# Havendammen Walsoorden

Oriënterende berekeningen naar de invloed van de havendammen op de achterliggende waterkering

Harry de Looff,
concept 16-6-98

1. Inleiding
2. Vraagstelling
3. Aanpak en werkwijze
4. Historie
5. Hydraulische randvoorwaarden
6. Indeling in segmenten
7. Vigerende ontwerpregels / technische inzichten
8. Berekeningen met de vigerende randvoorwaarden
9. Conclusies en aanbevelingen

Literatuur

Bijlage 1: Vingeroefeningen met niet-vigerende randvoorwaarden

## 1. Inleiding

Door het Projectbureau Zeeweringen (PBZ) zijn de havendammen te Walsoorden betrokken bij de inventarisatie van de bekledingen en eveneens is de bekleding getoetst op stabiliteit. De bekleding van de havendammen behaalt vrijwel overal de score 'onvoldoende' [lit...]. Ook is de samenstelling van de kern van de dammen bekeken. Op basis van bovenstaande gegevens is door het PBZ geconcludeerd dat de huidige dammen niet in staat zijn om onder maatgevende omstandigheden voldoende weerstand te bieden tegen golfaanval en -overslag. Ten gevolge hiervan zal een gedeelte van de dammen niet in staat zijn om onder maatgevende omstandigheden golfremmend te werken. Daardoor zal de golfbelasting op de achterliggende waterkering toenemen.

Het PBZ is voornemens de havendammen te reconstrueren. Hiertoe is aan de Werkgroep Kennis verzocht enkele verificatie berekeningen uit te voeren om bepaalde aannamen te controleren.

## 2. Vraagstelling

De verificatie berekeningen behelzen de volgende aspecten:

a. ingeval de havendammen geen golfreductie veroorzaken, wat is dan het 'tekort aan kruinhoogte' van de hoofdwaterkering?
b. ingeval de havendammen intact blijven bij de ontwerpomstandigheden, voldoet dan de hoofdwaterkering aan de veiligheidsnorm?

Berekening a) dient ter verificatie van het uitgangspunt dat bij de dimensionering van de hoofdwaterkering rekening is gehouden met de blijvende aanwezigheid van de havendammen.

Berekening b) dient om te bezien of de reconstructie beperkt blijft tot het vervangen van de bekleding òf dat de havendammen wellicht ook in hoogte en in breedte moeten worden aangepast òf dat er zelfs aanzienlijke aanpassingen van de hoofdwaterkering noodzakelijk zijn.

## 3. Aanpak en werkwijze

Er wordt in dit document begonnen met een beschrijving van de situatie waarbij ook de historie betrokken wordt. Omdat er hier sprake is van een "samengestelde waterkering" (havendam, haven, dijk) wordt gebruik gemaakt van verschillende ontwerp- en toetsregels. Ook kunnen de bij elke regel te hanteren hydraulische randvoorwaarden weer verschillend zijn. Daarom wordt geïnventariseerd welke de vigerende randvoorwaarden en de vigerende ontwerpregels zijn. Als hierover duidelijkheid is worden enige oploop- en overslagberekeningen gemaakt om de hierboven gestelde vragen te kunnen beantwoorden.

## 4. Historie en beschrijving van de haven van Walsoorden.

Rond 1970 is de haven van Walsoorden flink uitgebreid. Deze uitbreiding bestond zowel uit een grotere lengte van de kade als ook uit de aanleg van een aanzienlijke oppervlakte aan haventerrein. De haven heeft een noordelijke en een zuidelijke havendam. De zuidelijke dam is in feite de vroegere zeedijk en heeft een kruinhoogte van ca. NAP +6,0m. De noordelijke dam bestaat uit de oude havendam die is verlengd in zuidelijke richting door de oude haveningang te dempen. De hoogte van deze dam bedraagt ca. NAP +3,6m ter plaatse van de oude havendam en ca. NAP +2,9 ter plaatse van de opvulling van de oude haveningang. De noorderdam is ca. 180 m lang, de zuiderdam is ca. 250 m lang; de haveningang heeft een breedte van ca. 80 m.

Van de aanleg zijn de ontwerptekeningen bekend (periode 1965 - 1969). Hierin zijn de karakteristieke maten van de waterkering en de haventerreinen opgenomen. Ter verificatie zijn door het PBZ enkele profielen opgemeten. Naar bleek is de op de tekeningen aangegeven maatvoering niet altijd even correct. In de praktijk blijkt vaker een hogere ligging voor te komen dan op de kaarten staat vermeld. De havendammen zijn apart door PBZ ingemeten; de afmetingen zijn derhalve goed bekend.

