

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat RIZA

Herberekening concept Hydraulische Randvoorwaarden 2006 Meren

Eem en Eemvallei

rapport

augustus 2006

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat RIZA

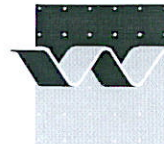
Herberekening concept Hydraulische Randvoorwaarden 2006 Meren

Eem en Eemvallei

Saskia van Vuren

rapport

augustus 2006



OPDRACHTGEVER:	Rijkswaterstaat RIZA				
TITEL:	Herberekening Concept Hydraulische Randvoorwaarden Meren 2006				
SAMENVATTING:	<p>In 2006 worden voor alle waterkeringen in Nederland nieuwe randvoorwaarden afgegeven. Voor de Hydraulische Randvoorwaarden 2006 (HR2006) van het IJsselmeer en het Markermeer worden de randvoorwaarden uit 2001 grotendeels overgenomen. Een uitzondering daarop vormen de Eem en IJburg en omgeving. Dit betreft locaties waarvoor in 2001 geen randvoorwaarden zijn bepaald. De concept HR2006 voor deze ontbrekende locaties zijn in opdracht van RWS RIZA door WL Delft Hydraulics & Witteveen+Bos in 2005 bepaald.</p> <p>Recente metingen van de hoogte van de secundaire keringen in de Eemvallei laten zien dat in de concept HR2006 berekeningen, de keringen in de vallei te hoog zijn geschematiseerd. Uit een gevoeligheidsanalyses blijkt dat de hoogten van de secundaire waterkeringen een significant effect hebben op de concept HR2006 op de Eem. Naar aanleiding hiervan heeft RWS RIZA besloten de concept HR2006 voor de Eem te herzien. In dit rapport zijn de concept HR2006 op de as van de Eem opnieuw berekend, op basis van de nieuw beschikbare gemeten hoogten van de secundaire waterkeringen in de Eemvallei. De toetspeilen, benodigde kruinhoogten, en illustratiepunten van de herziene concept HR2006 komen lager te liggen dan die van oude concept HR2006.</p>				
REFERENTIES:	<begin hier>				
VER	AUTEUR	DATUM	OPMERK.	REVIEW	GOEDKEURING
1.0	S. van Vuren	24 juli 2006		S. van Schijndel	C.A. Bons
2.0	S. van Vuren	21 augustus 2006		S. van Schijndel	C.A. Bons
PROJECTNUMMER:	Q4240				
TREFWOORDEN:	hydraulische randvoorwaarden				
AANTAL BLADZIJDEN:	81				
VERTROUWELIJK:	<input checked="" type="checkbox"/> JA, tot augustus 2009		<input type="checkbox"/> NEE		
STATUS:	<input type="checkbox"/> VOORLOPIG		<input type="checkbox"/> CONCEPT		<input checked="" type="checkbox"/> DEFINITIEF

Inhoud

1	Inleiding	1-1
1.1	Achtergrond van het project	1-1
1.2	Doelstelling en afbakening van het project	1-2
1.3	Projectteam.....	1-2
2	Methode voor het bepalen van Hydraulische Randvoorwaarden in de Eem..	2-1
2.1	Studiegebied	2-1
2.1.1	De Eem en de Eemvallei.....	2-1
2.1.2	Aanpassingen in de hoogten van de secundaire waterkeringen ...	2-2
2.2	Methode voor het vaststellen van Hydraulische Randvoorwaarden	2-3
2.2.1	Hydra-M	2-3
2.2.2	WAQUA model voor waterstandsberekeningen.....	2-3
2.2.3	Bretschneidermodel voor de golfberekeningen.....	2-4
2.3	Overzicht randvoorwaarden voor de berekeningen	2-5
2.3.1	Combinaties meerpeil en stormcondities	2-5
2.3.2	Stormschematisatie voor productieberekeningen.....	2-6
2.3.3	Overzicht uitvoerlocaties	2-8
3	Productieberekeningen voor waterstanden en golven	3-1
3.1	Effect lagere secundaire waterkeringen op waterstands- en golfcondities	3-1
3.1.1	Effect op maximale waterstanden.....	3-1
3.1.2	Effect op golfcondities.....	3-4
3.2	Methode voor controle van waterstands- en golfberekeningen	3-7
3.3	Controle waterstandsberekeningen	3-7

3.3.1	Beschrijving en uitleg figuren	3-7
3.3.2	Bevindingen tijdens de controle van de waterstandsberekeningen	3-8
3.3.3	Conclusies op basis van controle van de waterstandsberekeningen	3-9
3.4	Controle golfberekeningen	3-10
3.4.1	Beschrijving en uitleg figuren	3-10
3.4.2	Bevindingen tijdens de controle van de golfberekeningen	3-10
3.4.3	Conclusies op basis van controle van de golfberekeningen	3-12
4	Bepalen Hydraulische Randvoorwaarden	4-1
4.1	Overzicht locaties HR2006.....	4-1
4.2	Database en instellingen van Hydra-M	4-2
4.2.1	Hydra-M database	4-2
4.2.2	Dijkprofiel.....	4-4
4.3	Bepalen Hydraulische Randvoorwaarden 2006.....	4-5
4.4	Vergelijking van HR2006 met HR2001	4-9
4.5	Effect lagere secundaire waterkeringen op Hydraulische Randvoorwaarden	4-12
4.6	Oplevering database bestanden.....	4-15
5	Conclusies	5-1
6	Literatuur	6-1

Bijlagen

A	Overzicht van de dijkvakken van de secundaire waterkeringen in de Eemvallei.....	A-1
B	Overzicht van de reken-, controle en Randvoorwaardenlocaties.....	B-1
C	Voorbeeld van figuren voor de controle	C-1
D	Herziene concept HR2006 voor de Eem.....	D-1
E	Bodembestand uit Baseline.....	E-1
F	Vergelijking HR2006 en HR2001 bij ontwerprequentie $1/n=1/4000$ voor Gooi-Eemmeer	F-1
G	Vergelijking herziene en concept HR2006	G-1

1 Inleiding

1.1 Achtergrond van het project

Volgens de Wet op de Waterkering moeten iedere 5 jaar de primaire waterkeringen worden getoetst door de desbetreffende beheerders. Voor deze toetsing levert de Minister van Verkeer en Waterstaat de Hydraulische Randvoorwaarden. In 2006 worden voor alle waterkeringen in Nederland nieuwe randvoorwaarden afgegeven en in dat kader is Rijkswaterstaat RIZA (RWS RIZA) onder andere eindverantwoordelijke voor het leveren van de randvoorwaarden voor het Merengebied.

Voor de Hydraulische Randvoorwaarden 2006 (HR2006) van het IJsselmeer en het Markermeer worden de randvoorwaarden uit 2001 grotendeels overgenomen. Een uitzondering daarop vormen de Eemvallei en IJburg en omgeving. Dit betreft locaties waarvoor in 2001 geen randvoorwaarden zijn bepaald. De concept HR2006 voor deze ontbrekende locaties zijn in opdracht van RWS RIZA door WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005) bepaald (RSW-RIZA kenmerk RI-4393A, WL-projectnummer Q4008).

Naar aanleiding van de concept HR2006 zijn verschillende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd als aanvullende kwaliteitsborging (Witteveen + Bos, 2006a en b, Rijkswaterstaat RIZA, 2006). De gevoeligheid voor de volgende aspecten is onderzocht:

1. de aanwezigheid en de hoogte van secundaire waterkeringen in de Eemvallei;
2. de veranderingen in het windklimaat;
3. een dag- of meerdaagsgemiddelde afvoer op de Eem.

Uit deze gevoeligheidsanalyses blijkt onder andere dat de hoogten van de secundaire waterkeringen een significant effect hebben op de concept HR2006 op de Eem. Recente metingen van de hoogte van de secundaire keringen laten zien dat in de concept HR2006 berekeningen de keringen te hoog zijn geschematiseerd. Als gevolg daarvan zijn de toetspeilen langs de as van de Eem met circa 0,05 m bij de monding tot 0,7 m nabij Amersfoort overschat (Witteveen + Bos, 2006b). Naar aanleiding hiervan heeft RWS RIZA besloten de concept HR2006 voor de Eem te herzien.

RWS RIZA heeft WL | Delft Hydraulics opdracht verleend (RSW-RIZA kenmerk WRV-10039985, bestelnummer 4500047708) om de concept HR2006 van de Eem opnieuw te berekenen, op basis van de nieuw beschikbare gemeten hoogten van de secundaire waterkeringen in de Eemvallei. Uitgangspunt hierbij is dat alleen het effect van de aanpassingen in de hoogte van de secundaire waterkeringen in de Eemvallei wordt meegenomen in de nieuwe HR2006 berekeningen. De invloed van veranderingen in het windklimaat en het effect van een dag- of meerdaagsgemiddelde afvoer op de Eem is buiten beschouwing gelaten.

1.2 Doelstelling en afbakening van het project

De doelstelling van het project is de volgende:

het herberekenen van gecontroleerde en door de opdrachtgever geaccepteerde concept Hydraulische Randvoorwaarden 2006 voor de Eem en het rapporteren van de uitgevoerde werkzaamheden en de herziene set concept HR2006.

Bij de herbepaling van het concept HR2006 van de Eem wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de methode die gevolgd is in WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos (2005). Op punten waar wordt afgeweken van deze methode wordt dit zorgvuldig in dit rapport aangegeven. Het rapport is zodanig opgezet dat het ook los van het rapport WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos (2005) te lezen is.

1.3 Projectteam

Het project is uitgevoerd door WL | Delft Hydraulics in samenwerking met Witteveen+Bos. Het projectteam bestaat uit Saskia van Vuren, Henk Verheij, Simone van Schijndel en Johan Dekker van WL | Delft Hydraulics en Alfons Smale van Witteveen+Bos. Het project is vanuit RWS RIZA begeleid door Quirijn Lodder, met als plaatsvervanger Dirk Vlag.

De inbreng van Witteveen+Bos richtte zich vooral op het uitvoeren van de waterstands- en golfberekeningen. Tot de taken van WL | Delft Hydraulics behoorden het controleren van deze waterstands- en golfberekeningen en het bepalen van de uiteindelijke Hydraulische Randvoorwaarden. Johan Dekker en Simone van Schijndel hebben de waterstands- en golfberekeningen gecontroleerd. De verdere uitvoering van het project was in handen van Saskia van Vuren. Zij fungeerde tevens als projectleider en aanspreekpunt voor de opdrachtgever. Tijdens het project is gebruik gemaakt van de expertise van Henk Verheij. Simone van Schijndel heeft de review van het eindrapport verzorgd.

2 Methode voor het bepalen van Hydraulische Randvoorwaarden in de Eem

2.1 Studiegebied

2.1.1 De Eem en de Eemvallei

In WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos (2005) zijn de concept HR2006 bepaald voor de Eem en IJburg en omgeving, zie Figuur 2-1. Met het beschikbaar komen van nieuwe metingen van de hoogten van secundaire waterkeringen in de Eemvallei, zijn de Hydraulische Randvoorwaarden op de as van de Eem in deze studie herzien. De Eemvallei is het gebied tussen Amersfoort en het Gooi-Eemmeer. Via het Gooi-Eemmeer staat de Eemvallei in open verbinding met Markermeer.



Figuur 2-1 Overzicht van het studiegebied

2.1.2 Aanpassingen in de hoogten van de secundaire waterkeringen

Via de methode Flymap zijn de secundaire waterkeringen van het waterschap Vallei en Eem recent opnieuw in kaart gebracht. Met een helikopter zijn nauwkeurige en gedetailleerde hoogtemetingen van het gebied uitgevoerd. Op basis van de Flymap-gegevens is per dijkvak in de Eemvallei één hoogte voor de secundaire waterkering bepaald, die overeenkomt met de 10%-onderschrijdingswaarde van de gemeten kruinhoogten in het betreffende dijkvak. Dat wil zeggen dat voor 90% van de dijken de hoogte groter is dan deze waarde.

De ligging en nummering van de secundaire waterkeringen in de Eemvallei is weergegeven in Bijlage A. Op basis van de nieuwe hoogtemetingen zijn de hoogten van de secundaire waterkeringen voor dijkvak 1 t/m 18 aangepast, met uitzondering van de dijkvakken 7, 8, 9 en 16. Voor de laatstgenoemde dijkvakken zijn geen nieuwe hoogtemetingen beschikbaar en zijn de hoogten uit het oude WAQUA model aangehouden. De 'nieuwe' kruinhoogten voor de andere dijkvakken staan per dijkvak in Tabel 2-1 gespecificeerd. Aangezien dijkvak 10 uit twee delen bestaat, is deze opgedeeld in dijkvak 10a en 10b. Dijkvak 18 is opgesplitst in drie delen. Op enkele stukken blijken de metingen met Flymap niet betrouwbaar, voor deze dijkvakken zijn de waarden handmatig aangepast door Waterschap Vallei en Eem. De metingen voor dijkvak 3 zijn als onbetrouwbaar beschouwd. Voor dit dijkvak is daarom de oude hoogte aangehouden.

Tabel 2-1 Overzicht van de kruinhoogte per dijkvak in de Eemvallei volgend uit recente flymap-metingen en het oude WAQUA model.

Nummer dijkvak	Naam dijkvak	kruinhoogten in oude WAQUA model [m+NAP]	recent gemeten kruinhoogte [m+NAP]	verschil [m]
01	Kade Polder Maten	1,3	1,0*	0,3
02	Bekaaide Maatkade - Noord	1,5	1,1	0,4
03	Bekaaide Maatkade - Zuid	1,0	1,0**	0
04	Zwartenoordkade	0,7	0,5	0,2
05	Bruggemaatskade	1	0,6	0,4
06	Zomerkade Eemlandse dijk	0,7	0,6	0,1
10A	Meentdijk	1,3	1,2	0,1
10b	Zomerdijk - Noord	1,5	1,0*	0,5
11	Kade Maatpolder - Noord	1,3	1,2	0,1
12	Kade Maatpolder - Midden	1,7	1,2	0,5
13	Kade Maatpolder - Zuid	1,0	1,4*	0,4
14	Kade ten zuiden van Eemnesser Buitenvaart	1,7	0,6*	1,1
15	Zomerdijk - Zuid	1,3	1,0*	0,3
17	Baarnse dijk	2,3	1,5	0,8
18A	Eemkade - Noord	2,2	1,1	1,1
18B	Eemkade - Midden	2,2	1,1	1,1
18C	Eemkade - Zuid	2,2	1,0	1,2

* op een aantal stukken blijken de metingen met Flymap niet betrouwbaar, voor deze dijkvakken zijn de waarden handmatig aangepast door Waterschap Vallei en Eem

** de Flymap-metingen zijn voor dit dijkvak niet betrouwbaar, daarom is de oude hoogte toegepast.

In Tabel 2-1 staan ook de ingevoerde hoogten van de secundaire waterkeringen in de Eemvallei in de schematisatie van het WAQUA model, dat is gebruikt voor het vaststellen van de HR2006 voor de Eem in WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005). Uit de tabel blijkt dat de nieuw beschikbare gemeten hoogten van de secundaire keringen in de Eemvallei flink lager zijn dan destijds werd aangenomen.

2.2 Methode voor het vaststellen van Hydraulische Randvoorwaarden

2.2.1 Hydra-M

Het programma Hydra-M is een belangrijk hulpmiddel voor de toetsing en het ontwerp van waterkeringen in het merengebied. Het programma is in de jaren 1995 en 1996 ontwikkeld voor het IJsselmeer en Ketelmeer en is in de jaren daarna ook toegepast op het Markermeer en het Gooi-Eemmeer. In WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos (2005) is het programma gebruikt voor het bepalen van de concept HR2006 voor de eilandengroep IJburg en de Eem.

De invoer van Hydra-M wordt gevormd door de resultaten van een groot aantal waterstandsberekeningen en golfberekeningen bij verschillende combinaties van meerpeil en stormcondities (windrichting en windsnelheid). Op basis van de hydraulische condities ter plaatse van de teen van de dijk en het profiel van de waterkering, kunnen met Hydra-M voor verschillende toetsfrequenties het toetspeil, de benodigde kruinhoogte en illustratiepunten (maatgevende combinatie van waterstand, significante golfhoogte, piekperiode en golfinvalsrichting) van een dijk op statistische wijze worden bepaald. De waterstand ter plaatse van de teen van de dijk wordt bepaald door de gemiddelde waterstand van het meer (afhankelijk van de vullingsgraad, het meerpeil) en lokale effecten, zoals op- en afwaaiing door storm. Daarnaast is het golfklimaat, uitgedrukt in een golfhoogte, een golfperiode en een golfrichting van belang voor golfoploop en golfoverslag. Golfoploop en -overslag op een dijk zijn afhankelijk van het dijkprofiel (profiel, voorland, doorlatendheid en ruwheid van de bekleding van de kering). Het onzekere karakter van het meerpeil en de stormcondities hebben geleid tot de ontwikkeling van het probabilistisch dijktoetsprogramma Hydra-M.

Voor de Eem zijn de waterstandsberekeningen uitgevoerd met WAQUA, zie paragraaf 2.2.2. Voor de golfberekeningen is het eenvoudige 1-D golfgroeimodel van Bretschneider gebruikt, zie paragraaf 2.2.3. Gezien het rekenintensieve karakter van deze berekeningen is het niet haalbaar alle wenselijke combinaties door te rekenen. Daarom is het gebruikelijk het aantal combinaties te beperken tot 216 en vervolgens te interpoleren tussen deze resultaten om de uiteindelijke maatgevende belasting te bepalen. Elke combinatie van meerpeil en windcondities heeft een eigen kans van voorkomen die met behulp van de vastgestelde individuele statistieken kan worden bepaald. Verschillende combinaties van deze randvoorwaarden kunnen tot eenzelfde belasting van de waterkering leiden. Met een statistische berekening kan worden vastgesteld met welke frequentie een bepaalde belasting wordt overschreden.

2.2.2 WAQUA model voor waterstandsberekeningen

Het WAQUA model dat in WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos (2005) is toegepast, is in deze studie gebruikt als basis voor de nieuwe waterstandsberekeningen. In de WAQUA schematisatie zijn de hoogten van de secundaire keringen in de Eemvallei aangepast aan de nieuwe hoogtemetingen die in Tabel 2-1 zijn gepresenteerd.

De aanpassing betreft een handmatige correctie van de hoogten van de secundaire waterkeringen in het originele overlatenbestand van het WAQUA model.

Vanuit het oogpunt van reproduceerbaarheid zijn in deze studie ook de hoogten van de secundaire waterkeringen in de Baseline-schematisatie aangepast. De aanpassingen in de Baseline-schematisatie zijn als volgt doorgevoerd:

1. de secundaire keringen zijn opgeknipt in Baseline conform de indeling in dijkvakken zoals gepresenteerd in Bijlage A en Tabel 2-2;
2. in Arcmap is de nummering van lijnen en punten kloppend gemaakt;
3. in Baseline zijn de kades met de tool “conversie van lijnen en punten” geëxporteerd;
4. het nieuwe kadebestand is gecontroleerd en er is een controle uitgevoerd of de hoogte links en rechts (L_hoogte of R_hoogte) niet hoger is dan de hoogte van de kruin (K_hoogte). Indien dit wel het geval was, dan zijn deze waarden vervangen door de kruinhoogte.

Aangezien het originele overlatenbestand van het WAQUA model nadat het destijds gegenereerd is met Baseline nog is aangepast, zie Alkyon en Meander (2005), zijn de ‘nieuwe’ WAQUA en Baseline-schematisaties met de aangepaste hoogten niet één op één uitwisselbaar. Een export van de ‘nieuwe’ Baseline-schematisatie kan daarom niet zonder meer gebruikt voor de bepaling van HR2006.

2.2.3 Bretschneidermodel voor de golfberekeningen

Voor de bepaling van de golfrandvoorwaarden in de Eemvallei is conform WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005) de Bretschneiderformulering gebruikt. Bretschneider is in principe een puntmodel, waarbij voor elke locatie afzonderlijk met behulp van drie invoerparameters, de strijklengte, de effectieve waterdiepte en de windsnelheid, de significante golfhoogte en de golfpiekperiode in geval van golfgroei door wind met eenvoudige formules kan worden bepaald.

Met het toepassen van Bretschneider wordt geen rekening gehouden met de afhankelijkheid van condities op andere locaties. Het effect van fysische processen zoals, refractie, shoaling, breaking, transmissie, wordt dan ook niet meegenomen. Het eventuele grotere effect van golftransmissie¹, doordat de secundaire waterkeringen op grond van de nieuwe hoogtemetingen lager zijn dan men voorheen dacht, wordt niet meegenomen in de Bretschneiderberekeningen.

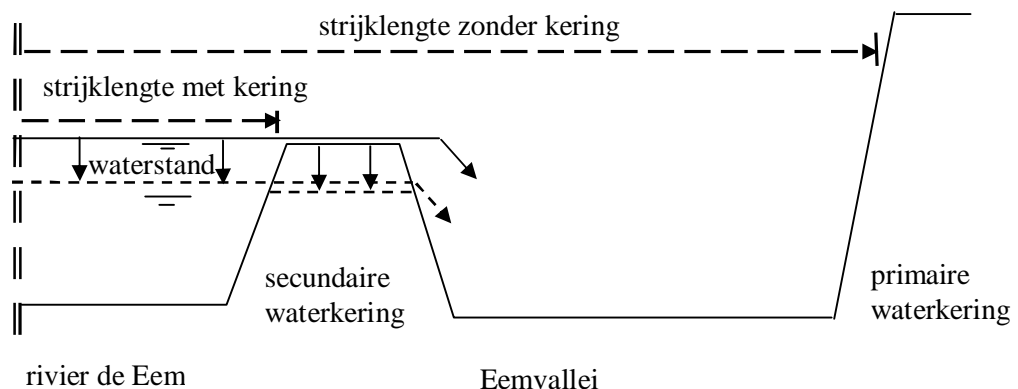
Als gevolg van de nieuwe hoogtemetingen van de secundaire waterkeringen veranderen de waterstandsberekeningen. Hierdoor veranderen de representatieve waterdieptes in de nieuwe Bretschneiderberekeningen ten opzichte van de eerdere set berekeningen in WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005). De overige invoerparameters in de berekeningen met Bretschneider, zoals de windsnelheid en de strijklengtes blijven ongewijzigd, zie de schets in Figuur 2-2. De effectieve bodemligging over die strijklengtes zijn ook niet gewijzigd.

¹ het verschijnsel waarbij grote hoeveelheden water over de kruin van een constructie slaan, hetgeen leidt tot golfvorming erachter (aan de lizijde ervan)

Het feit dat de strijklengtes zelf niet veranderen is het gevolg van de methode waarmee deze zijn bepaald. Bij het vaststellen van de strijklengtes wordt namelijk geen rekening gehouden met de exacte hoogte van de secundaire keringen. De effectieve strijklengte hangt af van het wel of niet meenemen van de secundaire waterkeringen, waarbij in de situatie met secundaire keringen bij het vaststellen van de strijklengten van oneindig hoge keringen is uitgegaan. Er zijn twee sets berekeningen uitgevoerd, één met oneindig hoge en één zonder secundaire waterkeringen. De strijklengtes voor de situatie zonder secundaire waterkeringen zijn groter dan de strijklengtes in de situatie met oneindig hoge secundaire keringen. De effectieve strijklengtes zijn per locatie en per windrichting bepaald.

In WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005) zijn over de vastgestelde strijklengtes de effectieve bodemliggingen bepaald op basis van de bodem die is opgenomen in Baseline. De effectieve bodemligging is een gemiddelde van de bodemligging langs de strijkrichting. Op basis van deze effectieve bodemliggingen en de maximale waterstandsvelden volgend uit de nieuwe WAQUA berekeningen zijn per locatie, per windrichting, per windsnelheid en per meerpeil, de representatieve waterdiepten opnieuw berekend.

Met de nieuwe representatieve waterdieptes (inclusief het effect van opwaaiing), en de onveranderde effectieve strijklengtes en de windsnelheden zijn dan aan de hand van de golfgroeikrommes van Bretschneider, de nieuwe significante golfhoogtes en piekperioden bepaald.



Figuur 2-2 Schets strijklengte en secundaire waterkeringen

2.3 Overzicht randvoorwaarden voor de berekeningen

2.3.1 Combinaties meerpeil en stormcondities

In totaal komt het aantal combinaties van randvoorwaarden in Hydra-M, en de daarmee benodigde waterstand- en golfberekeningen, op 216; 3 meerpeilen, 12 windrichtingen en 6 windsnelheden.

De waterstand- en golfberekeningen zijn uitgevoerd met de volgende meerpeilen:

- Meerpeil 1: - 0.40 m NAP;
- Meerpeil 2: + 0.30 m NAP;
- Meerpeil 3: + 1.40 m NAP.

Deze meerpeilen zijn toegepast in combinatie met de windrichtingen en windsnelheden die staan gegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2 Overzicht windsnelheden en windrichtingen waarvoor berekeningen moeten worden uitgevoerd.

