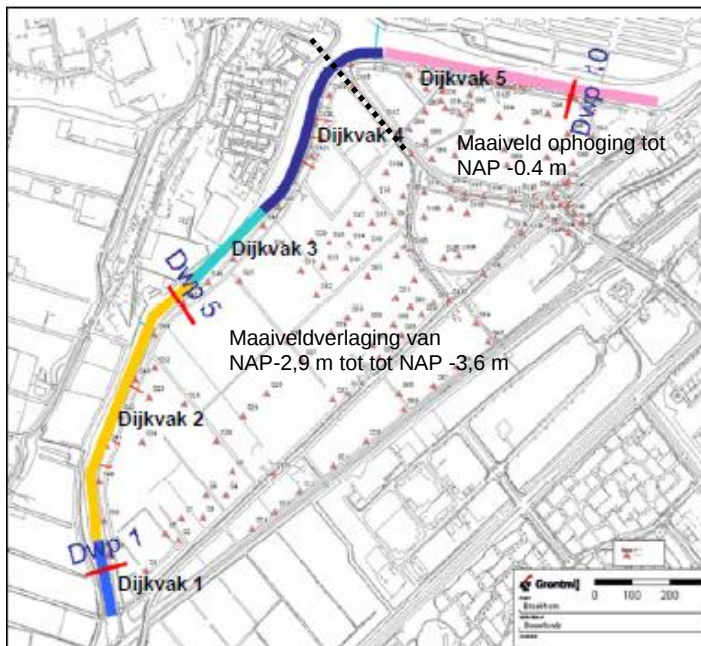


Heroverweging ontwerp waterkering t.p.v. Broekhorn langs het kanaal Alkmaar (Omval) – Kolhorn

1 Inleiding

In het poldergebied Broekhorn (sectie 11), Heerhugowaard, wordt nieuwe woonwijk gerealiseerd. Het gebied wordt aan de noord- en westzijde begrensd door een waterkering langs het kanaal Alkmaar (Omval) – Kolhorn. In de Provinciale Verordening Waterkering West-Nederland (2006) is de waterkering aangewezen als regionale waterkering. In Figuur 1 wordt een overzichtstekening gegeven van het poldergebied Broekhorn met de kadevakindeling zoals Grontmij deze heeft opgesteld tijdens de toetsing van de waterkering in dit gebied.



Figuur 1: Overzichtkaart met kadevakindeling

In het noord en oostelijk deel (kadevak 5 en deels 4) wordt een woonwijk ontwikkeld en in het westelijk deel van het gebied (kadevak 1, 2, 3 en deels 4) wordt een natuurgebied ontwikkeld. In kadevak 4 en 5 wordt ten behoeve van het bouwrijp maken van het gebied het maaiveld verhoogd van NAP -1,3 m naar NAP -0,40 m. In dat gebied dient de nieuwe woonwijk die wordt gerealiseerd buiten de beschermingszone van de waterkering te vallen. De woningen mogen in de toekomst wanneer het hoogheemraadschap besluit de teensloot te dempen en eventueel een binnendijkse piping- en of stabiliteitsberm aan te leggen geen belemmering vormen.

Daarnaast is in het westelijk deel van de projectlocatie (dijkvak 1, 2, 3 en 4) een ecozone in het ontwikkelingsplan opgenomen. Vanaf de kwelsloot wordt een gebied met bloemrijk grasland en een plas-draszone ontwikkeld. Het maaiveld van het bloemrijk grasland zal liggen op circa NAP -2,9 m. De draszone zal een maaiveld hebben op NAP -3,60 m, het bodempeil in de natte gebieden zal NAP -4,30 bedragen. Deze ecozone mag toekomstige dijkversterkingen niet in de weg liggen.

Aangezien uit de toetsing, uitgevoerd in 2007 door Grontmij, blijkt dat het grootste gedeelte van de waterkering niet voldoet aan de gestelde norm voor stabiliteit en piping, dienen versterkingmaatregelen meegenomen te worden in het gebiedsontwikkelingsplan. In deze notitie wordt op basis van bestaande informatie de waterkering opnieuw getoetst en bekeken of de versterking van de kade in het gebiedsontwikkelingsplan direct kan worden opgenomen.