## 5. Hydraulische randvoorwaarden

Omdat het faalmechanisme van de waterkering met oploop en overslag te maken heeft, dient voor de hydraulische randvoorwaarden gebruik te worden gemaakt van het 'randvoorwaardenboek'. In dit boek zijn in de haven van Walsoorden (dijkvak 89 volgens het randvoorwaardenboek) de volgende randvoorwaarden gegeven:

Toetspeil 2000: NAP +5,10m
Hs = 1,00m
T = 4,4 sec
ß = 16°

Deze getallen zijn gebaseerd op de controleberekeningen van het ontwerp (uitgevoerd door de voormalige RWS Studiedienst Vlissingen). Het dossier met controleberekeningen is nog aanwezig bij RIKZ in Middelburg en is voor deze studie nader beschouwd.

Windrichting en waterstand

Door de Studiedienst Vlissingen zijn de richtlijnen van de Deltacommissie geïnterpreteerd om de waterstand te bepalen die bij een bepaalde windrichting hoort. Per definitie hoort bij de windrichting Noordwest (320°) een ontwerppeil zoals in het Deltarapport staat vermeld. Wanneer de orientatie van het betreffende dijkvak dusdanig is dat golfaanval, veroorzaakt door een NW-wind, niet op kan treden, werd een reductie op de waterstand toegepast. In deze reductie werd de hoek tussen NW en de windrichting waarbij wel golfaanval mogelijk is, betrokken. Dit leidt ertoe dat het ontwerppeil te Walsoorden afwijkt van het ontwerppeil volgens het Deltarapport omdat de oriëntatie loodrecht op de kustlijn te Walsoorden ongeveer 60° is (ca. NO). Enige getallen:

| | |
|---|---|
| volgens Deltarapport (gebaseerd op 320°) | NAP + 6,15m |
| met reductie volgens methode Studiedienst (gebaseerd op 10°) | NAP + 4,90m |
| Randvoorwaardenboek Toetspeil 2000 (gebaseerd op 10°) | NAP + 5,10m |
| 1985 volgens RIKZ (herberekening basispeilen, gebaseerd op 320°) | NAP + 6,15m |

*Tabel 1: ontwerppeilen te Walsoorden*

Het Toetspeil 2000 is gebaseerd op het peil van de Studiedienst, onder meer gecorrigeerd voor de invloeden van zeespiegelstijging tussen het verschijnen van het Deltarapport en het jaar 2000.

Golfkarakteristieken

De golfhoogte in de haven van Walsoorden is door de Studiedienst bepaald, uitgaande van golfkarakteristieken in de scheepvaartgeul op de Westerschelde. Met refractie- en shoaling berekeningen is de golfrandvoorwaarde aan de teen van de havendammen berekend. Met een eenvoudige formule voor golftransmissie is de golfdoordringing over de havendam in de haven berekend. Dit heeft geleid tot de golfkarakteristieken zoals die in het randvoorwaardenboek vermeld zijn. Van de golfhoogte zijn de volgende gegevens bekend.

| | |
|---|---|
| In de vaargeul | 1,90m |
| aan de teen van de havendam | 1,35m |
| in de haven na transmissie | 1,00m |

*Tabel 2: golfhoogten (Hs) volgens de controleberekeningen van de Studiedienst Vlissingen*

Op basis van de door de Studiedienst gehanteerde golflengte op diep water is een periode T = 4,4 sec opgenomen in het randvoorwaardenboek. Deze periode is op te vatten als piekperiode.

De hoek van golfaanval van 16° zoals die in het randvoorwaardenboek staat vermeld heeft betrekking op het dijksegment met de meest ongunstige oriëntatie (segmenten IV, V en VI, zie hierna). De overige segmenten hebben een hoek van golfaanval die groter is. Overigens is hiervan in de controleberekeningen van de Studiedienst Vlissingen terug te vinden dat de meest ongunstige waterstand / golf combinatie optreedt bij een windrichting van 10°. Men heeft toen met refractieberekeningen gevonden dat de golven bij deze windrichting invallen vanuit de richting 26°.

De golfkarakteristieken zoals die door het RIKZ bepaald zijn ("Westerschelde I", lit.[1]) voor het ontwerp van steenbekledingen brengen geen afhankelijkheid van waterstand en windsnelheid in rekening. Derhalve mogen ze niet gebruikt worden voor de kruinhoogte berekeningen. Ter indikatie en voor de volledigheid zijn ze hierna toch opgenomen. Hs = 1,7m; Tp = 5,7 sec. Deze waarden zijn afkomstig van een berekening met een windrichting vanuit het noorden (360°). De bijbehorende hoek van golfaanval voor de havendammen bedraagt 40° t.o.v. het nooorden.

