

## MEMO INTERN

Project : Overnachtingshaven Lobith  
Onderwerp : Beschouwing dijkExpert beoordeling effect alternatieven op stabiliteit  
bestaande (primaire) waterkeringen en kweldruk in het achterland  
Referentie : 13M3011-22  
Datum : 30 juni 2014  
Auteur : Waldo Molendijk

Voor de realisatie van een overnachtingshaven Lobith zijn drie zoekgebieden opgegeven: Beijenwaard, Bijland en Oude Waal. Per zoekgebied zijn verschillende alternatieven mogelijk. Dit levert in totaal 11 alternatieven op:

1. Grote haven buitendijks
2. Grote haven binnendijks
3. Kleine haven buitendijks
4. Kleine haven binnendijks
5. Grote haven in plas
6. Grote haven op land
7. Kleine haven in plas
8. Kleine haven op land
9. Grote haven
10. Kleine haven
11. Moderniseren bestaande haven Tuindorp

De beschrijving van de alternatieven en bijbehorende schetsontwerpen zijn opgenomen in de Uitgangspuntennotitie overnachtingshaven Lobith (CSO, 2013, 13M3011-003). Dit document bevat ook het beoordelingskader met daarin ondermeer het thema dijkstabiliteit, dat ingevuld met het criterium:

- Effecten op dijkstabiliteit en binnendijkse kwel

In deze notitie wordt per criteria een beschrijving gegeven van deze effecten in vergelijking tot de referentiesituatie die bestaat uit de huidige situatie met medeneming van de autonome ontwikkeling, met andere woorden de situatie zonder een nieuw te realiseren overnachtingshaven. Aan het einde van dit document is een samenvattende tabel opgenomen met de oordelen per criterium. De alternatieven worden gescoord op basis van onderstaande indeling.

Score	Betekenis
++	Sterk positief effect
+	Positief effect
0	Weinig of geen effect
-	Negatief effect, geen normoverschrijding
--	Sterk negatief effect, wel normoverschrijding of onherstelbare / niet-compenseerbare effecten

Voor de beoordeling van de milieutoets Overnachtingshavens Lobith zijn een drietal locaties beschouwd met binnen deze locaties steeds 4 circa ruimtelijke alternatieven (plus op sommige locaties enkele extra alternatieven waarbij bijvoorbeeld alleen de haveningang gewijzigd is; deze "extra" alternatieven zijn voor de beoordeling van de effecten op de waterkering niet relevant / dit levert geen andere beoordeling van de effecten op en zijn daarom niet in onderstaande beschouwd).

**Locatie Beijenwaard:** Dit is de enige van de 3 beschouwde locaties waar de geprojecteerde layout van de nieuwe haven leidt tot significante graafwerkzaamheden nabij de bestaande primaire waterkering of waarbij de bestaande primaire kering moet worden verlegd. De bestaande waterkering is in de bijlage onder de loep genomen op basis van de resultaten van de derde wettelijke toetsronde. Op basis van de resultaten van de derde toetsronde is geconcludeerd dat een overnachtingshaven dicht tegen de bestaande waterkering aan zal leiden tot een (beperkte) verbetering van de stabiliteit van de waterkering en een afname van de kweldruk direct achter de bestaande kering. Deze positieve effecten ontstaan door het aanbrengen van een damwand als begrenzing van de haven en (aansluitend op deze damwand) het aanbrengen van klei tussen de damwand en de waterkering. In de huidige situatie ligt het intree punt ter plaatse van de overgang voorland/buitentalud. Dit is geconcludeerd op basis van de kleine kwelweg lengte zie bijlage.

Door het aanbrengen van deze nieuwe constructie en het aanbrengen van de klei wordt de kwelweg verlengd. Dit heeft netto een kleine verbetering van de stabiliteit en een afname van de kwel direct achter de kering tot gevolg. Hierbij wordt opgemerkt dat door de grote dikte en hoge doorlatendheid van het zand-grindpakket dat onder de kering doorloopt, de afname van de kwel naar verwachting op enkele honderden meter landinwaarts al niet meer merkbaar zijn.