Windrichting [°]	Windsnelheid [m/s]								
000° - 180° (met een interval van 30°)	15	20	23	26	28	30			
210° - 330° (met een interval van 30°)	22			28		33	36	39	42

2.3.2 Stormschematisatie voor productieberekeningen

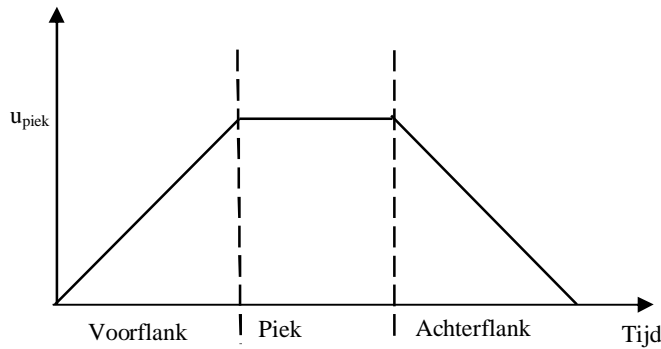
De Eemvallei is een traag systeem (WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos (2005)). Tijdens de storm wordt het water van het Markermeer opgestuwd bij de Stichtse- en Hollandse brug en dit verhang tussen beide bruggen blijft tot enkele uren na de storm intact. Dit heeft tot gevolg dat de hoogste waterstanden op het Gooi- en Eemmeer en de Eem niet tijdens de top optreden, maar tijdens de neergaande flank van de storm. Voor de stormschematisatie van de 216 windvelden in WAQUA wordt gebruik gemaakt van de schematisatie beschreven in WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005). In deze stormschematisatie wordt ook rekening gehouden met het belang van de achterflank van de storm. De toegepaste stormschematisatie heeft de volgende kenmerken, zie ook Tabel 2-3 en Figuur 2-3:

- Het verloop van de storm is geschematiseerd met een trapeziumvorm: 9-4-9 (in uren).
- In de voorflank van de storm draait de wind met 4,4°/uur, tijdens de piek is de draaiing 1,1°/uur en in de achterflank draait de wind niet. De draaiing van de wind is geïmplementeerd op basis van graden, zodat de storm tijdens de voorflank geleidelijk draait en aan het einde van de voorflank de hoofdrichting bereikt.
- Van de Hollandse brug tot aan Nijkerk neemt de wind tot 90% van de oorspronkelijke sterkte af.

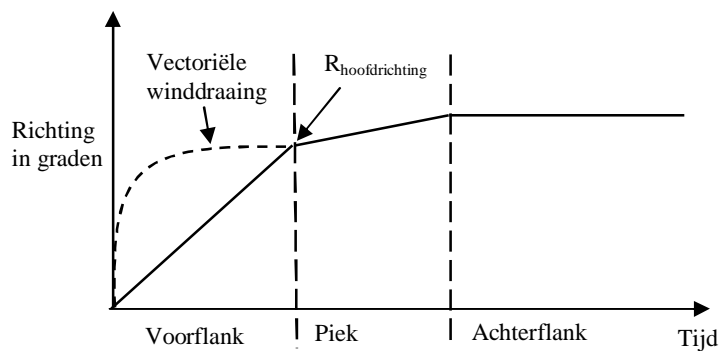
Tabel 2-3 Toegepaste stormschematisatie voor het bepalen van de concept HR2006

		HR2006
Voorflank	Duur	9 uur
	Winddraaiing	39,6°
	Interpolatie winddraaiing	graden
	Start windsnelheid	0 m/s
	Eindwindsnelheid	piekwind
Piek	Duur	4 uur
	Winddraaiing	4,4°
	Interpolatie winddraaiing	graden
	Start windsnelheid	piekwind
	Eindwindsnelheid	piekwind
Achterflank	Duur	9 uur
	Winddraaiing	0°

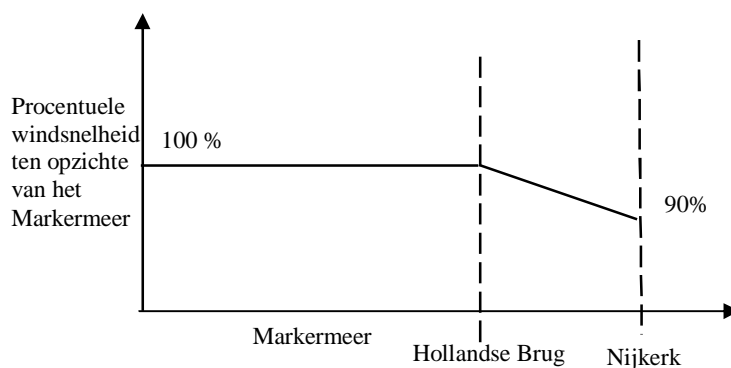
		HR2006
	Interpolatie winddraaiing	graden
	Start windsnelheid	piekwind
	Eindwindsnelheid	0 m/s
Windsnelheid	Ruimtelijke verdeling	lineair Hollandse Brug naar Nijkerk (90%)
	Transformatie $U_p \rightarrow U_{ow}$	Hydra-B



A. Variatie van de windsnelheid in de tijd



B. Verloop van de winddraaiing in de tijd

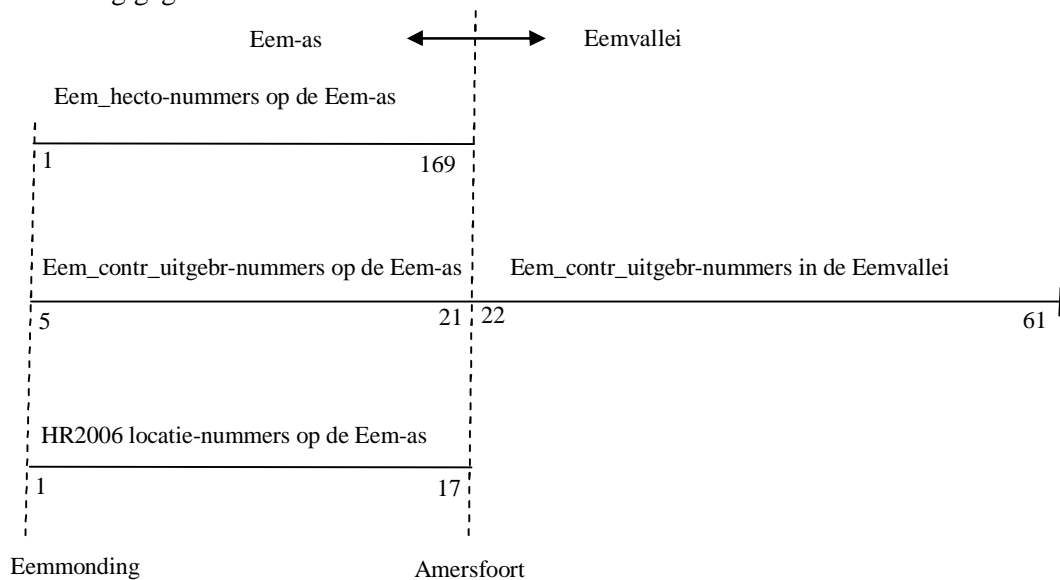


C. Ruimtelijke variatie van de windsnelheid

Figuur 2-3 Karakteristieken van de toegepaste stormschematisatie

2.3.3 Overzicht uitvoerlocaties

Binnen dit project zijn de HR2006 voor de locaties langs de as van de Eem herzien. In WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005) zijn drie typen locaties gedefinieerd: rekenlocaties, controlelocaties en randvoorwaardenlocaties HR2006. De typen locaties hebben elk een eigen doel. Rekenlocaties betreffen alle rekenpunten waarop waterstanden en golfcondities zijn bepaald. De controlelocaties worden gebruikt om de resultaten van de waterstands- en golfberekeningen te controleren. De eerste 17 locaties van de controleset 'Eem_contr_uitgebr' liggen op de as van de Eem (Eem_contr_uitgebr 5 t/m 21). De locaties Eem_contr_uitgebr 22 t/m 61 liggen in de Eemvallei. De controlelocaties Eem_hectometers_1 t/m 169 liggen allemaal op de as van de Eem. De randvoorwaardenlocaties HR2006 zijn die locaties die daadwerkelijk in het Randvoorwaardenboek 2006 zullen worden opgenomen, deze zijn genummerd van 1 t/m 17. Een overzicht van de controle- en HRlocaties is te vinden in Bijlage B. Aangezien in dit rapport regelmatig naar de verschillende nummering wordt verwezen is in Figuur 2-4 een overzicht van de nummering gegeven.



Figuur 2-4 Overzicht locatienumering van de controle-locaties en de HR2006 locaties.

3 Productieberekeningen voor waterstanden en golven

Voor het bepalen van de HR2006 zijn 216 waterstandsberekeningen en golfberekeningen uitgevoerd bij verschillende combinaties van meerpeil en stormcondities (windrichting en windsnelheid). Vanwege het belang van de Hydraulische Randvoorwaarden is de kwaliteitscontrole en de reproduceerbaarheid van de berekeningen een belangrijk aandachtspunt tijdens de uitvoering van dit project. Dit hoofdstuk beschrijft de 216 waterstands- en golfberekeningen niet in detail, maar geeft aan hoe de controle is uitgevoerd. Bij de controle van de waterstands- en golfberekeningen is gekeken naar de fysische én de numerieke juistheid van de berekeningen.

Voorafgaand aan deze controle van de nieuwe set berekeningen is in Paragraaf 3.1 eerst het effect van de nieuwe aangepaste dijkhoogten van de secundaire waterkeringen op de maximale waterstanden en de golfcondities op de as van de Eem bepaald.

3.1 Effect lagere secundaire waterkeringen op waterstands- en golfcondities

3.1.1 Effect op maximale waterstanden

Voor een eerste inschatting van het effect van de lagere keringshoogten van de secundaire waterkeringen is de nieuwe set berekeningen langs de as van de Eem vergeleken met de oude set berekeningen voor de meerpeil-storm-condities behorende bij het gemiddelde illustratiepunt. Het illustratiepunt is de combinatie van meerpeil, windrichting en windsnelheid met de grootste kansdichtheid die leidt tot een hydraulische belasting die met een frequentie van eens per 1250 jaar wordt overschreden. Voor de meeste locaties op de as van de Eem komt het illustratiepunt overeen met een meerpeil van -0,35 m NAP, een windsnelheid tussen de 26 en 32 m/s en een windrichting van 330° NNW (zie Bijlage D). Van de 216 berekeningen, komt de berekening met een meerpeil van -0,4 m NAP, een windsnelheid van 28 m/s en een windrichting van 330° NNW het beste bij deze condities in de buurt.

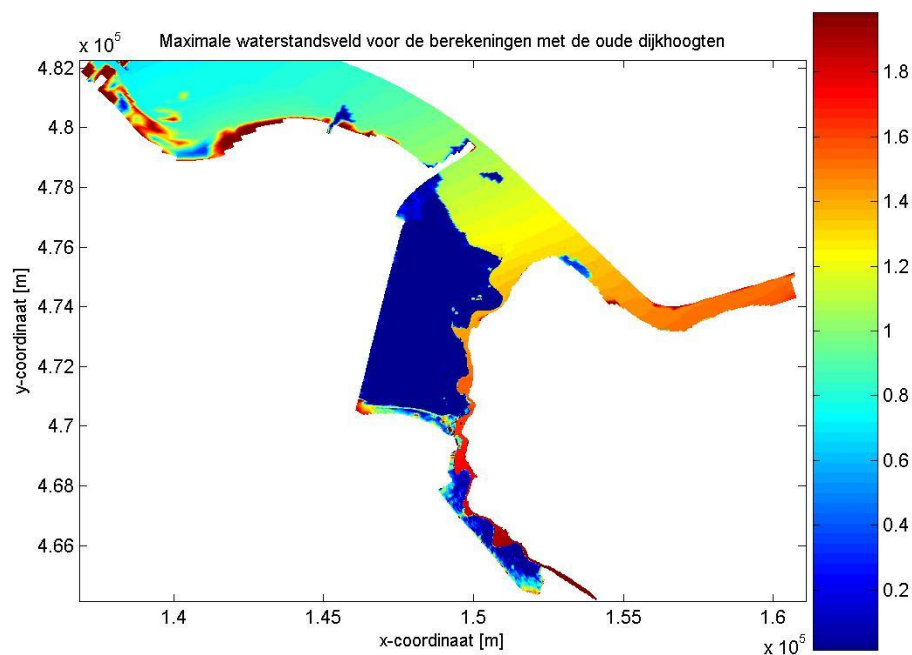
In Figuur 3-1 en Figuur 3-2 staan de maximale waterstanden in de Eemvallei voor de berekeningen met de 'oude' en de 'nieuwe' hoogten van de secundaire keringen. Het verschil tussen beide berekeningen is te zien in Figuur 3-3. In Figuur 3-4 is voor beide berekeningen het verloop van de maximale waterstand langs de as van de Eem te zien (zie voor de nummering Bijlage B).

Figuur 3-4 laat een dip in het verloop van de maximale waterstand langs de rivier zien. De maximale waterstand neemt vanaf de Eemmonding tot aan locatie Eem_contr_uitgebr 6 toe, waarna het afneemt tot Eem_contr_uitgebr 8. Vanaf deze locatie neemt de waterstand in de richting van Amersfoort verder toe. Bij een windrichting van 330° NNW wordt de waterstand op de as van de Eem door opwaaiing beïnvloed.

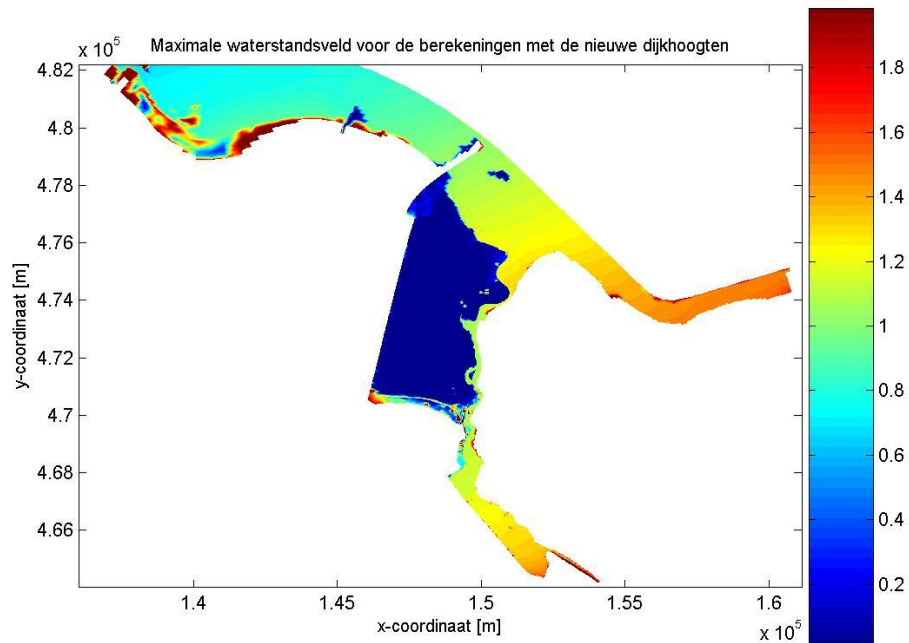
Er wordt onderscheid gemaakt in twee delen. Tot aan locatie 6 wordt de waterstand beïnvloed door opwaaiing vanuit het Eem-Gooimeer. Vanaf locatie 8 tot locatie 13 wordt het verhang op de Eem door wind vanuit de Eemvallei gedomineerd. Dit resulteert in afwaaiing op locatie 8 en opwaaiing in de richting van locatie 13. De overgang tussen beide delen wordt gevormd door een scherpe bocht in de rivier direct bovenstrooms van locatie 6. Door de opstuwung van de waterstand benedenstrooms van de bocht is de waterstand ter plaatse van locatie 6 hoger dan de hoogte van de secundaire kering in dijkvak 12. De hoogte van deze kering is gelijk aan 1,2 m + NAP, zie Tabel 2-1. Hierdoor stroomt het water benedenstrooms van locatie 7 over de secundaire kering. Bovenstrooms van locatie 7 is er sprake van afwaaiing. De waterstand is daar lager dan de keringhoogte van 1,4 m + NAP in dijkvak 13. Het waterstandsverschil tussen de locaties boven- en benedenstrooms van locatie 7 zorgt voor een sprong in het verloop van de maximale waterstand.

Uit Figuur 3-1 tot en met Figuur 3-4 blijkt duidelijk dat de lagere secundaire waterkeringen in de Eemvallei een verlagend effect hebben op de maximale waterstanden langs de as van de Eem. Voor de condities behorende bij het illustratiepunt loopt de verlaging van circa 0,05 m bij de monding op tot ongeveer 0,65 m nabij Amersfoort.

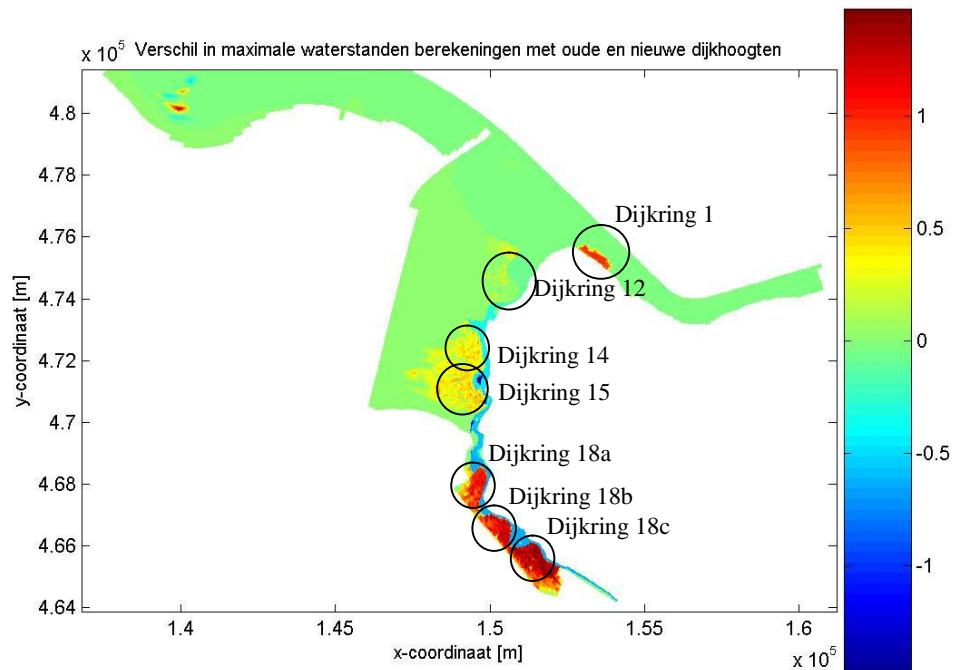
De grootste waterstandsverhoging is te zien in de polders van dijkvak 1 en 18 (zie voor de nummering van de polders Bijlage A). Deze polders staan geheel onder water in de situatie met de lagere waterkeringen. Ook de polders achter dijkvak 12, 14 en 15 beginnen vol te stromen. Voor de keringen van de genoemde dijkvakken zijn de maximale waterstanden op de as van de Eem groter dan de keringshoogten.



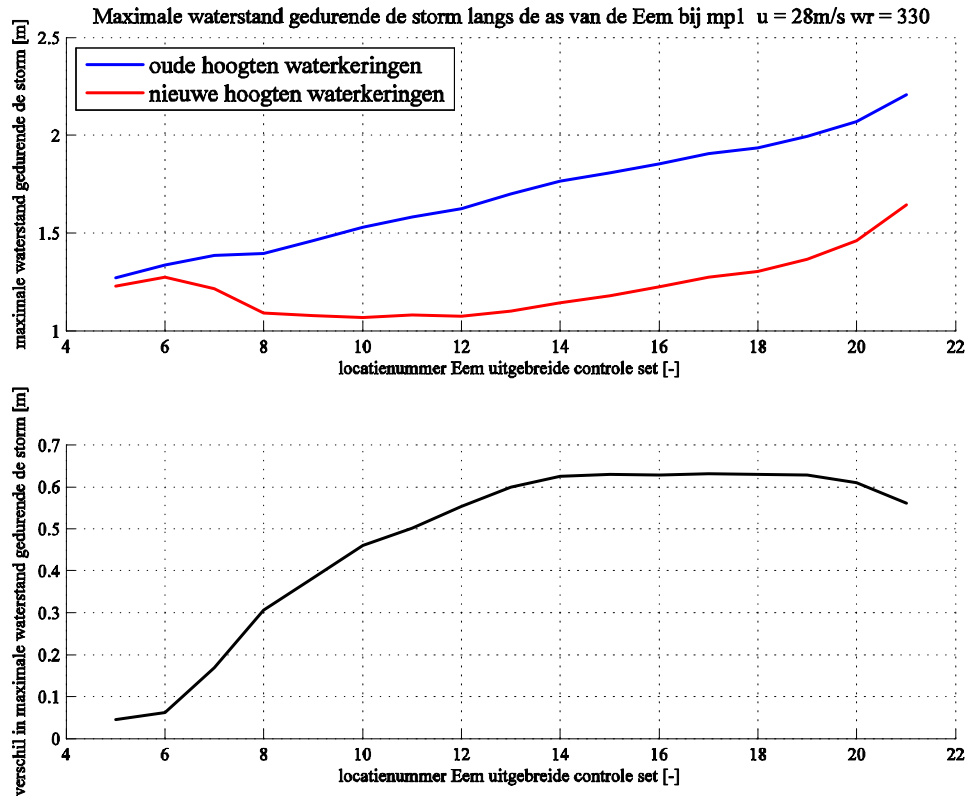
Figuur 3-1 Maximale waterstanden in de Eemvallei uit de WAQUA modelsimulatie met de 'oude' hoogten van de secundaire waterkeringen



Figuur 3-2 Maximale waterstanden in de Eemvallei uit de WAQUA modelsimulatie met de 'nieuw' recent gemeten hoogten van de secundaire waterkeringen



Figuur 3-3 Verschil in maximale waterstanden in de Eemvallei uit de WAQUA modelsimulatie met de 'oude' en 'nieuw' recent gemeten hoogten van de secundaire waterkeringen

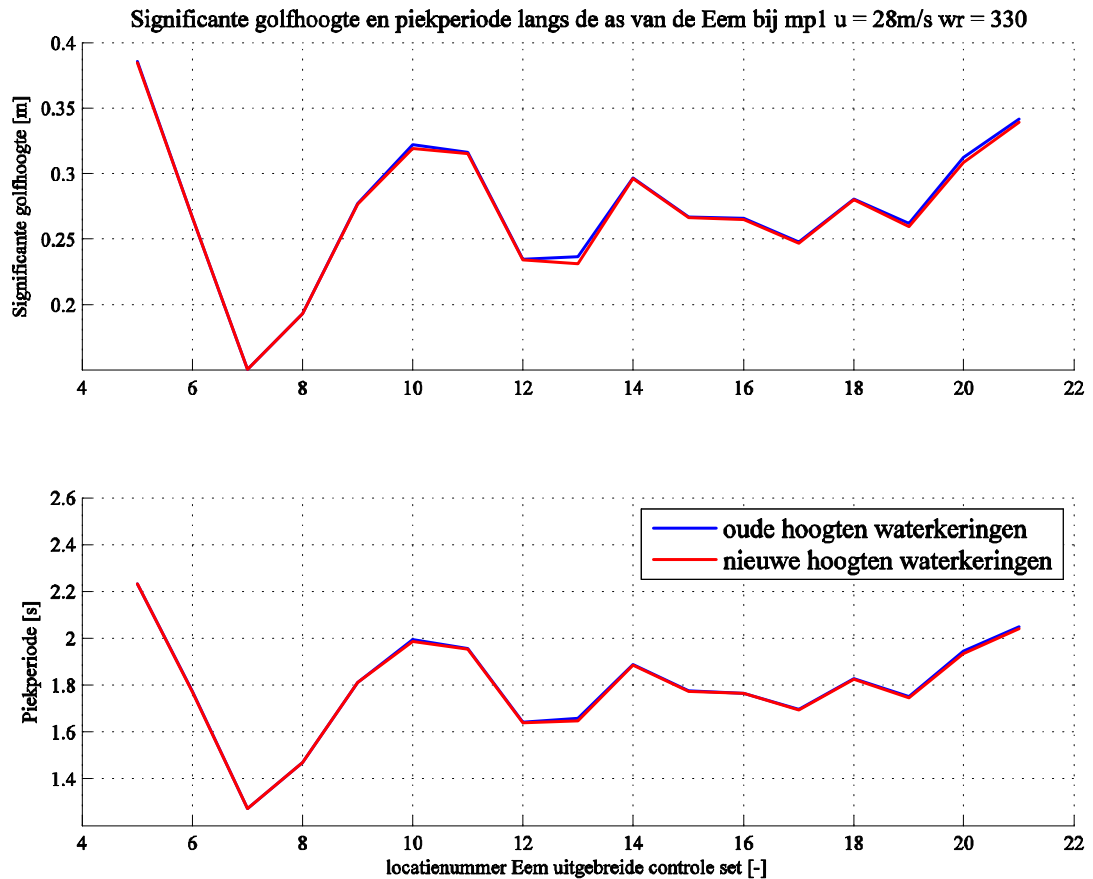


Figuur 3-4 Maximale waterstanden langs de as van de Eem uit de WAQUA modelsimulatie met de 'oude' en de 'nieuwe' hoogten van de secundaire waterkeringen

3.1.2 Effect op golfcondities

Er zijn twee nieuwe sets berekeningen met Bretschneider uitgevoerd, één met oneindig hoge en één zonder secundaire waterkeringen. Als gevolg van de nieuwe hoogtemetingen van de secundaire waterkeringen, veranderen ten opzichte van de oude Bretschneiderberekeningen alléén de representatieve waterdiepten als gevolg van de nieuwe waterstandsberekeningen met WAQUA. De strijklengtes en de effectieve bodemligging over de strijklengtes blijven ongewijzigd, zie Sectie 2.2.3. Het effect van de lagere keringen op golfcondities is onderzocht voor de condities behorende bij het gemiddelde illustratiepunt.

Figuur 3-5 toont het verloop van de 'oude' en de 'nieuwe' significante golfhoogten en de piekperioden op de as van de Eem, voor de Bretschneider-berekeningen met oneindig hoge secundaire waterkeringen. In Sectie 3.1.1 werd geconcludeerd dat de maximale waterstanden als gevolg van de lagere secundaire waterkeringen aanzienlijk veranderen. Uit de figuur blijkt echter dat het effect op de golfcondities gering is. Het geringe effect kan verklaard worden door de zeer korte strijklengtes als gevolg van de compartimentering door de secundaire waterkeringen van het gebied, waardoor golven zich nauwelijks kunnen ontwikkelen. De strijklengtes voor de as van de Eem zijn voor een windrichting van 330° NNW weergegeven in Tabel 3-1. De lagere maximale waterstanden langs de Eemas hebben als gevolg van de korte strijklengtes dan ook nauwelijks invloed op de golfkarakteristieken.