Voor het randvoorwaardenboek 2001 zal een herberekening plaatsvinden van de waterstanden en golfkarakteristieken. In het RWS-brede project TC-rand is de afhankelijkheid van waterstanden en golfkarakteristieken momenteel nog een onderwerp van discussie en studie. Derhalve moeten de randvoorwaarden uit het randvoorwaardenboek 1996 als vigerend worden gezien.

## 6. Indeling in segmenten

Op basis van bestudering van de beschikbare profielen, bovenaanzichten en mogelijke golfaanvalsrichtingen is de waterkering in een zestal segmenten op te delen. Figuur 1 geeft een overzicht; in het onderstande volgt een beschrijving, gaande van noord naar zuid.

I. dp 245 - dp 243,2. Kruinhoogte op ca. 8,4m. Voor de dijk ligt een haventerrein met bebouwing op ca. NAP +5,30. Dit terrein varieert in breedte van 20 tot 50m. Oriëntatie loodrecht op de dijk is ca. 110°. Dit segment wordt overigens niet afgeschermd of beïnvloed door de havendammen.

II. dp 243,2 - dp 241,8 (bocht). Kruinhoogte ca. 8,0 m. Voor de dijk ligt een kade met breedte ca. 15m op NAP +3,0m. Oriëntatie loodrecht op de dijk is ca. 50°.

III. dp 241,8 - dp 240. Kruinhoogte ca. 7,75m. Voor de dijk ligt een kade met een breedte van ca. 90m die oploopt van NAP +3,0m aan de waterkant tot NAP +4,0m bij de dijk. Oriëntatie loodrecht op de dijk is ca. 135°.

IV. dp 240 - dp 239. Kruinhoogte ca. 7,75m. Voor de dijk ligt een kade met een breedte van ca. 200m die oploopt van NAP +3,0m aan de waterkant tot NAP +4,0m bij de dijk. Oriëntatie loodrecht op de dijk is ca. 40°.

V. dp 239 - dp 237,8. Kruinhoogte ca. 7,75m. Voor de dijk ligt een kade met een breedte van ca. 50m die oploopt van NAP +3,0m aan de waterkant tot NAP +4,0m bij de dijk. Oriëntatie loodrecht op de dijk is ca. 40°.

VI. dp 237,8 - dp 236,8. Kruinhoogte ca. 7,65m. Voor de dijk ligt een haventerrein annex kade met een breedte variërend van ca 50m tot ca. 200 m. Dit terrein loopt op van NAP +3,0m aan de waterkant tot NAP +4,0m bij de dijk. Oriëntatie loodrecht op de dijk is ca. 40°.

## 7. Vigerende ontwerpregels / technische inzichten

Ten aanzien van de berekeningen die uitgevoerd zijn door de Studiedienst Vlissingen eind zestiger jaren is het één en ander veranderd in de berekeningsmethodieken. In hoofdlijnen betreft het de regels voor golftransmissie over havendammen en de regels voor golfoploop en -overslag.

Golftransmissie
In de berekeningen van de studiedienst is alleen golftransmissie over de noordelijke havendam in rekening gebracht. De in rekening gebrachte transmissiecoëfficiënt is Kt = 0,7; De golfhoogte reduceert hierdoor van 1,35 m naar 0,95m. In de berekening is dit afgerond op 1,0m; dit is ook de waarde die in het randvoorwaardenboek is terechtgekomen.

Eind jaren '80, begin jaren '90 is door het Waterloopkundig Laboratorium grootschalig modelonderzoek uitgevoerd naar golftransmissie door en over havendammen opgebouwd uit breuksteen. Dit onderzoek is ca. 1992 uitgebreid met een experiment naar transmissie over een dichte dam (zoals die in Harlingen ligt). Deze situatie komt in grote lijnen overeen met de situatie te Walsoorden. De rekenregel is als volgt:

$Kt = 0,39 - 0,3(hc/Hs)$

hierin is:

- Hs: inkomende significante golfhoogte
- hc: kruinhoogte boven water (negatief indien dam onder water)
- Kt: transmissiecoëfficiënt = Hs,t/Hs
- Hs,t: getransmitteerde significante golfhoogte

geldig voor:

- $0,1 < Kt < 0,8$
- helling buitentalud ca. 1:3,5
- golfsteilheid tussen 0.02 en 0,04

Oploop- en overslag
In de afgelopen 20 jaar is zeer veel onderzoek gedaan naar golfoploop en -overslag. Dit heeft geresulteerd in een aantal (TAW) rekenregels en programmatuur. Deze worden hier niet opgesomd, wel worden de belangrijkste wijzigingen t.a.v. 30 jaar geleden gegeven:

- de golfperiode Tp komt in de vigerende formules voor naast de Hs
- reductiefactoren voor berm, scheef invallende golven en ruwheid zijn anders.

