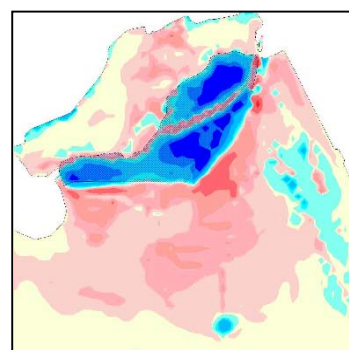
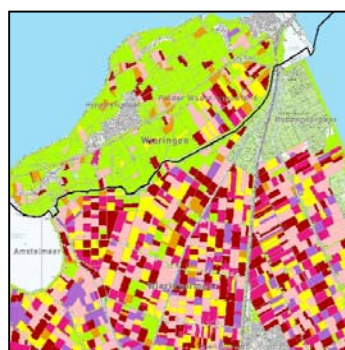
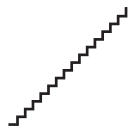




Lago Wirense

Water en veiligheid





Lago Wirense

Water en veiligheid

referentie WRW5-8-40/krub/007	projectcode WRW5-8-40	status definitief
projectleider ir. Th.G.J. Witjes	projectdirecteur ir. A.G. Posthumus	datum 15 maart 2006

autorisatie goedgekeurd	naam ir. A.G. Posthumus	paraaf
-----------------------------------	-----------------------------------	---------------

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2000

© Witteveen+Bos

Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Vraagstelling	1
1.2. Doelstelling	1
1.3. Uitgangspunten	1
1.4. Leeswijzer	2
2. WET OP DE WATERKERING EN WIERINGERRANDMEER	3
3. UITGANGSPUNTEN BEREKENINGEN	4
3.1. Windsnelheden	4
3.2. Waterstanden	4
3.3. Ontwerp van de kaden en wooneilanden	4
4. HYDRAULISCHE BEREKENINGEN	5
4.1. Inleiding	5
4.2. Berekening waterstanden	6
4.3. Berekening golfparameters	7
5. WATERSTANDEN ZUIDERHAVEN	10
6. HOOGTE KADEN EN EILANDEN	12
6.1. Inleiding	12
6.2. Berekening kadehoogte	12
6.3. Hoogte kade rond eilanden in het Wieringerrandmeer	15
6.4. Optimalisatie hoogte kade eiland bij (zuid)westpunt	15
6.5. Toepasbaarheid Amstelmeerkanaaldijk als waterkering Wieringerrandmeer	16
7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	17
7.1. Conclusies	17
7.2. Aanbevelingen	17
8. REFERENTIES	19
 laatste bladzijde	 19

bijlagen	aantal bladzijden
I Formuleringen Brettschneider	1

1. INLEIDING

1.1. Vraagstelling

Rondom het thema Water en veiligheid spelen een aantal vragen ten behoeve van het ontwerp van het Wieringerrandmeer die in deze notitie zullen worden beantwoord:

- welke invloed en welke relatie heeft de aanleg van het Wieringerrandmeer met de Wet op de Waterkering?
- welke golven en waterstanden zijn te verwachten langs de oevers van het Wieringerrandmeer?
- is het waterpeil in het IJsselmeer bij de Zuiderhaven (inlaatpunt Zuiderhaven) voldoende hoog om onder vrij verval in de zomermaanden voldoende te kunnen doorspoelen?
- hoe hoog zullen de kaden rondom het Wieringerrandmeer ongeveer worden?
- op welke hoogte dienen de wooneilanden in het Wieringerrandmeer komen te liggen?

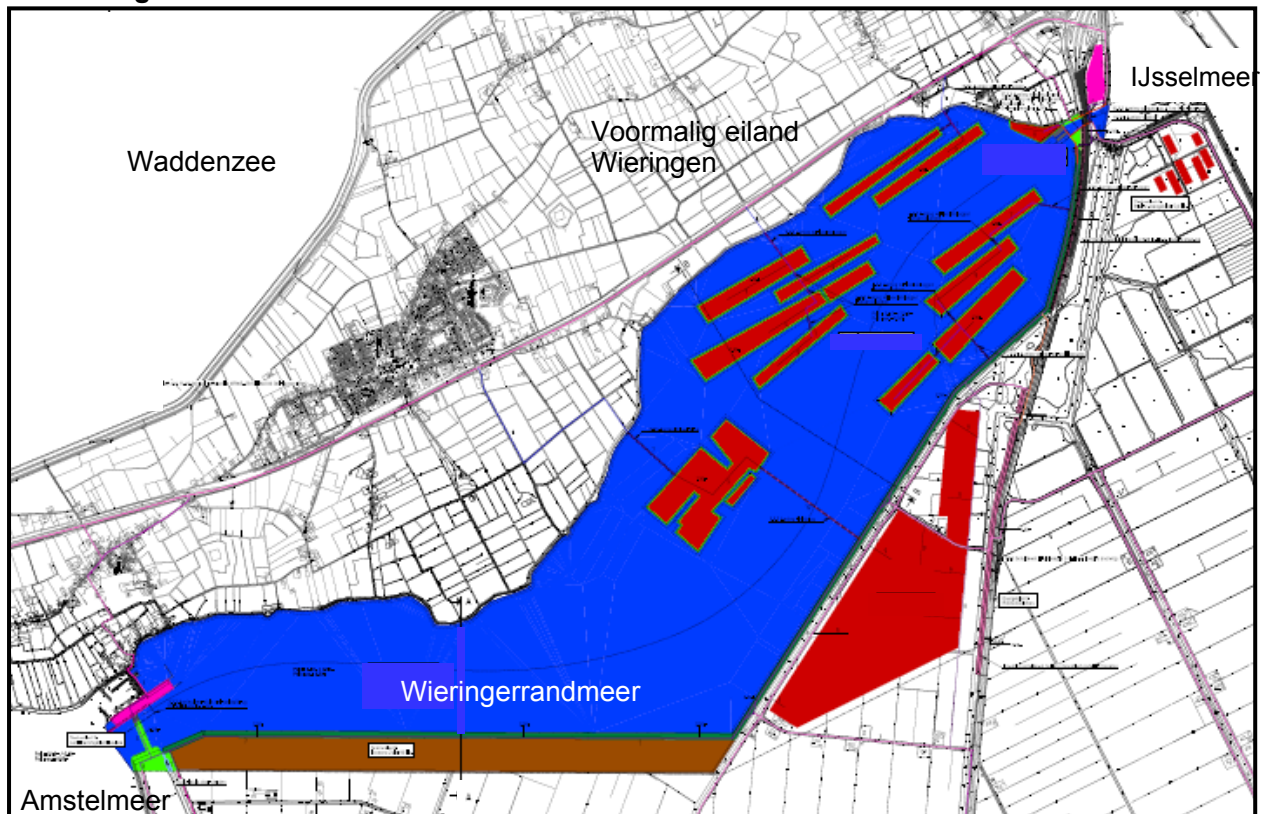
1.2. Doelstelling

Het doel van deze notitie is het nader aangeven van hydraulische randvoorwaarden ten behoeve van het verdere ontwerpproces door middel van het beantwoorden van de in paragraaf 1.1. benoemde vragen.