Voor het alternatief waarbij de bestaande waterkering verlegd moet worden, wordt aangenomen dat de effecten neutraal zijn, ervan uitgaande dat de gevolgen van verlegging te compenseren zijn in het ontwerp. Overigens heeft de bestaande waterkering een tekort aan kwelweglengte waarvan de gevolgen zijn opgelost door een filterconstructie (grindkoffier), aangenomen wordt aan de nieuwe waterkering dermate eisen worden gesteld zodat deze tenminste gelijk of beter moet zijn dan de bestaande situatie (robuust ontwerp). Afhankelijk van de status van de nieuwe pipingregels zal ook hier rekening mee moeten worden gehouden.

**Locatie Bijland:** Op deze locatie is de nieuwe haven gesitueerd in een buitendijkse plas, thans gedeeltelijk ingericht als overnachtingshaven. De bestaande haven grenst aan de regionale waterkering rond om Tuindorp.

Op deze locatie is nu al sprake is van buitendijks water zal er in een hoogwater situatie naar verwachting geen sprake zijn van significante effecten op de stabiliteit van de bestaande waterkering en de kweldruk in het achterland. Anders geformuleerd, op deze locatie zijn de effecten op de waterkering niet onderscheidend. Wel zal er een verdieping van de plas plaatsvinden waardoor er, tenminste tijdelijk, door het weghalen van de bestaande sliedagen mogelijk een geringe toename van de kwel zou kunnen plaatsvinden en of (bij de alternatieven tbv de bestaande haven) een mogelijke beperkte afname van de stabiliteit van de bestaande kering. Verwacht wordt dat deze zeer beperkt zijn en eenvoudig (constructief) te compenseren zijn.

**Locatie Oude Waal:** Alle alternatieven van de overnachtingshaven op deze locatie bevinden zich in buitendijks gebied, op ruime afstand van de primaire waterkering. Hierdoor worden de effecten op de primaire kering ingeschat als verwaarloosbaar. Wel is te verwachten dat binnen enkel honderden meters rondom de nieuwe haven, enige vernatting zou kunnen optreden (door het verkorten van de kwelweg). Dit zou negatieve effecten kunnen hebben indien hier flora aanwezig is die afhankelijk is van een specifieke hoeveelheid kwelwater. Binnen de locatie is nog wel een zomerkade aanwezig, echter gezien het feit dat er pas een significante kweldruk ontstaat in een hoogwatersituatie, waarbij het gebied achter de zomerkade sowieso geïnundeerd zal worden, wordt de zomerkade niet meegenomen in deze effectbeschouwing op hoofdlijnen.

#### Samenvatting inschatting effecten

Locatie	Alternatief	Effect op stabiliteit waterkering (incl. piping)	Effect op kweldruk / waterbezwaar in het achterland
Beijenwaard	Buitendijks, groot	0	0
	Buitendijks, klein	0	0
	Binnendijks, groot	0	0
	Binnendijks, klein	0	0
Bijland	Klein	0	0
	Op locatie bestaande haven	0	0
	Groot op land	0	0
	Klein op land	0	0
Oude Waal	Groot	0	0
	Klein	0	0

De overall conclusie ten aanzien van de effecten op de stabiliteit van de waterkeringen de verschillende locaties en alternatieven weinig onderscheidend zijn (behalve dan het feit dat in het geval van de binnendijkse alternatieven in de Beijenwaard feitelijk de primaire waterkering verlegd moet worden, echter dit effect komt al tot uiting in de kosten). Op het gebied van kweltoename is er beperkt onderscheid. De kwantificering "beperkt" wordt hier gebruikt omdat in het gehele gebied sprake is van een dik watervoerend zand/grindpakket dat wordt ingesneden door de Rivier. Dit heeft een sterk dempende werking op de effecten van de aanleg van de nieuwe haven. Verwacht wordt dat een eventuele toename in de kwel voornamelijk merkbaar zal zijn in een zone van enkele honderden meters achter de waterkering. Op grote afstand worden naar verwachting de regionale grondwaterstromingen dominant voor de geohydrologische situatie.