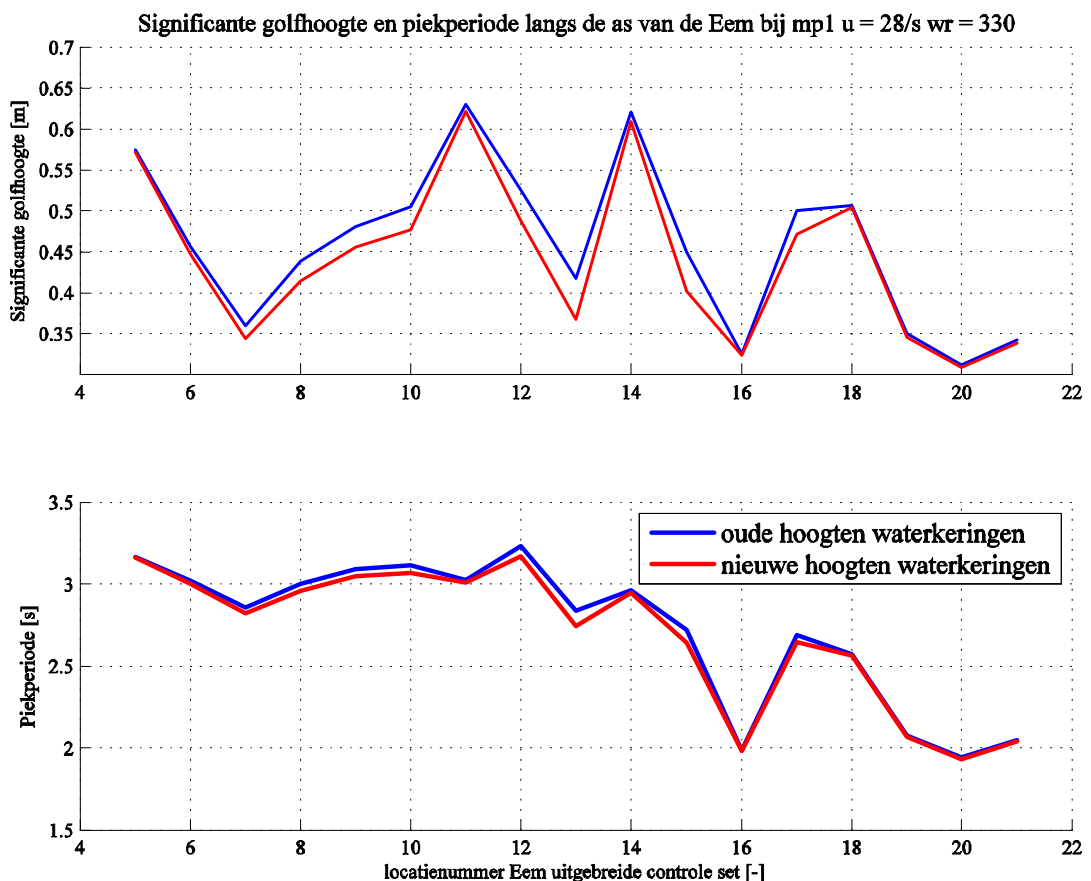
Figuur 3-5 Significante golfhoogte en piekperiode langs de as van de Eem voor de ‘oude’ en de ‘nieuwe’ hoogten van de secundaire waterkeringen, voor de Bretschneiderberekeningen waarbij wél rekening is gehouden met de aanwezigheid van secundaire waterkeringen in de Eemvallei

In de set Bretschneiderberekeningen ‘zonder’ secundaire waterkeringen is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van secundaire keringen. ‘Zonder’ slaat alleen op de Bretschneiderberekeningen. In de WAQUA berekeningen die als invoer dienen voor Bretschneider is het effect van de lagere secundaire waterkeringen uiteraard wel meegenomen. De Bretschneiderberekeningen ‘zonder’ secundaire waterkeringen in Figuur 3-6 laten een ander beeld zien dan Figuur 3-5. Zowel de significante golfhoogten als de piekperiodes nemen als gevolg van de lagere secundaire waterkeringen af. Dit komt doordat de strijklengtes voor de berekeningen zonder secundaire waterkeringen veel groter zijn, zie Tabel 3-1. De strijklengtes in combinatie met de lagere waterdiepten spelen een belangrijkere rol in de golfberekeningen.

Het reducerende effect van de lagere secundaire waterkeringen op de significante golfhoogte en golfperiode voor de berekening met een meerpeil van -0,4 m NAP, een windsnelheid van 28 m/s en een windrichting van 330° NNW uit Figuur 3-6, is maximaal 0,05 m en 0,1 s. Op basis van alle 216 doorgerekende condities volgt dat het verschil in significante golfhoogte en golfperiode kan oplopen tot maximaal 0,22 m en 1,8 s.

Tabel 3-1 De strijklengtes voor de as van de Eem voor de Bretschneiderberekeningen met en zonder secundaire waterkeringen, voor een windrichting van 330° NNW.

Locatienummer Eem uitgebreide controle set	Strijklengtes voor de situatie zonder secundaire keringen [m]	Strijklengtes voor de situatie met secundaire keringen [m]
Eem_contr_uitgebr_5	3413	468
Eem_contr_uitgebr_6	3838	144
Eem_contr_uitgebr_7	4364	36
Eem_contr_uitgebr_8	4043	66
Eem_contr_uitgebr_9	4148	159
Eem_contr_uitgebr_10	3962	275
Eem_contr_uitgebr_11	1882	231
Eem_contr_uitgebr_12	5037	109
Eem_contr_uitgebr_13	2741	127
Eem_contr_uitgebr_14	1631	185
Eem_contr_uitgebr_15	1669	143
Eem_contr_uitgebr_16	240	144
Eem_contr_uitgebr_17	1214	121
Eem_contr_uitgebr_18	722	161
Eem_contr_uitgebr_19	311	144
Eem_contr_uitgebr_20	232	232
Eem_contr_uitgebr_21	287	287



Figuur 3-6 Significante golfhoogte en piekperiode langs de as van de Eem voor de 'oude' en de 'nieuwe' hoogten van de secundaire waterkeringen, voor de Bretschneiderberekeningen waarbij geen rekening is gehouden met de aanwezigheid van secundaire waterkeringen in de Eemvallei

3.2 Methode voor controle van waterstands- en golfberekeningen

Kwaliteitscontrole vormt een integraal onderdeel van dit project. Voor de controle van de waterstands- en golfberekeningen is vastgehouden aan de methode die in WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005) is gehanteerd. Bij de controle van de waterstands- en golfberekeningen is gekeken naar de fysische én de numerieke juistheid van de berekeningen. De controle heeft een tweeledig doel:

1. Identificeren en eventueel afkeuren van foutieve individuele berekeningen;
2. Identificeren en eventueel uit te sluiten locaties voor het vervolg van het bepalen van de Hydraulische Randvoorwaarden.

De controle van de waterstandsberekeningen richtte zich voornamelijk op de parameters waterstand (zowel momentaan als maximaal) en stroomsnelheid. Voor de golfberekeningen zijn de significante golfhoogten en piekperioden gecontroleerd. Bij de controle komen de volgende aspecten aan de orde komen:

- Fysische verklaarbaarheid van waterstanden en golfcondities;
- Consistentie ten opzichte van omliggende rekenpunten;
- Aanwezigheid van spikes in waterstandsvelden;
- Realiteitsgehalte van de stroomsnelheden en golfcondities;
- Numerieke instabiliteiten en gevolgen voor waterstanden en golfcondities.

De controle heeft met name een kwalitatief karakter, waarbij ruim aandacht is besteed aan de te verwachten trends en de ruimtelijke variatie in de resultaten. Met betrekking tot de golfcondities is een aantal numerieke controles uitgevoerd, zoals de consistentie van de golfcondities met de windsnelheid en het meerpeil. Voor meer detailinformatie over de controlemethode wordt verwezen naar WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos (2005).

3.3 Controle waterstandsberekeningen

3.3.1 Beschrijving en uitleg figuren

Ten behoeve van de controle van de waterstandsberekeningen, zijn voor iedere berekening figuren gemaakt van de waterstanden en de stroomsnelheden als functie van ruimte en tijd. Deze figuren worden hieronder toegelicht. Voor de Eemvallei en de as van de Eem is de controle uitgevoerd voor de uitgebreide set controlelocaties die in Bijlage B zijn gegeven.

Voor de controle van de waterstandsberekeningen zijn voor iedere berekening voor de Eemvallei en de as van de Eem de volgende parameters in één figuur weergegeven:

- Waterstand;
- Waterdiepte;
- Stroomsnelheid in x-richting;
- Stroomsnelheid in y-richting;

- Stroomsnelheid;
- Maximale waterstand.

Voor alle parameters worden de waarden op $t = 13$ uur in de figuren opgenomen. Omdat de maximale waterstand niet per definitie op dat tijdstip optreedt, is deze parameter toegevoegd aan de figuren. Voor iedere locatie is daarom de maximale waterstand gedurende de gehele storm bepaald. Op locaties met afwaaiing treedt de maximale waterstand waarschijnlijk aan het begin van de storm op, omdat daar de waterstand daalt als de storm sterker wordt. Op locaties met opwaaiing zal de hoogste waterstand optreden rond of juist na het hoogtepunt van de storm.

In Bijlage C is een voorbeeld zichtbaar van het resultaat. Voor een meerpeil van $-0,40$ m NAP, een windsnelheid van 28 m/s en een windrichting van 330° NNW zijn voor de as van de Eem de genoemde parameters gepresenteerd. Omdat WAQUA in drooggevallen punten de bodemhoogte als waarde geeft, is in de figuren door middel van een kruis aangegeven als het een droog punt betreft. In alle overige gevallen is de waarde aangegeven door middel van een driehoek.

Naast deze figuren zijn voor alle berekeningen het ruimtelijke waterstandsveld en het ruimtelijke beeld van de snelheid gepresenteerd op het tijdstip $t = 13$ uur. Een voorbeeld van deze figuur is eveneens zichtbaar in Bijlage C.

Tot slot is voor drie locaties op de as van de Eem het verloop van de waterstand en de stroomsnelheid in de tijd gepresenteerd. Tabel 3-2 toont de locaties en Bijlage C geeft een voorbeeld.

Tabel 3-2 Overzicht van de 3 locaties waarvoor het verloop in de tijd wordt gepresenteerd

Locatie	Gebied	m-coörd.	n-coörd.	x-coörd.	y-coörd
1	Eemmond	301	498	151157,3	476063,9
2	Eem (Eem_contr_uitgebr_13)	297	226	149610,2	469206,3
3	Amersfoort	303	5	154023,0	464275,5

3.3.2 Bevindingen tijdens de controle van de waterstandsberekeningen

Conform WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos (2005) is, voorafgaand aan de controle, nagegaan of de berekeningen op de juiste wijze zijn afgerond. Bovendien is geverifieerd of de figuren die voor de controle zijn gebruikt geen onrechtmatigheden laten zien met betrekking tot de beschikbare informatie. Op basis van deze beide punten is geconcludeerd dat alle berekeningen op de juiste wijze zijn uitgevoerd.

Fysische verklaarbaarheid van waterstanden

De figuren tonen in het algemeen een logisch verloop van de waterstanden in de Eemvallei. Bezien vanaf de monding, neemt langs de rivieras de waterstand bij toenemende windsterkte af als de wind uit zuidelijke richtingen komt en toe bij noordelijke winden. Evenals in de berekeningen voor WL | Delft Hydraulics en Witteveen & Bos (2005) is het verhang over de totale lengte van de rivier onder rustige condities circa $0,80$ m. De implementatie van de juiste hoogte van de keringen heeft hier geen invloed op.

Voor de nieuwe berekeningen geldt ook dat de verschillen met eerdere SOBEK-berekeningen verklaard kunnen worden door de manier waarop de randvoorwaarden zijn gedefinieerd en het verschil tussen een 1D- en 2D-aanpak (WL | Delft Hydraulics, 2000).

Consistentie ten opzichte van omliggende rekenpunten

In het algemeen is de consistentie ten opzichte van omliggende punten groot. In punten waar dat niet het geval is, is dat te verklaren vanuit de lokale omstandigheden. Zo is in WL | Delft Hydraulics en Witteveen & Bos (2005) al een verklaring gegeven voor de kleinere waterdiepte in locatie 33 op de as van de Eem; dit is het gevolg van interpolatie van bodemgegevens.

Aanwezigheid van spikes in waterstandsvelden

In de berekeningen zijn geen spikes in de waterstanden zichtbaar. De westzijde van de vallei valt vaak droog, maar dat is in overeenstemming met de verwachtingen. De resultaten in de eerste vier punten van de uitgebreide controleset wijken af ten opzichte van de punten op de as van de Eem, maar dat komt omdat deze loodrecht op de monding van de Eem liggen.

Realiteitsgehalte van de stroomsnelheden

In het westelijke deel van de Eemvallei blijven de stroomsnelheden over het algemeen laag. Alleen bij een hoog meerpeil en zeer sterke wind komen de stroomsnelheden boven de 1 m/s uit. Op de as van de Eem kunnen de stroomsnelheden hoger zijn. In het bovenstroomse deel lopen de snelheden bijvoorbeeld op tot boven de 2 m/s. Dit is het gevolg van de geometrie van de Eem; in dit deel is de rivier relatief smal.

Numerieke instabiliteiten en gevolgen voor waterstanden

In de gecontroleerde berekeningen zijn geen incorrecte waterstanden ten gevolge van numerieke instabiliteiten geconstateerd.

3.3.3 Conclusies op basis van controle van de waterstandsberekeningen

Het doel van de controle was te bepalen of het nodig was individuele berekeningen af te keuren en om te bepalen of locaties afgekeurd moeten worden voor het vaststellen van de HR2006.

Alle berekeningen zijn tot een goed einde gekomen en er zijn geen numerieke instabiliteiten geconstateerd. Er is daarom geen reden individuele berekeningen af te keuren.

De resultaten voor de Eemvallei in zijn geheel zijn betrouwbaar. Een groot aantal locaties in het westelijk deel van de vallei staat droog, maar dat is verklaarbaar door het gedrag van het systeem.

In WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos (2005) zijn in de controlefase van de HR2006 de locaties aan de westzijde en oostzijde van de Eemvallei alsnog afgekeurd.

Op deze locaties treedt als gevolg van de compartimentering door secundaire waterkeringen zeer vaak droogval op. Op een aantal locaties treedt hierdoor een fout op in de Hydra-M berekening. Dit is te verklaren doordat er in het geval van droogval toch vaak golfcondities met Bretschneider zijn berekend. Het feit dat er tijdens droogval in het ene geval wel en in het andere geen golfcondities worden berekend, leidt tot problemen tijdens de interpolatie tussen modelgegevens bij de verschillende meerpeil en stormcondities in Hydra-M. Hierdoor zijn de resultaten op de locaties waar relatief vaak droogval optreedt niet betrouwbaar.

3.4 Controle golfberekeningen

3.4.1 Beschrijving en uitleg figuren

Om de HR2006 te kunnen bepalen zijn in totaal 216 golfberekeningen uitgevoerd. Voor deze berekeningen is uitgegaan van de waterstandsberekeningen die in de vorige paragraaf zijn besproken. De controle van de golfberekeningen richtte zich op de parameters significante golfhoogte H_s en piekperiode T_p . Voor de controle zijn voor iedere golfberekening, voor de as van de Eem en de Eemvallei, figuren gemaakt die het ruimtelijk verloop van deze parameters weergeven. Een voorbeeld van deze figuren is te zien in Figuur 3-7. In de figuren zijn de resultaten van de berekeningen met oneindig hoge secundaire keringen in het blauw en zonder secundaire keringen in het rood gepresenteerd.

3.4.2 Bevindingen tijdens de controle van de golfberekeningen

Consistentie ten opzichte van omliggende locaties

Uit de visuele inspectie van de figuren met de resultaten in de locaties blijkt dat de consistentie van de resultaten ten opzichte van omliggende locaties voor de as van de Eem goed is. Voor de locaties in de Eemvallei gaat dit slechts ten dele op. Met name aan de westzijde zijn de verschillen in de representatieve bodemligging van locatie tot locatie soms vrij groot, waardoor ook grote verschillen in de golfhoogte en golfperiode ontstaan.

Consistentie golfcondities met windsnelheid

Over het algemeen mag verwacht worden dat de golfhoogte en golfperiode toenemen bij toenemende windsnelheid en hoger meerpeil. Deze consistentie van de golfcondities met windsnelheid en meerpeil is gecontroleerd met behulp van een Matlab script. Uit de resultaten blijkt dat alle gevallen waarbij toenemende windsnelheid leidt tot lagere golfcondities optreden bij wind uit zuidoostelijke tot zuidwestelijke richting. Bij deze windrichtingen treedt afwaaiing op, waardoor de diepte kleiner wordt. In enkele locaties zijn voor een aantal lagere windsnelheden wel, maar voor hogere windsnelheden geen golfgegevens. Dit wordt veroorzaakt door droogval van de locaties.

Consistentie golfcondities met meerpeil

Er zijn geen gevallen gevonden waarbij de golfcondities afnamen bij een hoger meerpeil. De resultaten zijn dus consistent met het meerpeil.

Consistentie met / zonder secundaire keringen

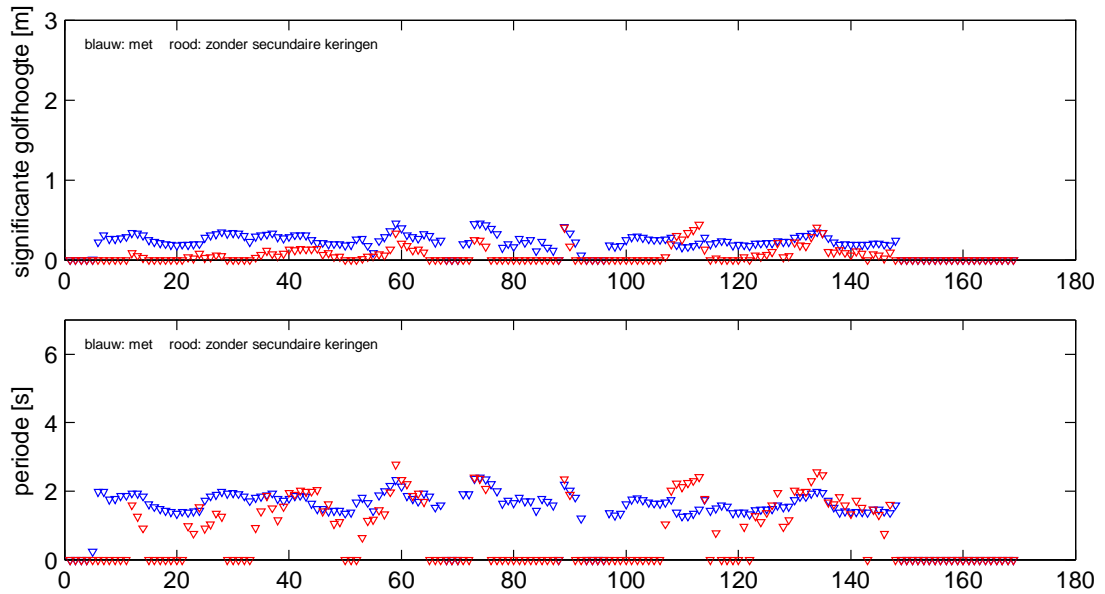
Voor de Eemvallei zijn berekeningen uitgevoerd voor de situatie met oneindig hoge en zonder secundaire keringen. Omdat 'zonder' secundaire keringen de strijklengtes over het algemeen groter zijn, werd verwacht dat de golfcondities ook hoger zouden zijn. Dit is met de bovengenoemde Matlab script ook nagegaan. Uit deze controle blijkt echter dat voor een groot aantal locaties de golfhoogte en golfperiode 'zonder' secundaire keringen lager zijn dan in de situatie met oneindig hoge secundaire keringen. Figuur 3-7 geeft hiervan een voorbeeld. In de situaties waarvoor dit het geval is treedt afwaaiing op. De wind komt dan uit het zuid-zuidwesten en zorgt ervoor dat het water uit de Eem geblazen wordt. Het verschil tussen de resultaten kan worden verklaard uit een verschil in representatieve waterdiepte voor de twee situaties. Een met WAQUA berekende maximale waterstand resulteert immers voor verschillende effectieve bodemligging en strijklengte voor de situatie zonder en met de secundaire keringen, in een andere representatieve waterdiepte.

Voor de condities rond het illustratiepunt zien we dat het beeld van de golfcondities wel aan de verwachting voldoet. De golfcondities zijn dan als gevolg van de grotere strijklengtes voor de situatie zonder secundaire keringen hoger dan voor de situatie met oneindig hoge keringen, zie de verschillen tussen Figuur 3-5 en Figuur 3-6.

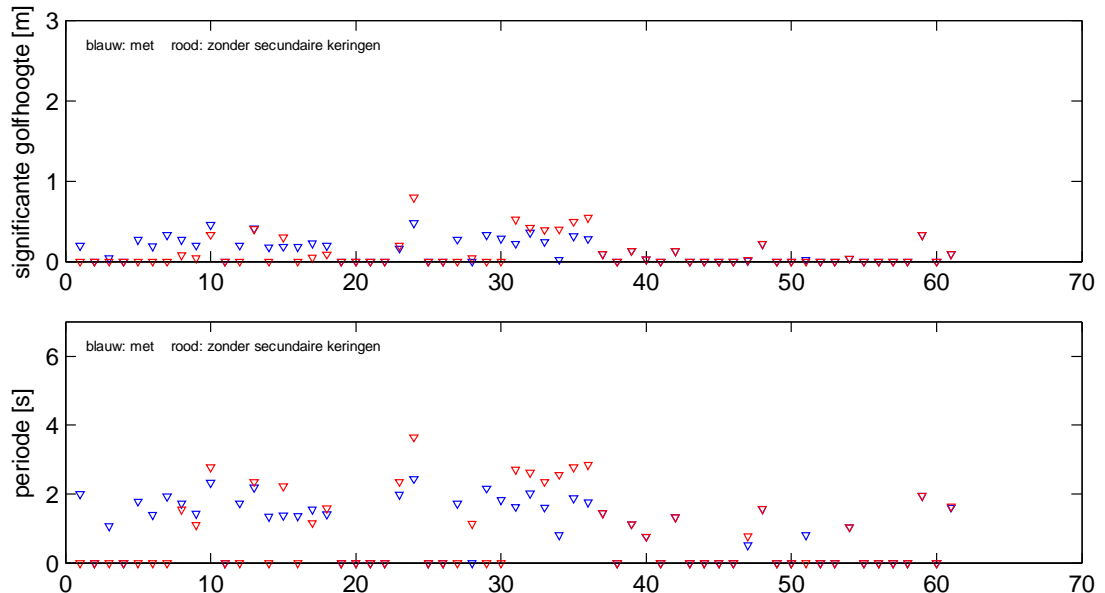
Het grootste verschil in significante golfhoogte voor de locaties van de uitgebreide controleset voor de Eem is iets meer dan 0,6 m; het grootste verschil in piekperiode is ongeveer 2,7 s.

Afwijkende waarden

Tenslotte zijn de resultaten nog gecontroleerd op afwijkende, extreme grote, waarden voor de golfhoogte of golfperiode. Deze blijken niet voor te komen. De hoogste condities hebben golfhoogtes tot $H_s = 1,5$ m en golfperiodes kleiner dan $T_p = 5,0$ s. Dit zijn voor het betreffende gebied realistische waarden.



Rekenresultaten op de as van de Eem (Eem_hectometer-nummer 1-169)



Rekenresultaten in op de as van de Eem en de Eemvallei (locatienummer Eem uitgebreide controleset 1- 61)

Figuur 3-7 Voorbeeld waarbij Bretschneider resultaten langs de as van de Eem (alle locaties in bovenste figuur en eerste 21 locaties in de onderste) en in de Eemvallei (locatie 22 t/m 69 in de onderste figuur) met oneindig hoge secundaire keringen hogere waarden geven dan zonder secundaire keringen (meerpeil NAP-0.4m, windsnelheid 28 m/s, windrichting 240°N)

3.4.3 Conclusies op basis van controle van de golfberekeningen

De resultaten van de Bretschneider berekeningen voor de Eemvallei vertonen weinig tot geen onrechtmatigheden. Wat wel opvallend is, is dat in een vrij groot aantal locaties de golfcondities zonder secundaire keringen lager zijn dan met oneindig hoge secundaire keringen. Dit wordt veroorzaakt door de representatieve waterdiepte.

4 Bepalen Hydraulische Randvoorwaarden

In dit hoofdstuk zijn de concept HR2006 voor de Eem herzien als gevolg van nieuwe hoogtemetingen van de waterkeringen in de Eemvallei. Een overzicht van de Eem locaties waarvoor de hydraulische belasting opnieuw is bepaald, is gegeven in Sectie 4.1.

Voor het bepalen van de herziene HR2006 is Hydra-M toegepast. Het aanmaken van de nieuwe Hydra-M database wordt, samen met de overige instellingen van Hydra-M, kort besproken in Sectie 4.2. In principe vindt het aanmaken van de nieuwe database op dezelfde wijze plaats als in WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005). Een uitzondering hierop is dat voor het vullen van de HR2006-database, de Bretschneider-resultaten voor de situatie met oneindig hoge én zonder secundaire waterkeringen zijn gebruikt. Er zijn dus in plaats van één, twee nieuwe databases aangemaakt. Uiteindelijk worden er twee van deze nieuwe databases opgeleverd, namelijk twee met de resultaten voor alle rekenlocaties én twee met uitsluitend de resultaten voor de HR2006 locaties.