De berekeningen die in deze notitie zijn uitgevoerd, zijn met het DWW-programma OPLOOP gemaakt. Dit programma bevat de meest recente vigerende rekenregels.

## 8. Berekeningen met de vigerende randvoorwaarden

Specifiek voor het beantwoorden van de door PBZ gestelde vragen (zie par. 2) zijn berekeningen uitgevoerd. Per berekening zijn bepaalde uitgangspunten gehanteerd t.a.v. hydraulische randvoorwaarden en rekenmethodieken. Deze zullen zoveel mogelijk worden toegelicht; in alle gevallen is uitgegaan van de (vigerende) randvoorwaarden volgens het

randvoorwaardenboek. Een aanname die voor beide vragen geldt is het standvastig blijven van de damwanden en de kadeterreinen tijdens de maatgevende omstandigheden. Wanneer besloten wordt tot een vervolgstudie zal hieraan een constructieve berekening gewijd moeten worden.

## 8.1 Havendammen zijn niet meer aanwezig

Gesteld dat de havendammen niet worden opgeknapt kan ervan worden uitgegaan dat de havendammen bezwijken en dat tijdens de piek van de stormvloed er geen golfreducerende werking meer vanuit gaat. Deze aanname is heel goed voor te stellen voor de noordelijke havendam. De zuidelijke havendam daarentegen heeft direct achter de dam een haventerrein met bestrating en bebouwing, gelegen op NAP +3,0m tot NAP +4,8m. Als de dam dus weg is, ligt er nog een compleet terrein waar de golven op kunnen reduceren. Voor de berekeningen wordt ervan uitgegaan dat indien de dam weg is, er nog een aanzienlijk deel van het haventerrein overeind blijft.

Berekeningen met vigerende randvoorwaarden
Voor de berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Ontwerppeil NAP +5,10m
- Hs = 1,35m (golfhoogte t.p.v. de havendammen)
- Tp = 4,4 sec
- hoek van golfinval = 26° t.o.v. Noord

In onderstaande tabel zijn de resultaten per segment weergegeven

| Segment | ß [°] | kruinhoogte aanwezig (m t.o.v. NAP) | kruinhoogte benodigd z2% (m t.o.v. NAP) | kruinhoogte benodigd 1 l/s/m (m t.o.v. NAP) |
|---|---|---|---|---|
| I | 84 | 8,40 | 7,53 | 7,26 |
| II | 24 | 8,00 | 9,19 | - 1) |
| III | 109 | 7,75 | 6,05 | 5,81 |
| | 45 2) | 7,75 | 6,65 | 6,26 |
| IV | 14 | 7,75 | 6,92 | 6,50 |
| V | 14 | 7,75 | 7,42 | 6,99 |
| VI | 14 | 7,65 | 7,42 | 6,99 |

1) niet te bepalen ivm afmetingen van de kade
2) ivm refractie op het haventerrein is ook gerekend met een bijdraaiing van de golven

*Tabel 3: aanwezige kruinhoogte vs. benodigde kruinhoogte bij afwezigheid van de havendammen uitgaande van ontwerppeil = NAP 5,10m, Hs = 1,35m en Tp = 4,4 sec.*

Naar blijkt voldoet segment II niet aan de benodigde kruinhoogte indien de havendammen niet wordt meegerekend (kruinhoogtetekort van 1,2 m). Uit de controleberekeningen van de studiedienst Vlissingen blijkt dat dit (kritieke) profiel gebruikt is in de toentertijd uitgevoerde berekeningen.

## 8.2 Havendammen blijven onder maatgevende omstandigheden intact

Indien de havendammen dusdanig versterkt worden dat ze blijven staan onder maatgevende condities, zullen de golven door de dammen gereduceerd worden. Hiertoe wordt eerst met de in hoofdstuk 7 genoemde golftransmissieformule de golfkarakteristieken in de haven bepaald.

| Zuiderdam, hoogte: NAP + 5,95 | | | |
|---|---|---|---|
| Hs (m) | waterstand (m +NAP) | Kt | Hs,t (m) |
| 1,35 | 5,10 | 0,20 | 0,27 |

*Tabel 4: golftransmissie over de zuiderdam*

| Noorderdam, hoogte: NAP + 3,3m (gemiddelde waarde) | | | |
|---|---|---|---|
| Hs (m) | waterstand (m +NAP) | Kt | Hs,t (m) |
| 1,35 | 5,10 | 0,79 | 1,07 |

*Tabel 5: golftransmissie over de noorderdam*

Aangezien:
- de golfdoordringing over de noorderdam aanzienlijk groter is dan die over de zuiderdam;
- de richting van de golfaanval dusdanig is dat golftransmissie over de zuiderdam alleen een deel van segment VI belast;

is er voor de berekening van uitgegaan dat de getransmitteerde golf over de noorderdam de grootste belasting van de segmenten geeft. De berekeningen beperken zich derhalve tot golftransmissie over de noorderdam. De getallen uit tabel 5 zijn dus gehanteerd in de berekeningen.