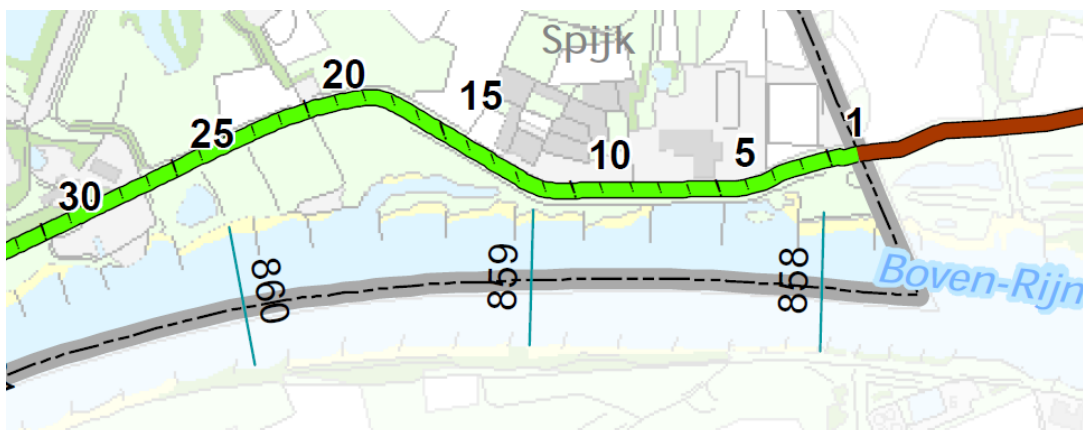
## Bijlage Beschouwing Spijkse dijk

De Spijkse dijk is onderdeel van dijkkring 48 en loopt van de Duitse grens bij Spijk tot aan Tolkamer (DP 1 tot en met 42). De dijk is sinds 2004 in beheer van Waterschap Rijn en IJssel, voor die tijd viel de dijk onder beheer van Rijkswaterstaat. De dijk is een primaire waterkering en valt in categorie a.

In dit overzicht wordt alleen gerefereerd aan het gedeelte van de Spijkse dijk tussen DP 12 en 26. Dit gebied wordt ook wel aangeduid met de naam Beijenwaard. Er liggen geen kunstwerken in dit gedeelte van de dijk.



**Figuur 1: Overzicht Beijenwaard (Bron: Google earth)**



**Figuur 2: Overzicht dijkpaalnummers (Bron: Rapport derde toetsronde)**

### Opbouw dijk

De hoogte van de Spijkse dijk varieert van NAP + 18,82 m tot NAP + 19,31 m. Het dijklichaam bestaat, conform [1], uit zand- en kleilagen. De bekleding van de Spijkse dijk tussen DP 12 en 26 bestaat, conform [2] voornamelijk uit gras. Ter plaatse van de Spijkse dijk (DP 0 tot DP 16) komt boven de waterlijn van 1/10 jaar stortsteen voor met een totaal

gewicht van circa 800 kg/m<sup>2</sup> en bestaande uit 0,35 m stortsteen 5 - 60 kg, 0,1 m fijne stortsteen 30- 90 mm en 0,1 m gebroken grind 5 - 25 mm. Een dergelijk zware bestorting is bestand tegen golfhoogtes tot maximaal 1,0 m (boeggolven van vrachtschepen), terwijl de golfhoogte onder maatgevende omstandigheden, wanneer er een vaarverbod geldt, slechts 0,45 m bedraagt. Tijdens veldinspecties is gebleken dat de staat van onderhoud overal redelijk is.

De uiterwaarden hebben een globale hoogte van NAP + 13m en bestaan uit klei- en zandlagen. De samenstelling is echter sterk afhankelijk van locatie.