2 Bestaande informatie

Aanwezige informatie

- Rapport 'Gebiedsontwikkeling Broekhorn', Toetsing op veiligheid Broekhorn, 28 maart 2008, Grontmij
- Rapport Gebiedsontwikkeling Broekhorn, Geotechnisch basisdocument, 4 oktober 2007, Grontmij
- Toetsing op veiligheid boezemkade Broekhorn, Uitgangspunten document, 9 mei 2007, Grontmij
- Notitie stabiliteitsberekeningen ten behoeve van gebiedsontwikkeling Broekhorn, als gevolg van verhoogd maaiveld achter kade, 16 januari 2013, Grontmij
- Rapport 'Gebiedsontwikkeling Broekhorn', Toetsing en ontwerp waterkering nieuwe binnenhaven, 28 maart 2008, Grontmij

Beschrijving bestaande informatie

Door Grontmij is een veiligheidstoetsing van de boezemkade langs Broekhorn uitgevoerd (rapport I&M-99392245 d.d. 10 december 2007). Uit de toetsing blijkt een groot deel van de waterkering niet aan de binnenwaartse stabiliteit te voldoen.

Grontmij heeft ook een aantal berekeningen gemaakt voor verbeteringsmaatregelen. Uit deze berekeningen volgt dat met een taludverflauwing tot maximaal 1 : 2,6 in combinatie met een verlegging van de teensloot van 2 meter de stabiliteit van de dijk in voldoende mate kan worden verbeterd.

Uit de toetsing op het mechanisme piping blijkt de waterkering over een groot deel 'onvoldoende' doordat kortsluiting tussen het boezemwater en de onder de dijk aanwezige watervoerende zandlaag niet kan worden uitgesloten. Demping van de teensloot in combinatie met de aanleg van een binnendijkse pipingberm zou een versterkingsmaatregel kunnen zijn om piping te kunnen uitsluiten.

In de notitie van Grontmij is gekeken of de maaiveldverhogingen in het kader van de gebiedsontwikkelingen (kadevak 5, dwarsprofiel 19) een nadelige invloed heeft op de stabiliteit van de kade. In de notitie is met name naar de buitenwaartse stabiliteit gekeken en niet naar de binnenwaartse stabiliteit en faalmechanismes zoals piping. Uit deze notitie is geconcludeerd dat de buitenwaartse stabiliteit niet nadelig wordt beïnvloed door een ophoging achter de bestaande kade.

In bestekstekeningen van het ophogen van het maaiveld ter plaatse van dijkvak 5 en deels 4 (zie figuur 2) is een dwarsdoorsnede van profiel 19 gegeven.



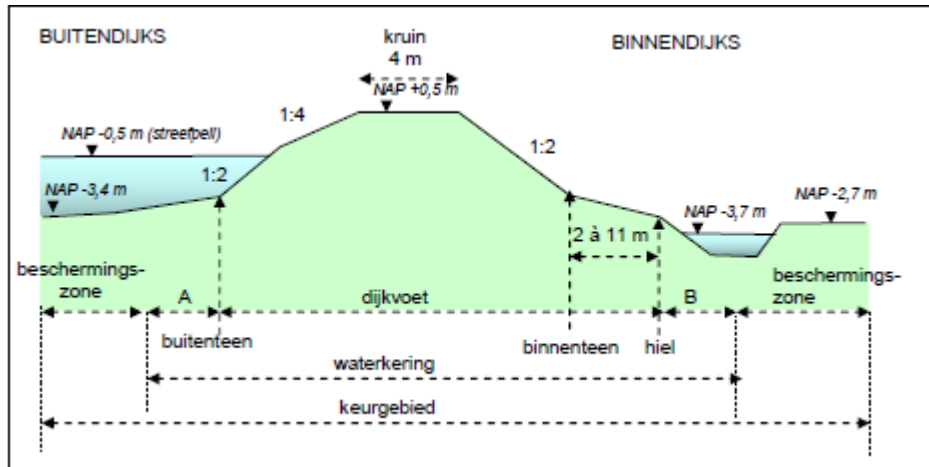
Figuur 2: Dwarsdoorsnede ontwerp tpv profiel 19 in kadevak 4

Uit deze bestekstekeningen komt voort dat de sloot in kadevak 5 en deels 4 gedempt wordt en het maaiveld direct aansluitend op de kade wordt opgehoogd tot NAP -0,4 m met klei. De sloot wordt circa 15 tot 18 meter binnenwaarts opgeschoven.

3 Uitgangspunten Grontmij

Geometrie

Een principeprofiel van de waterkering zoals deze voorkomt ter plaatse van de Broekhorn is in het onderstaande figuur aangegeven.



Figuur 3: Doorsnede principeprofiel van de waterkering

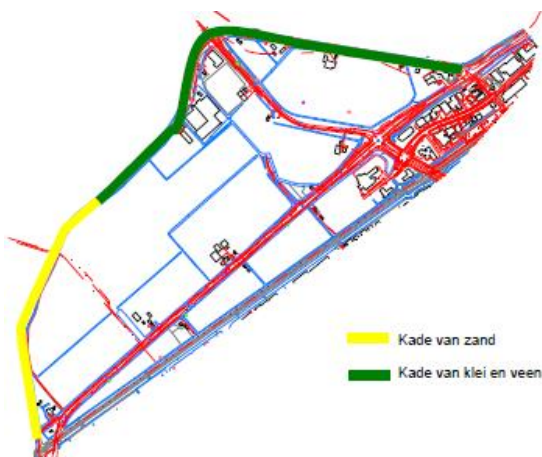
In de toetsing van Grontmij zijn een aantal rekenprofielen beschouwd per dijkvak. In de onderstaande tabel zijn deze gegeven.