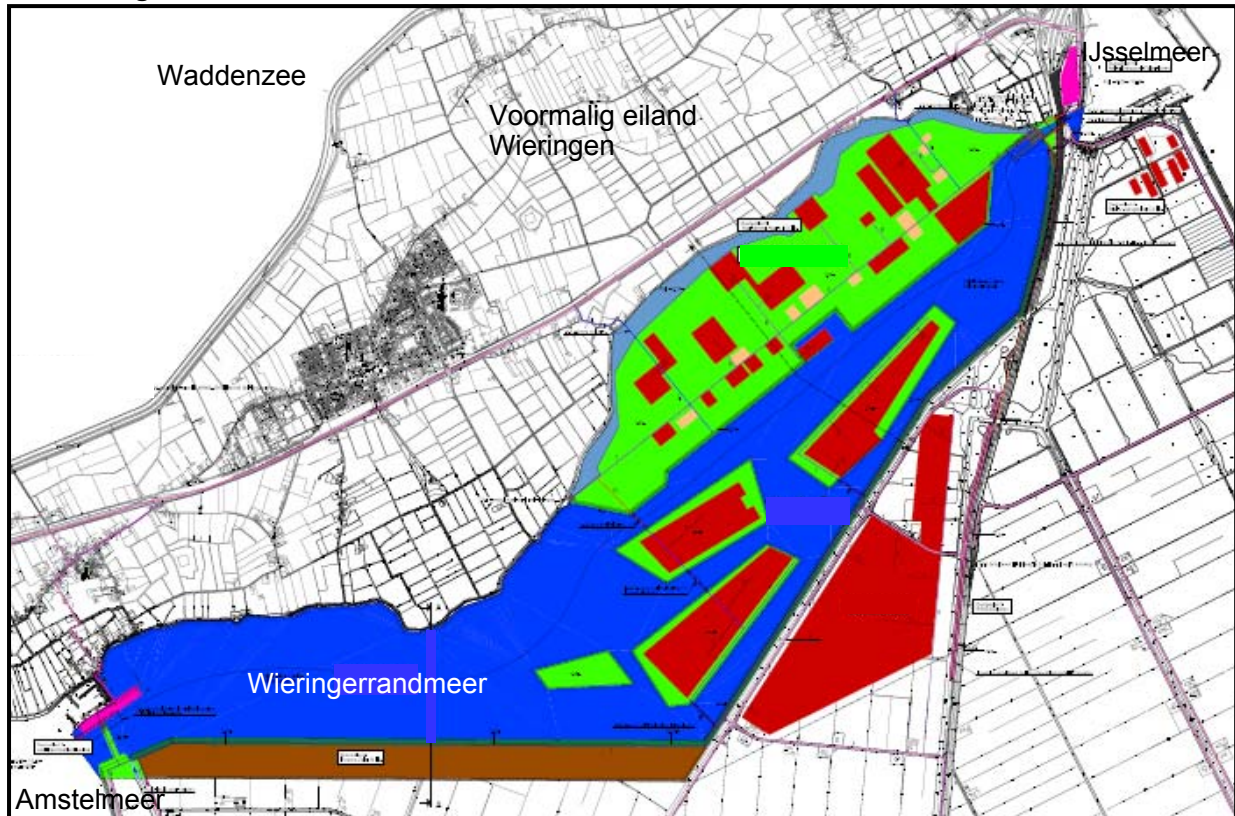
1.3. Uitgangspunten

In deze notitie worden twee van de drie modellen voor het ontwerp van het Wieringerrandmeer, zoals die in het schetsontwerp zijn uitgewerkt, onderzocht. Voor de uitgangspunten van het ontwerp van de modellen is uitgegaan van de notitie 'ontwerpuitgangspunten Wieringerrandmeer tot aan SOK' definitief d.d. 11-01-06 (ref. 4). In hoofdstuk 3 worden de specifieke uitgangspunten en aannames benoemd die gebruikt zijn ten behoeve van de hydraulische berekeningen. De twee ontwerpalternatieven die onderzocht worden (model 'Waterland' en model 'Halfland') zijn te zien in afbeelding 1.1. en 1.2. Model Nieuwland zal niet nader onderzocht worden.

Afbeelding 1.1. Overzicht model "Waterland"



Afbeelding 1.2. Overzicht model “Halfland”



1.4. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt algemeen ingegaan op de eisen voor waterkeringen afkomstig uit de wet op de waterkering. In hoofdstuk 3 worden de uitgangspunten en aannames benoemd die zijn gebruikt voor de berekening van de golven en waterstanden langs de oevers van het Wieringerrandmeer (hoofdstuk 4). Met behulp van deze berekeningen worden in hoofdstuk 6 de minimale benodigde kruinhoogtes van de boezemkaden en eilanden bepaald. In hoofdstuk 5 wordt de vraag beantwoord of het waterpeil in het IJsselmeer bij de Zuiderhaven (inlaatpunt Zuiderhaven) voldoende hoog is om onder vrij verval in de zomermaanden voldoende door te kunnen spoelen. Tenslotte bevat hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen.

2. WET OP DE WATERKERING EN WIERINGERRANDMEER

Het Wieringerrandmeer wordt aangelegd binnen dijkkring 12 (zie afbeelding 2.1.). Dit betekent dat de waterkeringen van het Wieringerrandmeer zelf niet onderhevig zijn aan de Wet op Waterkering. Dit is geldig onder de voorwaarde dat er geen open verbindingen zijn met het IJsselmeer of de Waddenzee. Het gaat in dit geval dus niet om primaire waterkeringen maar om regionale waterkeringen. Het Hoogheemraadschap is verantwoordelijk voor deze kaden. Het ontwerp van deze kaden dient derhalve aan de eisen van het Hoogheemraadschap te voldoen.

Uitzondering zijn de (keer)sluizen aan de oost en westzijde van het Wieringerrandmeer op de begrenzungen met het Amstelmeer en IJsselmeer. Deze keringen maken deel uit van de dijkkring 12 en de keersluis bij de Haukes maakt tevens deel uit van dijkkring 13. De locatie van de keersluis bij de Haukes is geclassificeerd als een primaire waterkeringen categorie C. Oftewel, een primaire waterkering die niet direct bedoeld is voor de kering van buitenwater. Voor waterkeringen in categorie C zijn geen hydraulische randvoorwaarden opgenomen in het Hydraulische randvoorwaardenboek. De wet op de waterkering stelt alleen dat de veiligheid gecontroleerd moet worden en tenminste gelijk dient te zijn aan het niveau van 1996 toen de Wet op de Waterkering werd ingevoerd. Met andere woorden, de aanleg van de keersluis nabij de Haukes mag niet leiden tot verhoging van de overstromingskans van dijkkring 12 of 13. De keersluis bij Haukes dient tweezijdig water te kunnen keren aangezien de keersluis in geval van inundatie van dijkkring 12 of 13 de andere aanliggende dijkkring beschermt. Wat dit precies betekent voor de ontwerpwaterstanden voor de keersluis dient nog bepaald te worden. Ook dient de keersluis te beschermen tegen hoogwater en golfbelasting vanuit het Amstelmeer.

Afbeelding 2.1. Overzicht dijkkringgebied 12 (Wieringen) en 13 (Noord-Holland)



De schutsluis aan de oostzijde (Zuiderhaven) maakt deel uit van dijkkring 12. Hier is sprake van een primaire waterkering in de categorie a. Deze sluis dient water te kunnen keren vanuit het IJsselmeer. De waterstanden en golfhoogten waarop deze sluis gedimensioneerd moet worden zijn opgenomen in het Hydraulische randvoorwaardenboek.

Door de aanleg van het Wieringerrandmeer, de bijbehorende natuur en bebouwing neemt de economische waarde van dijkkring 12 toe. In de wet op de waterkering is de ontwerprequentie van de maatgevende belastingen van de verschillende dijkringen gebaseerd op de schade bij overstroming. De huidige normfrequentie van de dijkkring Wieringen is 1 / 4.000. De toename van de economische waarde door de aanleg van het Wieringerrandmeer is naar verwachting niet van dusdanige grootte dat er sprake is van verhoging naar 1 / 10.000. Deze hoogste normfrequentie geldt op dit moment alleen voor de dichtbevolkte en economisch zeer waardevolle dijkringen Noord- en Zuid-Holland.

3. UITGANGSPUNTEN BEREKENINGEN

3.1. Windsnelheden

De aan te houden ontwerp windsnelheden (frequentie van voorkomen 1/100) bij het ontwerp van de kade (en dus ook voor de bijbehorende opwaaiing en golven) zijn opgegeven door het Hoogheemraadschap. Wind uit de richting:

- Noord, 25 m/s;
- Zuid, 25 m/s;
- Oost, 20 m/s;
- West, 30 m/s;
- windsnelheden bij tussenliggende richtingen kunnen worden verkregen door interpolatie (bron: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier).

3.2. Waterstanden

Het maatgevende peil is de hoogte waterstand waar bij het ontwerp rekening mee gehouden dient te worden. Deze waterstand treedt niet regelmatig op maar bij een extreme (frequentie 1/100) situatie.

- het maatgevende peil op het Wieringerrandmeer is NAP +0,30 m;
- het maatgevende boezempeil (MBP) Amstelmeer is NAP +0,65 m (Ref.2.).

Het streefpeil is de waterstand die normaliter in de zomer en winter nagestreefd wordt:

- het streefpeil op het Wieringerrandmeer bedraagt NAP -0,40 m.