Binnendijs ligt een aaneengesloten kleilaag met een dikte van 1 tot 3 m. De dijk bevat aan de binnenzijde tevens een grindfilter. Dit filter is aangelegd om overdrukken van het grondwater aan de voet van de dijk en daarmee gepaard gaande uitspoeling van zand te voorkomen. Het filter is een granulair filter, opgebouwd van fijn (beneden) naar grof (boven). Tijdens de aanleg zou er speciaal op gelet zijn dat het filter de aanwezige kleilaag geheel doorsnijdt en grenst aan de doorlatende zandlaag. Er bestaat echter enige onzekerheid over de juistheid van de aanleg van het filter. Daarnaast zou, conform veldinspectie tijdens de 3<sup>e</sup> toetsronde, het filter bij DP 29 overgroeid zijn met mos en gras, lokale groei van kruiden wordt jaarlijks getrokken om verkitting van de grond te voorkomen.

De laatst bekende verbetering van de dijk was in 1975 waarbij een MHW was vastgesteld corresponderend met een afvoer te Lobith van 18000 m<sup>3</sup>/s en met een overschrijdingsfrequentie van 1/3000 jaar. (MHW standen uit het verleden zijn niet te vergelijken zijn met de huidige in verkennende studies berekende MHW standen behorende bij een afvoer van 18000 m<sup>3</sup>/s.)

#### Oordeel derde toetsronde

De kering moet zijn berekend op de in de Waterwet genoemde veiligheidsnorm. De gemiddelde overschrijdingskans (1/1250) van de hoogste hoogwaterstand, mede gelet op de overige waterkerend vermogen bepalende factoren. De aard van de bedreiging is, voor geheel dijkkring 48, hoog buitenwater op de rivier. Het eindoordeel voor de gehele dijkkring is dat deze niet voldoet aan de norm vanwege een score onvoldoende op stabiliteit bij Pannerden en bij Loo. Dit gedeelte van de dijk valt buiten de Beijenwaard.

Het eindoordeel van het traject boven- en beneden Spijk van dijkpaal 12 tot en met 26 is voldoende. De eindscore van HT is goed en ST is voldoende. De derde toetsronde is conform de HR2006 en het VTV2006. Maar wanneer voldaan was aan onderstaande drie voorwaarden is de score uit de tweede toetsing overgenomen.

- De geometrie van de waterkering is niet ongunstiger dan in de periode 2001-2006.
- De hydraulische randvoorwaarden zijn niet ongunstiger dan in de periode 2001-2006.
- De toetsingsregels in het VTV2006 zijn niet conservatiever dan in het VTV2004.

Aan de eerste twee voorwaarden is voldaan en deze staan verder omschreven bij toetsspoor HT. De derde voorwaarde staat per (deel)toetsspoor beschreven.

#### **Hoogte (HT)**

Voor de geometrie geldt in het algemeen dat deze niet ongunstiger is dan in de tweede toetsingsronde, zoals geëist in de eerste voorwaarde. Van noemenswaardige zettingen is geen sprake en er zijn ook geen gedeelten van de waterkering vergraven. Om te controle-

ren of er sprake is van zetting is een vergelijking gemaakt tussen de waterpassingen van de eerste toetsronde (1998 en 1999) en de Fli-Map data en Intwis gegevens (2003).

Om te controleren of aan de tweede voorwaarde wordt voldaan, is een vergelijking gemaakt tussen de HR2001 en HR2006. Voor het gedeelte langs de Bovenrijn bij de Spijkse-dijk zijn geen verschillen tussen de HR2006 en HR2001 gevonden.

Ten aanzien van de derde voorwaarde geldt dat de toetsing op hoogte conform het VTV uitgevoerd dient te worden met behulp van Hydra R (onderdeel van HR2006) en dat model is bij de tweede toetsingsronde nog niet gebruikt. Dus kan de score voor hoogte uit de tweede toetsingsronde niet worden overgenomen. In Hydra R is de waakhoogte van de kenmerkende profielen berekend voor de standaard overslagdebieten van 0,1 en 1,0 l/m/s voor groende dijken. De score GOED voor de hoogte is toegekend voor zowel overslag als erosie op basis van het VTV.