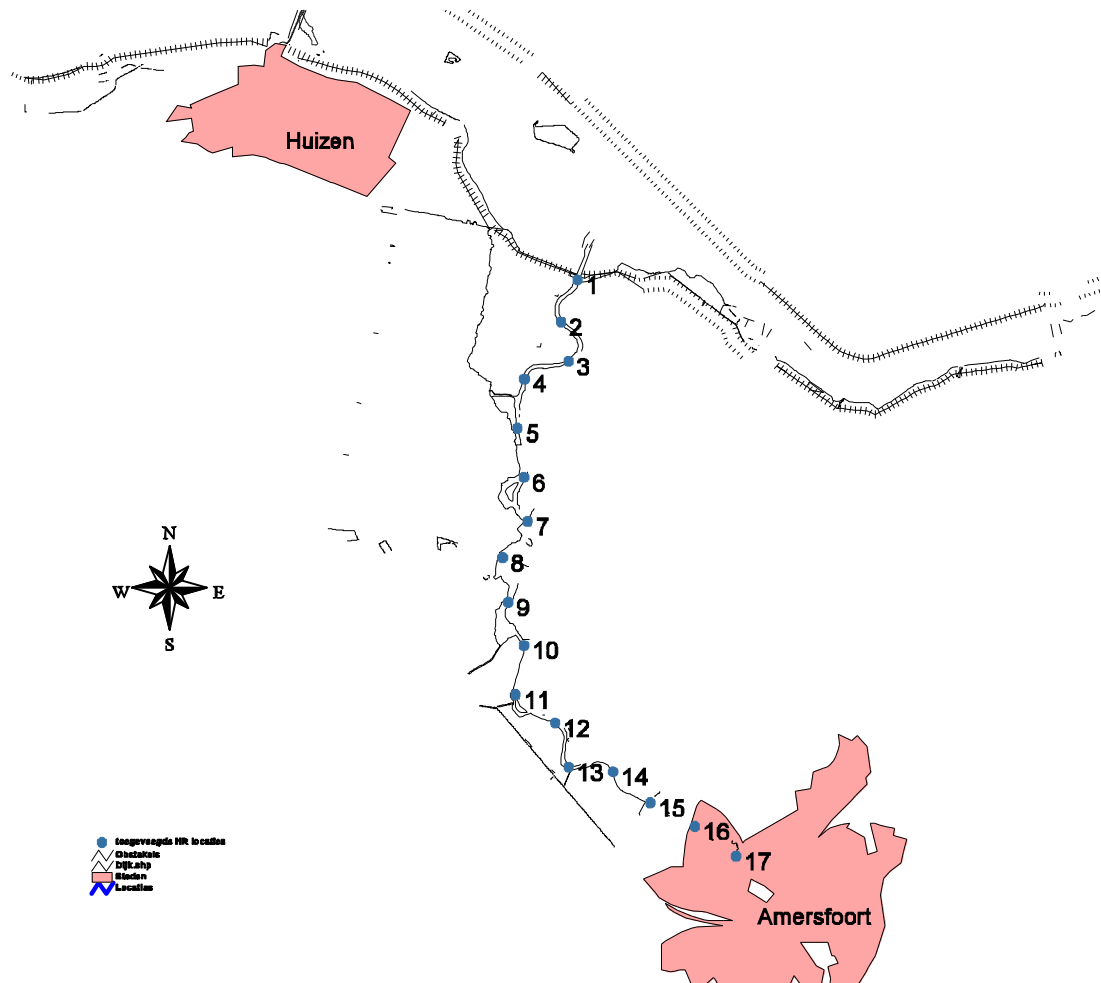
Na het verwerken van de waterstands- en golfberekeningen in de nieuwe Hydra-M database, zijn de herziene Hydraulische Randvoorwaarden in Sectie 4.3 bepaald. Ter controle van de HR2006 berekeningen is conform WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005) een aantal consistentietesten uitgevoerd. Bovendien is voor een aantal locaties langs het Eem-Gooimeer die reeds in de HR2001 zijn opgenomen, de herziene HR2006 vergeleken met de HR2001.

Om het effect van de lagere secundaire keringen op de Hydraulische Randvoorwaarden te bepalen is tot slot in Sectie 4.5 een vergelijking gemaakt tussen de herziene en oude concept HR2006 (WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos, 2005).

4.1 Overzicht locaties HR2006

De locaties waarvoor de HR2006 zijn bepaald, zijn in overleg met de opdrachtgever vastgesteld. Hierbij is rekening gehouden met de resultaten van de controle van zowel de waterstandsberekeningen en de golfberekeningen.

In WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005) zijn in de controlefase van de concept HR2006, de locaties aan de westzijde en aan de oostzijde van de Eem afgekeurd. In overleg met de opdrachtgever is besloten alleen de HR2006 te bepalen voor de 17 locaties die op de as van de Eem liggen. Figuur 4-1 toont een overzicht van de HR-locatie met de bijbehorende nummers. In deze Bijlage B is de naamgeving gegeven die voor deze locaties in het Hydraulisch Randvoorwaardenboek wordt gebruikt.



Figuur 4-1 Overzicht HR2006 locaties op de as van de Eem

4.2 Database en instellingen van Hydra-M

4.2.1 Hydra-M database

Op basis van de nieuwe waterstands- en golfberekeningen zijn de nieuwe Hydra-M databases in overeenstemming met WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005) aangemaakt. Een aantal keuzes en aannamen dat met betrekking tot het genereren van Hydra-M invoerbestanden is gemaakt, is hieronder kort samengevat.

Interpolatie- en reproductiefuncties

Ten eerste is een keus gemaakt ten aanzien van de interpolatievorm. In Sectie 2.2.1 is reeds aangegeven dat het aantal berekeningen dat de invoer vormt van de Hydra-M database beperkt is tot 216 combinaties meerpeil en windcondities. Om de uiteindelijke maatgevende belasting te bepalen wordt geïnterpoleerd tussen de resultaten van deze berekeningen. Er zijn twee interpolatievormen mogelijk:

- Een eenvoudige vorm van interpolatie (bilineair) tussen de modelresultaten;
- Een geavanceerde vorm van interpolatie, waarbij gebruik gemaakt wordt van reprofuncties, die opgesteld zijn voor de fysische grootheden waterstand, significante golfhoogte, piekperiode en gemiddelde golfrichting.

In dit project wordt gebruikt gemaakt van de eenvoudige vorm van interpolatie, met uitzondering van gemiddelde golfrichting. Voor de golfrichting wordt gebruik gemaakt van de reprofunctie. In WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005) is vastgesteld dat het effect van de verschillende interpolatievormen op toetspeilen, benodigde kruinhoogten en illustratiepunten beperkt is.

De reprofunctie voor de golfrichting per windrichting bestaat uit de gemiddelde waarde van de berekende golfrichtingen voor alle combinaties van windsnelheid en meerpeil (Beyer & Blaakman, 1999). In de reprofunctie is de golfrichting uitgedrukt in de richting waar de golven naar toe gaan. Dit is tegengesteld aan de nautische conventie, die de richting aangeeft waar de wind die de golven opwekt vandaan komt. Er bestaat dus een verschil van 180° tussen wind- en golfrichting.

Invoer waterstands- en golfberekeningen in Hydra-M

De waterstands- en golfberekeningen voor de 216 combinaties van meerpeil en stormcondities vormen samen met de reprofuncties voor de golfrichting, op verschillende locaties in de Eemvallei de invoer voor de nieuwe Hydra-M database HR2006. Het database-bestand is als volgt opgebouwd:

- op de eerste regel staan de x- en y-coördinaten van de betreffende locatie met het aantal windrichtingen;
- op de volgende regels staan per windrichting, achtereenvolgens de constanten van de reprofuncties en de modelgegevens gesorteerd naar combinaties van meerpeil en windsnelheid (eerst de laagste snelheden gecombineerd met oplopende meerpeilen). De volgende modelgegevens zijn opgenomen: (1) de significante golfhoogte, (2) de golfrichting, (3) de golfperiode, (4) de waterdiepte, (5) de stroomsnelheid, (6) de stroomrichting, (7) de golflengte, (8) de waterdiepte en (9) de waterstand t.o.v. NAP.

De modelgegevens van het Hydra-M databasebestand voor de Eemvallei staan in Tabel 4-1.

De significante golfhoogte en golfpiekperiode zijn afkomstig van de berekeningen met Bretschneider. De golflengte wordt niet direct door Bretschneider bepaald, maar kan met behulp van de waterdiepte uit de WAQUA resultaten en de piekperiode uit de Bretschneider resultaten worden afgeleid.

De golfrichting wordt ook niet berekend met Bretschneider. De golfrichting is in de database van Hydra-M gelijk gesteld aan de windrichting. De golfrichting wordt in de database uitgedrukt in cartesische conventie, dat wil zeggen dat de richting wordt uitgedrukt ten opzichte van de x-as. De positieve golfrichting is de richting tegen de klok in ten opzichte van de x-as. De windrichting in nautische conventie is als volgt omgerekend naar cartesische conventie: $\theta_{\text{golf}} = 270 - \theta_{\text{wind}}$. Als blijkt dat θ_{golf} kleiner is dan 0, dan moet er 360° bij worden opgeteld.

Naast de Hydra-M databasebestanden zijn locatiebestanden aangemaakt waarin de namen van de locaties met bijbehorende x- en y-coördinaten staan gespecificeerd.

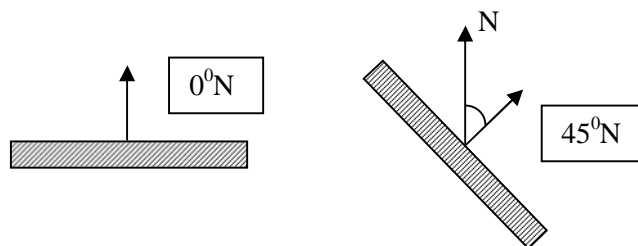
Tabel 4-1 Modelgegevens in Hydra-M-databasebestanden voor de Eem

Modelgegevens in Hydra-M-databasebestanden voor de Eem		
Significante golfhogte	H_{sig}	Significante golfhogte volgt uit de Bretschneider resultaten
Golfrichting	θ	Golfrichting is gelijkgesteld aan de windrichting. De golfrichting in Hydra-M is in cartesische conventie. De windrichting in nautische conventie is als volgt omgerekend naar cartesische conventie: $\theta = 270 - \theta_{wind}$ als $\theta < 0$, dan $\theta = \theta + 360$
Piekgolfperiode	T_p	Piekgolfperiode volgt uit de Bretschneiderresultaten
Waterdiepte	d	Waterdiepte volgt uit de WAQUA resultaten
Absolute stroomsnelheid en stroomrichting	$u, u_{richting}$	De stroomsnelheden in x- en y-richting uit de WAQUA resultaten zijn omgerekend naar de absolute snelheid en de richting
Golflengte	L	De golflengte is als volgt afgeleid: $L_0 = \frac{g}{2\pi} T^2$ $L = L_0 \left(1 - e^{-\left(\frac{2\pi d}{L_0} \right)^{1.25}} \right)^{0.4}$ d is de waterdiepte t.o.v. NAP uit de WAQUA resultaten T is de gemiddelde golfperiode, $T = T_p / 1.25$, met T_p de piekperiode uit de Bretschneider resultaten
Waterstand t.o.v. NAP	h	Voor de waterstand t.o.v. NAP is de maximale waterstand tijdens de WAQUA simulatie gebruikt

4.2.2 Dijkprofiel

Niet alleen de hydraulische condities, maar ook het profiel van de waterkering is bepalend voor de uiteindelijke belasting op de dijk. De golfoploop en -overslag op een dijk zijn afhankelijk van het dijkprofiel (profiel, voorland, doorlatendheid en ruwheid van de bekleding van de kering).

Voor het bepalen van illustratiepunten en benodigde kruinhoogten is uitgegaan van een standaard dijkprofiel met een 1:4 talud zonder berm of voorland, een grasbekleding en een toelaatbaar overslagdebiet van 1 l/s/m. Per locatie is de dijk normaal ten opzichte van de Noord gespecificeerd. De dijk normaal, de loodlijn op de dijk, is hierbij vanaf de dijk gericht. Figuur 4-2 geeft schematisch de definitie van de dijk normaal.



Figuur 4-2 Definitie van dijk normaal

4.3 Bepalen Hydraulische Randvoorwaarden 2006

Met behulp van de nieuwe Hydra-M database zijn voor elke HR2006 locatie langs de as van de Eem de toetspeilen, illustratiepunten en benodigde kruinhoogte berekend voor de situatie met oneindig hoge én zonder secundaire waterkeringen. Berekeningen zijn uitgevoerd met de volgende toetsfrequenties:

- 1/1000;
- 1/1250;
- 1/2000;
- 1/4000;
- 1/10000.

De resultaten bij een toetsfrequentie van 1/1250 vormen de herziene concept HR2006. De volgende consistentietesten zijn uitgevoerd om de HR2006 te controleren:

1. Ruimtelijk verloop van toetspeilen, illustratiepunten en benodigde kruinhoogten langs de Eem.
2. Relatie tussen toetspeilen, illustratiepunten en benodigde kruinhoogten én herhalingstijd

In Bijlage D zijn de complete resultaten voor de Eem opgenomen, voor de berekeningen voor de situatie met oneindig hoge én zonder secundaire waterkeringen. De informatie wordt in de volgende tabellen en figuren in Bijlage D gepresenteerd:

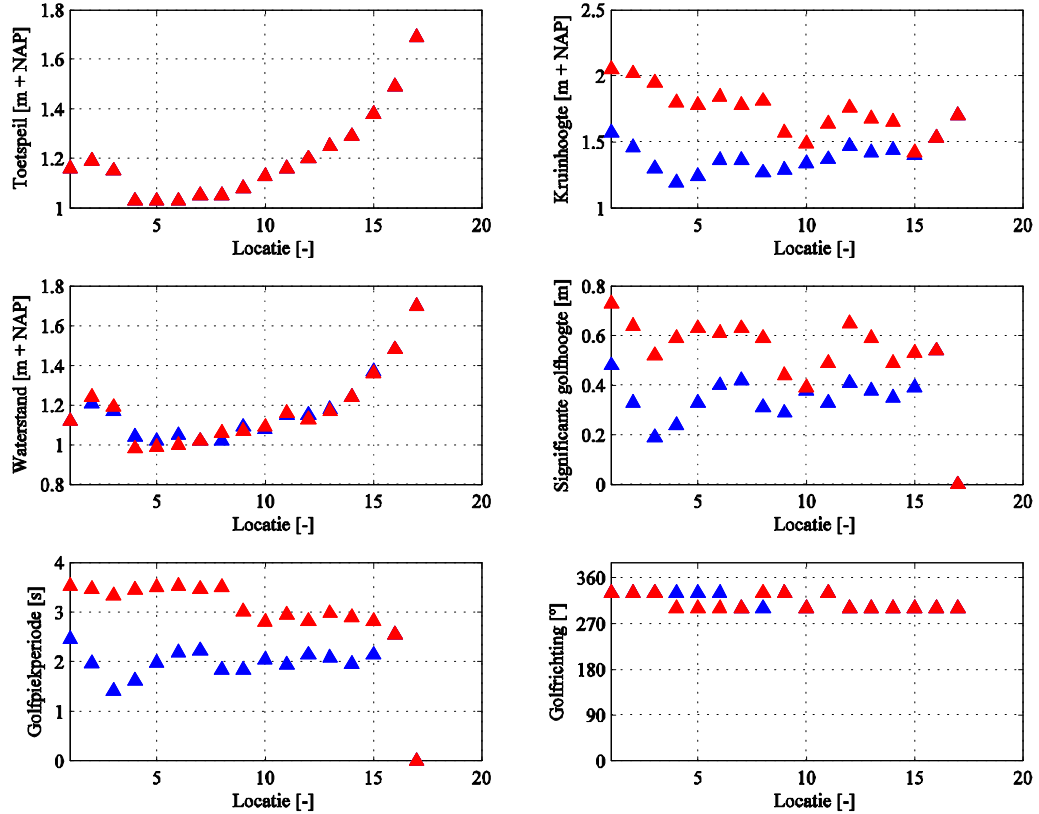
- Tabel met het overzicht van de locaties voor de HR2006 waarin de dijknormaal is aangegeven;
- Tabellen met de toetspeilen, benodigde kruinhoogten en illustratiepunten voor achtereenvolgens 1/1000, 1/1250, 1/2000, 1/4000 en 1/10.000;
- Figuren met de toetspeilen, benodigde kruinhoogten, illustratiepunten en condities (meerpeil en windcondities) behorende bij de illustratiepunten voor achtereenvolgens 1/1000, 1/1250, 1/2000, 1/4000 en 1/10.000;
- Figuren waarin de toetspeilen, benodigde kruinhoogten en illustratiepunten voor alle herhalingstijden in één figuur zijn opgenomen.

In het linkerboven panel van Figuur 4-3 is het verloop van de toetspeilen weergegeven bij een toetsfrequentie van 1/1250. Het toetspeil loopt van ongeveer 1,2 m + NAP bij de monding van de Eem op tot ongeveer 1,7 m +NAP nabij Amersfoort. Een verklaring voor de dip in het verloop van de toetspeilen is gegeven in Sectie 3.1.1.

In Figuur 4-4 zijn de benodigde kruinhoogten voor de situatie zonder secundaire keringen bij een toetsfrequentie van 1/1250 grafisch weergegeven. In Figuur 4-3 is voor zowel de situatie met oneindig hoge als zonder secundaire keringen het verloop van de toetspeilen, benodigde kruinhoogten en illustratiepunten langs de Eem-as te zien. De figuren laten een geleidelijk verloop van de benodigde kruinhoogten over de as van de Eem zien. Voor beide set berekeningen geldt dat de benodigde kruinhoogte van Amersfoort in de richting van de Eemmonding toeneemt. De golfcondities nemen in deze richting toe, terwijl het toetspeil in deze richting juist afneemt.

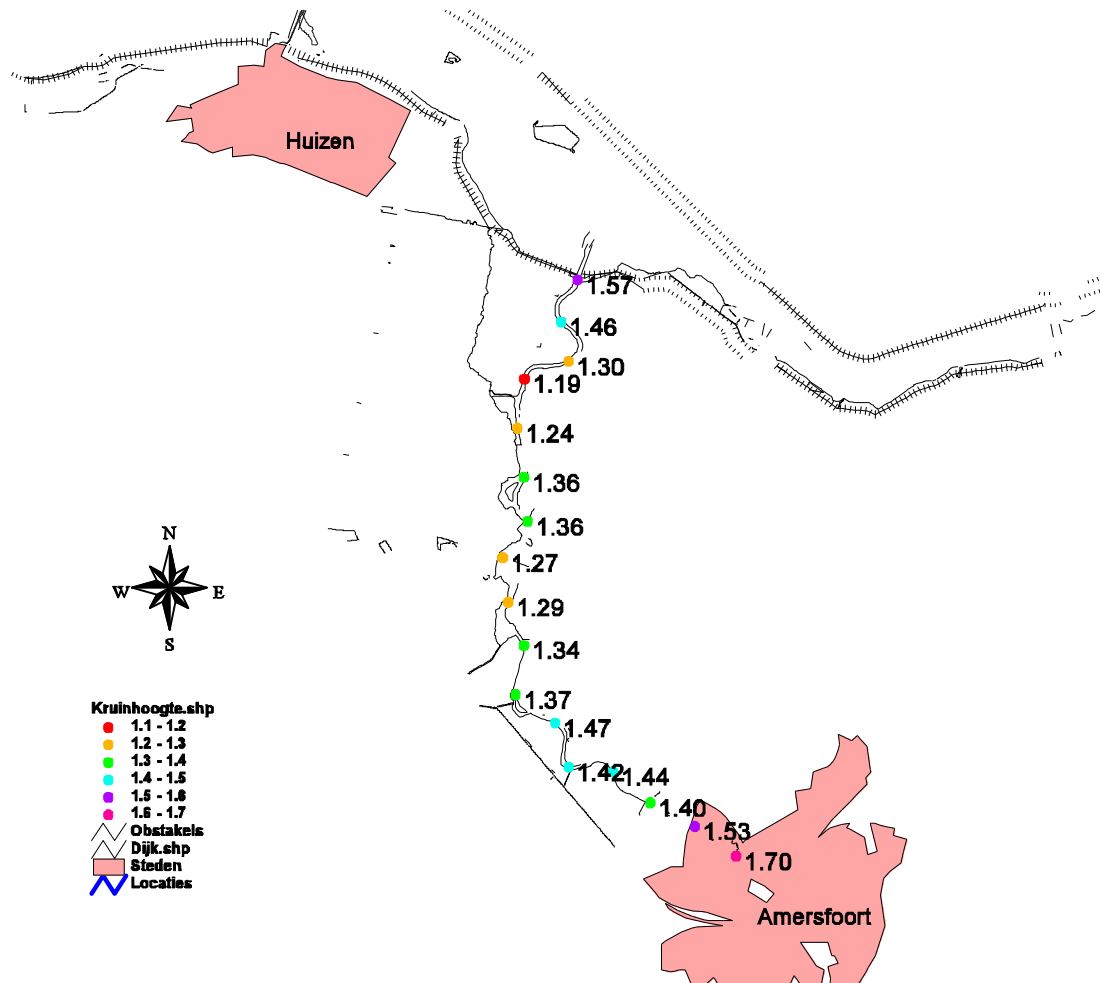
We kunnen daarom concluderen dat in de richting van Amersfoort naar de Eemmonding, de aanwezigheid van windgolven steeds meer bepalend is voor de hydraulische belasting van de dijken de langs de Eem.

Toetspeilen, Kruinhoogten en Illustratiepunten op de Eem bij toetsfrequentie $1/n = 1/1250$ blauw = met, rood = zonder secundaire keringen



Figuur 4-3 Verloop van de toetspeilen, benodigde kruinhoogten en illustratiepunten langs de Eem voor de situatie met oneindig hoge en zonder secundaire keringen bij een toetsfrequentie van $1/n = 1/1250$

Het verschil tussen de beide sets berekeningen is te zien in Figuur 4-6. De golfcondities ter plaatse van de teen van de dijk zijn, als gevolg van de grotere strijklengtes, voor de situatie zonder secundaire keringen hoger dan voor de situatie met oneindig hoge keringen. Dit resulteert in hogere benodigde kruinhoogten voor de situatie zonder secundaire keringen. Het verschil in benodigde kruinhoogten en golfcondities tussen de berekeningen met oneindig hoge en zonder secundaire keringen is het grootst bij de monding van de Eem. We constateerden reeds dat de bijdrage van golfloop aan de hydraulische belasting daar het grootst is. Het effect van het al dan niet meenemen van secundaire waterkeringen in de golfberekeningen telt daar dan ook het sterkst door.



Figuur 4-4 De benodigde kruihoogten langs de Eem voor de situatie zonder secundaire keringen, bij een toetsfrequentie van 1/1250

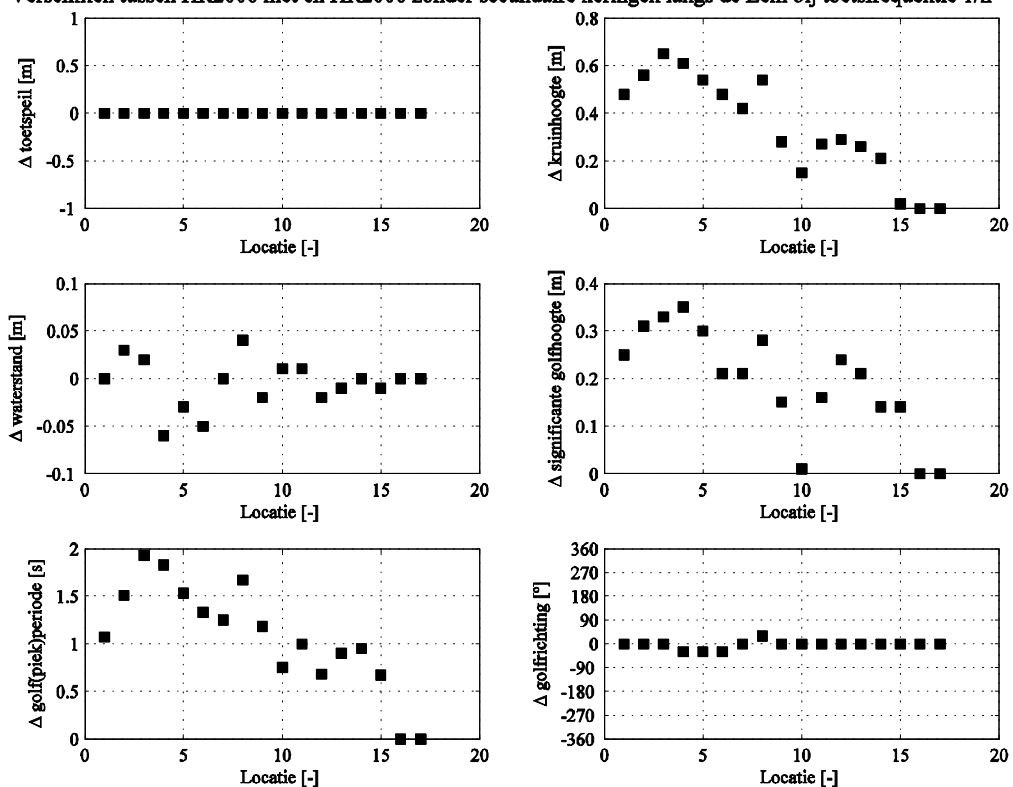
Voor HR-locatie 17 worden voor de condities rondom het illustratiepunt met Bretschneider geen golfcondities bepaald. De maatgevende golfhoogte en golfperiode zijn daar gelijk aan nul, zie Figuur 4-3. Aangezien langs de as van de Eem voor de 216 doorgerekende condities nooit droogval optreedt, kan de oorzaak niet bij het incidenteel droogvallen van deze locaties worden gezocht. De maatgevende windrichting voor HR-locatie 17 is gelijk aan 300° WNW, zie Figuur 4-6. Bij deze windrichting blijkt de effectieve bodemligging volgens Bretschneider hoger te liggen dan de maximale waterstand. In dat geval is de representatieve waterdiepte gelijk aan nul, waardoor er geen golfcondities worden bepaald. De effectieve bodemligging is met een waarde van 4,2 m + NAP onrealistisch hoog, aangezien de windrichting van 300° WNW gelijk is aan de oriëntatie van de as van de Eem. Ook voor de windrichtingen tussen 180° Z en 270° WNW ligt de effectieve bodem hoger dan de waterstand. Voor deze windrichtingen zijn de relatief hoge effectieve bodemliggingen echter wel te verklaren, vanwege de aanwezigheid van een woonwijk ten zuid, zuid-westen van de Eem.