Dit betekent dat t.a.v. de golfrandvoorwaarden die t.b.v. de steenzettingen zijn bepaald, de havendammen geen golfreducerende functie hebben. Ten aanzien van de herberekende randvoorwaarde uit het randvoorwaardenboek (golfhoogte Hs = 1,07m) is tabel 6 opgesteld.

| Segment | ß [°] | kruinhoogte aanwezig (m t.o.v. NAP) | kruinhoogte benodigd z2% (m t.o.v. NAP) | kruinhoogte benodigd 1 l/s/m (m t.o.v. NAP) |
|---|---|---|---|---|
| I | 84 | 8,40 | 7,53 | 7,26 |
| II | 24 | 8,00 | 8,34 | - 1) |
| III | 109 | 7,75 | 6,03 | 5,78 |
| | 45 2) | 7,75 | 6,55 | 6,16 |
| IV | 14 | 7,75 | 6,82 | 6,40 |
| V | 14 | 7,75 | 7,27 | 6,85 |
| VI | 14 | 7,65 | 7,27 | 6,85 |

1) niet te bepalen ivm afmetingen van de kade
2) ivm refractie op het haventerrein is ook gerekend met een bijdraaiing van de golven

*Tabel 6: aanwezige kruinhoogte vs. benodigde kruinhoogte bij aanwezigheid van de havendammen (noorderdam op gemiddeld NAP +3,3m) uitgaande van ontwerppeil = NAP 5,10m, Hs = 1,07m in de haven en Tp = 4,4 sec.*

Naar blijkt heeft alleen segment II een tekort aan kruinhoogte. Segment II voldoet als in de haven de volgende condities gelden: stormvloedpeil = NAP +5,10m, Hs = 0,95m en Tp = 4,4 sec. De benodigde kruinhoogte is dan NAP + 7,98m; dit is lager dan de aanwezige NAP +8,0m.

Dit betekent dat de golf buiten de havendam (Hs = 1,35m) gereduceerd moet worden tot Hs = 0,95m binnen de haven. Hiervoor is een transmissiecoëfficiënt vereist van Kt = 0.95/1,35 = 0,70. Terugrekenend met de formule uit hoofdstuk 7 betekent dit een waarde van hc = -1,40m. Dit betekent dat de kruin van de havendam 1,40m onder het ontwerppeil moet liggen. Dit is op het niveau van NAP +3,70m uitgaande van een ontwerppeil van NAP +5,10m.

## 9. Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

De waterkering van de haven van Walsoorden is circa 30 jaar geleden ontworpen en berekend. In de afgelopen 30 jaar zijn de rekenmethoden t.b.v. transmissie over een havendam en voor het bepalen van golfoploop- en golfoverslag veranderd. Als met de vigerende hydraulische randvoorwaarden met de nu geldende ontwerpregels naar de waterkering gekeken wordt, geldt het volgende.

- Indien de havendammen onder maatgevende condities volledig bezwijken, voldoet één van de vijf achter de havendammen liggende waterkeringsegmenten niet aan de vereiste kruinhoogte. Segment II heeft een kruinhoogte tekort van 1,2m. Uit de controleberekeningen van de toenmalige RWS Studiedienst Vlissingen blijkt dat dit (kritieke) profiel toentertijd gebruikt is in de berekeningen. Hierbij is een golfreducerende werking toegekend aan de havendammen
- Indien de havendammen onder maatgevende omstandigheden volledig intact blijven, heeft segment II enkele dm's tekort aan kruinhoogte. Om dit kruinhoogte tekort op te heffen dient de noorder havendam een kruinhoogte te hebben van minimaal NAP +3,7m. Dit betekent dat de dam gemiddeld enkele dm's verhoogd dient te worden.

Voor het randvoorwaardenboek 2001 zal een herberekening plaatsvinden van de waterstanden en golfkarakteristieken. In het RWS-brede project TC-rand is de afhankelijkheid van waterstanden en golfkarakteristieken momenteel nog een onderwerp van discussie en studie. Derhalve moeten de randvoorwaarden uit het randvoorwaardenboek 1996 als vigerend worden gezien.

Aanbevelingen

Aan de hier uitgevoerde beschouwing ligt een aantal uitgangspunten en aannamen ten grondslag. Het verdient aanbeveling om bij het plan van aanpak van de reconstructie van de havendammen deze aspecten te controleren. Het gaat onder andere om de volgende aspecten.