Er is alleen rekening gehouden met de huidige situatie. Mogelijke toekomstige veranderingen in het peilbeheer van het IJsselmeer zijn niet onderzocht.

3.3. Ontwerp van de kaden en wooneilanden

De onderstaande eisen voor het ontwerp van de kaden aan meren zijn gesteld door het Hoogheemraadschap:

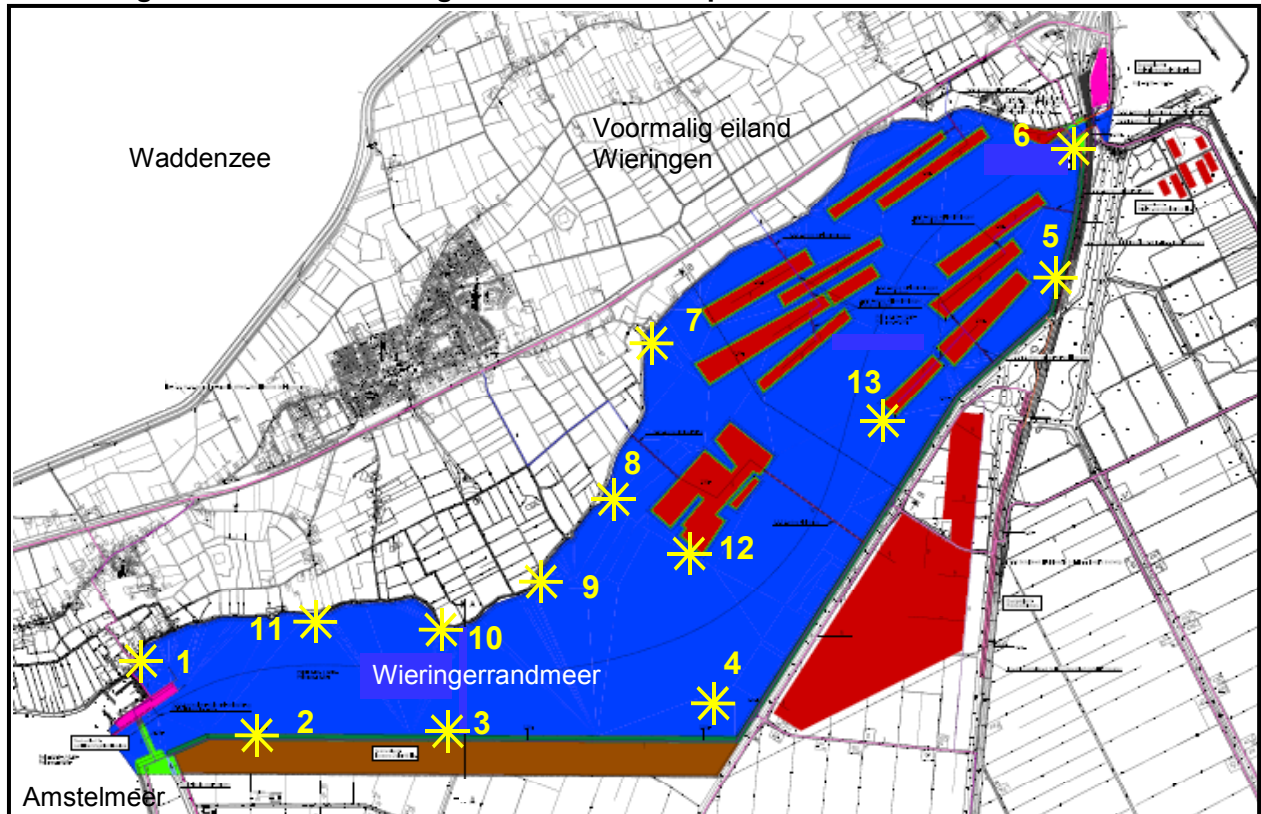
- opwaaiing en golfaanval dienen berekend te worden op stormen met een frequentie van 1/100;
- kruinbreedte dient ten minste 3,0 m te bedragen;
- de minimale waakhogte bedraagt 0,40 m;
- het talud van de kaden rondom meren mag maximaal 1:3 bedragen;
- de hoogte van de wooneiland dient bepaalt te worden volgens dezelfde methodiek als de kruinhoogte;
- er zijn vervolgens 2 opties, of het eiland is omringd door kaden op de vereiste kruinhoogte of de vloeren van de woningen op het eiland liggen ten minste op de vereiste kruinhoogte.

4. HYDRAULISCHE BEREKENINGEN

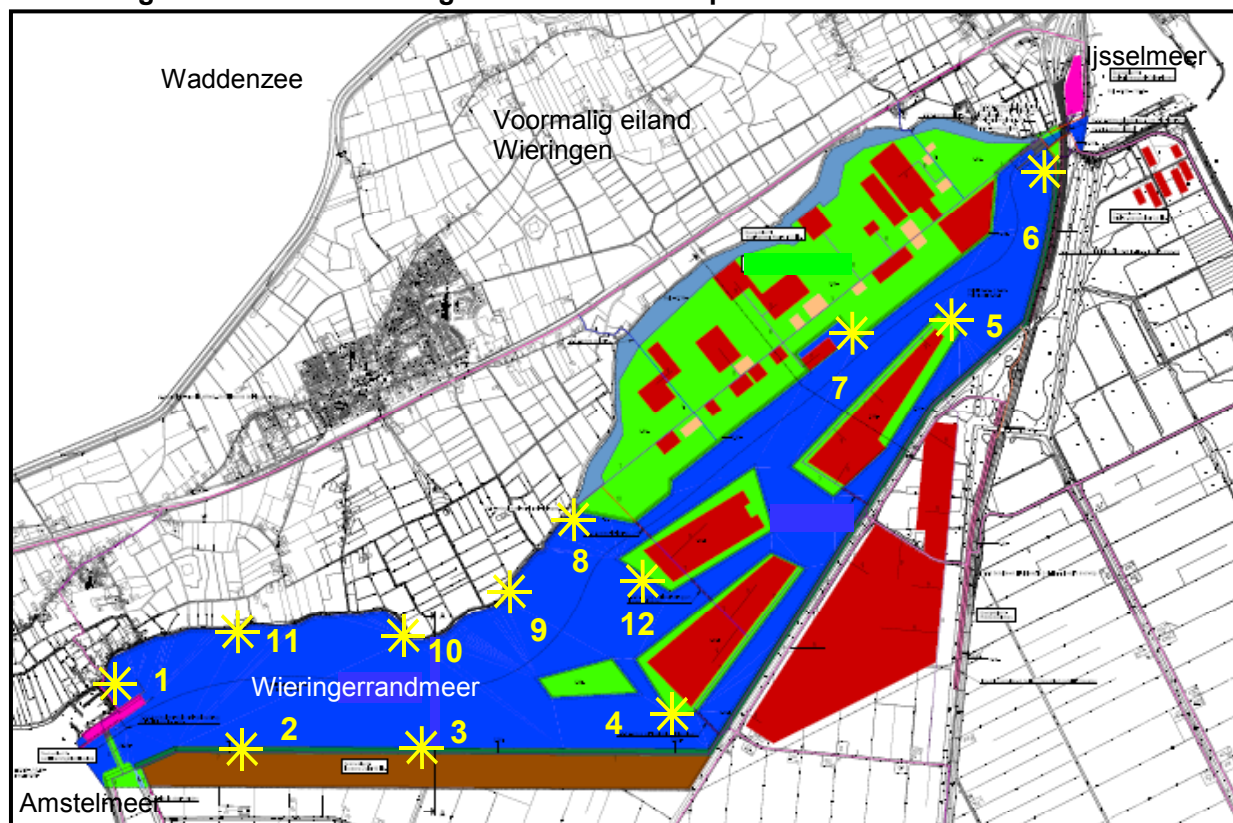
4.1. Inleiding

In deze paragraaf zullen de golven en waterstanden langs de oevers van het Wieringerrandmeer bepaald worden. De waterstanden en golven langs de oevers van het Wieringerrandmeer variëren door de geometrie. Om een goede indruk van deze variaties te krijgen zijn de berekeningen gemaakt voor een 13 tal verschillende locaties langs het meer. De berekeningen zijn gemaakt voor twee mogelijke ontwerpalternatieven. In afbeelding 4.1. en 4.2. zijn de ontwerpalternatieven "Waterland" en "Halfland" met de gekozen rekenlocaties te zien.