Tabel 1: Rekenprofielen per kadevak

Kadevak	Rekenprofiel	IPO-klasse	schematiseringsfactor	Stabiliteitsfactor (SF)
1&3	1	V	1,05	1,05
2	5	V	1,05	1,05
4	5	V	1,05	1,05
5	10	V	1,05	1,05

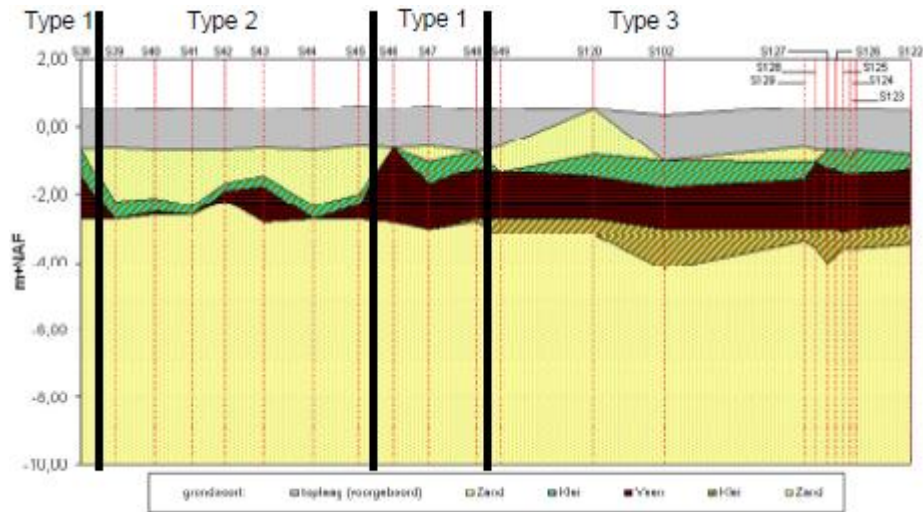
Bodemopbouw

Globaal bestaat de bodemopbouw in het zuidwestelijk deel van het projectgebied uit overwegend zand. Naar het noordoosten toe neemt het voorkomen van klei en veen in de kade toe (zie figuur4).



Figuur 4: Kaartje van de opbouw van de kade.

Vanaf circa NAP -3 à -4 m bestaat de ondergrond uit overwegend zand. De boezemkade is opgebouwd uit klei, veen en zand. De onderkant van de klei en het veen varieert van NAP -2,8 m (circa 3,3 m beneden kruinniveau) tot NAP -4,0 m. De dikste veen- en kleilagen worden in het noordelijk deel van de kade aangetroffen. In het onderstaande figuur wordt de bodemopbouw van de kade beschreven in een geotechnisch lengteprofiel.



Figuur 5: Geotechnisch lengteprofiel kade, lengteprofiel van zuid naar noord.

In Figuur 4 zijn 4 typen laagopbouw omschreven, namelijk;

- Type 1: Zand op circa 2 m klei en veen tot circa NAP -2,8 m
- Type 2: Zand op circa 1 m klei en veen tot circa NAP -2,8 m
- Type 3: Zand op circa 3 m klei en veen tot circa NAP -4,0 m.

In de onderstaande tabel zijn de bodemtypes per kadevak en rekenprofiel weergegeven.

Tabel 2: Rekenprofielen per kadevak

Kadevak	Rekenprofiel	Bodemtype
1&3	1	1
2	5	2
4	5	3
5	10	3

Grondparameters

Tabel 3: Rekenprofielen per kadevak

Grondsoort	Volumiegewicht (nat) [kN/m ³]	Volumiegewicht (droog) [kN/m ³]	Phi [°]	C [kPa]
Zand	18,0	20,0	25,7	0,0
Klei	16,7	16,7	24,7	2,6
Veen	10,8	10,8	8,1	5,8
Wadzand	18,0	20,0	23,4	0,0
Zand (Pleistocene)	18,0	20,0	25,7	0,0

Grondwaterstanden

In de onderstaande tabel zijn de grondwaterstanden per rekenprofiel gegeven

Tabel 4: Grondwaterstanden per kadevak

Kadevak	Rekenprofiel	IPO-klasse	MBP	slootpeil	polderpeil
1&3	1	V	0,0	-3,4	-3,7
2	5	V	0,0	-3,4	-3,7
4	5	V	0,0	-3,4	-3,7
5	10	V	0,0	-3,4	-3,7