- De aanname dat de damwanden en de kadeterreinen standvastig blijven tijdens de maatgevende omstandigheden.
- De aanname dat indien de zuidelijke havendam bezwijkt er nog een aanzienlijk deel van het haventerrein overeind blijft.

- De aanname dat de golfdoordringing over de noorderdam bepalend is voor de dimensionering van de totale waterkering.
- De aanname dat refractie door de havenmond geen noemenswaardige verzwaring betekent van de golfrandvoorwaarden in de haven.

Bij de hier uitgevoerde berekeningen is uitgegaan van het vigerende Toetspeil 2000 uit het randvoorwaardenboek 1996. Voor het ontwerp van de reconstructie van de havendammen is het raadzaam een planperiode van circa 50 jaar mee te nemen (= ca. 0,2m zeespeigelstijging).

**Literatuur:**

[1] RIKZ, 1997
Golfrandvoorwaarden op de Westerschelde gegeven een 1/4000 windsnelheid, J.H. Andorka Gal e.a., rapport RIKZ-97.046, september 1997

## Bijlage 1: Vingeroefeningen met niet-vigerende randvoorwaarden

Om een gevoel te krijgen wat de invloed is van een veranderende waterstand of golfkarakteristieken zijn ook enige vingeroefeningen uitgevoerd, gebaseerd op de RIKZ randvoorwaarden zoals die bepaald zijn voor het ontwerp van steenbekledingen. De set van golfrandvoorwaarden is gebruikt bij twee ontwerppeilen, zodat er twee sets van hydraulische randvoorwaarden gebruikt zijn bij deze vingeroefening.

Set 1:
ontwerppeil: NAP +5,10m (volgens randvoorwaardenboek)
Hs = 1,70m
Tp = 5,6 sec
hoek van golfaanval tpv de havendammen = 40° t.o.v. Noord

Set 2:
ontwerppeil: NAP +6,15m (ontwerppeil 1985 volgens herberekening RIKZ)
Hs = 1,70m
Tp = 5,6 sec
hoek van golfaanval tpv de havendammen = 40° t.o.v. Noord

### Bijlage 1.1. Havendammen zijn niet meer aanwezig

Hiervoor is een berekening uitgevoerd analoog aan hoofdstuk 8.1. De resultaten zijn samengevat in onderstaande tabel.

| Segment | ß [°] | kruinhoogte aanwezig (m t.o.v. NAP) | kruinhoogte benodigd z2% (m t.o.v. NAP) | kruinhoogte benodigd 1 l/s/m (m t.o.v. NAP) |
|---|---|---|---|---|
| I | 70 | 8,40 | 9,21 | 9,01 |
| II | 10 | 8,00 | 10,42 | - 1) |
| III | 95 | 7,75 | 6,15 | 5,91 |
| IV | 0 | 7,75 | 7,13 | 6,68 |
| V | 0 | 7,75 | 7,78 | 7,34 |
| VI | 0 | 7,65 | 7,78 | 7,34 |

1) niet te bepalen ivm afmetingen van de kade

*Tabel 7: aanwezige kruinhoogte vs. benodigde kruinhoogte bij afwezigheid van de havendammen uitgaande van set 1: ontwerppeil = NAP +5,10m, Hs = 1,7m en Tp = 5,6 sec.*

| Segment | ß [°] | kruinhoogte aanwezig (m t.o.v. NAP) | kruinhoogte benodigd z2% (m t.o.v. NAP) | kruinhoogte benodigd 1 l/s/m (m t.o.v. NAP) |
|---|---|---|---|---|
| I | 70 | 8,40 | 10.26 | 10,07 |
| II | 10 | 8,00 | 11,47 | - 1) |
| III | 95 | 7,75 | 8,06 | 7,85 |
| IV | 0 | 7,75 | 9,50 | 9,12 |
| V | 0 | 7,75 | 10,34 | 10,05 |
| VI | 0 | 7,65 | 10,34 | 10,05 |

1) niet te bepalen ivm afmetingen van de kade

*Tabel 8: aanwezige kruinhoogte vs. benodigde kruinhoogte bij afwezigheid van de havendammen uitgaande van set 2: ontwerppeil = NAP +6,15m, Hs = 1,7m en Tp = 5,6 sec.*

Uit bovenstaande tabellen blijkt dat bij de waterstand van NAP +5,10m alleen segment II een serieus hoogte tekort heeft. Wanneer de berekening wordt uitgevoerd voor een waterstand van NAP +6,15m blijkt geen enkel segment voldoende kruinhoogte te hebben om aan de hoogte-citeria te voldoen. Met name de golfreductie boven de kaden is veel minder dan bij een wat legere waterstand.