### **Stabiliteit (ST)**

Het toetsspoor ST bestaat uit de deeltoetssporen STPH, STBI, STBU, STMI, STBK en STVL. Tevens kunnen niet waterkerende objecten invloed hebben op de stabiliteit van de dijk. De score VOLDOENDE voor ST is tot stand gekomen op basis van de scores voor de aanwezige bestorting en de, in de beschermingszone van de dijk, aanwezige bebouwing. Op alle andere onderdelen is de score GOED toegekend. Hieronder volgt per deeltoetsspoor de score en waarop deze score gebaseerd is.

STPH: De toetsingsregels voor piping (formules van Bligh en Lane) zijn niet gewijzigd en dus kan de score uit de tweede toetsingsronde worden overgenomen. Er is, ondanks een kwelwegtekort van 20 tot 30m, niet getoetst met Sellmeijer. In de tweede toetsronde is gesteld dat de werking van de filterconstructie voldoende is en op basis hiervan is het toetsoordeel GOED toegekend.

STBI: In het 'TR Waterkerende grondconstructies' wordt voor de opgebarsten zone  $\phi=c=0$  voorgeschreven terwijl in het verleden  $\phi=0$  is gehanteerd. Daarnaast is een nieuwe rekenmethode voor opdrijven (UpliftVan) beschikbaar gekomen. Dus kan de score voor stabiliteit uit de tweede toetsingsronde niet worden overgenomen. Voor binnenwaartse macrostabiliteit is in de derde toetsronde de score GOED toegekend.

STBU: De stabiliteit van het buitentalud kan in gevaar komen in geval van een snelle val van de buitenwaterstand en een relatief hoog freatisch vlak in de dijk. Voor de stabiliteit van het buitentalud is in de derde toetsronde de score GOED toegekend op basis van getoetste doorsneden die buiten het gebied van de Beijenwaard vallen.

STMI: Voor de toetsing op microstabiliteit gelden nog steeds dezelfde regels als in de tweede toetsronde op basis van de algemene voorwaarden uit het VTV 2001. De score GOED is overgenomen uit tweede toetsronde.

STBK: De toetsingsregels voor grasbekledingen zijn onveranderd, maar de golfaanval waarop getoetst dient te worden, is gewijzigd als gevolg van de toepassing van Hydra R. De score uit de tweede toetsing wordt derhalve niet overgenomen. Op het beschouwde dijkgedeelte is voornamelijk grasbekleding aanwezig. De kwaliteit van de vegetatie op binnen en buitentalud is met goed beoordeeld. Beheer bestaat uit 2 keer maaien en afvoeren. Score voor GEKL, GEOP, GEOV, GEO en GAF is goed. Tussen DP12 en 16 is een bestorting aanwezig. Tijdens veldinspecties is gebleken dat de staat van onderhoud overal

redelijk is en geen aanleiding zal geven voor falen van de waterkering tijdens hoogwater. op basis van bewezen sterkte en staat van onderhoud tijdens veldinspectie is de score VOLDOENDE toegekend.

STVL: Voor de toetsing van het voorland gelden nog steeds dezelfde regels en de score uit de tweede toetsingsronde is derhalve de score GOED overgenomen. Het korte voorland ter plaatse van de Spijksedijk wordt gekenmerkt door Dp 5+00. Om de stabiliteit te toetsen is het profiel getoetst aan de vuistregel van de VTV. Hier voldoet het profiel echter niet aan en dus is vervolgens getoetst aan het bestortingscriterium.

Niet waterkerende objecten: Pijlleidingen en kabels zijn in het rapport van de derde toetsing buiten beschouwing gelaten. De bebouwing langs de Spijksedijk, binnen beschermingszone van de dijk, is op enkele locaties onvoldoende. Maar met de opmerking "voldoende bij gedetailleerd vaststellen aanwezige kwelweg of bij kleine kelder". Op het te beschouwen dijkgedeelte zijn geen bomen aanwezig die de stabiliteit kunnen beïnvloeden.

### Invloed op hoogte en stabiliteit

Door de aanleg van de haven treden een aantal veranderingen op die van invloed kunnen zijn op de dijk. De uiterwaard, het voorland van de dijk, wordt ontgraven en er worden een verticale constructie en havendammen aangelegd. Conform [3] hebben wijzigingen van deze elementen invloed op de hoogte en stabiliteit van de dijk. Zie ook onderstaande figuur.