Voor de benedenstroomse HR-locaties 15 en 16 zijn voor de maatgevende windrichting van 300° WNW wel realistische bodemliggingen bepaald aan de hand van het hoogtebestand. Er zijn voor deze locaties dan ook gewoon golfcondities uitgerekend.

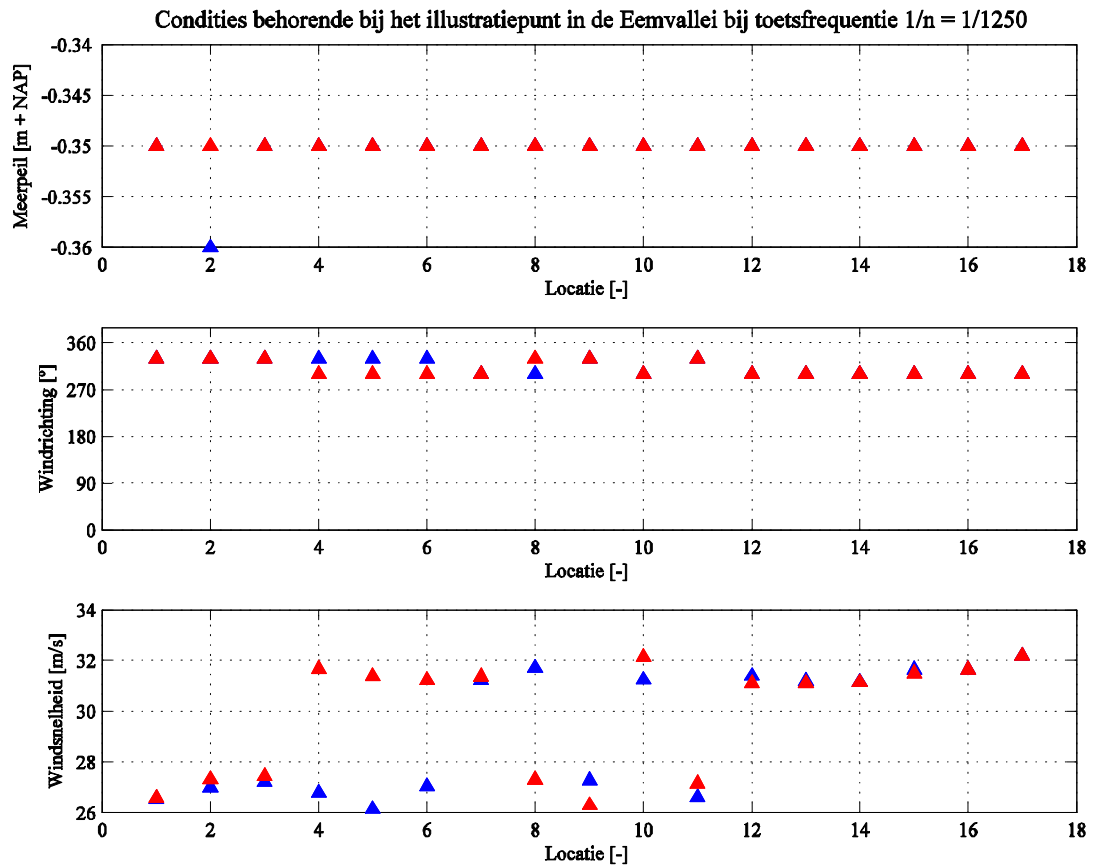
Op deze locaties worden de golfcondities gedomineerd door de korte strijklengtes en is daardoor de bijdrage van golven aan de hydraulische belasting gering, zie Figuur 4-3. In overleg met de opdrachtgever is de HR-locatie 17 niet uit de datababase verwijderd, maar wordt voor deze locatie aangeraden om in het vervolg tijdens het gebruik van de Hydra-M database de toetspeilen van HR-locatie 17 en de golfcondities van HR-locatie 16 te combineren.

Tot slot is voor alle locaties op de rivieras van de Eem gecontroleerd of een hogere herhalingstijd resulteert in een toename van toetspeilen, illustratiepunten en benodigde kruinhoogten. Dit is inderdaad het geval. Een hogere herhalingstijd leidt op alle locaties tot een toename in toetspeil en benodigde kruinhoogte.

Verschillen tussen HR2006 met en HR2006 zonder secundaire keringen langs de Eem bij toetsfrequentie $1/n = 1/1250$



Figuur 4-5 Verschil in toetspeilen, benodigde kruinhoogten en illustratiepunten langs de Eem tussen de situatie zonder en met oneindig hoge secundaire keringen bij een toetsfrequentie van $1/n = 1/1250$



Figuur 4-6 Conditie behorende bij het illustratiepunt langs de Eem voor de situatie zonder secundaire keringen, bij een toetsfrequentie van $1/1250$

4.4 Vergelijking van HR2006 met HR2001

Voor het bepalen van de HR2006 worden de randvoorwaarden uit 2001 grotendeels overgenomen, met uitzondering van de nieuwe locaties in de Eemvallei en in de omgeving van IJburg, zie WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005). Om te bepalen of de nieuwe randvoorwaarden consistent zijn met de randvoorwaarden uit 2001, zijn voor een aantal bestaande locaties in het Eem-Gooimeer uit de database van de HR2001, nieuwe HR berekeningen gemaakt.

De vergelijking voor de Eemvallei is slechts voor een beperkt aantal punten mogelijk doordat in 2001 de Eemvallei nog niet in de schematisatie was opgenomen. Tabel 4-2 geeft een overzicht van de locaties waarvoor de vergelijking is uitgevoerd. In Bijlage B is een figuur opgenomen waarin deze locaties staan aangegeven. Op deze locaties zijn de herziene HR2006 voor de situatie met oneindig hoge en zonder secundaire waterkeringen vergeleken met de HR2001.

Bij de vergelijking tussen de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 en 2006 is het nodig rekening te houden met onderstaande aspecten:

- het verschil in WAQUA schematisatie voor de productiesommen van de HR2001 en de HR2006;
- het verschil in golfmodel dat gebruikt is voor de productiesommen van de HR2001 en HR2006.

Tabel 4-2 Overzicht van de locaties in de Eemvallei waarvoor de vergelijking tussen HR2006 en HR2001 is uitgevoerd

Locaties Gooi- en Eemmeer					
	<i>Naam locaties HR2001-database</i>	<i>Naam locaties HR2006-database</i>	<i>x-coördinaat</i>	<i>y-coördinaat</i>	<i>richting dijknormaal</i>
1.	dp12.1 Spakenburg	Gooi_Eem_reken_57	154527	474609	40
2.	dp14.8 Oude Pol	Eem_contr_uitgebr_1	152583	475790	355
3.	dp7.3 Wielse Sluis	Gooi_Eem_reken_33	158491	473973	350
4.	dp9.1 Nekkeveld	Gooi_Eem_reken_43	156741	473224	12
5.	GG Gooijergracht	Eem_contr_uitgebr_3	149539	476711	47
6.	hm21.3 Eemmeerdiijk O	Gooi_Eem_reken_258	152115	477583	225
7.	hm24.4 Eemmeerdiijk W	Gooi_Eem_reken_270	153843	475918	225
8.	hm26.3 Eemmeerdiijk	Gooi_Eem_reken_282	155404	474187	225
9.	hm29.3 Nijkerkerdiijk	Gooi_Eem_reken_9	158262	474157	162
10.	SB Stichtse Brug	Gooi_Eem_reken_99	148889	478515	62

Tabel 4-3 geeft een overzicht van de verschillen in aanpak tussen HR2006 en HR2001.

Tabel 4-3 Overzicht van de gebruikte modellen en enkele parameters voor de berekeningen in de Eemvallei

Locaties Gooi- en Eemmeer		
	<i>HR2001</i>	<i>HR2006</i>
Type golfmodel	HISWA	Bretschneider
Waterbewegingsmodelschematisatie	1997 - Delft2D	2005 - WAQUA

Voor het Gooi- en Eemmeer is een ontwerprequentie van 1/4000 van toepassing. De toetspeilen, benodigde kruinhoogten en illustratiepunten bij deze ontwerprequentie zijn voor de locaties uit Tabel 4-2 weergegeven voor de HR2001 en de HR2006 in Figuur 4-7. Figuur 4-8 geeft de verschillen tussen de HR2001 en de HR2006. De numerieke waarden voor de vergelijking tussen HR2001 en HR2006 voor het Gooi-Eemmeer staan in Bijlage F.

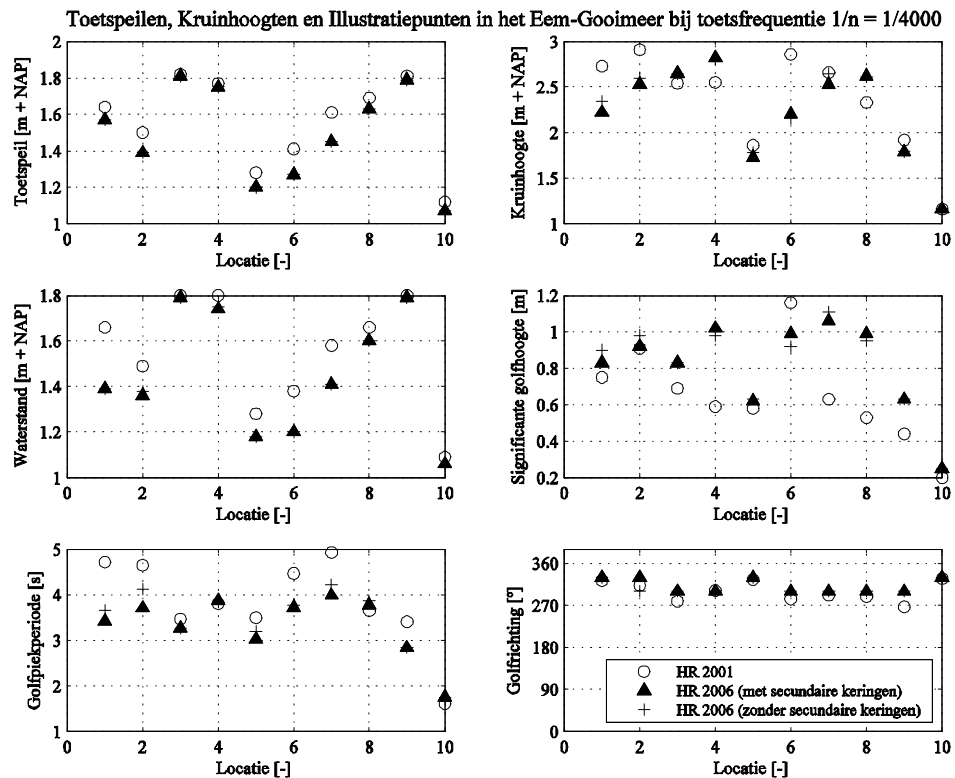
De toetspeilen tussen de HR2001 en HR2006 komen redelijk met elkaar overeen. De verschillen in toetspeilen tussen de HR2001 en de HR2006 bedragen maximaal 0,16 m en vallen voor drie locaties niet binnen de gewenste marge van 0,1 m, zie WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos (2005).

De grootste verschillen in de benodigde kruinhoogten en de illustratiepunten zijn waargenomen langs de Eemmeerdiijk, ter plaatse van locaties 1, 2, 6 en 7. Deze verschillen zijn met name te verklaren door het verschil in de gebruikte golfmodellen HISWA (HR2001) en Bretschneider (HR2006). In de figuren is te zien dat de verschillen in golfpiekperiode tussen de HR2001 en de HR2006 berekeningen op deze locaties groot zijn. Op locatie 6 is bovendien het verschil in significante golfhoogte groot. Als gevolg daarvan zijn de verschillen tussen de berekende benodigde kruinhoogten voor de HR2001 en de HR2006 groot.

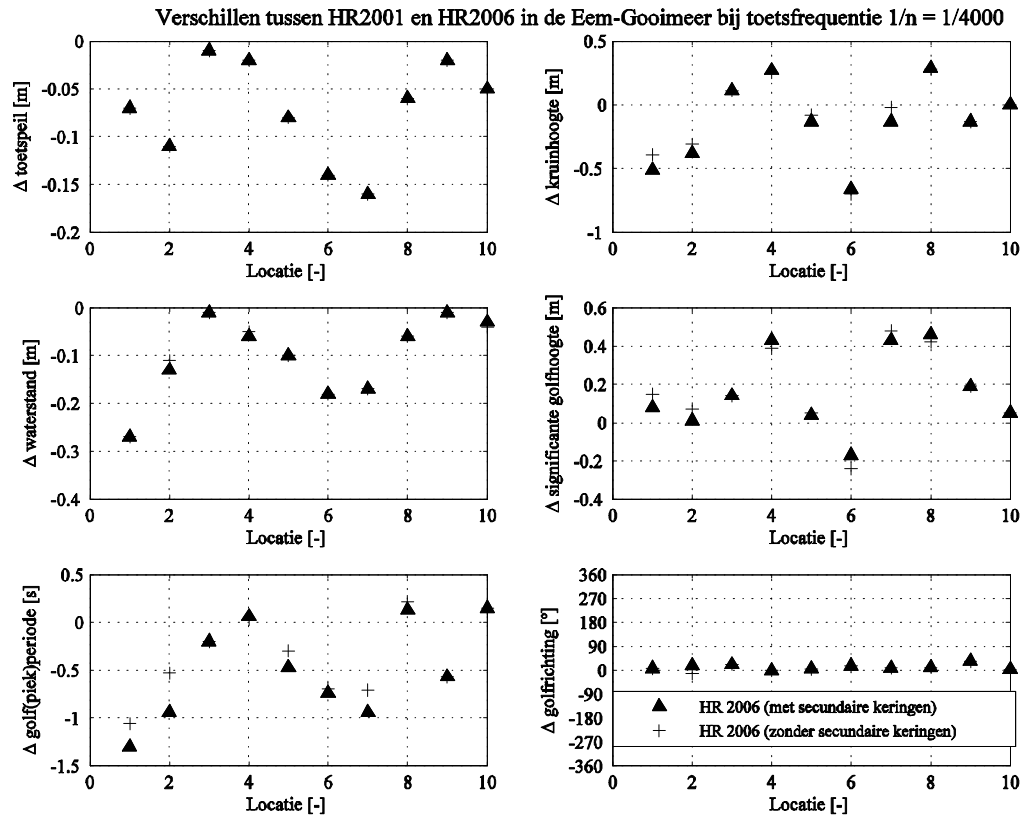
Bretschneider is in principe een puntmodel, waarbij voor iedere locatie een afzonderlijke golfgroei-berekening wordt gemaakt aan de hand van slechts drie invoerparameters, de strijklengte, de waterdiepte en de windsnelheid. De effectieve waterdiepte per locatie is bepaald op basis van waterstandsberekeningen in WAQUA en de effectieve bodemligging over de strijklengte per windrichting. Er geldt dus één bodemligging per locatie. Er wordt geen rekening gehouden met ruimtelijke variaties in de bodemligging. Ter plaatse van locaties 1, 2, 6 en 7, loopt de vaargeul evenwijdig aan de Eemmedijk. In de richting loodrecht op de dijk varieert de bodemhoogte dus aanzienlijk. Daarnaast ligt in de omgeving van locatie 6 het eiland 'Dode Hond', waardoor de invloed van de aanpak met Bretschneider vermoedelijk groter is.

In een gebied dat zich kenmerkt door geulen en ondiepten kun je eigenlijk niet spreken van een representatieve gemiddelde bodemdpte en is Bretschneider minder geschikt om golfcondities te bepalen.

Ook wordt er geen rekening gehouden met de afhankelijkheid van golfcondities op andere locaties. Het effect van fysische processen zoals, refractie, shoaling, breaking, transmissie, wordt niet meegenomen.



Figuur 4-7 Toetspeilen, benodigde kruihoogten en illustratiepunten voor 1/4000 langs de Eem voor de HR2001 en de HR2006 met oneindig hoge en zonder secundaire keringen

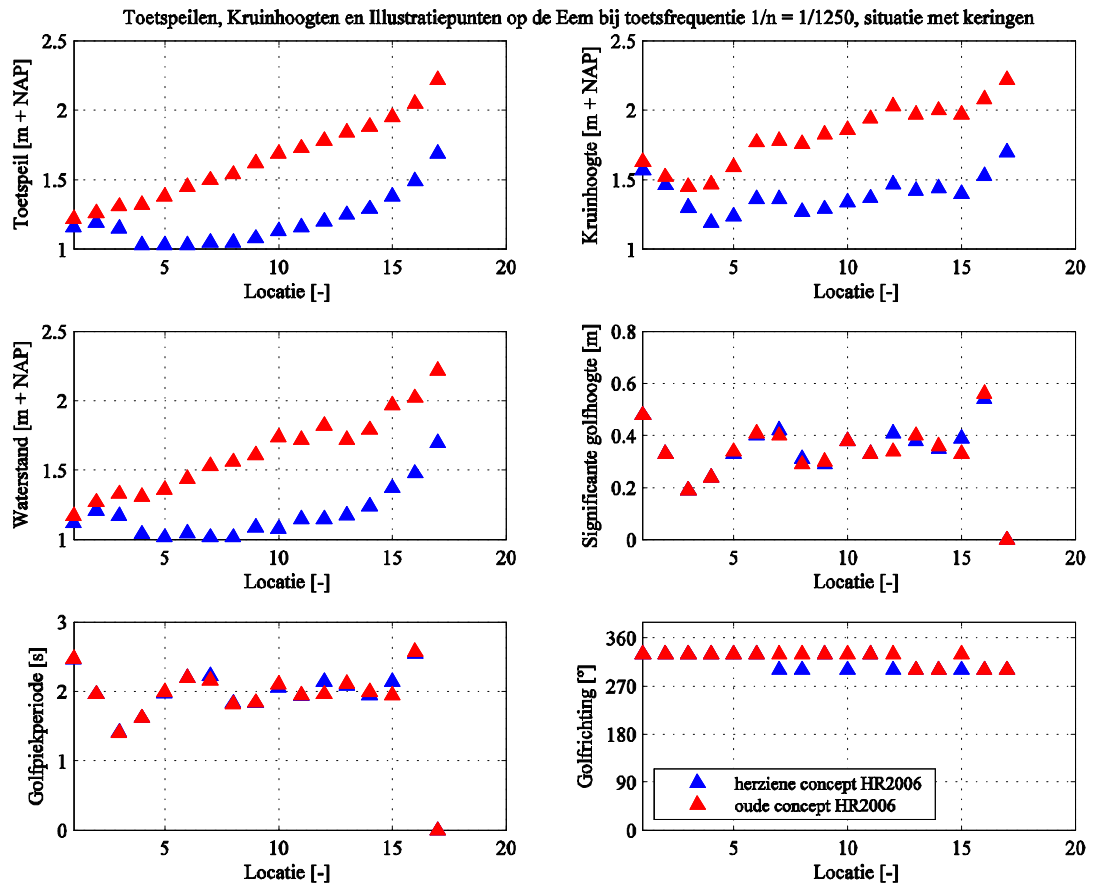


Figuur 4-8 Verschil in toetspeilen, benodigde kruinhoogten en illustratiepunten voor 1/4000 langs de Eem tussen HR2001 en HR2006

4.5 Effect lagere secundaire waterkeringen op Hydraulische Randvoorwaarden

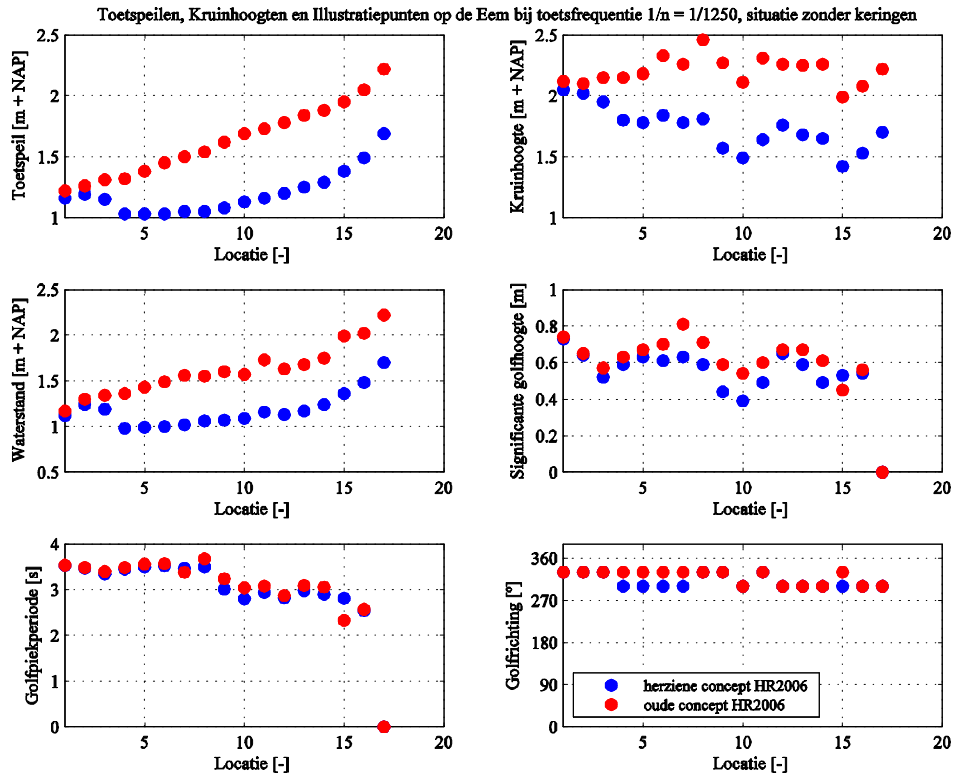
Om het effect van de lagere secundaire keringen op de Hydraulische Randvoorwaarden te bepalen is een vergelijking gemaakt tussen de herziene en oude concept HR2006 (WL|Delft Hydraulics & Witteveen+Bos, 2005). Bij de vergelijking is onderscheid gemaakt tussen het verschil in de hydraulische randvoorwaarden volgend uit de set berekeningen met oneindig hoge en zonder secundaire waterkeringen. De numerieke waarden van de berekende toetspeilen, benodigde kruinhoogten, en illustratiepunten van de herziene en oude concept HR2006 staan in Bijlage G.

Figuur 4-9 toont de resultaten met oneindig hoge secundaire keringen. De figuur laat zien dat de toetspeilen, benodigde kruinhoogten, en illustratiepunten van de oude concept HR2006 hoger zijn dan die van de herziene concept HR2006. Het verschil tussen de significante golfhoogten en golfperioden van de herziene en oude concept HR2006 is gering (zie 'driehoekjes' in Figuur 4-11). De afname in de hydraulische belasting is vrijwel geheel terug te voeren op de waterstandsverlaging die op de as van de Eem wordt berekend als gevolg van de lagere secundaire waterkeringen in de Eemvallei.

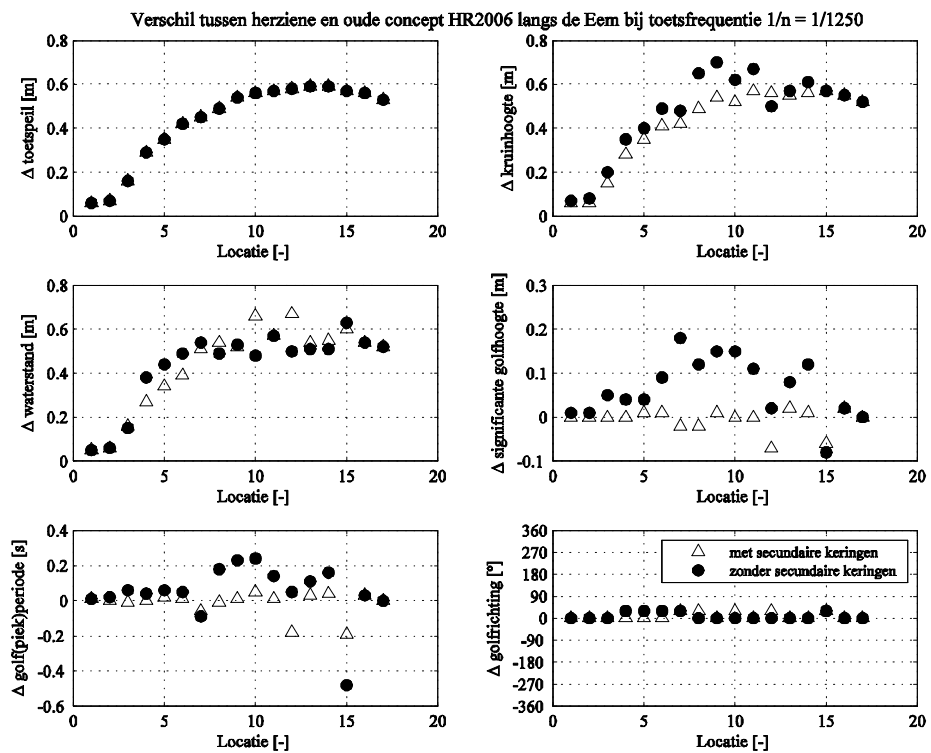


Figuur 4-9 De toetspeilen, benodigde kruinhoogten en illustratiepunten voor 1/1250 langs de Eem voor de herziene en oude concept HR2006, voor de golfberekeningen met oneindig hoge secundaire keringen

In Sectie 3.1.2 is te zien dat voor de situatie ‘zonder’ secundaire keringen het effect van de lagere waterstanden op de as van de Eem op de golfcondities groter is dan voor de situatie ‘met’ secundaire keringen. De strijklengtes zijn namelijk groter ‘zonder’ secundaire keringen, waardoor de waterdiepten een belangrijkere rol gaan spelen in de golfberekeningen. De lagere secundaire waterkeringen resulteren in lagere significante golfhoogten en golfperioden, waardoor de hydraulische belasting nog verder afneemt, zie Figuur 4-10. De ‘rondjes’ in Figuur 4-11 tonen de verschillen tussen de toetspeilen, benodigde kruinhoogten, en illustratiepunten van de herziene en oude concept HR2006.