Afbeelding 4.1. Overzicht Wieringerrandmeer ontwerp "Waterland" met rekenlocaties



Afbeelding 4.2. Overzicht Wieringerrandmeer ontwerp “Halfland” met rekenlocaties



4.2. Berekening waterstanden

De maximale waterstanden langs de oevers van het Wieringerrandmeer worden bepaald door het maximale gemiddelde peil in het meer plus een lokale verhoging door opwaaiing. Bij een zware storm wordt het water door de wind in een bepaalde richting geduwd. Aangezien er netto geen water kan verdwijnen daalt de waterstand aan de ene zijde van het meer (afwaaiing) en stijgt het water aan de andere zijde (opwaaiing).

Op- en afwaaiing wordt berekend met formule 1 en 2. Formule 1 beschrijft het verhang van de waterspiegel als functie van de diepte en windsnelheid en met Formule 2 wordt de waterstandsverandering op een bepaalde locatie berekend.

$$i_{wind} = C \frac{U^2}{g \cdot d} \quad (\text{formule 1})$$

$$\Delta h_{windopzet} = i_{wind} \cdot x \quad (\text{formule 2})$$

Hierin zijn:

- C: constante van $4,0 \times 10^{-6}$;
- U: de ontwerp windsnelheid (conform opgave Hoogheemraadschap, zie uitgangspunten);
- d: de gemiddelde waterdiepte in het Wieringerrandmeer (conservatief gemiddeld op 3,0 m);
- x: de afstand tot de as waaromheen de waterspiegel bij de betreffende windrichting kantelt.

Tabel 4.1. en 4.2. presenteren de berekende op- en afwaaiing op de 13 rekenlocaties. De uitkomsten zijn op 5 cm afgerond. Op de locaties 1 en 6 is tevens de afwaaiing relevant voor het ontwerp van de sluizen of inlaatwerken bij de Haukes en bij de Zuiderhaven.

Tabel 4.1. Op- en afwaaiing [m] tijdens storm met frequentie van voorkomen van 1/100¹ ontwerp “Waterland”

Windrichting -> Locatie	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW
1 (de Haukes)	0,10	0,25	0,25	0,15	-0,10	-0,40	-0,50	-0,20
2	0,15	0,25	0,20	0,10	-0,15	-0,35	-0,40	-0,15
3	0,15	0,15	0,10	0,00	-0,15	-0,25	-0,20	0,00
4	0,15	0,05	0,00	-0,15	-0,15	-0,10	0,00	0,20
5	-0,15	-0,25	-0,15	-0,05	0,15	0,35	0,35	0,10
6 (Zuiderhaven)	-0,25	-0,30	-0,15	0,00	0,25	0,40	0,35	0,00
7	-0,15	-0,10	0,00	0,10	0,15	0,10	0,00	-0,15
8	-0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	-0,10	0,00
9	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00	-0,15	-0,15	0,00
10	0,05	0,15	0,10	0,05	-0,05	-0,20	-0,15	-0,10
11	0,00	0,20	0,20	0,15	0,00	-0,30	-0,40	-0,20
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	-0,15	-0,15	-0,10	-0,05	0,15	0,20	0,20	0,10

Tabel 4.2. Op- en afwaaiing [m] tijdens storm met frequentie van voorkomen van 1/100¹ ontwerp “Halfland”

Windrichting -> Locatie	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW
1 (de Haukes)	0,10	0,20	0,20	0,15	-0,10	-0,30	-0,40	-0,20
2	0,10	0,20	0,15	0,10	-0,10	-0,25	-0,30	-0,15
3	0,10	0,10	0,05	0,00	-0,10	-0,15	-0,10	0,00
4	0,10	-0,05	-0,05	-0,10	-0,10	0,10	0,10	0,10
5	-0,20	-0,30	-0,20	0,00	0,20	0,40	0,40	0,00
6 (Zuiderhaven)	-0,30	-0,35	-0,20	0,00	0,30	0,55	0,45	0,00
7	-0,20	-0,25	-0,15	0,00	0,20	0,35	0,25	0,00
8	-0,10	-0,05	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	-0,10	0,00
10	0,00	0,10	0,10	0,05	0,00	-0,10	-0,15	-0,10
11	0,00	0,15	0,15	0,15	0,00	-0,20	-0,30	-0,20
12	0,00	-0,05	-0,05	0,00	0,00	0,10	0,10	0,00

De maximale op- en afwaaiing treedt op bij locaties die het verst van de midden van het meer liggen. In dit geval vallen deze grootste strijklengten tevens samen met de hoogste windsnelheden (zuidwester en wester storm). Samen met de relatief kleine diepte resulteert dit in op- en afwaaiing van maximaal 50 cm bij ontwerp “Waterland” en 55 cm bij ontwerp “Halfland”.

4.3. Berekening golfparameters

De golven op het Wieringerrandmeer zijn voorspeld met de methode van Brettschneider (formules in bijlage I). De golfhoogte en golfperiode zijn afhankelijk van de strijklengte en waterdiepte. De strijklengte is de afstand waarover de golven ongestoord kunnen groeien. Hoe groter de strijklengte en de waterdiepte, hoe hoger en langer de golven. De richting waarin de golven zich voortbewegen is bij benadering gelijk aan de windrichting.

Bij de berekeningen is een diepte van 3,0 m aangehouden. Dit is een conservatief uitgangspunt. De exacte diepteligging van het meer en de locaties van diep en ondiep water moeten nog nader bepaald

¹ positieve waarden zijn opwaaiing, negatieve waarden afwaaiing

worden. De strijklengte varieert op het Wieringerrandmeer van enkele tientallen meters tot 4000 m voor locatie 12 bij westenwind.

De in tabel 4.3. t/m tabel 4.6. gepresenteerde golfparameters zijn per locatie uitgerekend voor alle windrichtingen met een strijklengte groter dan 100 m.

Tabel 4.3. Significante golfhoogte [m] tijdens storm met frequentie van voorkomen van 1/100 per locatie per windrichting voor ontwerp "Waterland"

windrichting -> Locatie	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW
1		0,40	0,85	0,40				
2	0,55	0,65	0,85					0,60
3	0,55	0,75	0,65				1,10	0,80
4	0,80	0,90					1,25	0,90
5		0,55				1,20		
6						0,55	0,75	
7		0,50	0,40	0,40	1,00			
8		0,60	0,40	0,75	0,80	1,00		
9		0,80	0,65	0,65	0,65	0,85		
10			0,75	0,55	0,55	0,70	1,00	
11			0,55	0,60	0,55	0,75	0,55	
12			0,50	0,55	0,70	0,95	0,80	0,55
13					0,60	1,10	1,00	

Tabel 4.4. Golfpiekperiode [s] tijdens storm met frequentie van voorkomen van 1/100 per locatie per windrichting voor ontwerp "Waterland"

windrichting -> Locatie	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW
1		1,6	3,1	1,6				
2	2,0	2,2	2,9					2,0
3	2,0	2,6	2,4				3,1	2,4
4	2,5	2,9					3,6	2,7
5		2,0				3,6		
6						1,9	2,2	
7		1,8	1,7	1,6	3,0			
8		2,2	1,7	2,5	2,5	2,9		
9		2,6	2,4	2,3	2,1	2,5		
10			2,7	2,0	2,0	2,2	2,8	
11			2,1	2,2	2,0	2,4	1,8	
12			2,0	2,0	2,3	2,7	2,3	1,9
13					2,1	3,2	2,7	

Tabel 4.5. Significante golfhoogte [m] tijdens storm met frequentie van voorkomen van 1/100 per locatie per windrichting voor ontwerp "Halfland"

windrichting -> Locatie	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW
1		0,40	0,85	0,40				
2	0,55	0,65	0,85					0,60
3	0,55	0,75	0,65				1,10	0,80
4					0,45	0,55	1,25	
5		0,60						
6						0,55		
7		0,65	0,35	0,05	0,45	0,90		
8		0,05	0,40	0,60	0,80	1,00		
9		0,55	0,55	0,45	0,65	0,85		
10			0,65	0,55	0,55	0,75	1,00	
11			0,55	0,60	0,55	0,75	0,55	
12						0,95	0,85	

