 naar 2450 kg/m<sup>3</sup> en bij 2 cm van 2700 naar 2900 kg/m<sup>3</sup>. Deze toename is niet te realiseren.

## Advies

Door de strengere norm worden een aantal tafels afgekeurd. Echter zijn er nog vraagtekens te zetten bij sommige resultaten van de belasting uit ringtoets en berekeningen met steentoets<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> In appendix 16 is te zien dat voor sommige tafels de eisen milder zijn bij een strengere normeis. Met het KPR zal hierover van gedachte worden gewisseld. Rekening houdend met scheef invallende golven leidt soms tot grotere benodigde dikte.

**Bijlage E      Situering kunstwerken binnen het normtraject 30-2****Sluizencomplex Hansweert**

Figuur E.1, sluizencomplex Hansweert (met hoogetligging volgens AHN 2014)

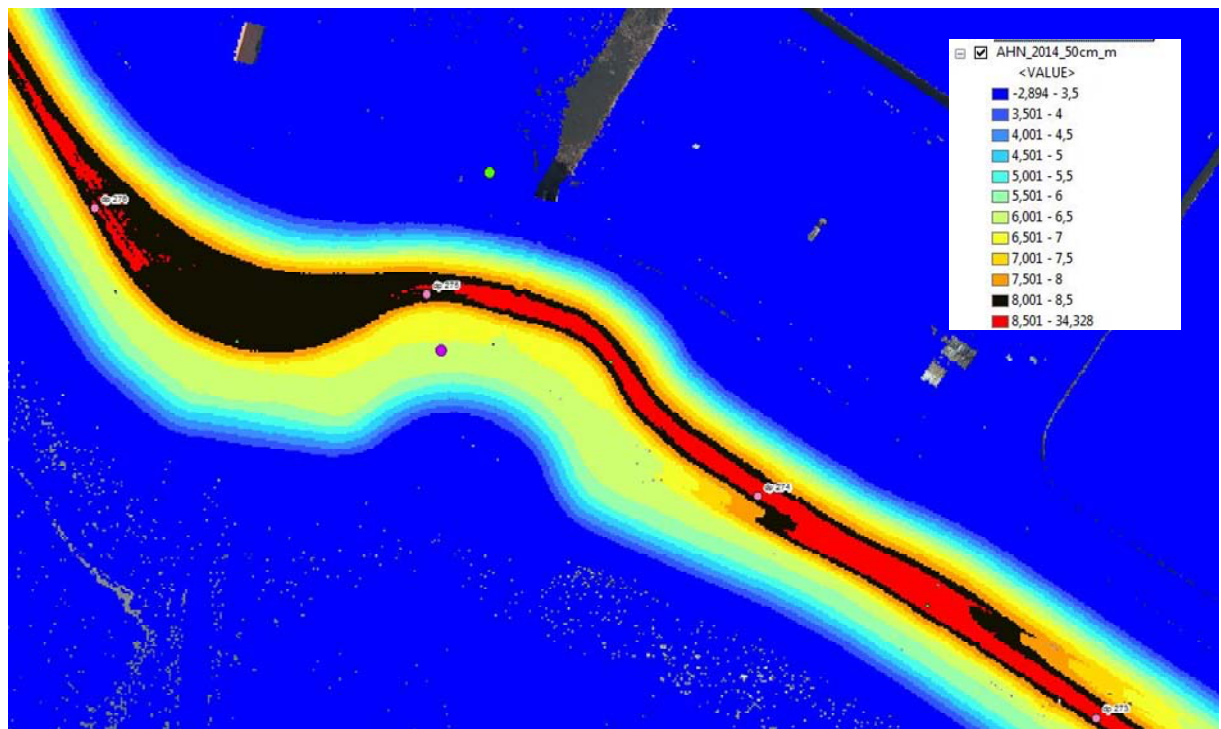
Zoals uit figuur E.1 blijkt is bij het westelijke landhoofd van het sluizencomplex de kruinhoogte 6,5 à 7 m + NAP.



## Gemaal Schorer



Figuur E.2, luchtfoto ter plaatse van gemaal Schorer



Figuur E.3, AHN ter plaatse van het gemaal Schorer

Uit figuur E.2 e E.3 blijkt dat de doorgaande dijk niet wordt onderbroken door het gemaal Schorer