Huidige situatie

Het boezempeil is NAP -0,5 m, het maatgevend boezempeil is NAP 0,0 m Het polderpeil in de polder is NAP -3,7 m. In de kwelsloot wordt echter een peil van NAP -3,40 m gehandhaafd. De sloten in het gebied snijden veelal door het kleidek, tot in de wadzandlagen. De sloten hebben een sterk ontwaterende werking (afvangen van ondiep grondwater). Aangenomen wordt dat de huidige landbouwpercelen (bollen) grotendeels worden gedraineerd door middel van landbouwdrainage

De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket in het plasgebied bedraagt NAP -2,3 m aan de westkant tot NAP -2,45 m aan de oostkant

Toekomstige situatie

In de te ontwikkelen ecozone zal het maaiveld verlaagd worden op NAP -3,60 m en het bodempeil in de natte gebieden zal NAP -4,30 bedragen.

Overige uitgangspunten

- De waterkering is ingedeeld in veiligheidsklasse V met een norm (overschrijdingsfrequentie van de boezemwaterstand) van 1:1000 per jaar.
- Verkeersbelasting bestaat uit een verdeelde belasting van 13 kN/m² over een (rij)strook met een breedte van 2,5 m.
- Alleen kadevakken 1, 2 en 4 worden beschouwd aangezien in kadevak 3 en 1 dezelfde uitgangspunten voor de bodemopbouw en geometrie gelden

5 Beschouwing faalmechanismen

Vermindering hydraulische weerstand

Door vermindering van de hydraulische weerstand van de waterbodem neemt de waterstroom tussen het oppervlaktewater en een of meer relatief horizontaal doorlatende grondlagen in of onder de kering toe en kunnen de waterspanningen in die lagen toenemen. Wanneer de weerstand in zijn geheel wegvalt, is er sprake van hydraulische kortsluiting. Hydraulische kortsluiting kan leiden tot het faalmechanisme piping en of het afschuiven van het binnentalud als gevolg van het wegvallen van de schuifsterkte langs een horizontaal grensvlak.

Denkbare oorzaken van verminderde hydraulische weerstand van de waterbodem zijn:

1. baggerwerkzaamheden;
2. opdrijven van veenpakketten uit de waterbodem;
3. lekkage langs beschoeiingen;
4. horizontaal vervormen van de waterkering en ontstaan van grondbreuk in de waterbodem.

In het addendum op de leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen betreffende boezemkaden, ORK 2010-22, is een stappenplan beschreven waarin de criteria zijn geformuleerd of een verminderde hydraulische weerstand kan optreden of niet. De verhoogde waterspanningen onder de kade kunnen als gevolg hebben dat de schuifsterkte langs een horizontaal grensvlak tussen een watervoerende laag en een ondoorlatende laag kan wegvallen.

Er zijn een aantal stappen waaraan getoetst kan worden of een vermindering van de hydraulische weerstand kan optreden ter plaatse van de kade. Wanneer het proces beschreven in de eerste stap niet kan optreden, zullen stap twee en drie ook niet optreden. Indien het proces in de eerste stap wel kan voorkomen dient het stappenplan verder te worden doorlopen. In de onderstaande opsomming is het stappenplan beschreven.

1. Toename stijghoogte in watervoerende laag door afname weerstand

Afname van de hydraulische weerstand leidt niet tot een toename van de stijghoogte indien het toetspeil lager is dan de oorspronkelijke stijghoogte in goed doorlatende lagen onder de waterkering.

2. Uitsluiten afname door baggeren en opdrijven

Opdrijven van veenpakketten uit de waterbodem kan met voldoende zekerheid worden uitgesloten als de waterbodem geen mineraal-arme veenlagen bevat of de veenlagen worden afgedekt met een waterremmende laag van minstens 2 m dik en een gemiddeld volumiek gewicht van ten minste 12 kN/m³

3. Uitsluiten afname door lekkage & horizontaal vervormen

Horizontale beweging ter plaatse van de waterbodem of een beschoeiing kan worden uitgesloten, omdat verdroging en vervorming van de kade slechts in beperkte mate kan optreden of sprake is van voldoende weerstand tegen scheurvorming in de waterbodem tot aan het niveau van de bovenste watervoerende laag.