**Bijlage 1.2. Havendammen blijven onder maatgevende omstandigheden intact**

Ook hier wordt eerst de transsmissie over de havendammen bepaald. Onderstaande tabellen geven hiervan een overzicht

| Zuiderdam, hoogte: NAP + 5,95 | | | |
|---|---|---|---|
| Hs (m) | waterstand (m +NAP) | Kt | Hs,t (m) |
| 1,70 | 5,10 | 0,20 | 0,34 |
| 1,70 | 6,15 | 0,43 | 0,73 |

*Tabel 9: golftransmissie over de zuiderdam bij een tweetal condities*

| Noorderdam, hoogte: NAP + 3,3m (gemiddelde waarde) | | | |
|---|---|---|---|
| Hs (m) | waterstand (m +NAP) | Kt | Hs,t (m) |
| 1,70 | 5,10 | 0,79 | 1,35 |
| 1,70 | 6,15 | 1,00 | 1,70 (geen reductie) |

*Tabel 10: golftransmissie over de noorderdam bij een tweetal condities*

Ook hier wordt ervan uitgegaan dat de golven die over de noorderdam komen, de maatgevende aanval veroorzaken. Uit het bovenstaande volgt dat bij een waterstand van NAP 6,15m (2,8m boven de kruin van de noorderdam) de golven nauwelijks enige reductie ondervinden. Bij een waterstand van NAP +5,10m worden de golven nog enigszins gereduceerd. Indien voor deze situatie de getransmitteerde golven in de oploop- en overslagformules worden toegepast, levert dit het volgende beeld op.

| Segment | ß [°] | kruinhoogte aanwezig (m t.o.v. NAP) | kruinhoogte benodigd z2% (m t.o.v. NAP) | kruinhoogte benodigd 1 l/s/m (m t.o.v. NAP) |
|---|---|---|---|---|
| I | 70 | 8,40 | nvt | nvt |
| II | 10 | 8,00 | 9,32 | - 1) |
| III | 95 | 7,75 | 6,06 | 5,82 |
| IV | 0 | 7,75 | 6,97 | 6,53 |
| V | 0 | 7,75 | 7,56 | 7,12 |
| VI | 0 | 7,65 | 7,56 | 7,12 |

1) niet te bepalen ivm afmetingen van de kade

*Tabel 11: aanwezige kruinhoogte vs. benodigde kruinhoogte bij golfreductie door noorderdam uitgaande van set 1: ontwerppeil = NAP +5,10m, Hs = 1,35m (na transmissie) en Tp = 5,6 sec.*

Voor beide sets 1 blijkt de segment II niet te voldoen, terwijl voor set 2 (met waterstand NAP +6,15m) geen van de segmenten voldoet aan de vereiste kruinhoogte. Analoog hoofdstuk 8.2 is berekend wat de kruinhoogte van de noorderdam moet zijn om in combinatie met de achterliggende segmenten een veilige waterkering te behalen.