Tabel 4.6. Golfpiekperiode [s] tijdens storm met frequentie van voorkomen van 1/100 per locatie per windrichting voor ontwerp "Halfland"

windrichting -> Locatie	N	NO	O	ZO	Z	ZW	W	NW
1		1,6	3,1	1,6				
2	2,0	2,2	2,9					2,0
3	2,0	2,5	2,4				3,0	2,4
4					1,7	1,9	3,6	
5		2,2						
6						1,9		
7		2,3	1,6	0,1	1,7	2,7		
8		0,1	1,7	2,1	2,6	2,9		
9		2,0	2,1	1,7	2,2	2,5		
10			2,4	2,0	1,9	2,4	2,8	
11			2,1	2,2	2,0	2,4	1,8	
12						2,7	2,4	

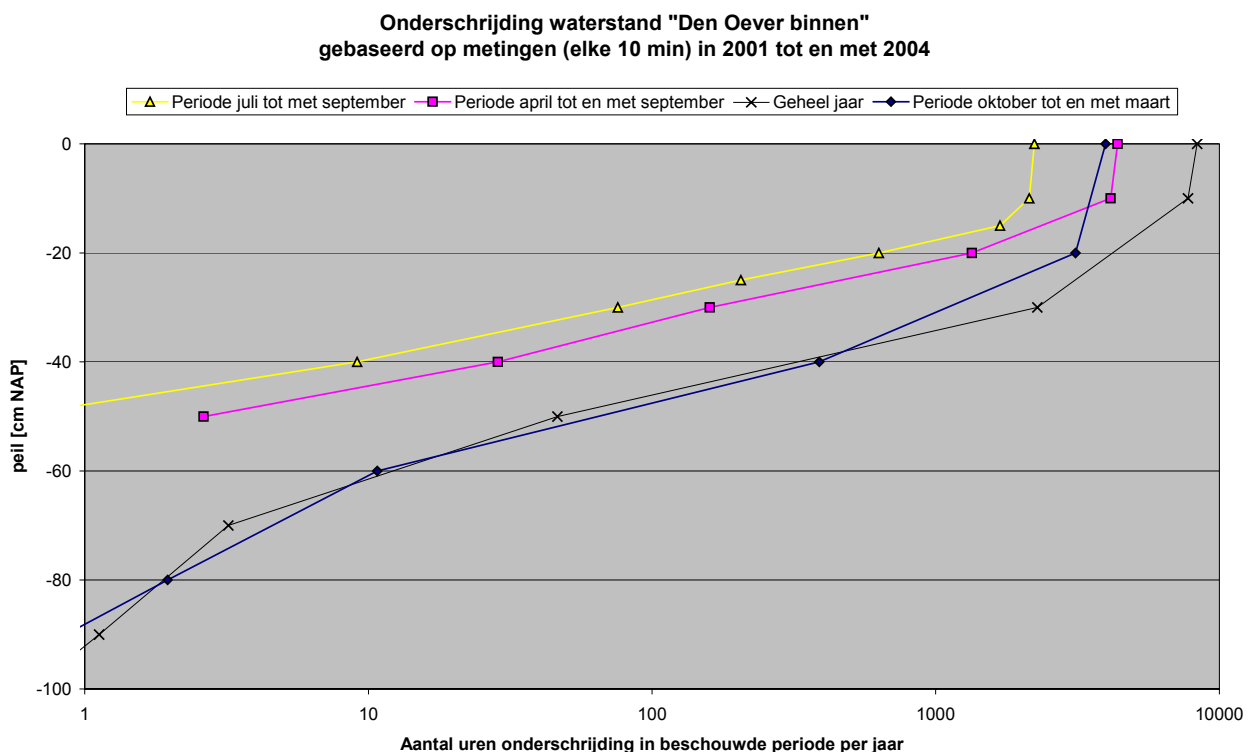
5. WATERSTANDEN ZUIDERHAVEN

De waterstanden in de Zuiderhaven (Den Oever Binnen) zijn van belang voor het inlaten van water op het Wieringerrandmeer. Gedurende de zomermaanden dient circa 10 m³/s ingelaten te worden om algengroei te voorkomen. Hiervoor is een verval van ten minste 10 cm nodig. Het beheerspeil van het Wieringerrandmeer is op dit moment vastgelegd op NAP –0,40 m, wat betekent dat de waterstand in de Zuiderhaven (het IJsselmeer nabij Den Oever) hoger dan NAP –0,30 m dient te zijn.

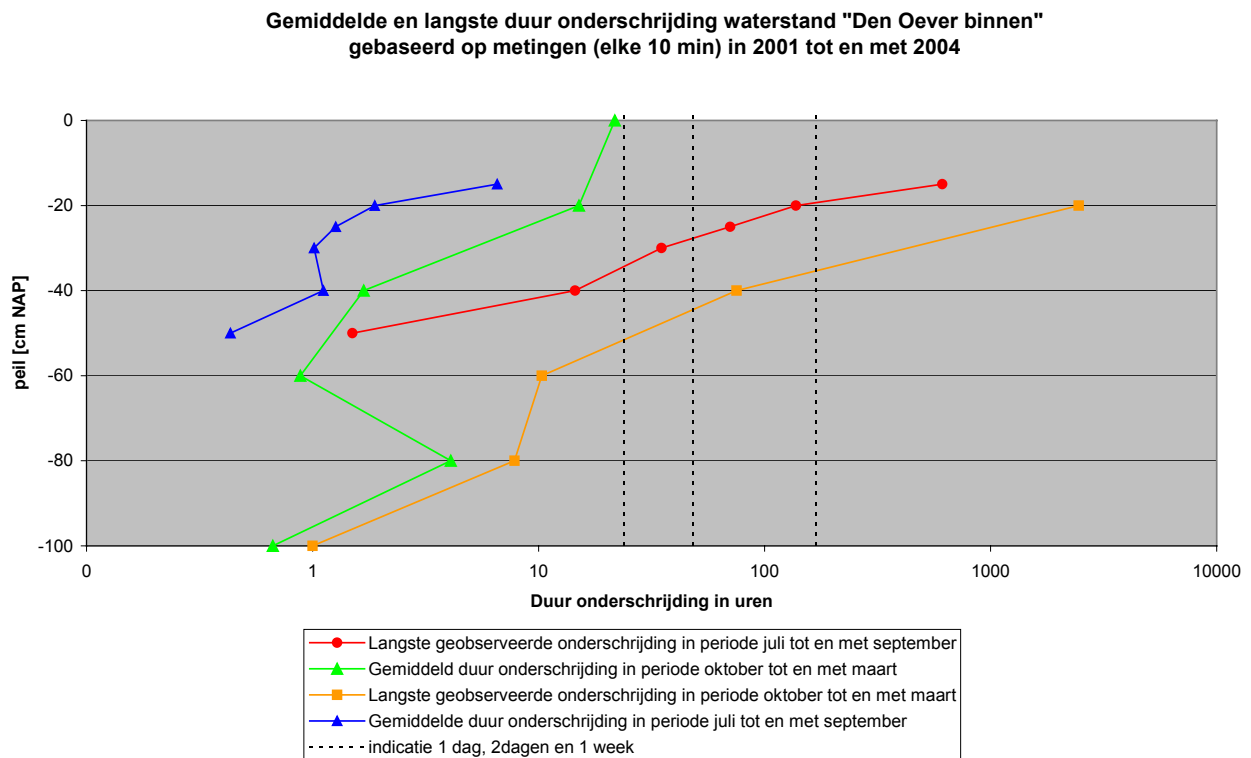
Rijkswaterstaat meet elke 10 minuten de waterstand op het IJsselmeer nabij Den Oever (meetlocatie Den Oever Binnen). De metingen van 2001 tot en met 2004 zijn verzameld. De verkregen waterstanden zijn geanalyseerd om te kijken of het benodigde verval gedurende deze zomermaanden gedurende voldoende tijd gegarandeerd kan worden.

Afbeelding 5.1. laat zien hoeveel uren de waterstand lager is dan een bepaalde waterstand in het beschouwde seizoen per jaar. Bijvoorbeeld, in de periode juli tot en met september is de waterstand gedurende totaal 100 uren lager dan NAP –28 cm. Deze onderschrijding is niet één gebeurtenis, maar het totaal van alle gebeurtenissen waarin de waterstand lager werd dan NAP –28 cm. Afbeelding 5.2. presenteert vervolgens wat de gemiddelde en langste duur was van een individuele onderschrijding van de waterstand in de geanalyseerde periode (2001 – 2004). In het genoemde voorbeeld bedraagt de gemiddelde duur van een onderschrijding van het niveau NAP –28 cm in de periode juli tot en met september net iets meer dan 1 uur terwijl de langste onderschrijding nagenoeg 1 week duurde.