Figuur 4-10 De toetspeilen, benodigde kruihoogten en illustratiepunten voor 1/1250 langs de Eem voor de herziene en oude concept HR2006, voor de golfberekeningen zonder secundaire keringen



Figuur 4-11 Verskil in de toetspeilen, benodigde kruihoogten en illustratiepunten voor 1/1250 langs de Eem tussen de herziene en oude concept HR2006, voor de golfberekeningen met oneindig hoge ('driehoekjes') en zonder ('rondjes') secundaire keringen

4.6 Oplevering database bestanden

Voor de Eem zijn conform (WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos, 2005) uiteindelijk de volgende nieuwe Hydra-M databases opgeleverd voor de situatie met oneindig hoge en zonder secundaire waterkeringen:

- Hydra-M database 2006 voor de HR-locaties op de Eem;
- Hydra-M database 2006 voor alle rekenlocaties;
- Hydra-M database 2006 voor de locaties waarvoor de vergelijking tussen HR2001 en HR2006 is uitgevoerd.

Voor de Hydra-M database voor de HR-locaties is onderscheid gemaakt tussen (1) een database met uitsluitend Hydra-M-invoer voor de nieuwe locaties die aan de HR2001 worden toegevoegd en (2) een database waarin de HR2001-database is aangevuld met de HR2006-Hydra-M-invoer voor de nieuwe locaties. Voor de laatste database zijn de HR-locaties op de Eemas toegevoegd aan respectievelijk het locatiebestand van het Gooi- en Eemmeer van de HR2001-database, en is het HR2001-databasebestand uitgebreid met de HR2006-invoer van de Eem.

5 Conclusies

In dit rapport zijn de concept HR2006 voor de Eem, die in WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005) zijn bepaald, op basis van de nieuw beschikbare gemeten hoogten van de secundaire waterkeringen in de Eemvallei herzien. In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste conclusies van deze studie samengevat. Het betreft conclusies ten aanzien van:

- Controle van de nieuwe waterstand- en golfberekeningen op
 - de fysische en numerieke correctheid van berekeningen
 - het effect van lagere secundaire waterkeringen in de Eemvallei op de waterstands- en golfberekeningen
- Herziene concept HR2006, met:
 - een beschrijving van de nieuwe randvoorwaarden
 - een vergelijking tussen de berekeningen waar wel en geen rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van secundaire keringen in de Eemvallei bij het bepalen van de golfcondities
 - een vergelijking tussen de oude en herziene HR2006
 - een vergelijking tussen de herziene HR2006 en de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 voor het Eem-Gooimeer

Controle van de nieuwe waterstands- en golfberekeningen

Fysische en numerieke correctheid van waterstand- en golfberekeningen

Vanwege het belang van de Hydraulische Randvoorwaarden is tijdens de uitvoering van dit project veel aandacht besteed aan de controle van de nieuwe waterstands- en golfberekeningen op fysische en numerieke juistheid. Uit de controle van de waterstandsberekeningen blijkt dat deze voor de Eem en de Eemvallei betrouwbaar zijn. Een groot aantal locaties in het westelijk deel van de Eemvallei staat weliswaar droog, maar dat is verklaarbaar door het gedrag van het systeem. De golfberekeningen vertonen ook weinig tot geen onrechtmatigheden.

Effect van lagere secundaire keringen op de waterstand- en golfberekeningen

Voor een eerste inschatting van het effect van de lagere keringshoogten van de secundaire waterkeringen zijn de nieuwe set waterstands- en golfberekeningen langs de as van de Eem vergeleken met de oude set berekeningen voor de meerpeil-storm-condities behorende bij het 'gemiddelde' illustratiepunt. Voor de meeste locaties op de as van de Eem kwam voor de oude HR2006 berekeningen het illustratiepunt overeen met een meerpeil van -0,4 m NAP, een windsnelheid van 28 m/s en een windrichting van 330° NNW.

De lagere secundaire waterkeringen in de Eemvallei hebben een verlagend effect op de maximale waterstanden langs de as van de Eem. Voor de condities behorende bij het illustratiepunt loopt de verlaging van circa 0,05 m bij de monding op tot ongeveer 0,65 m nabij Amersfoort.

De golfcondities langs de Eem nemen als gevolg van de lagere secundaire waterkeringen af. Dit effect is kleiner voor de berekeningen waar rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van secundaire keringen in de Eemvallei. Door compartimentering van de Eemvallei zijn voor die situatie de strijklengtes vaak zo kort dat golven zich nauwelijks kunnen ontwikkelen. De strijklengte is dan sterk bepalend voor de ontwikkeling van windgolven en hun karakteristieken. Een reductie in de maximale waterstand heeft dan nauwelijks invloed op de golfkarakteristieken. Voor de berekeningen zonder secundaire waterkeringen zijn de strijklengtes veel groter en gaat de waterdiepte een belangrijkere rol spelen in de golfberekeningen.

Herziene concept Hydraulische Randvoorwaarden 2006

Beschrijving van de herziene concept HR2006

Met Hydra-M zijn de Hydraulische Randvoorwaarden bij een toetsfrequentie van 1/1250 langs de as van de Eem bepaald voor de situatie met oneindig hoge en zonder secundaire keringen. De resultaten laten een geleidelijk 'smooth' verloop van de toetspeilen, benodigde kruinhoogten en illustratiepunten langs de Eem zien. Voor beide set berekeningen geldt dat de benodigde kruinhoogte van Amersfoort in de richting van de Eemmonding toeneemt. De golfcondities nemen in deze richting toe, terwijl het toetspeil in deze richting juist afneemt. Er wordt geconcludeerd dat in de richting van Amersfoort naar de Eemmonding, de aanwezigheid van windgolven steeds meer bepalend is voor de hydraulische belasting van de dijken de langs de Eem.

Voor alle locaties op de rivieras van de Eem is gecontroleerd of een hogere herhalingstijd resulteert in een toename van toetspeilen, illustratiepunten en benodigde kruinhoogten. Dit is inderdaad het geval. Een hogere herhalingstijd resulteert op alle locaties in een toename in toetspeil en benodigde kruinhoogte.

Ter plaatse van HR-locatie 17 nabij Amersfoort, zijn de maatgevende golfhoogte en golfperiode rondom het illustratiepunt gelijk aan nul. Dit is het gevolg van een onrealistische hoge bodemligging waardoor er met Bretschneider geen golfcondities bepaald. Voor de naastliggende HR-locatie 16 is voor de maatgevende windrichting van 300° WNW wel een realistische bodemligging bepaald. Er zijn op die locatie dan ook gewoon golfcondities uitgerekend. Nabij Amersfoort worden de golfcondities gedomineerd door een korte strijklengte en is de bijdrage van golven aan de hydraulische belasting klein. In overleg met de opdrachtgever is de HR-locatie 17 niet uit de datababase verwijderd, maar wordt voor deze locatie aangeraden om in het vervolg tijdens het gebruik van de Hydra-M database, de toetspeilen van HR-locatie 17 en de golfcondities van HR-locatie 16 te combineren.

Effect van de aanwezigheid van secundaire keringen in golfberekeningen op de HR2006

De golfcondities ter plaatse van de teen van de dijk zijn voor de situatie zonder secundaire keringen hoger dan voor de situatie met oneindig hoge keringen. Dit is het gevolg van het feit dat windgolven zich in de situatie zonder secundaire keringen kunnen ontwikkelen over grotere strijklengtes. Dit resulteert in meer golfoploop en grotere benodigde kruinhoogten.

Het verschil in benodigde kruinhoogten en golfcondities tussen de berekeningen met oneindig hoge en zonder secundaire keringen is het grootst bij de monding van de Eem. Aangezien de bijdrage van golfoploop aan de hydraulische belasting daar het grootst is, is het effect van het al dan niet meenemen van secundaire waterkeringen in de golfberekeningen daar het grootst.

In het Hydraulisch Randvoorwaardenboek moeten uiteindelijk de resultaten van één van de sets berekeningen worden opgenomen. Hieronder wordt een aantal beweegredenen gegeven om voor de set zonder, dan wel voor de set met secundaire waterkeringen te kiezen. De hydraulische belasting valt voor de set zonder secundaire keringen hoger uit dan bij de set waarbij in de golfberekeningen oneindig hoge secundaire keringen worden aangenomen. In principe is het realistischer om met de aanwezigheid van de secundaire keringen in de Eemvallei rekening te houden. De secundaire keringen hebben immers in werkelijkheid een beperkend effect op de golfgroei en dus op de hydraulische belasting. In de set golfberekeningen met oneindig hoge secundaire waterkeringen wordt dit reducerende effect mogelijk overschat doordat er geen rekening wordt gehouden met eventuele golftransmissie, het verschijnsel waarbij grote hoeveelheden water over de kruin van de secundaire kering slaan, hetgeen tot golfvorming achter de secundaire kering leidt. Met de aanname dat secundaire keringen 'oneindig hoog' zijn, is geen golftransmissie mogelijk. In de set berekeningen zonder keringen is de golftransmissie 'maximaal'. Deze resultaten van de set zonder waterkeringen geven dus een bovengrens van de hydraulische belasting. Indien deze set in het randvoorwaardenboek wordt opgenomen zit men aan de meest conservatieve kant. Voor een gedeelte langs de Eem liggen de waterstanden van het illustratiepunt hoger dan de kruinhoogten. Er is dan sprake van een 'verdrongen' toestand, waarin het water over de kruin van de dijk de polder instroomt. In dat geval heeft de secundaire keringen een dermate grote golfblokkerende werking dat er van golftransmissie nauwelijks sprake zal zijn.

Effect van lagere secundaire keringen op de HR2006

Om het effect van de lagere secundaire keringen op de Hydraulische Randvoorwaarden te bepalen is een vergelijking gemaakt tussen de herziene en oude concept HR2006. De toetspeilen, benodigde kruinhoogten, en illustratiepunten van de oude concept HR2006 zijn hoger dan die van de herziene concept HR2006.

Voor de berekeningen waarin de aanwezigheid van de secundaire keringen wel is meegenomen in de golfberekeningen, is de afname in de hydraulische belasting vrijwel geheel terug te voeren op de waterstandsverlaging die, als gevolg van de lagere secundaire waterkeringen in de Eemvallei, op de as van de Eem wordt berekend.

Voor de situatie zonder secundaire keringen is het effect van de lagere waterstanden op de as van de Eem op de golfcondities groter. De strijklengtes waarover windgolven zich ontwikkelen zijn in dat geval veel groter. De verlaging van de waterdiepte langs de Eem speelt dan een belangrijkere rol in de golfberekeningen. De lagere secundaire waterkeringen resulteren in lagere significante golfhoogten en golfperioden, waardoor de hydraulische belasting nog verder afneemt.

Vergelijking tussen HR2006 en HR2001 op het Gooi-Eemmeer

Voor het bepalen van de HR2006 worden de randvoorwaarden uit 2001 grotendeels overgenomen, met uitzondering van onder andere de nieuwe locaties op de as van de Eem. Om te bepalen of de nieuwe randvoorwaarden consistent zijn met de randvoorwaarden uit 2001, zijn voor een aantal bestaande locaties in het Eem-Gooimeer uit de database van de HR2001, nieuwe HR2006 berekeningen gemaakt.

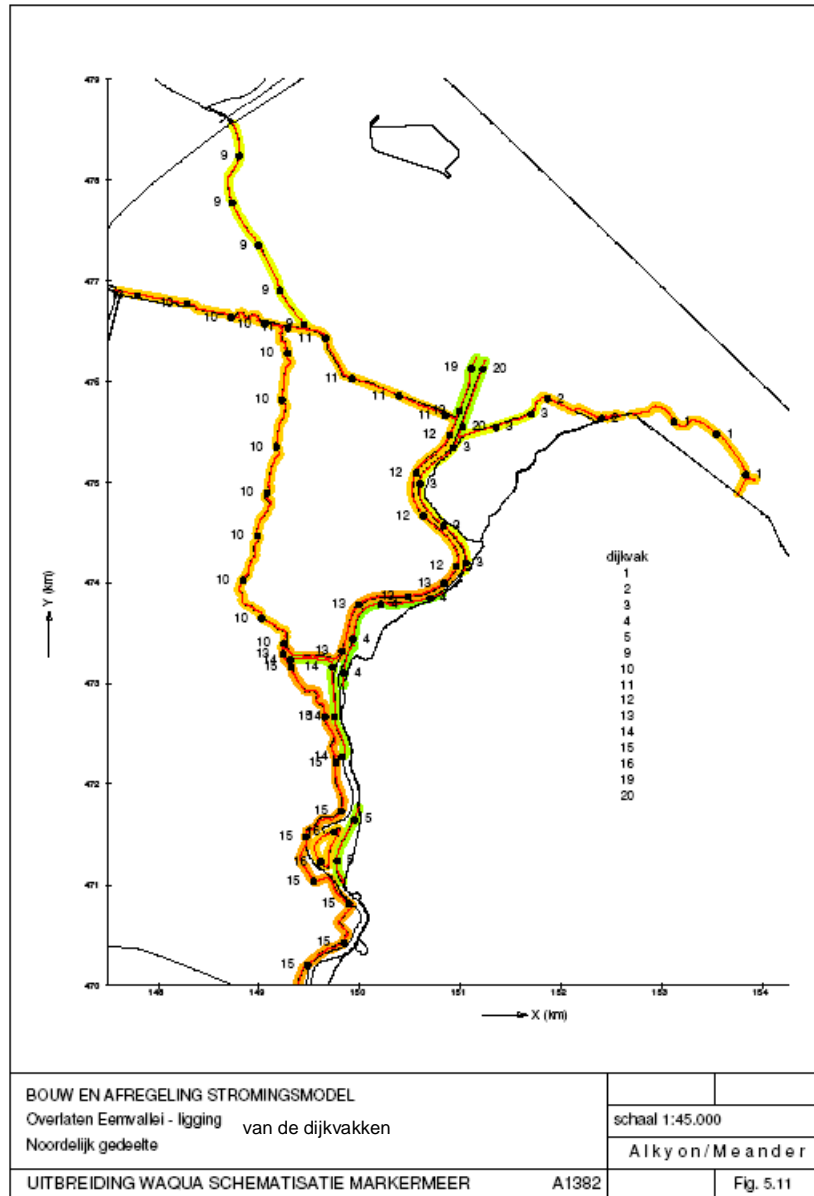
De vergelijking van de resultaten voor de HR2006 met die voor de HR2001 laat op het Gooi-Eemmeer significante verschillen zien in met name de piekperiodes. Als gevolg hiervan is het verschil in benodigde kruinhoogte voor een aantal locaties rond de 0,5 m. De verschillen kunnen verklaard worden door het verschil in type golfmodel dat voor golfberekeningen van de HR2006 is gebruikt.

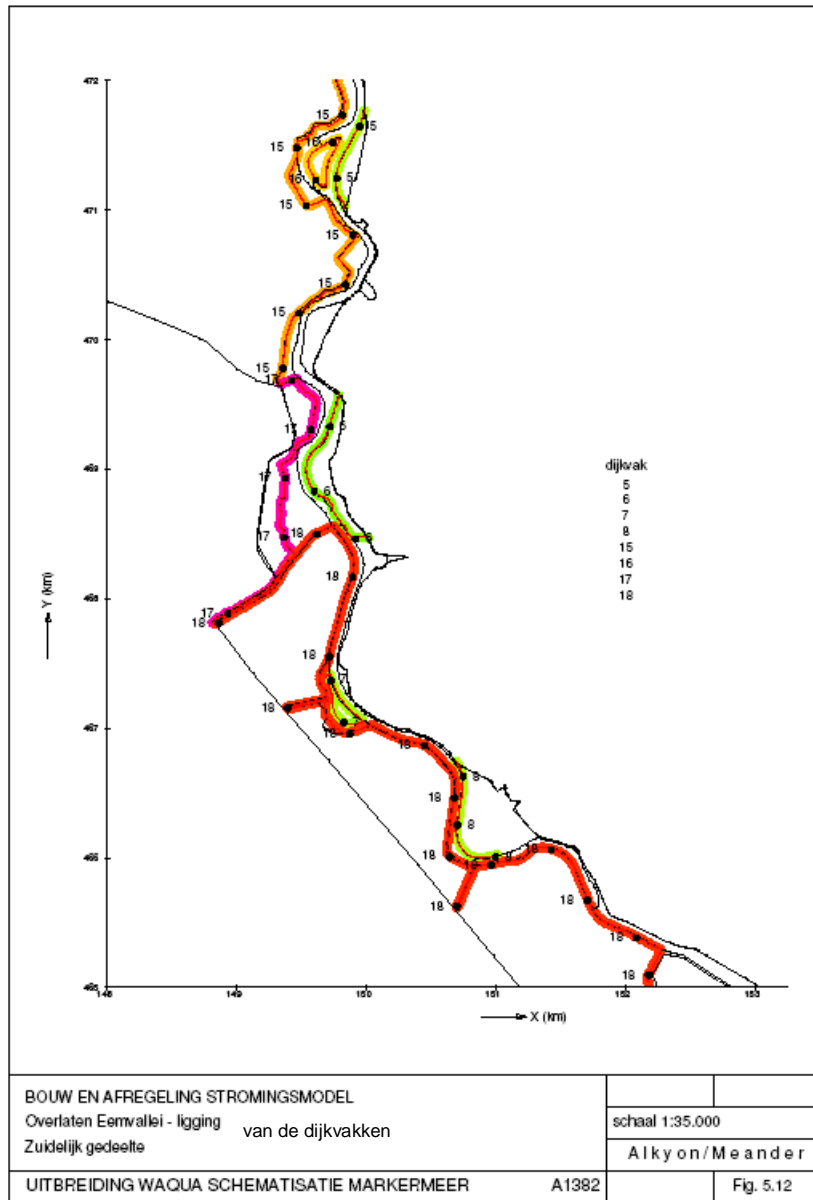
De verschillen tussen de herziene HR2006 en HR2001 zijn van dezelfde orde grootte als de verschillen tussen de oude HR2006 en HR2001 in WL | Delft Hydraulics & Witteveen+Bos (2005).

6 Literatuur

- Alkyon & Meander, 2005. Uitbreiding WAQUA-schematisatie Markermeer, fase 2. Definitieve schematisatie en afregeling stromingsmodel. Alkyon rapport A1382.
- Made, J.W. van der 1969. Design levels in the transition zone between the tidal reach and the river regime reach. Association International d' Hydrologie Scientifique. Actes du Colloque de Bucarest. Hydrologie des deltas.
- Witteveen + Bos, 2006a. Effect secundaire keringen en Eem-afvoer, gevoeligheidsanalyse HR2006 Meren, nr 2.
- Witteveen + Bos, 2006b. Aanvullende WAQUA berekeningen MER Veiligheid Zuidelijke Randmeren.
- WL | Delft Hydraulics 2000. Hoogwaterstanden op de Eem. H3658, Delft
- WL | Delft Hydraulics & Witteveen + Bos, 2005. Productieberekeningen Hydraulische Randvoorwaarden 2006. IJburg en de Eem (RI-4393A). WL-rapport Q4008.00.
- RWS RIZA, 2006. Concept memo Gevoeligheid Hydra-M resultaten voor windklimaatverandering, korte versie, bedoeld voor Watersysteemgroep Meren.

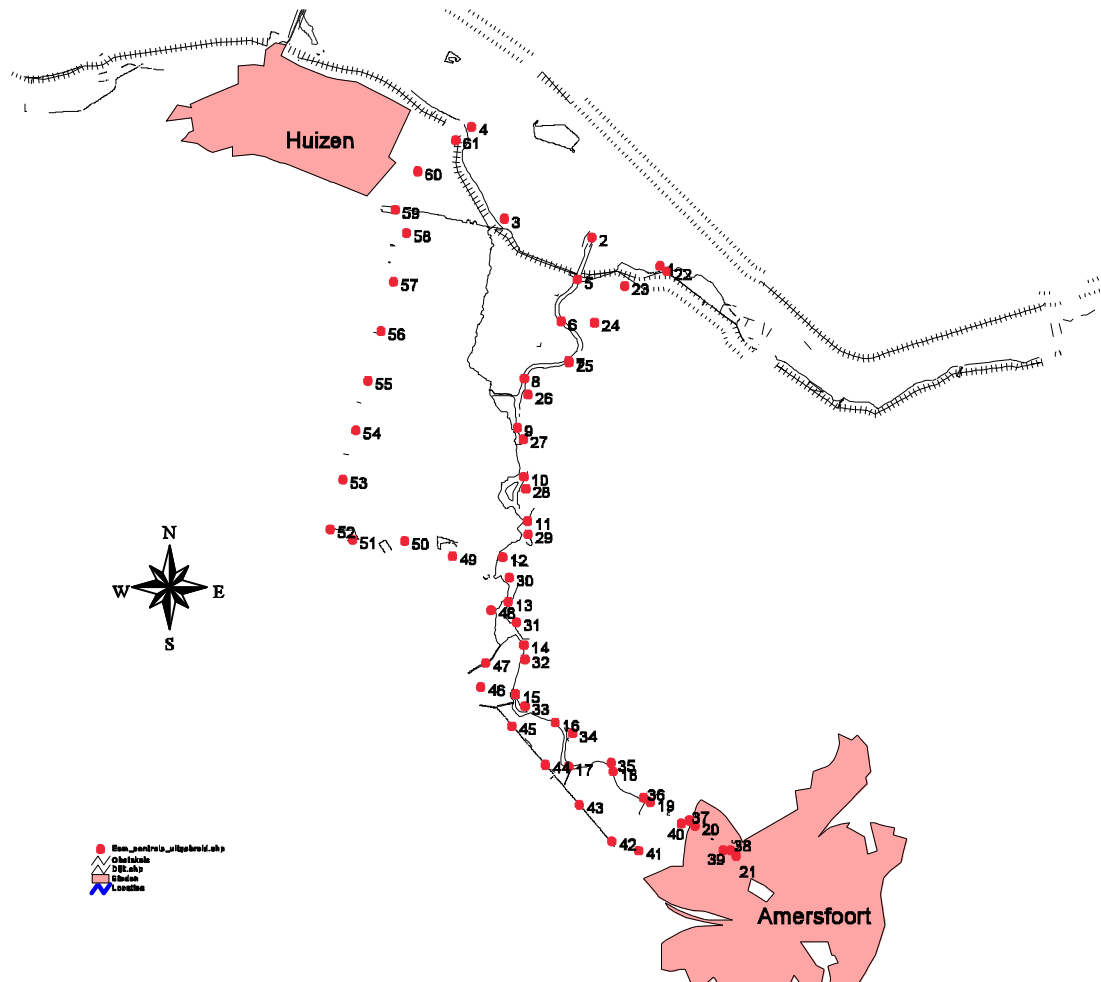
A Overzicht van de dijkvakken van de secundaire waterkeringen in de Eemvallei





B Overzicht van de reken-, controle en Randvoorwaardenlocaties

Eemvallei, uitgebreide controle set



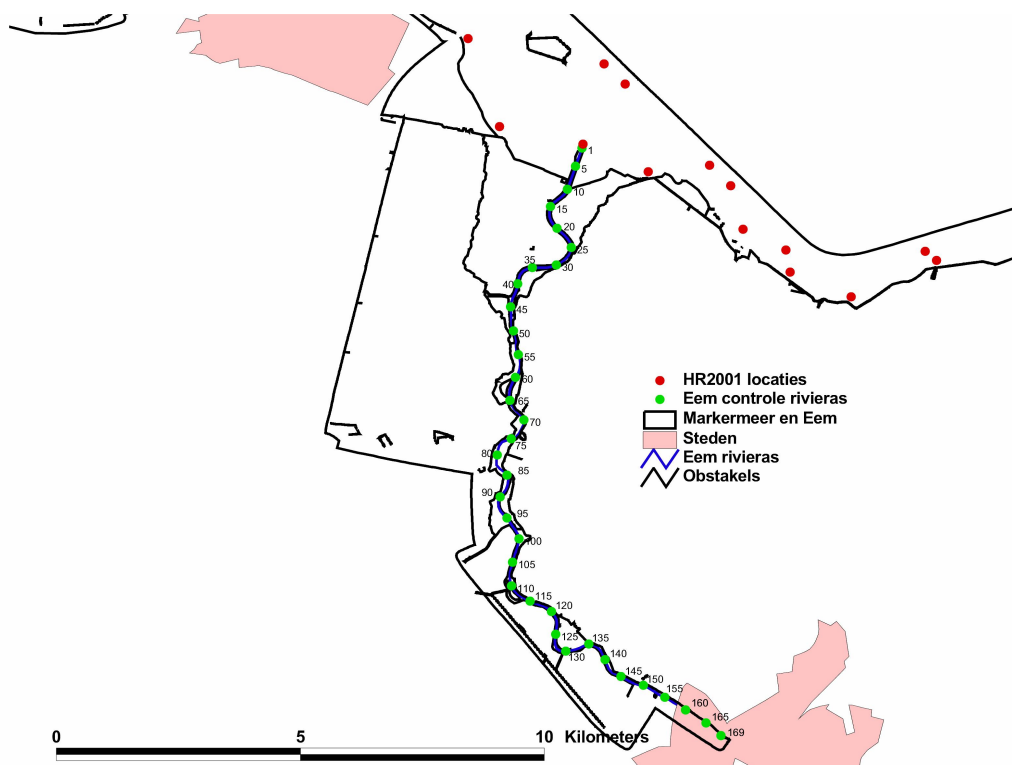
Tabel B-1 Overzicht locaties in de Eemvallei, uitgebreide controle set