3.1 Horizontale vervorming wordt beperkt door:

- Een verval kleiner dan 2 m is (in de situatie droogte); of
- Dat er geen sprake is van een veenkade; of
- Dat het veen in de kade wordt beschermd tegen uitdroging door een kleilaag van minstens 1 m dik en geen hydraulisch dichte beschoeiing aanwezig is; of
- Dat de opdrijfveiligheid in de situatie zonder kortsluiting overal onder de verdroogde kade ten minste 1,2 bedraagt

of

3.2 Weerstand tegen scheurvorming is voldoende indien onder de waterbodem of onderkant van de beschoeiing

- De dikte van een waterremmende laag tenminste 5 meter bedraagt; of
- Zich in de waterremmende laag een kleilaag bevindt met een minimale dikte van 2 meter

In de schematisatie die Grontmij heeft gemaakt, blijkt er helemaal geen deklaag ter plaatse van kadevak 1 en 2 aanwezig te zijn ter plaatse van de boezem en het zandpakket direct contact heeft met het boezemwater. In kadevak 4 is er sprake van vermindering van de hydraulische weerstand aangezien er maar 1,5 m klei op de boezembodem aanwezig is. Voor alle 3 de kadevakken is er sprake van hydraulische kortsluiting.

Opbarsten en opdrijven

Aangezien er in kadevak 1 en 2 geen deklaag aanwezig in het achterland en de teensloot is, is er geen sprake van opbarsten en of opdrijven van een deklaag. Wel is er sprake van kwel. Behalve dat kwel een onderhoudsprobleem kan zijn, vormt het geen risico op een faalmechanisme. Omdat opbarsten en of opdrijven uitgesloten kan worden, kan piping ook niet optreden. Dit geldt wel voor kadevak 4 waar een halve meter klei aanwezig is in de teensloot en opbarsten optreedt.

Piping

Het faalmechanisme piping is beschouwd doormiddel van de rekenregel van Bligh:

$$L > C_{\text{creep}} * (dH - 0,3 \cdot d)$$

L = (horizontale) kwelweglengte

C_{creep} = Creepfactor

dH = verval over de waterkering

d = dikte deklaag (de verticale afstand tussen de bovenkant van de zandlaag en de slootbodem of het maaiveld binnendijks)

C_{creep} = 18 (conservatief) of 15 (optimistisch)

Voor kadevak 4 geldt dat er een verval van de kade van 3,4 m is en 0,5 m dikke deklaag en een horizontale kwelweg aanwezig is van circa 17 m. Er is een kwelweglengte van minstens De kwelweglengte is te kort om piping te kunnen uitsluiten. Voor kadevak 4 geldt dat de berm moet voldoen aan de vereiste kwelweglengte om piping te kunnen uitsluiten, of een kwelsloot aangelegd moet worden tot minstens NAP -4,5 m om het zandpakket te snijden waardoor de kade gedraineerd kan worden.

Ter plaatse van kadevak 4 is een ecologische zone voorzien achter de waterkering. Beschreven is in het rapport 'Gebiedsontwikkeling Broekhorn', Toetsing op veiligheid Broekhorn, dat op plaatsen waar een grasland (gelijk aan huidig maaiveldniveau) is voorzien geen maaiveldverlaging of zal peilverlaging plaatsvinden die effect hebben op opbarsten. Wel is lokaal een verbinding tussen de kwelsloot met openwater voorzien, waarbij wordt ontgraven tot NAP - 4,70 m. De deklaag zal hierbij worden doorbroken en kan piping worden weggeschreven.

Macrostabiliteit

De macrostabiliteit van kadevak 1, 2 en 4 worden opnieuw beschouwd door HHNK, met grondparameters aangepast volgens de regionale proevenverzameling van HHNK (Regionale proevenverzameling Boezemkaden Noord-Holland v1, maart 2013 Leo Kwakman) Deze grondparameters zijn in de onderstaande tabel gegeven per grondlaag zoals geschematiseerd door Grontmij in de toetsing

Tabel 5: Grondwaterstanden per kadevak

Grondsoort	Volumiekgewicht (nat) [kN/m ³]	Volumiek gewicht (droog) [kN/m ³]	Naamgeving grondlaag HHNK	Phi [°]	C [kPa]
Zand	18,0	20	-	25,7	0,0
Klei	14,9	8,4	Klei_Calais s_z_h o_dijk	28,5	2,5
	14,6	8,2	Klei_Calais s_z_h n_dijk	26	2,4
Veen	10	1,8	Hollandveen_o_dijk DM	19,6	2,5
	9,9	1,7	Hollandveen_n_dijk BL	22,2	0,6
Wadzand	18,0	20,0	-	23,4	0,0
Zand (Pleistoceen)	18,0	20,0	-	25,7	0

Verder zijn de maatgevende rekenprofielen overgenomen van de toetsing en is de bodemopbouw geverifieerd aan de hand van het geotechnisch lengteprofiel opgesteld door Grontmij.