Afbeelding 5.1. Onderschrijding waterstand Zuiderhaven



Afbeelding 5.2. Gemiddelde en maximale duur overschrijding waterstand Zuiderhaven



Op basis van afbeelding 5.1. en afbeelding 5.2. kan gesteld worden dat het streefpeil van NAP $-0,40$ m in het Wieringerrandmeer haalbaar lijkt uit oogpunt van het benodigde verval ten behoeve van doorspoeling. In de periode dat IJsselmeer water moet worden ingelaten (juli tot en met september) wordt het peil van NAP $-0,30$ m circa 70 uur overschreden, wat betekent dat het inlaatdebiet waarschijnlijk te laag zal zijn. De gemiddelde duur van deze overschrijding is slechts 1 uur, en kan oplopen tot circa 35 uur. Gedetailleerde waterloopkundige berekeningen zullen uiteindelijk moet uitwijzen of bij het streefpeil van NAP $-0,40$ m in combinatie met het IJsselmeerpeil uiteindelijk voldoende debiet kan worden bereikt.

6. HOOGTE KADEN EN EILANDEN

6.1. Inleiding

Ten behoeve van het ontwerp van de kaden rondom het toekomstige Wieringerrandmeer is in dit hoofdstuk bepaald wat de hoogte van de kaden en eilanden ongeveer dient te worden. Het stelsel van waterkeringen rondom het toekomstige meer zal deels bestaan uit een bestaande kering en deels uit nieuw aan te leggen keringen. De zuid- en oostoever van het Wieringerrandmeer bestaat uit nieuw aan te leggen kade. Aan de noordzijde ligt het Amstelmeerkanaal met aan weerszijden kaden. In de toekomstige situatie zal de meest zuidelijke kade afgegraven worden tot circa een halve meter onder de toekomstige waterspiegel. De noordelijke kade fungeert dan als waterkering.

Een deel van de geplande woningen ligt in het meer. Deze huizen moeten zodanig hoog gebouwd worden, of beschermd worden door kade, dat geen sprake kan zijn van wateroverlast. Het Hoogheemraadschap heeft aangegeven dat de hoogte van de eilanden op dezelfde wijze als de kruinhoogte van de kaden bepaald dient te worden.

De hoogte van de kruin van een kade wordt in belangrijke mate bepaald door:

- de lokale waterstand;
- de golfhoogte en golfperiode;
- het kadeprofiel.

De schematisering van de profielen zijn gebaseerd op de tekeningen WRW5-13-1001 en WRW5-13-1003 (Ref. 1). Hierdoor wordt het mogelijk, de kruinhoogte van de kade te bepalen.

6.2. Berekening kadehoogte

Een volledige berekening van de dijk aanleg hoogte bestaat uit de volgende componenten (Ref. 3):

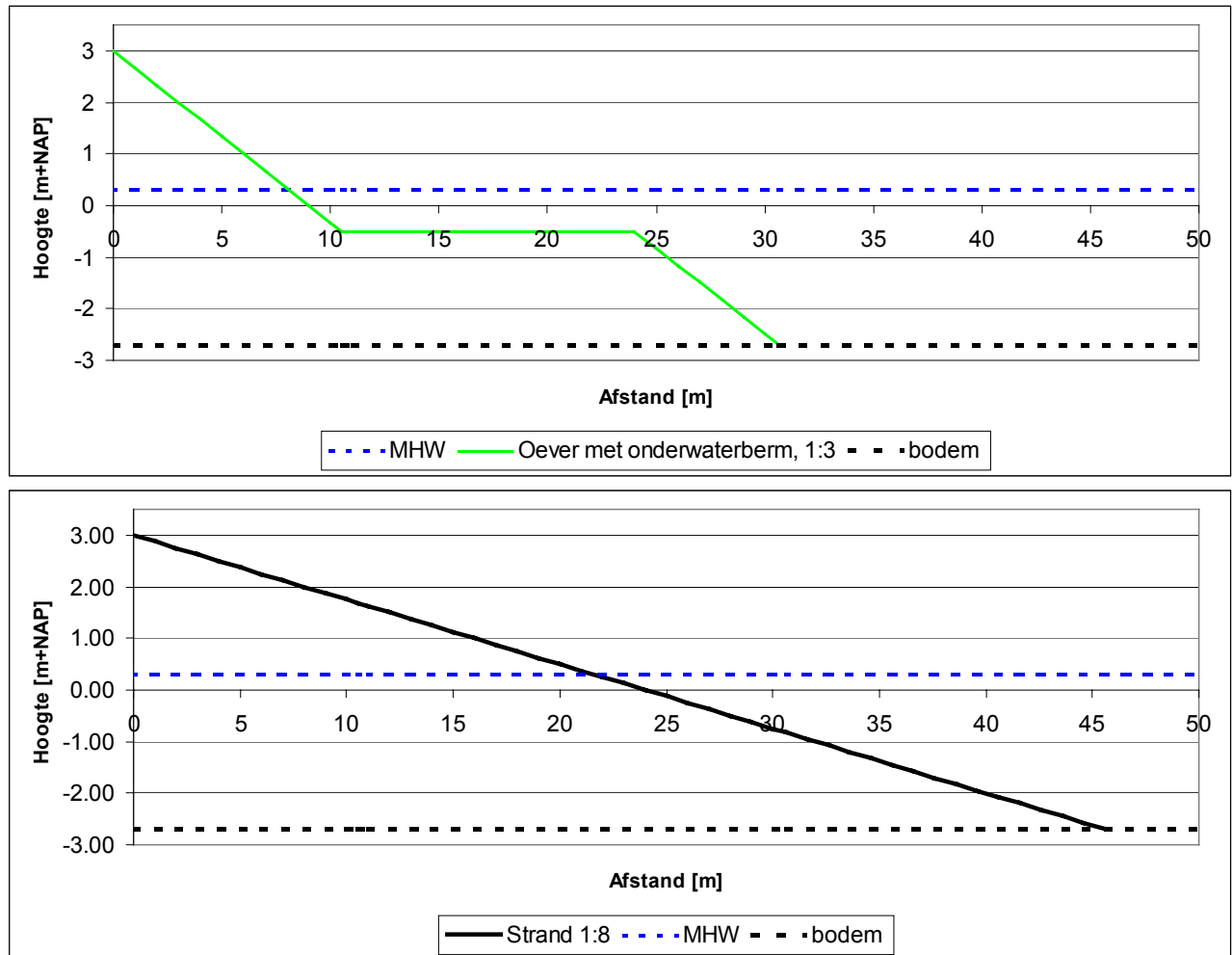
- maatgevende Hoogwaterstand;
- toeslagen voor opwaaiing, bui-oscillaties, buistoten en seiches;
- bodemdaling;
- golfoploophoogte;
- zetting dijklichaam en zetting ondergrond.

Echter in de hier gemaakte berekeningen is geen rekening gehouden met de geotechnische componenten (zettingen, bodemdaling en klink). Deze dienen nog bij de ontwerp kruinhoogte te worden opgeteld om de aanleg hoogte te verkrijgen. De invloed van seiches, buistoten en bui-oscillaties is naar verwachting verwaarloosbaar klein of zelfs afwezig op het Wieringerrandmeer. De ontwerp kade hoogte (niet de aanleg hoogte) is hier bepaald uit de optelling van:

1. maatgevend peil Wieringerrandmeer (NAP +0,30 m)
2. waterstandsverhoging door opwaaiing (variërend van 0 tot +0,5 m);
3. golf overslag hoogte of ten minste 0,40 m waakhoogte²).

² Het Waterschap Hollands Noorderkwartier schrijft voor dat indien de golf overslag hoogte kleiner is dan 0,4m, een waakhoogte van 0,4m aangehouden dient te worden.

Abbeelding 6.1. Kadeprofielen (kade 1:3 met brede onderwater vooroever, strand 1:10)



De golfploophoogte is te berekenen met de ontwerprichtlijnen van de TAW (Ref.3.). Als eerste dient de brekerparameter bepaald te worden:

$$\xi_0 = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot H_{m0}}{g \cdot \left(\frac{T_p}{1.1}\right)^2}}} \quad (\text{brekerparameter}) \quad (\text{formule 3})$$

hierin is $\tan \alpha$ de taludhelling, T_p de golfpiekperiode en H_{m0} de significant golfhoogte.