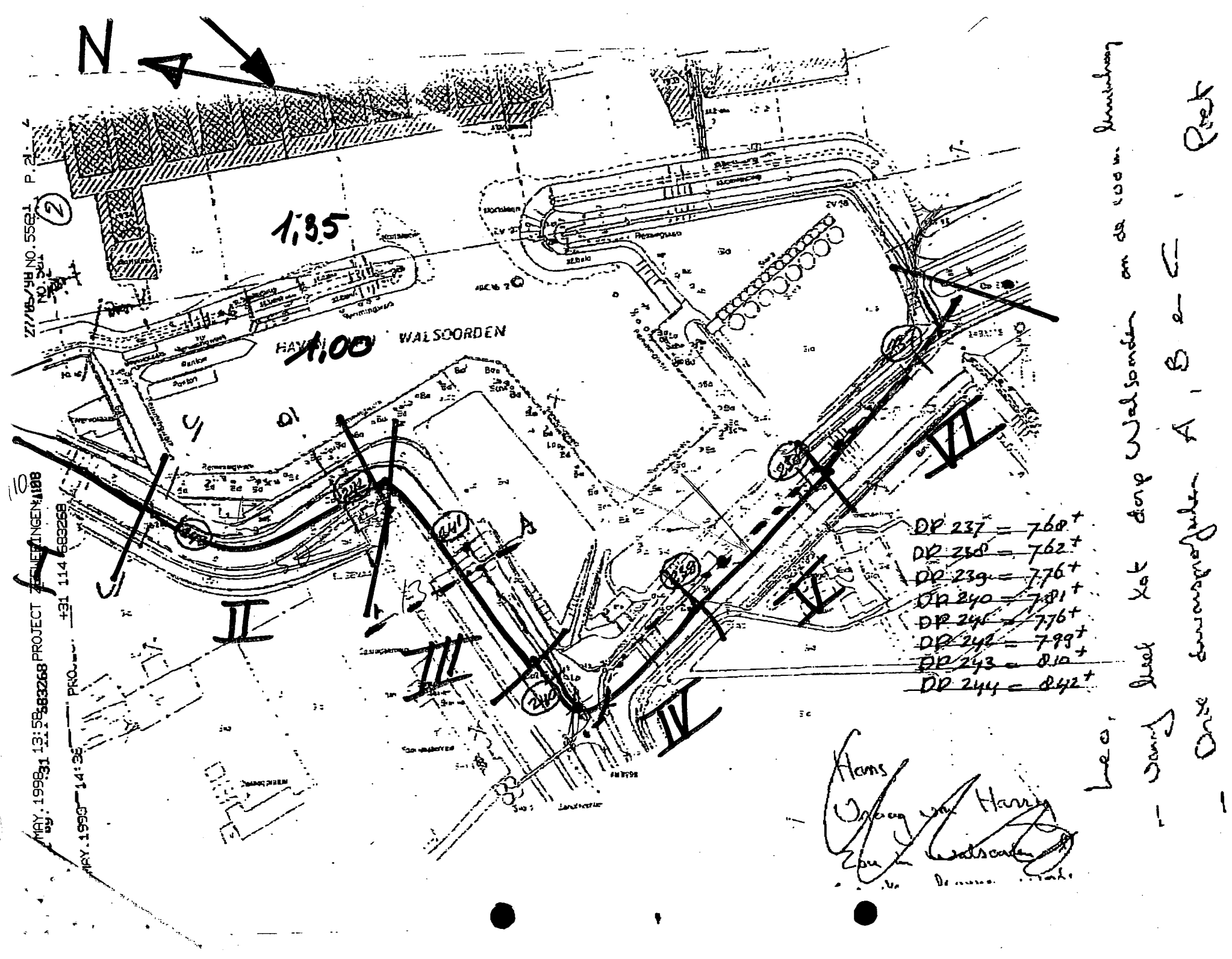
Uitgaande van set 1 (waterstand NAP +5,1m) is terugrekenend vanuit de aanwezige hoogte van segment II een golfhoogte in de haven van 0,90m nog acceptabel. De hierbij behorende reductie is Kt = 0,53. Dit betekent dat hc een waarde heeft van -0,79m. De benodigde hoogte van de noorderdam is derhalve: NAP +4,3m.

Uitgaande van set 2 (waterstand NAP +6,15m) is terugrekenend vanuit de aanwezige hoogte van segment II een golfhoogte in de haven van 0,60m nog acceptabel. De hierbij behorende reductie is Kt = 0,35. Dit betekent dat hc een waarde heeft van +0,22m. De benodigde hoogte van de noorderdam is derhalve: NAP +6,4m.

**Bijlage 1.3 Conclusie van deze vingeroefening**

In de vigerende randvoorwaarden (randvoorwaardenboek 1996) is rekening gehouden met de maatgevende combinatie stormvloedpeil / golfrandvoorwaarden. Als een voorschot wordt genomen op mogelijke toekomstige hydraulische randvoorwaarden komt het volgende aan het licht. In bijlage 1 zijn enige vingeroefeningen uitgevoerd met zijn twee sets randvoorwaarden waarbij deze maatgevende combinatie niet is aangetoond.

Het blijkt dat het niveau van de waterstand een doorslaggevende rol speelt. Indien uitgegaan wordt van het vigerende Toetspeil 2000, gecombineerd met de golfrandvoorwaarden zoals die door RIKZ zijn berekend voor het project zeeweringen, voldoet alleen het segment II in ruime mate niet. Indien wordt uitgegaan van een waterstand die ca. 1m hoger ligt (overeenkomstig de nota 'basis- en ontwerppeilen' van RIKZ) voldoen alle segmenten in ruime mate niet aan de hoogte-eis. Indien dit tekort aan hoogte gecompenseerd wordt door het verhogen van de noorderdam betekent dit in het ene geval een verhoging van 1,0m tot NAP +4,3m. In het andere geval betekent het een verhoging met 3,1m tot NAP +6,4m. Dit pleit nogmaals voor een weloverwogen koers binnen het project TC-rand aangaande de te hanteren benadering van de afhankelijkheid tussen waterstand en golven.


N
1:35
HAVEN
1:00
WALSOORDEN
DP 237 = 768+
DP 238 = 762+
DP 239 = 776+
DP 240 = 781+
DP 241 = 776+
DP 242 = 799+
DP 243 = 810+
DP 244 = 842+
Hans
Walsoorden
Harry
Leo
Dank voor deze Walsoorden en de voor hunnen
- Samen Rotterdam A' B - C -
Onze samenwerking
Piet
MAY. 1998 13:58 PROJECT
+31 114 683268
MAY. 1998 14:36