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de toetsing van de binnenwaartse en buitenwaartse stabiliteit gegeven.

Tabel 6: Grondwaterstanden per kadevak

Kadevak	Rekenprofiel	IPO-klasse	Vereiste stabiliteitsfactor	Binnenwaartse SF	Buitenwaartse SF	Toetsresultaat
1&3	1	V	1,05	0,86	0,86*	onvoldoende
2	5	V	1,05	0,62	0,88*	onvoldoende
4	5	V	1,05	0,36**	0,65*	onvoldoende

*Boezemdiepte verloop is onduidelijk, de geometrie buitenwaarts is van het principemodel overgenomen

**Barst op

Alle vier de kadevakken tonen dat de stabiliteit zowel binnen als buitenwaarts niet aan de vereiste stabiliteit voldoen. Voor alle 4 de kadevakken moet een verbetermaatregel ontworpen worden.

6 Indicatieve berekening van het voorontwerp van de versterking

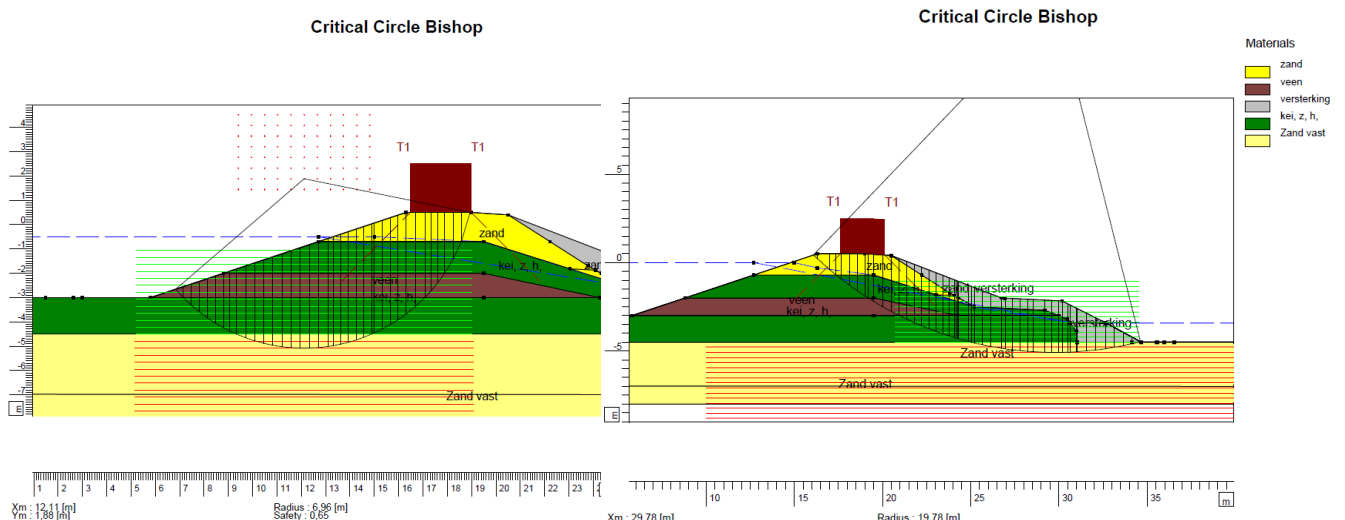
Uitgangspunten ontwerp opgesteld door Grontmij

In het toetsrapport heeft Grontmij een aantal berekeningen gemaakt voor verbeteringsmaatregelen. Uit deze berekeningen volgt dat wanneer de kade alleen binnenwaarts niet voldoet, een taludverflauwing tot maximaal 1 : 2,6 in combinatie met een verlegging van de teensloot van 2 meter de stabiliteit van de dijk in voldoende mate kan worden verbeterd. In de onderstaande opsomming zijn de uitgangspunten die Grontmij heeft gehanteerd opgesomd:

	Uitgangspunt
Aspect	
Verkeersbelasting	13 kN/m ²
Ontwerp waterpeil	NAP 0,0 m
Vereiste stabiliteitsfactor	1,07
Boezemdiepte	NAP -3,0 m
Polderpeil	NAP -3,7 m
Slootpeil	NAP -3,4 m
Diepte sloot	NAP -4,5 m
Stijghoogte	NAP -2,4 m
Ontwerpkruinhoogte	NAP +0,5 m
Kruinbreedte	3,0 m
Lengte berm	3,5 m
Hoogte berm	NAP -2,0
Talud binnenwaarts	1:2,6
Talud buitenwaarts	1:3
Talud berm	1:16 tot NAP -2,2 m
IPO-klasse	V

Wanneer deze uitgangspunten door HHNK voor profiel 5 in het maatgevende kadevak 4 in een nieuwe berekening wordt geschematiseerd, voldoet dit ontwerp niet aan de buitenwaartse stabiliteit. De berekeningen van het ontwerp zijn aan de hand van de bovengenoemde uitgangspunten geschematiseerd in de bovengenoemde getoetste profielen.