Vervolgens kan met formule 4 (geldig als brekerparameters kleiner dan 2) de ontwerpwaarde van de golfploophoogte ($z_{2\%}$) bepaald worden. Dit is de golfploophoogte die door 2% van de golven wordt overschreden.

$$z_{2\%} = H_{m0} \cdot 1,75 \cdot \gamma_b \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \xi_0 \quad (\text{formule 4})$$

In formule 4 zijn $\gamma_b, \gamma_f, \gamma_\beta$ reductie coëfficiënten voor respectievelijk de aanwezigheid van een berm, de ruwheid van het talud en de hoek van inval.

De hoek van inval heeft een aanzienlijke invloed op de golfoploophoogte. Hoe groter de hoek tussen de golfrichting en het talud van de kade hoe kleiner de golfoploop. Hierdoor is niet per definitie de windrichting met de hoogste golf op een bepaalde locatie maatgevend voor de kruinhoogte. Tevens treedt de hoogste opwaaiing op een bepaalde locatie niet altijd voor dezelfde windrichting op als de hoogste golf. De windrichting die zorgt voor de combinatie van golfhoogte, golfrichting en opwaaiing die de hoogste kruinhoogte geeft heet de maatgevende windrichting.

Tabel 6.1. en 6.2. geven per locatie voor de twee ontwerpalternatieven het kadeprofiel de benodigde kruinhoogte en de maatgevende ontwerp condities aan. Het strandprofiel met een talud van 1:10 wordt bij de golfoploopberekeningen geschematiseerd met 1:8. Bij een talud flauwer dan 1:8 worden de resultaten van de golfoploopformule minder betrouwbaar. Door deze schematisering wordt de golfoploop enigszins overschat (conservatieve benadering).

In de ontwerpen toepaste oeverprofielen:

A	Talud 1:3 met vooroever en horizontaal onderwater berm op NAP –1,40 m
B	Strand met talud 1:8

Tabel 6.1. Benodigde kruinhoogte ontwerp “Waterland”

locatie	profiel	windrichting	waterstand	maatg. H	Tp	bermbreedte [m]	kruinhoogte [m]
1	A	O	0,55	0,9	3,1	12	2,0
2	B	NO	0,55	0,9	2,9	-	1,0
3	B	NO	0,45	1,1	3,1	-	1,1
4	B	N	0,50	0,8	2,5	-	0,9
	A	W	0,50	1,3	3,6	12	2,2
5	A	ZW	0,65	1,2	3,3	12	2,4
6	A	ZW	0,70	0,8	2,2	12	1,5
7	A	W	0,45	1,0	3,0	12	2,0
8	A	Z	0,45	1,0	2,9	12	1,9
9	A	O	0,40	0,9	2,5	12	1,6
10	A	NO	0,45	1,0	2,8	12	1,8
11	A	O	0,50	0,8	2,4	12	1,5
12	A	ZW	0,40	1,0	2,7	20	1,6
13	A	ZW	0,50	1,1	3,2	20	2,0

Voor ontwerp “Waterland” bedraagt de hoogste benodigde kruinhoogte NAP +2,40 m voor locatie 5. Met uitzondering van de kade van de eilanden voldoen alle in het ontwerp “Waterland” aangegeven kruinhoogtes aan de te verwachten golfbelastingen. Op de rekenlocaties 12 en 13 die op de eilanden zijn is de berekende kruinhoogte NAP +1,6 m en NAP +2,0. In het ontwerp (tekening nr. WRW5-13-1003) is hier een kruinhoogte van NAP +1,3 m toegepast.

Tabel 6.2. Benodigde kruinhoogte ontwerp “Halfland”

Locatie	Profiel	Windrichting	Water-stand	maatg H	Tp	Bermbreedte [m]	Kruinhoogte [m NAP]
1	A	O	0,50	0,9	3,1	12	2,0
2	B	NO	0,50	0,9	2,9	-	1,0
3	B	NO	0,40	0,8	2,5	-	0,9
4	A	W	0,40	1,3	3,6	20	2,0
5	A	NO	0,00	0,6	2,2	20	0,7
6	A	ZW	0,85	1,0	2,6	12	2,2
7	A	ZW	0,60	0,9	2,7	12	1,8
8	A	ZW	0,40	1,0	2,9	12	1,8

Locatie	Profiel	Windrichting	Water-stand	maatg H	Tp	Bermbreedte [m]	Kruinhoogte [m NAP]
9	A	O	0,35	0,9	2,5	12	1,5
10	A	O	0,40	1,0	2,8	12	1,8
11	A	ZO	0,45	0,8	2,4	12	1,5
12	A	ZW	0,40	0,9	2,4	20	1,9

Voor ontwerp “Halfland” bedraagt de hoogste benodigde kruinhoogte NAP +2,2 m op locatie 6. Achter het grote woongebied (deelgebied 2) zijn geen hoge windgolven en opwaaiing te verwachten. Met uitzondering van de kade van de eilanden voldoen alle in het ontwerp “Halfland” aangegeven kruinhoogtes aan de te verwachten golfbelastingen. Ook bij ontwerp “Halfland” is de berekende kruinhoogte bij locatie 4 en 12 hoger dan de in de tekening (WRW5-13-1001) aangegeven kruinhoogte.

6.3. Hoogte kade rond eilanden in het Wieringerrandmeer

Het waterschap heeft aangegeven dat de hoogte van de eilanden op dezelfde wijze als de kaden dient te worden bepaald. Locatie 12 geeft de benodigde kadehoogte aan de westzijde. Een kade met een hoogte van NAP +2,0 m (ontwerp “Waterland”) en NAP +1,9 m (ontwerp “Halfland”) is nodig vanwege golfoploop. De rest van het eiland kan lager liggen aangezien deze zware golfaanval alleen bij (zuid)westerstorm optreedt. Voor de noordzijde en de zuidzijde zijn geen berekeningen gemaakt. Gezien de ligging is geen zware golfaanval te verwachten en zal een hoogte van NAP +1,3 m waarschijnlijk voldoen.

Voor het berekenen van de kruinhoogtes is uitgegaan van een maximaal golfoverslag debiet van 1 l/s/m. Bij de rekenlocaties op de eilanden zou dat debiet tijdens een zeer zware storm voor een kadehoogte van NAP +1,3 m tussen 1 l/s/m en 10 l/s/m kunnen liggen.

6.4. Optimalisatie hoogte kade eiland bij (zuid)westpunt

Omdat de hoogte van de kade aan de (zuid)westzijde niet voldoet aan de streefhoogte, is onderzocht in hoeverre bij een meer geoptimaliseerde berekening deze streefhoogte wel gehaald kan worden en welke maatregelen eventueel mogelijk zijn.

Bij herberekening van de minimale kruinhoogtes op de eilanden in het Wieringerrandmeer is de gewogen gemiddelde waterdiepten voor de ontwerpen “Waterland” (2,0 m) en “Halfland” (2,5 m) in de berekeningen meegenomen in plaats van de ‘meer conservatieve’ waterdiepte van 3,0 m. Vergelijking tussen beide berekeningen (zie tabel 6.3. en 6.4.) laat bijna geen verschil in de kruinhoogte te zien. Dit komt doordat bij een minder diepe waterpeil de golfoploop weliswaar afneemt, maar daarentegen de op- en afwaaiing toeneemt, waardoor er geen significant verschil in berekende kruinhoogte optreedt. Alleen bij locatie 12 bij model Halfland valt de minimale benodigde kruinhoogte een halve meter lager uit.

De golfoploophoogte kan verminderd worden, door het aanbrengen van stortsteen (ruw materiaal) op het boventalud van de oever in plaats van zand (glad materiaal). De golfoploop kan door gebruik van stortsteen op het boventalud van de oevers verminderd worden. In tabel 6.3. en 6.4. zijn de minimale kruinhoogtes aangegeven voor een oeverbekleding van zand en van stortsteen.

ontwerp “Waterland”

- berekend voor een gewogen gemiddelde waterdiepte van 2,0 m;
- maatgevend peil +0,30 m NAP;
- kruinhoogte voor boventalud met zand of stortsteen.