<i>Faalmecanisme</i>	Zetting	Golf- overslag	Afschuiven buitentalud	Afschuiven binnentalud	Zettings- vloeiing	Micro- stabiliteit	Piping
<i>Element</i>							
Kruin	X	X	X	X		X	
Dijkkern	X	X	X	X		X	X
Buitentalud		X	X			X	X
Buitenberm		X	X			X	X
Lage buitenberm			X			X	
Binnentalud		X		X		X	X
Overgangstalud		X	X			X	X
Binnenberm				X		X	X
Bermsloot				X		X	X
Dijkbasis	X		X	X	X	X	X
Voorland		X	X		X		X
Achterland				X		X	X
Afsluiting watervoerende tussenzandlaag			X			X	X
Schermin kruin			X	X		X	X
Drainage			X	X		X	X

**Figuur 3: Invloed op faalmecanisme uit TR waterkerende grondconstructies [3]**

### **Aanleg havendammen**

Door de aanleg van eventuele havendammen zal het toetspeil in het benedenstroomse deel van de haven toenemen. Dit kan van invloed zijn op alle faalmecanisme van de dijk.

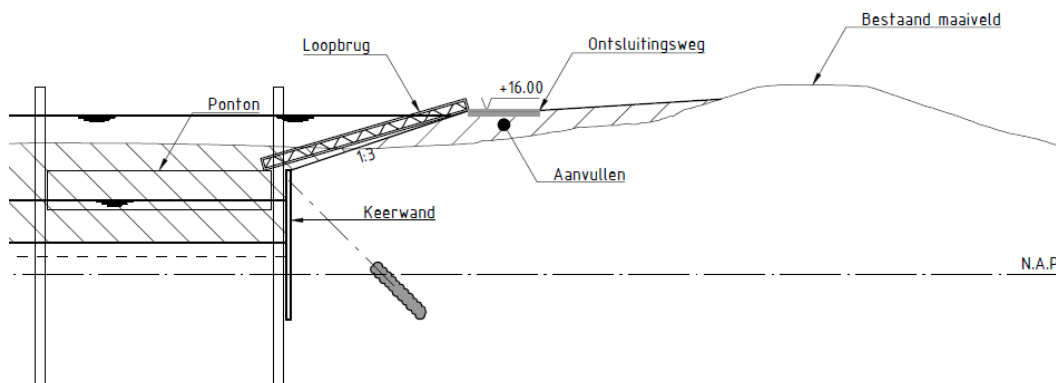


## Verkeersbelasting

Meer bedrijvigheid en verkeersbelasting kan van invloed zijn op de zettingen en stabiliteit van de dijk. Gezien de dijk als verbindingsweg tussen Spijk en Tolkamer fungeert ligt het niet in de verwachting dat een toename in bedrijvigheid van invloed zal zijn op de dijk. En omdat de steenfabriek nabij gelegen is, lijkt het niet waarschijnlijk dat de verkeersbelasting toe zal nemen.

## Aanvullen

De aanvulling tussen de keerwand en de dijk kan tot zettingen leiden en invloed hebben op de stabiliteit van de dijk.



## Ontgraving uiterwaarden en aanleg verticale constructie

Ontgraven van de uiterwaarden leidt tot grotere waterdiepten voor de dijk. Hierdoor kan de golfhoogte op de dijk toenemen, wat van invloed is op de golfoverslag en de beoordeling van de bekleding van de taluds. Gezien het lange voorland bestaat de dijk nu voornamelijk uit grasbekleding. Wanneer het voorland afgegraven wordt zal een deel van de grasbekleding op het buitentalud vervangen moeten worden door een bekleding die beter bestand is tegen erosie door golfklap, golfoploop en afschuiving. Op basis van kennis en ervaring kan gesteld worden dat de bekleding minimaal moet bestaan uit stortsteen 10 - 60 kg tot een minimale hoogte gelijk aan de hoogte van de bestorting bij DP12 tot 16.