Locatienummer in figuur	Arcview bestand en code	m-coörd.	n-coörd.	Plaats aanduiding
	Eem_control_uitgebreid.shp			
1	Eem_contr_uitgebr_1	365	510	Eem
2	Eem_contr_uitgebr_2	298	505	
3	Eem_contr_uitgebr_3	232	496	
4	Eem_contr_uitgebr_4	212	508	
5	Eem_contr_uitgebr_5	302	483	
6	Eem_contr_uitgebr_6	309	451	
7	Eem_contr_uitgebr_7	334	413	
8	Eem_contr_uitgebr_8	297	374	

Locatienummer in figuur	Arcview bestand en code	m-coörd.	n-coörd.	Plaats aanduiding
	Eem_controle_uitgebreid.shp			
9	Eem_contr_uitgebr_9	297	349	
10	Eem_contr_uitgebr_10	307	324	
11	Eem_contr_uitgebr_11	308	295	
12	Eem_contr_uitgebr_12	284	260	
13	Eem_contr_uitgebr_13	297	226	
14	Eem_contr_uitgebr_14	303	197	
15	Eem_contr_uitgebr_15	286	173	
16	Eem_contr_uitgebr_16	303	147	
17	Eem_contr_uitgebr_17	271	111	
18	Eem_contr_uitgebr_18	303	78	
19	Eem_contr_uitgebr_19	301	54	
20	Eem_contr_uitgebr_20	307	29	
21	Eem_contr_uitgebr_21	302	4	Eem
22	Eem_contr_uitgebr_22	367	510	oostzijde
23	Eem_contr_uitgebr_23	357	490	
24	Eem_contr_uitgebr_24	349	464	
25	Eem_contr_uitgebr_25	336	412	
26	Eem_contr_uitgebr_26	311	366	
27	Eem_contr_uitgebr_27	306	343	
28	Eem_contr_uitgebr_28	312	317	
29	Eem_contr_uitgebr_29	311	286	
30	Eem_contr_uitgebr_30	298	244	
31	Eem_contr_uitgebr_31	308	209	
32	Eem_contr_uitgebr_32	305	190	
33	Eem_contr_uitgebr_33	293	165	
34	Eem_contr_uitgebr_34	315	135	
35	Eem_contr_uitgebr_35	313	82	
36	Eem_contr_uitgebr_36	305	57	
37	Eem_contr_uitgebr_37	310	33	
38	Eem_contr_uitgebr_38	307	8	oostzijde
39	Eem_contr_uitgebr_39	296	11	westzijde
40	Eem_contr_uitgebr_40	294	35	
41	Eem_contr_uitgebr_41	252	47	
42	Eem_contr_uitgebr_42	247	58	
43	Eem_contr_uitgebr_43	247	77	
44	Eem_contr_uitgebr_44	247	126	
45	Eem_contr_uitgebr_45	247	162	
46	Eem_contr_uitgebr_46	247	181	
47	Eem_contr_uitgebr_47	257	190	
48	Eem_contr_uitgebr_48	267	218	
49	Eem_contr_uitgebr_49	242	257	
50	Eem_contr_uitgebr_50	229	261	
51	Eem_contr_uitgebr_51	219	255	
52	Eem_contr_uitgebr_52	215	258	
53	Eem_contr_uitgebr_53	215	310	
54	Eem_contr_uitgebr_54	215	339	

Locatienummer in figuur	Arcview bestand en code	m-coörd.	n-coörd.	Plaats aanduiding
	Eem_contr_uitgebreid.shp			
55	Eem_contr_uitgebr_55	215	358	
56	Eem_contr_uitgebr_56	215	376	
57	Eem_contr_uitgebr_57	215	425	
58	Eem_contr_uitgebr_58	215	469	
59	Eem_contr_uitgebr_59	212	475	
60	Eem_contr_uitgebr_60	212	490	
61	Eem_contr_uitgebr_61	212	504	westzijde

Eem, rivieras, controlepunten op de as van de Eem



Tabel B-2 Overzicht controle locaties op de as van de Eem

Locatienummer in figuur	Arcview bestand en code	m-coörd.	n-coörd.	Plaats aanduiding
	Eem_hectometers.shp			
1	Eem_hectometers1	300	504	monding
2	Eem_hectometers2	301	502	
3	Eem_hectometers3	301	499	
4	Eem_hectometers4	301	496	
5	Eem_hectometers5	301	493	
6	Eem_hectometers6	301	491	
7	Eem_hectometers7	300	488	
8	Eem_hectometers8	301	486	
9	Eem_hectometers9	302	483	

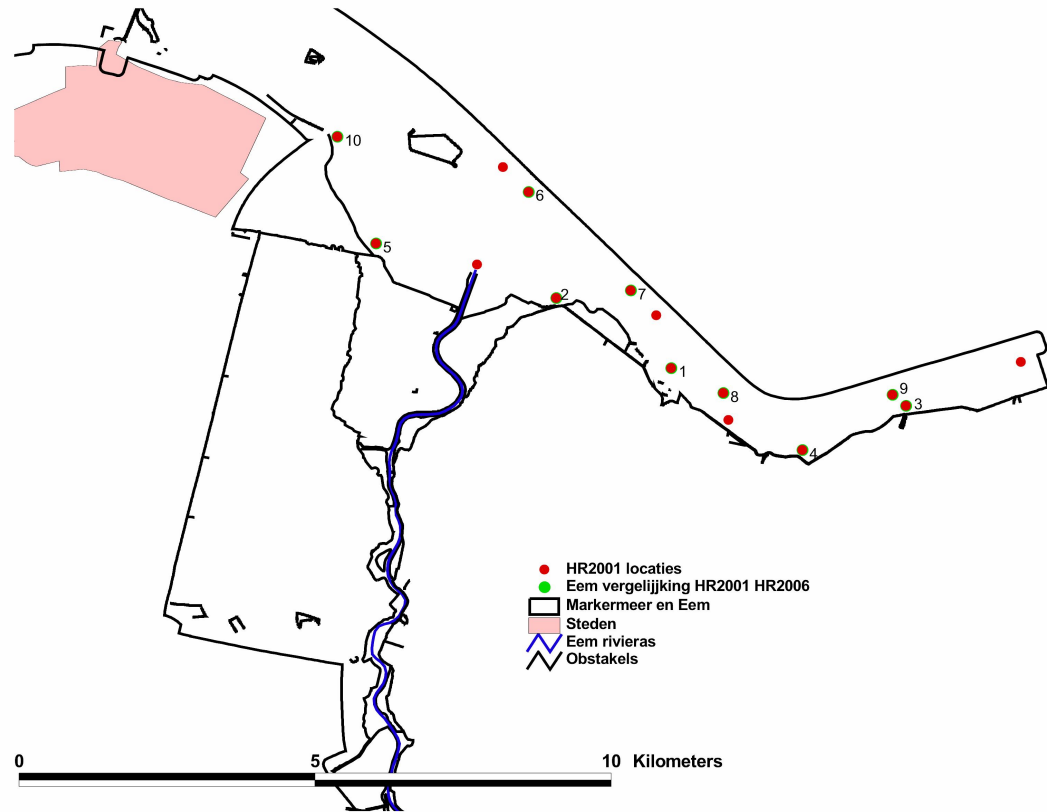
Locatienummer in figuur	Arview bestand en code	m-coörd.	n-coörd.	Plaats aanduiding
	Eem_hectometers.shp			
10	Eem_hectometers10	303	481	
11	Eem_hectometers11	303	478	
12	Eem_hectometers12	300	476	
13	Eem_hectometers13	296	473	
14	Eem_hectometers14	292	471	
15	Eem_hectometers15	290	468	
16	Eem_hectometers16	294	465	
17	Eem_hectometers17	299	461	
18	Eem_hectometers18	304	456	
19	Eem_hectometers19	309	451	
20	Eem_hectometers20	313	447	
21	Eem_hectometers21	319	443	
22	Eem_hectometers22	324	439	
23	Eem_hectometers23	329	435	
24	Eem_hectometers24	333	431	
25	Eem_hectometers25	338	427	
26	Eem_hectometers26	340	423	
27	Eem_hectometers27	339	419	
28	Eem_hectometers28	337	416	
29	Eem_hectometers29	334	413	
30	Eem_hectometers30	331	408	
31	Eem_hectometers31	328	404	
32	Eem_hectometers32	324	400	
33	Eem_hectometers33	320	396	
34	Eem_hectometers34	315	393	
35	Eem_hectometers35	310	389	
36	Eem_hectometers36	304	385	
37	Eem_hectometers37	299	381	
38	Eem_hectometers38	296	377	
39	Eem_hectometers39	297	374	
40	Eem_hectometers40	299	371	
41	Eem_hectometers41	300	369	
42	Eem_hectometers42	299	366	
43	Eem_hectometers43	296	364	
44	Eem_hectometers44	294	362	
45	Eem_hectometers45	295	359	
46	Eem_hectometers46	297	356	
47	Eem_hectometers47	298	354	
48	Eem_hectometers48	297	351	
49	Eem_hectometers49	297	349	
50	Eem_hectometers50	300	346	
51	Eem_hectometers51	303	344	
52	Eem_hectometers52	304	342	
53	Eem_hectometers53	302	339	
54	Eem_hectometers54	302	337	
55	Eem_hectometers55	305	334	

Locatienummer in figuur	Arview bestand en code	m-coörd.	n-coörd.	Plaats aanduiding
	Eem_hectometers.shp			
56	Eem_hectometers56	309	332	
57	Eem_hectometers57	310	329	
58	Eem_hectometers58	309	327	
59	Eem_hectometers59	307	324	
60	Eem_hectometers60	303	321	
61	Eem_hectometers61	299	319	
62	Eem_hectometers62	297	316	
63	Eem_hectometers63	295	314	
64	Eem_hectometers64	294	311	
65	Eem_hectometers65	293	309	
66	Eem_hectometers66	295	306	
67	Eem_hectometers67	298	303	
68	Eem_hectometers68	303	299	
69	Eem_hectometers69	308	295	
70	Eem_hectometers70	312	291	
71	Eem_hectometers71	312	288	
72	Eem_hectometers72	309	285	
73	Eem_hectometers73	308	282	
74	Eem_hectometers74	305	279	
75	Eem_hectometers75	300	275	
76	Eem_hectometers76	294	270	
77	Eem_hectometers77	288	267	
78	Eem_hectometers78	285	263	
79	Eem_hectometers79	284	260	
80	Eem_hectometers80	284	257	
81	Eem_hectometers81	283	254	
82	Eem_hectometers82	283	251	
83	Eem_hectometers83	289	247	
84	Eem_hectometers84	297	243	
85	Eem_hectometers85	303	239	
86	Eem_hectometers86	305	235	
87	Eem_hectometers87	303	232	
88	Eem_hectometers88	301	230	
89	Eem_hectometers89	297	226	
90	Eem_hectometers90	292	221	
91	Eem_hectometers91	289	218	
92	Eem_hectometers92	289	215	
93	Eem_hectometers93	291	212	
94	Eem_hectometers94	294	210	
95	Eem_hectometers95	296	207	
96	Eem_hectometers96	297	205	
97	Eem_hectometers97	298	202	
98	Eem_hectometers98	300	200	
99	Eem_hectometers99	303	197	
100	Eem_hectometers100	304	195	
101	Eem_hectometers101	302	192	

Locatienummer in figuur	Arview bestand en code	m-coörd.	n-coörd.	Plaats aanduiding
	Eem_hectometers.shp			
102	Eem_hectometers102	301	190	
103	Eem_hectometers103	300	188	
104	Eem_hectometers104	299	185	
105	Eem_hectometers105	297	183	
106	Eem_hectometers106	294	180	
107	Eem_hectometers107	291	178	
108	Eem_hectometers108	288	175	
109	Eem_hectometers109	286	173	
110	Eem_hectometers110	286	170	
111	Eem_hectometers111	287	168	
112	Eem_hectometers112	289	165	
113	Eem_hectometers113	291	163	
114	Eem_hectometers114	293	160	
115	Eem_hectometers115	295	158	
116	Eem_hectometers116	297	155	
117	Eem_hectometers117	299	153	
118	Eem_hectometers118	302	150	
119	Eem_hectometers119	303	147	
120	Eem_hectometers120	303	145	
121	Eem_hectometers121	305	142	
122	Eem_hectometers122	303	139	
123	Eem_hectometers123	300	135	
124	Eem_hectometers124	295	130	
125	Eem_hectometers125	287	126	
126	Eem_hectometers126	280	122	
127	Eem_hectometers127	273	117	
128	Eem_hectometers128	269	114	
129	Eem_hectometers129	271	111	
130	Eem_hectometers130	277	107	
131	Eem_hectometers131	283	104	
132	Eem_hectometers132	288	100	
133	Eem_hectometers133	292	96	
134	Eem_hectometers134	298	92	
135	Eem_hectometers135	304	89	
136	Eem_hectometers136	306	86	
137	Eem_hectometers137	307	83	
138	Eem_hectometers138	305	81	
139	Eem_hectometers139	303	78	
140	Eem_hectometers140	300	76	
141	Eem_hectometers141	298	73	
142	Eem_hectometers142	296	70	
143	Eem_hectometers143	296	68	
144	Eem_hectometers144	299	65	
145	Eem_hectometers145	300	63	
146	Eem_hectometers146	300	61	
147	Eem_hectometers147	300	58	

Locatienummer in figuur	Arcview bestand en code	m-coörd.	n-coörd.	Plaats aanduiding
	Eem_hectometers.shp			
148	Eem_hectometers148	300	56	
149	Eem_hectometers149	301	54	
150	Eem_hectometers150	304	51	
151	Eem_hectometers151	304	49	
152	Eem_hectometers152	303	46	
153	Eem_hectometers153	303	44	
154	Eem_hectometers154	303	41	
155	Eem_hectometers155	305	39	
156	Eem_hectometers156	306	36	
157	Eem_hectometers157	306	34	
158	Eem_hectometers158	307	31	
159	Eem_hectometers159	307	29	
160	Eem_hectometers160	307	26	
161	Eem_hectometers161	307	24	
162	Eem_hectometers162	308	21	
163	Eem_hectometers163	308	19	
164	Eem_hectometers164	308	16	
165	Eem_hectometers165	309	14	
166	Eem_hectometers166	308	11	
167	Eem_hectometers167	306	9	
168	Eem_hectometers168	304	6	
169	Eem_hectometers169	302	4	Amersfoort

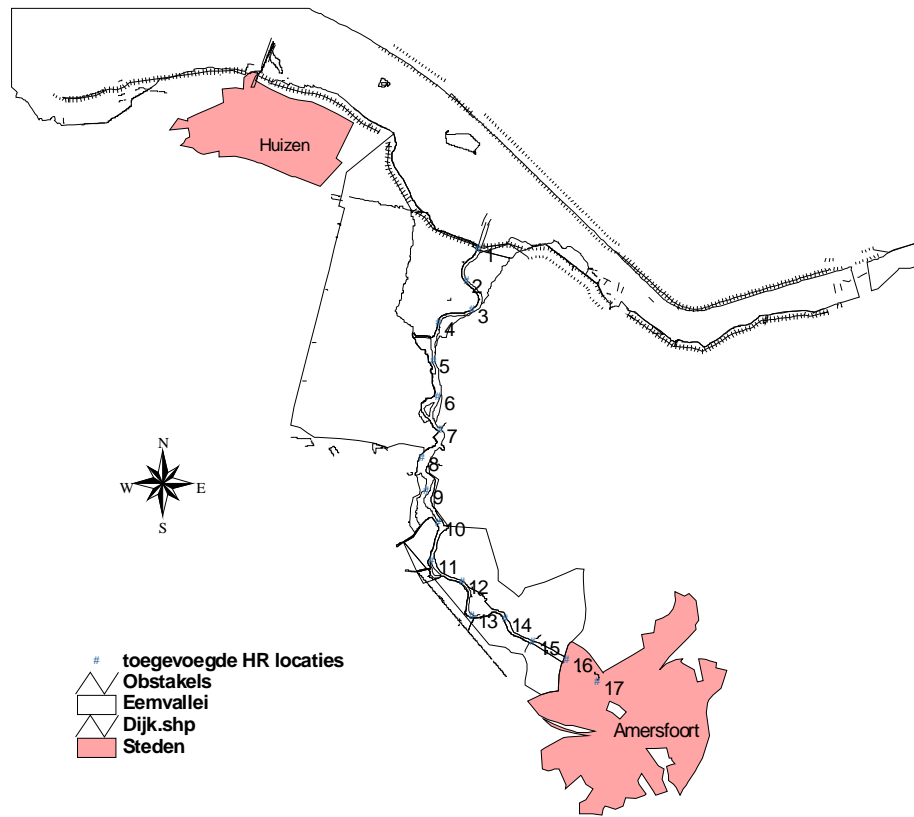
Eem, controle set, vergelijking HR2006 en HR2001



Tabel B-3 Overzicht controle locaties op de as van de Eem

Locatienummer in figuur	Arcview bestand en code	x-coörd.	y-coörd.	Locatiennaam HR2001
	Eem_hectometers.shp			
1	Gooi_Eem_reken__57	154527	474609	dp12.1 Spakenburg
2	Eem_contr_uitgebr_1	152583	475790	dp14.8 Oude Pol
3	Gooi_Eem_reken__33	158491	473973	dp7.3 Wielse Sluis
4	Gooi_Eem_reken__43	156741	473224	dp9.1 Nekkeveld
5	Eem_contr_uitgebr_3	149539	476711	GG Gooijergracht
6	Gooi_Eem_reken__258	152115	477583	hm21.3 Eemmeerdijk O
7	Gooi_Eem_reken__270	153843	475918	hm24.4 Eemmeerdijk W
8	Gooi_Eem_reken__282	155404	474187	hm26.3 Eemmeerdijk
9	Gooi_Eem_reken__9	158262	474157	hm29.3 Nijkerkerdijk
10	Gooi_Eem_reken__99	148889	478515	SB Stichtse Brug