Tabel 6.3. Benodigde kruinhoogte ontwerp “Waterland” met oeverbekleding

					waterdiepte 2,0 m		ter vergelijking: waterdiepte 3,0 m (uit tabel 6.1.)
locatie	maatg. windricht.	water-stand	Hs	Tp	zand [m]	stortsteen [m]	zand [m]
12	ZW	0,45	0,85	2,7	1,6	1,2	1,6
13	ZW	0,60	0,90	3,2	2,0	1,5	2,0

ontwerp “Halfland”

- berekend voor een gewogen gemiddelde waterdiepte van 2,5;
- maatgevend peil +0,30 m NAP;
- kruinhoogte voor boventalud met zand of stortsteen.

Tabel 6.4. Benodigde kruinhoogte ontwerp “Halfland” met oeverbekleding

					waterdiepte 2,5 m		ter vergelijking: waterdiepte 3,0 m (uit tabel 6.2.)
locatie	maatg. windricht.	water-stand	Hs	Tp	zand [m]	stortsteen [m]	zand [m]
4	W	0,40	1,15	3,6	2,0	1,4	2,0
12	W	0,40	0,85	2,4	1,4	1,0	1,9

6.5. Toepasbaarheid Amstelmeerkanaaldijk als waterkering Wieringerrandmeer

De huidige dijk is niet ontworpen om water te keren voor de situatie die in de toekomst ontstaat. Er zijn verschillende parameters die wijzigen (bijvoorbeeld het freatisch vlak in de dijk en de golfbelasting). Het is daarom noodzakelijk om zowel het ontwerp als de huidige staat van de dijk te controleren voordat het mogelijk is om te concluderen dat de huidige dijk gebruikt kan worden voor de nieuwe functie. Er dient tevens gecontroleerd te worden of de stabiliteit en het profiel van de kade voldoen aan de eisen die het waterschap stelt aan de kaden rondom meren (o.a. stabiliteit kadeklasse V, talud maximaal 1:3 en kruinbreedte ten minste 3,0 m).

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1. Conclusies

Wet op de waterkering

De kaden en eilanden in het Wieringerrandmeer liggen binnen dijkkring 12. Deze hoeven niet ontworpen te worden als primaire waterkering volgens de Wet op de Waterkering maar volgens de eisen van het waterschap op voorwaarde dat er geen open verbinding met het IJsselmeer is. De keersluis bij Haukes ligt op de scheiding van dijkkring 12 en 13 en dient derhalve tweezijdig te kunnen keren om inundatie van de ene naar de andere dijkkring te voorkomen. De keersluis bij de Zuiderhaven maakt deel uit van dijkkring 12 en ligt aan het IJsselmeer. Dit is een primaire waterkering die ontworpen dient te worden volgens de hydraulische randvoorwaarden zoals opgenomen in het Hydraulische randvoorwaardenboek.

waterstanden

De waterstanden in het Wieringerrandmeer zullen tijdens een zware storm (frequentie van 1/100) in combinatie met het maatgevende peil kunnen oplopen tot circa NAP +0,70 m in het noordoosten en NAP +0,55 m in het zuidwesten voor ontwerp "Waterland". De hoogste te verwachten waterstand voor ontwerp "Halfland" bedraagt in het noordoosten NAP +0,85 m en in het zuidwesten NAP +0,50 m.

golven

Tijdens een zware wester- of zuidwester storm op het Wieringerrandmeer kunnen golfhoogten op bepaalde locaties oplopen tot circa 1,3 m. De bijbehorende golfpiekperiode is circa 3,6 seconden. Deze golven zorgen voor aanzienlijke golfoploop op de oevers van de eilanden die richting het zuidwesten georiënteerd zijn. Voor de overige windrichtingen is de golfaanval op de oevers een stuk kleiner met golfhoogten tot maximaal 1,0 m.

waterstanden Zuiderhaven

Het streefpeil van NAP -0,40 m in het Wieringerrandmeer lijkt haalbaar met betrekking tot het onder vrij verval inlaten van IJsselmeer water voor doorspoeling. In de periode dat IJsselmeer water moet worden ingelaten (juli tot en met september) wordt het peil van NAP -0,30 m op het IJsselmeer circa 70 uur onderschreden, wat betekent dat het inlaatdebiet te laag zal zijn. De gemiddelde duur van deze onderschrijding is slechts 1 uur, en kan oplopen tot ongeveer 35 uur.

kadehoogte rond het meer en rond de eilanden

De benodigde kade hoogte rondom het Wieringerrandmeer is afhankelijk van het ontwerp van de kade. De aanwezigheid van ondiepe vooroevers, bermen en stranden speelt een belangrijke rol in de benodigde kadehoogte. De kadehoogte varieert tussen NAP +2,4 m en NAP +1,0 m voor de verschillende locaties. Een aandachtspunt is de streefhoogte (NAP +1,3 m) aan de (zuid)westzijde van de eilanden. Op deze locaties is een hogere minimale kruinhoogte benodigd. Een mogelijkheid om toch te voldoen aan de gewenste streefhoogte is het bekleden van de oevers met stortsteen.

7.2. Aanbevelingen

Een nadere beschouwing van waterstanden, golven en kade hoogte is noodzakelijk als de bodemligging van het Wieringerrandmeer definitief bekend is. Voor een goed ontwerp van de waterkeringen is het belangrijk om de diepte voor de oevers en het profiel van de kade mee te nemen om een overconservatief ontwerp te voorkomen. Hierbij dienen alle verschillende kade doorsneden te worden onderscheiden. De benodigde kruinhoogte kan dan per locatie worden bepaald, bij voorkeur met gebruik van een golfmodel (SWAN) in plaats van de nu toegepaste Brettschneider methode.

In deze notitie is bij de bepaling van de dijkhoogte niet gekeken naar geotechnische aspecten. Zowel de stabiliteit van de kaden als de invloed van zetting, klink en bodemdaling op de kade aanleghoogte dienen bepaald te worden.

Er dient onderzocht te worden hoe groot de kans van gelijktijdig optreden van maatgevende peilen op het Wieringerrandmeer of Amstelmeer en een zware storm is en of het nodig is om hiermee rekening te houden in het ontwerp van de keersluis de Haukes. Voor deze keersluis is de Wet op de Waterkering van toepassing. De ontwerpeisen die hier uit voortvloeien dienen in kaart gebracht te worden.

Het is noodzakelijk om zowel het ontwerp als de huidige staat van de Noordelijke Amstelmeerdijk te controleren voordat het mogelijk is om te beoordelen of deze dijk gebruikt kan worden voor de nieuwe functie.

8. REFERENTIES

1. Witteveen+Bos, Tekeningen WRW5-13-1001/1002/1003, d.d. 11-01-06
2. Bescherming Wateroverlast Noorderkwartier, ISBN 90-9018297-7, Noord-Holland en het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, juni 2004
3. Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, mei 2002.
4. Witteveen+Bos, notitie ontwerpuitgangspunten tot aan SOK, d.d. 11-01-06

BIJLAGE I Formuleringen Brettschneider

golfgroeikrommen

De gebruikelijke dimensieloze maten voor golfgroeikrommen zijn:

$$\tilde{F} = Fg / U_{10}^2$$

$$\tilde{D} = dg / U_{10}^2$$

$$\tilde{T} = T_p g / U_{10}$$

$$\tilde{H} = H_{m0} g / U_{10}^2$$

$$\tilde{H} = \tilde{H}_{\infty} \left\{ \tanh(k_3 \tilde{D}^{m_3}) \tanh\left(\frac{k_1 \tilde{F}^{m_1}}{\tanh(k_3 \tilde{D}^{m_3})}\right) \right\} \text{ Brettschneider}$$

$$\tilde{T} = \tilde{T}_{\infty} \left\{ \tanh(k_4 \tilde{D}^{m_4}) \tanh\left(\frac{k_2 \tilde{F}^{m_2}}{\tanh(k_4 \tilde{D}^{m_4})}\right) \right\} \text{ Brettschneider}$$

Met :

uitgangspunten Brettschneider					
$\tilde{H}_{\infty}$	0.283	k1	0.0125	m1	0.42
$\tilde{T}_{\infty}$	7.54	k2	0.077	m2	0.25
		k3	0.53	m3	0.75
		k4	0.833	m4	0.375