In het onderstaande figuur is de berekening met het ontwerp van Grontmij weergegeven.



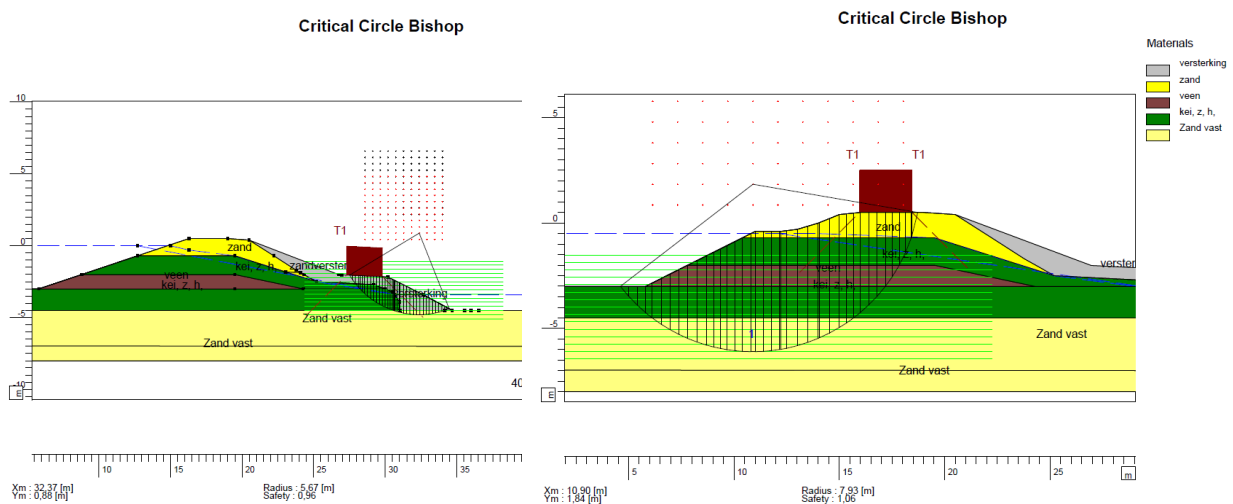
Figuur 6: Stabiliteitsberekeningen ontwerp geschematiseerd volgens rapport Grontmij

De binnenwaartse stabiliteit voldoet met 1,08 aan de vereiste norm van 1,05 voor stabiliteit, alleen buitenwaartse stabiliteit niet.

Uitgangspunten ontwerp HHNK

Omdat de buitenwaartse stabiliteit niet voldoet aan de vereiste norm, is opnieuw gekeken naar de som met de uitgangspunten van HHNK. Deze zijn vrijwel hetzelfde als de bovenstaande uitgangspunten behalve dat de kruin de huidige breedte moet behouden en de stabiliteit van de berm met verkeersbelasting van 13 kN/m^2 moet voldoen aan een stabiliteitsnorm geldend voor IPO-klasse I.

In het onderstaande figuur is de berekening van het maatgevende rekenprofiel in kadevak 3 gegeven met de aanvullende uitgangspunten van HHNK.



Figuur 7: Stabiliteitsberekeningen ontwerp op basis van Grontmij met aanvullende eisen HHNK

In het bovenstaande figuur is aangetoond dat de berm ook voldoet aan de norm voor stabiliteit. De buitenwaartse stabiliteit daarentegen voldoet alleen als een grondkerende constructie (of

eventueel beschoeiing) aanwezig is tot en met NAP -6,0 m. Een taludverflauwing is niet realistisch aangezien deze flauwer dan 1:5 zou worden. Ook zou een talud verflauwing met daarbij een binnenwaartse asverschuiving tot een enorme verplaatsing van de waterkering leiden.

Omdat het verloop van het buitentalud gebaseerd is op het principeprofiel van de waterkering, zou dit tot een conservatievere berekening kunnen leiden van de stabiliteit dan deze daadwerkelijk is. Meer informatie van het verloop van het buitentalud en bodemopbouw van de boezembodem is benodigd om met zekerheid de stabiliteit van het buitentalud van de kade te kunnen bepalen. Wanneer beschoeiing aanwezig is, is informatie van de staat en de diepte van de beschoeiing benodigd om mee te kunnen nemen in de beschouwing van de buitenwaartse stabiliteit.