Het ontgraven van de uiterwaarden en aanleg van een verticale constructie heeft tevens invloed op piping en stabiliteit. Hierbij kunnen beide aanpassingen onafhankelijk van elkaar voor zowel negatieve als positieve effecten zorgen, welke het uitvoeren van beide aanpassingen weer kunnen opheffen of juist versterken. Hieronder worden eerst de effecten van de aanpassing onafhankelijk van elkaar beschouwd en daarna het totale effect van het plaatsen van een verticale constructie en het ontgraven van de uiterwaarden op basis van faalmechanisme.

Het ontgraven van de uiterwaard leidt tot een vermindering van de intreeweerstand voor de grondwaterstroming van de rivier naar het achterland. Dit heeft effect op macrostabiliteit. Doordat er een filterconstructie is aangebracht (grindkoffer) is er geen sprake van piping. Bij een grondwaterstroming van het binnendijkse gebied naar de rivier (dit treedt op bij normale rivierwaterstanden) is het juist de uittreeweerstand die verminderd. Dit heeft op de veiligheid van de dijk geen invloed en op de kwelstromen zeer geringe invloed. Tenslotte heeft de ontgraving buitendijks invloed op de buitendijkse stabiliteit.

Extra aandachtspunt is de bebouwing binnen de beschermingszone van de dijk. Bebouwing met een kelder kan in het achterland (binnen de beschermingszone) van invloed zijn als de kelder lek is. Er kan piping ontstaan doordat zand de kelder in spoelt, mits de kelder een voldoende grote inhoud heeft. In de derde toetsronde is de bebouwing met kelder binnen de beschermingszone uitsluitend met voldoende beoordeeld op basis van voldoende kwelweglengte. Aangezien deze niet wordt verkort wijzigt dit niet.

In de derde toetsronde is piping beschouwd met Bligh. Er is voor de DP 19 en 25 een aanwezige kwelweglengte bepaald van voorland + breedte dijk van 47 en 55m. Hieruit kan geconcludeerd worden dat er geen voorland is. Hierbij is een  $C_{creep}$  vastgesteld van 14,6, wat overeenkomt met grof tot matig fijn zand. Op basis van de HR2006 is een minimaal benodigde kwelweg bepaald van 78,1m en 77,4m. Wat resulteert in tekorten van 31,1m en 22,4m. Doordat in de binnentoe van de dijk een filter aanwezig is spelen deze tekorten geen rol. Wanneer een deel van het voorland ontgraven wordt kan de kwelweg verkorten. Gezien de locatie van het intreepunt is dit niet het geval. Indien de kwelweg wel verkort heeft echter geen negatieve effecten op het kwelbezwaar, aangezien de capaciteit van benedenstroomse Rijnstrangengebied groot genoeg is. Voor de nieuwe constructie zal de kwelweg dus minimaal gelijk moeten zijn aan de in de derde toetsronde bepaalde kwelweg. Indien de damwand wordt aangesloten op de klei deklaag dan wordt de kwelweglengte verlengd, er is ervan uitgegaan dat de aansluiting waterdicht is.

Voor stabiliteit is het uitgangspunt dat het ontwerp van de verticale constructie voldoet aan vigerende de normen en eisen. Op basis van kennis en ervaring kan gesteld worden dat voor de verticale constructie een verankerde damwand, veiligheidsklasse 3, kan voldoen. Type damwand waarschijnlijk van AZ26 tot AZ39-700. Kerende hoogte van de damwand is circa 8,5m, waardoor met vuistregel voor verankerde damwand de totale lengte op circa 17m komt.

#### Literatuur

- [1] Overnachtingshaven Lobith, Geotechnische werkzaamheden Spijksedijk, Arcadis, 141234.001013.001 Eindconcept C, 14 februari 2007
- [2] Derde toetsing dijkkring 48 Rijn en IJssel van, Arcadis C03011.200025, 1 juli 2010
- [3] Technisch rapport waterkerende grondconstructies, juni 2001