Conclusie

Uit de veiligheidstoetsing van de boezemkade langs Broekhorn uitgevoerd door Grontmij(rapport I&M-99392245 d.d. 10 december 2007) blijkt een groot deel van de waterkering niet aan de binnenwaartse stabiliteit en piping te voldoen. In dit document is de toetsing herzien en voldoet kadevak 1 t/m 5 zowel de binnen- als buitenwaartse stabiliteit niet aan de vereiste norm. Ook voldoet kadevak 4 en 5 niet aan de vereiste kwelweglengte.

In het noord en oostelijk deel (kadevak 5 en deels 4) wordt een woonwijk ontwikkeld en in het westelijk deel van het gebied (kadevak 1, 2 , 3 en deels 4) wordt een natuurgebied ontwikkeld.

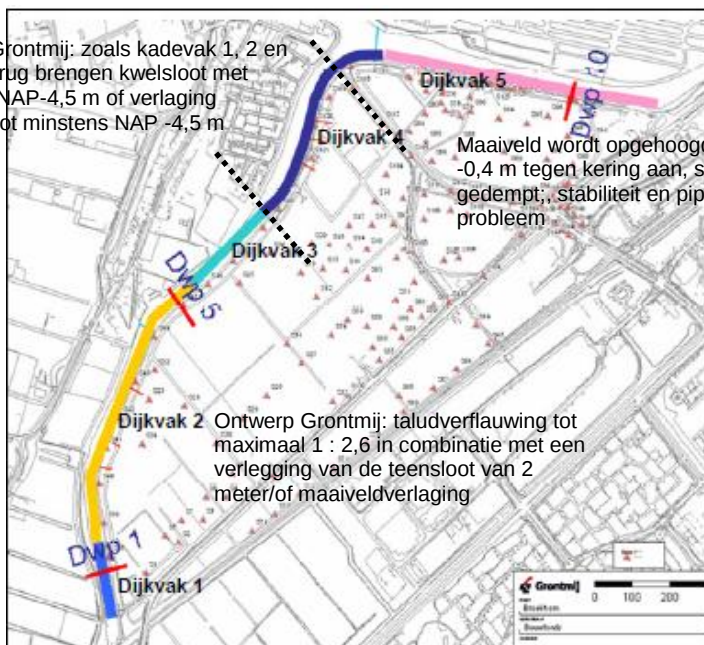
In kadevak 4 en 5 wordt ten behoeve van het bouwrijp maken van het gebied het maaiveld verhoogd van NAP -1,3 m naar NAP -0,40 m. Ter plaatse van kadevak 4 en 5 waar het maaiveld tot aan de kade wordt verhoogd tot bijna kruinhoogte, kunnen de faalmechanismen binnenwaartse stabiliteit en piping worden uitgesloten.

In kadevak 1 t/m 4 wordt een ecozone aangelegd waar in de toekomst het maaiveld wordt verlaagd. In het toetsrapport heeft Grontmij een aantal berekeningen gemaakt voor verbeteringsmaatregelen voor kadevakken 1 t/m 4. Uit deze berekeningen volgt dat wanneer de kade alleen binnenwaarts niet voldoet, een taludverflauwing tot maximaal 1 : 2,6 in combinatie met een verlegging van de teensloot van 2 meter de stabiliteit van de dijk in voldoende mate kan worden verbeterd.

Voor kadevak 4 geldt dat de berm moet voldoen aan de vereiste kwelweglengte om piping te kunnen uitsluiten, of een kwelsloot aangelegd moet worden tot minstens NAP -4,5 m om het zandpakket te snijden waardoor de kade gedraineerd kan worden en opbarsten niet kan optreden. Ter plaatse van kadevak 4 is een ecologische zone voorzien achter de waterkering. In het rapport 'Gebiedsontwikkeling Broekhorn', Toetsing op veiligheid Broekhorn is beschreven dat lokaal een verbinding tussen de kwelsloot met openwater wordt voorzien waarbij ontgraven wordt tot NAP -4,70 m. De deklaag zal hierbij worden doorbroken en kan piping worden uitgesloten.

In het onderstaande figuur zijn de oplossingen in een kaartje weergegeven.

Ontwerp Grontmij: zoals kadevak 1, 2 en 3, maar terug brengen kwelsloot met diepte tot NAP -4,5 m of verlaging maaiveld tot minstens NAP -4,5 m



Maaiveld wordt opgehoogd tot NAP -0,4 m tegen kering aan, sloot gedempt, stabiliteit en piping geen probleem

Dijkvak 2 Ontwerp Grontmij: taludverflauwing tot maximaal 1 : 2,6 in combinatie met een verlegging van de teensloot van 2 meter/of maaiveldverlaging

Figuur 1: Overzichtskartaal met kadevakindeling, tussen stippellijnen zijn de versterkingsoplossingen gegeven.