Eem, HR2006 locaties

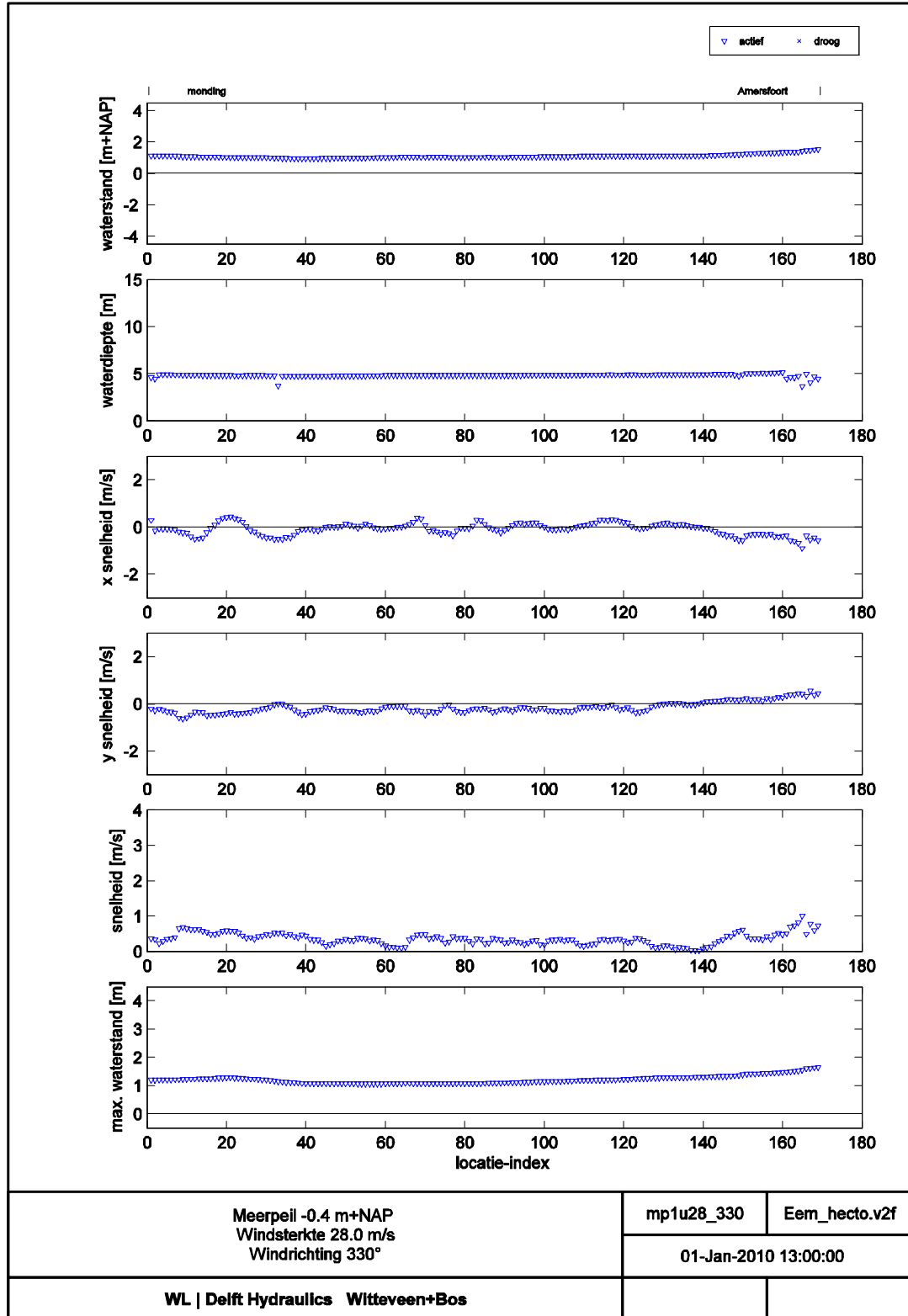


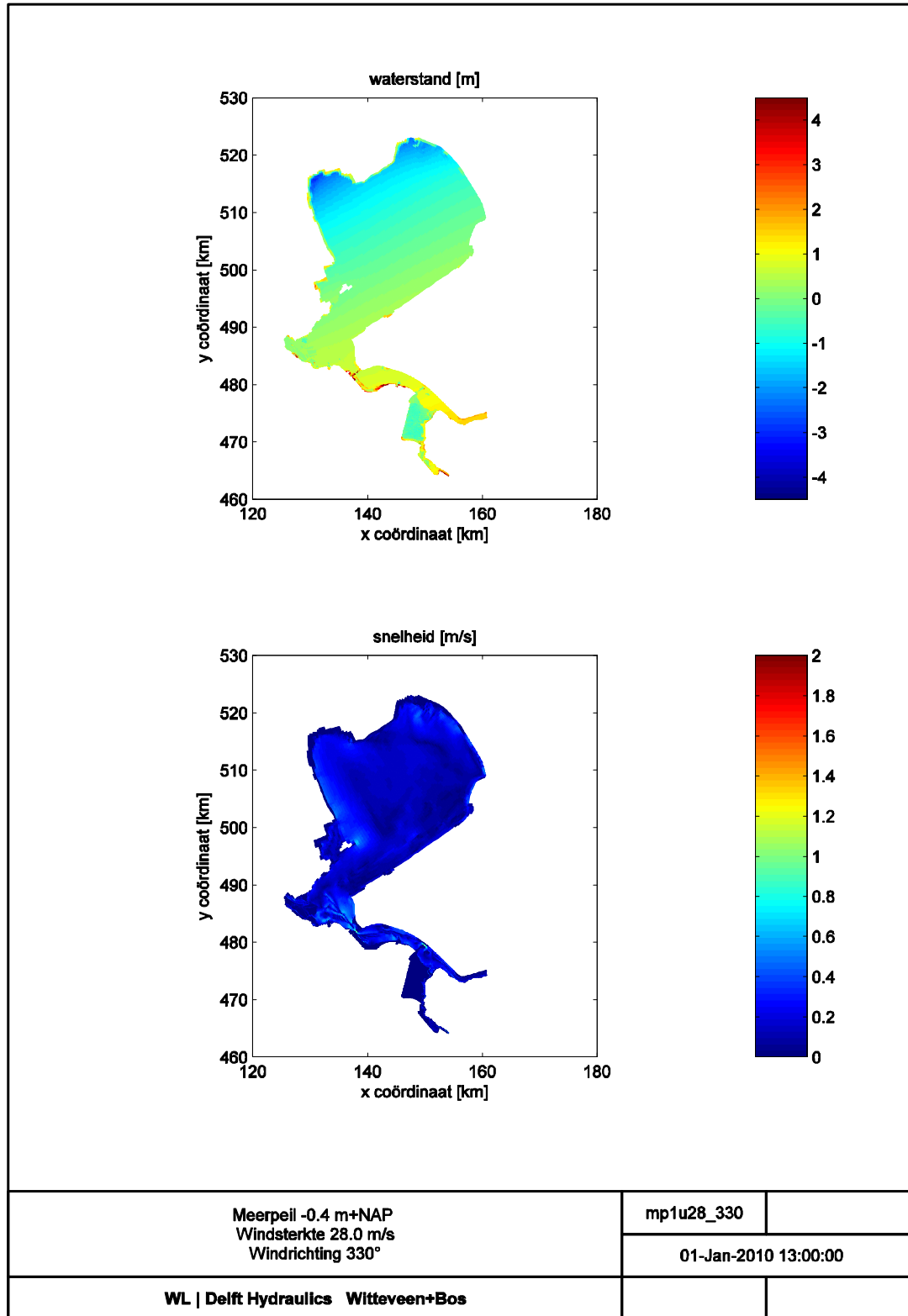
Tabel B-4 Overzicht HR 2006 locaties

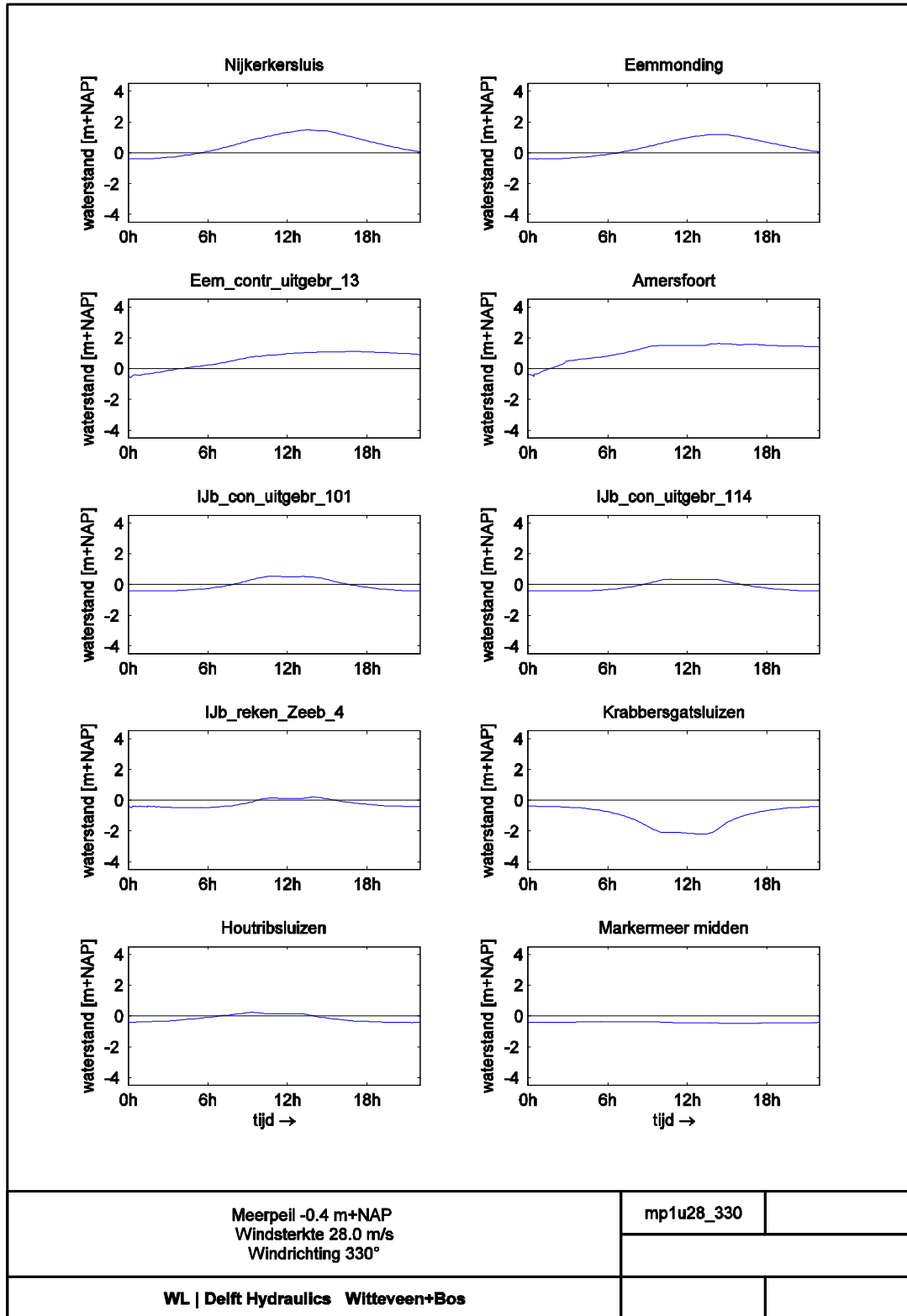
Locatienummer in figuur	HR locatiennaam	code Eem_controle_uitgebreid	x-coörd.	y-coörd.
1	dp15.8 Raboes	Eem_contr_uitgebr_5	150963.5	475519.9
2	dp16.9 Bekaaide Maat	Eem_contr_uitgebr_6	150649.3	474700.7
3	dp17.6 Eemdijk	Eem_contr_uitgebr_7	150790.1	473927.4
4	dp18.5 Gemaal Eemnes	Eem_contr_uitgebr_8	149931.3	473589.1
5	dp19.4 Zomerdijk	Eem_contr_uitgebr_9	149790.3	472618.7
6	dp20.6 Bruggemaat	Eem_contr_uitgebr_10	149914.7	471658.5
7	dp21.4 Eembrugge	Eem_contr_uitgebr_11	149988.5	470789.9
8	dp22.5 Snelweg	Eem_contr_uitgebr_12	149503.3	470081.3
9	dp23.3 Eemdal	Eem_contr_uitgebr_13	149610.2	469206.3
10	dp24.4 Zeldert	Eem_contr_uitgebr_14	149915.0	468367.0
11	dp25.4 Grote Melm	Eem_contr_uitgebr_15	149755.4	467397.2
12	dp26.0 Krachtwijk	Eem_contr_uitgebr_16	150531.5	466846.7
13	dp27.4 Kleine Melm	Eem_contr_uitgebr_17	150795.5	465975.9
14	dp28.1 Malesluis	Eem_contr_uitgebr_18	151663.0	465884.0

15	dp29.4 Coelhorst	Eem_contr_uitgebr_19	152389.0	465280.6
16	dp30.2 Bunshoterstraat	Eem_contr_uitgebr_20	153266.4	464818.9
17	dp31.5 Industrieweg	Eem_contr_uitgebr_21	154073.0	464233.4

C Voorbeeld van figuren voor de controle







D Herziene concept HR2006 voor de Eem

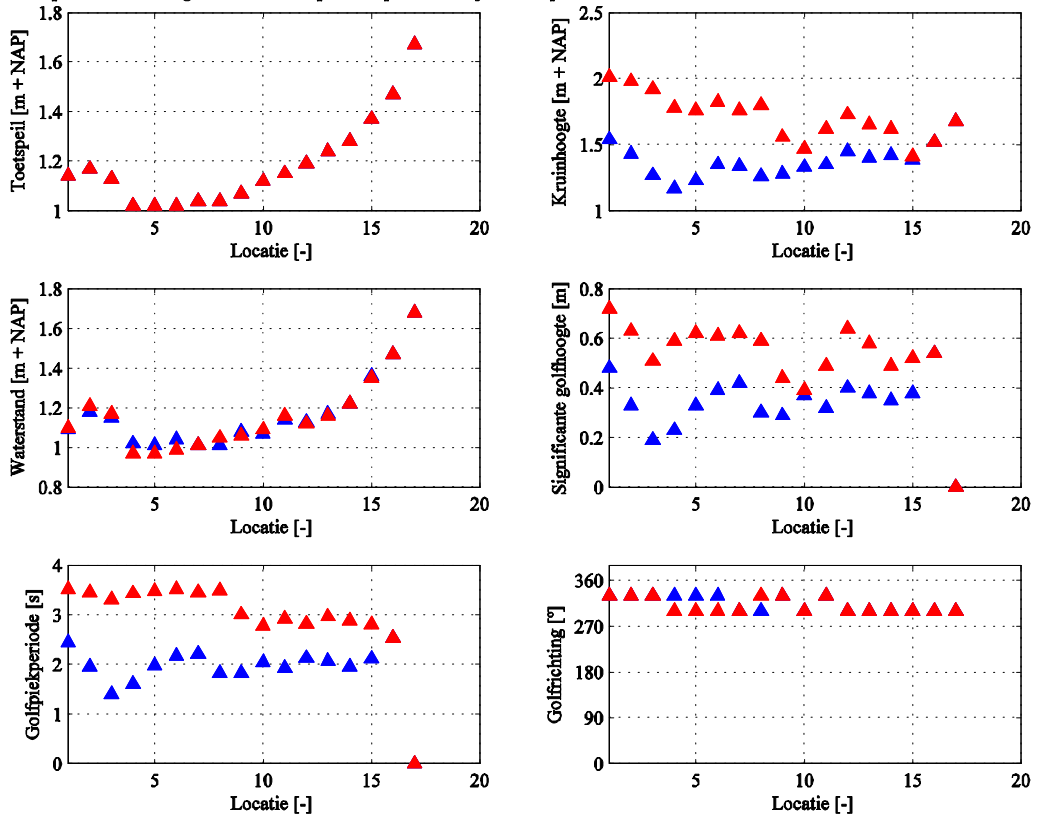
Locaties Eemvallei				
	<i>HR-locatiennaam</i>	<i>x-coördinaat</i>	<i>y-coördinaat</i>	<i>richting dijknormaal</i>
1	dp15.8 Raboes	150963.5	475519.9	301
2	dp16.9 Bekaaide Maat	150649.3	474700.7	285
3	dp17.6 Eemdijk	150790.1	473927.4	333
4	dp18.5 Gemaal Eemnes	149931.3	473589.1	284
5	dp19.4 Zomerdijk	149790.3	472618.7	260
6	dp20.6 Bruggemaat	149914.7	471658.5	275
7	dp21.4 Eembrugge	149988.5	470789.9	249
8	dp22.5 Snelweg	149503.3	470081.3	286
9	dp23.3 Eemdalen	149610.2	469206.3	280
10	dp24.4 Zeldert	149915.0	468367.0	232
11	dp25.4 Grote Melm	149755.4	467397.2	256
12	dp26.0 Krachtwijk	150531.5	466846.7	253
13	dp27.4 Kleine Melm	150795.5	465975.9	220
14	dp28.1 Malesluis	151663.0	465884.0	218
15	dp29.4 Coelhorst	152389.0	465280.6	190
16	dp30.2 Bunshoterstraat	153266.4	464818.9	190
17	dp31.5 Industrieweg	154073.0	464233.4	190

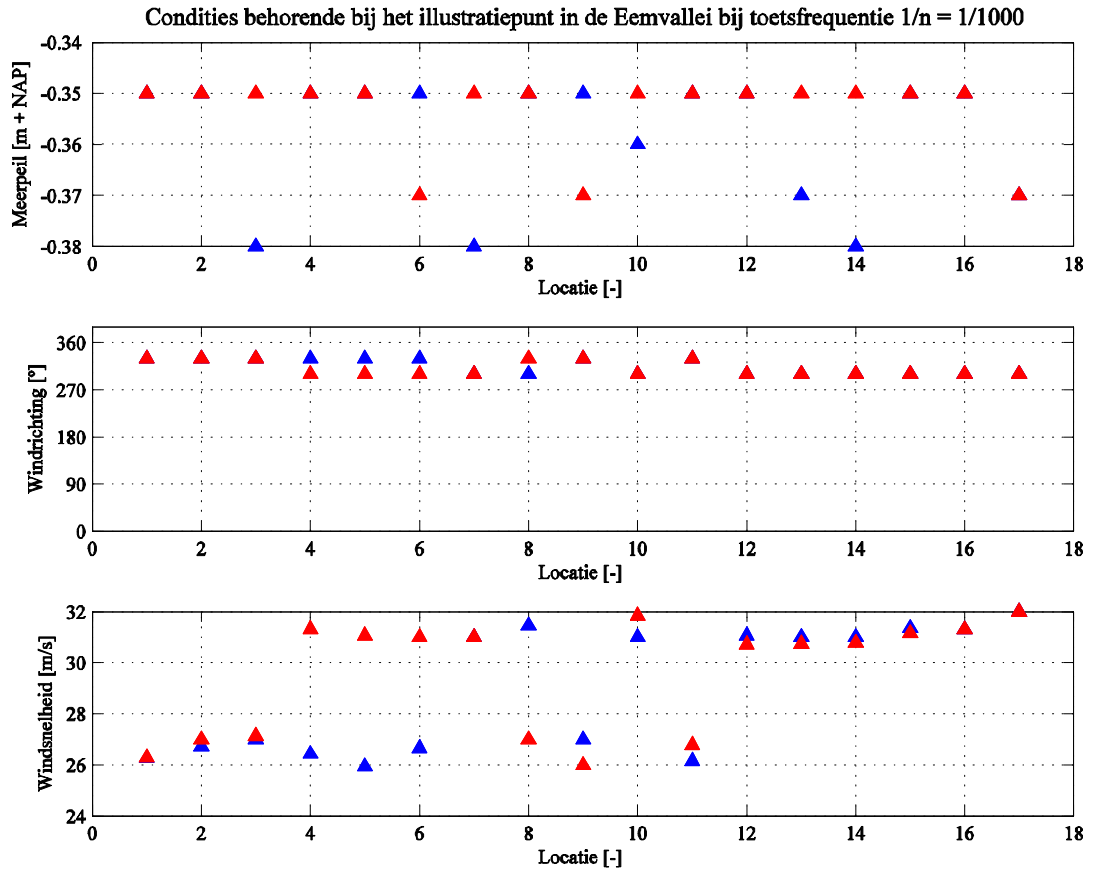
Locaties Eemvallei – frequentie 1/n = 1/1000 – met secundaire keringen						
	Toetspeil	Hydraulische belasting	Illustratiepunt			
	<i>Toetspeil [m + NAP]</i>	<i>Benodigde kruinhoogte [m + NAP]</i>	<i>Waterstand [m + NAP]</i>	<i>Significante golfhoogte Hs [m]</i>	<i>Piekperiode T_p [s]</i>	<i>Golfrichting θ [°]</i>
1	1.14	1.54	1.09	0.48	2.45	330.00
2	1.17	1.43	1.18	0.33	1.95	330.00
3	1.13	1.27	1.15	0.19	1.40	330.00
4	1.02	1.17	1.02	0.23	1.61	330.00
5	1.02	1.23	1.01	0.33	1.97	330.00
6	1.02	1.35	1.04	0.39	2.18	330.00
7	1.04	1.34	1.01	0.42	2.21	300.00
8	1.04	1.26	1.01	0.30	1.82	300.00
9	1.07	1.28	1.08	0.29	1.82	330.00
10	1.12	1.33	1.07	0.37	2.04	300.00
11	1.15	1.35	1.14	0.32	1.93	330.00
12	1.19	1.45	1.13	0.40	2.13	300.00
13	1.24	1.40	1.17	0.38	2.07	300.00
14	1.28	1.42	1.22	0.35	1.95	300.00
15	1.37	1.39	1.36	0.38	2.12	300.00
16	1.47	1.52	1.47	0.54	2.53	300.00
17	1.67	1.68	1.68	0.00	0.00	300.00

Locaties Eemvallei – frequentie 1/n = 1/1000 – zonder secundaire keringen						
	Toetspeil	Hydraulische belasting	Illustratiepunt			
	<i>Toetspeil [m + NAP]</i>	<i>Benodigde kruinhoogte [m + NAP]</i>	<i>Waterstand [m + NAP]</i>	<i>Significante golfhoogte Hs [m]</i>	<i>Piekperiode T_p [s]</i>	<i>Golfrichting θ [°]</i>
1	1.14	2.01	1.10	0.72	3.51	330.00
2	1.17	1.98	1.21	0.63	3.45	330.00
3	1.13	1.92	1.17	0.51	3.31	330.00
4	1.02	1.78	0.97	0.59	3.43	300.00
5	1.02	1.76	0.97	0.62	3.48	300.00
6	1.02	1.82	0.99	0.61	3.51	300.00
7	1.04	1.76	1.01	0.62	3.45	300.00
8	1.04	1.80	1.05	0.59	3.49	330.00
9	1.07	1.56	1.06	0.44	3.00	330.00
10	1.12	1.47	1.09	0.39	2.78	300.00
11	1.15	1.62	1.16	0.49	2.92	330.00
12	1.19	1.73	1.12	0.64	2.81	300.00
13	1.24	1.65	1.16	0.58	2.97	300.00
14	1.28	1.62	1.22	0.49	2.88	300.00
15	1.37	1.41	1.35	0.52	2.80	300.00
16	1.47	1.52	1.47	0.54	2.53	300.00
17	1.67	1.68	1.68	0.00	0.00	300.00

Herziene concept HR2006 – toetsfrequentie 1/1000

Toetspeilen, Kruinhoogten en Illustratiepunten op de Eem bij toetsfrequentie 1/n = 1/1000 blauw = met, rood = zonder secundaire keringen



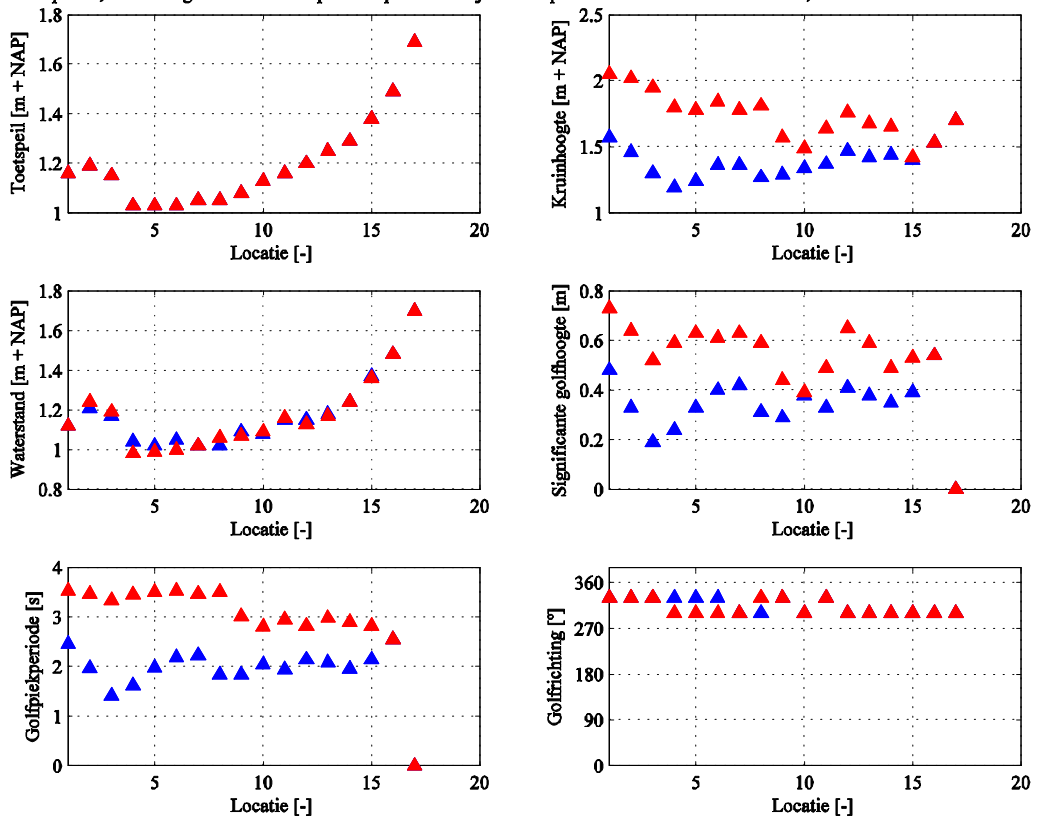


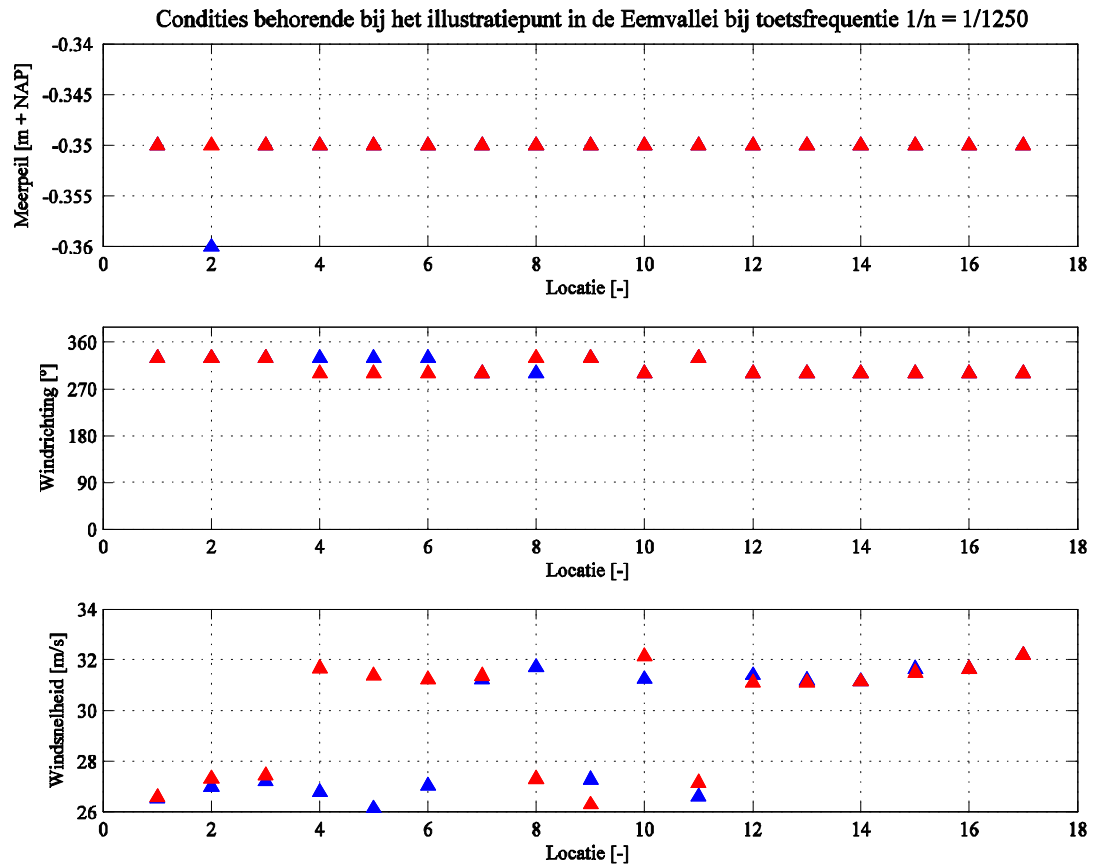
Locaties Eemvallei – frequentie $1/n = 1/1250$ – met secundaire keringen						
	Toetspeil [m + NAP]	Hydraulische belasting <i>Benodigde kruinhoogte</i> [m + NAP]	Illustratiepunt			
			Waterstand [m + NAP]	Significante golfhoogte H_s [m]	Piekperiode T_p [s]	Golfrichting θ [°]
1	1.16	1.57	1.12	0.48	2.46	330.00
2	1.19	1.46	1.21	0.33	1.96	330.00
3	1.15	1.30	1.17	0.19	1.41	330.00
4	1.03	1.19	1.04	0.24	1.62	330.00
5	1.03	1.24	1.02	0.33	1.97	330.00
6	1.03	1.36	1.05	0.40	2.19	330.00
7	1.05	1.36	1.02	0.42	2.22	300.00
8	1.05	1.27	1.02	0.31	1.83	300.00
9	1.08	1.29	1.09	0.29	1.83	330.00
10	1.13	1.34	1.08	0.38	2.05	300.00
11	1.16	1.37	1.15	0.33	1.94	330.00
12	1.20	1.47	1.15	0.41	2.14	300.00
13	1.25	1.42	1.18	0.38	2.08	300.00
14	1.29	1.44	1.24	0.35	1.95	300.00
15	1.38	1.40	1.37	0.39	2.14	300.00
16	1.49	1.53	1.48	0.54	2.54	300.00
17	1.69	1.70	1.70	0.00	0.00	300.00

Locaties Eemvallei – frequentie $1/n = 1/1250$ – zonder secundaire keringen						
	Toetspeil [m + NAP]	Hydraulische belasting Benodigde kruinhoogte [m + NAP]	Illustratiepunt			
			Waterstand [m + NAP]	Significante golfhoogte H_s [m]	Piekperiode T_p [s]	Golfrichting θ [°]
1	1.16	2.05	1.12	0.73	3.53	330.00
2	1.19	2.02	1.24	0.64	3.47	330.00
3	1.15	1.95	1.19	0.52	3.34	330.00
4	1.03	1.80	0.98	0.59	3.45	300.00
5	1.03	1.78	0.99	0.63	3.50	300.00
6	1.03	1.84	1.00	0.61	3.52	300.00
7	1.05	1.78	1.02	0.63	3.47	300.00
8	1.05	1.81	1.06	0.59	3.50	330.00
9	1.08	1.57	1.07	0.44	3.01	330.00
10	1.13	1.49	1.09	0.39	2.80	300.00
11	1.16	1.64	1.16	0.49	2.94	330.00
12	1.20	1.76	1.13	0.65	2.82	300.00
13	1.25	1.68	1.17	0.59	2.98	300.00
14	1.29	1.65	1.24	0.49	2.90	300.00
15	1.38	1.42	1.36	0.53	2.81	300.00
16	1.49	1.53	1.48	0.54	2.54	300.00
17	1.69	1.70	1.70	0.00	0.00	300.00

Herziene concept HR2006 – toetsfrequentie 1/1250

Toetspeilen, Kruinhoogten en Illustratiepunten op de Eem bij toetsfrequentie $1/n = 1/1250$ blauw = met, rood = zonder secundaire keringen



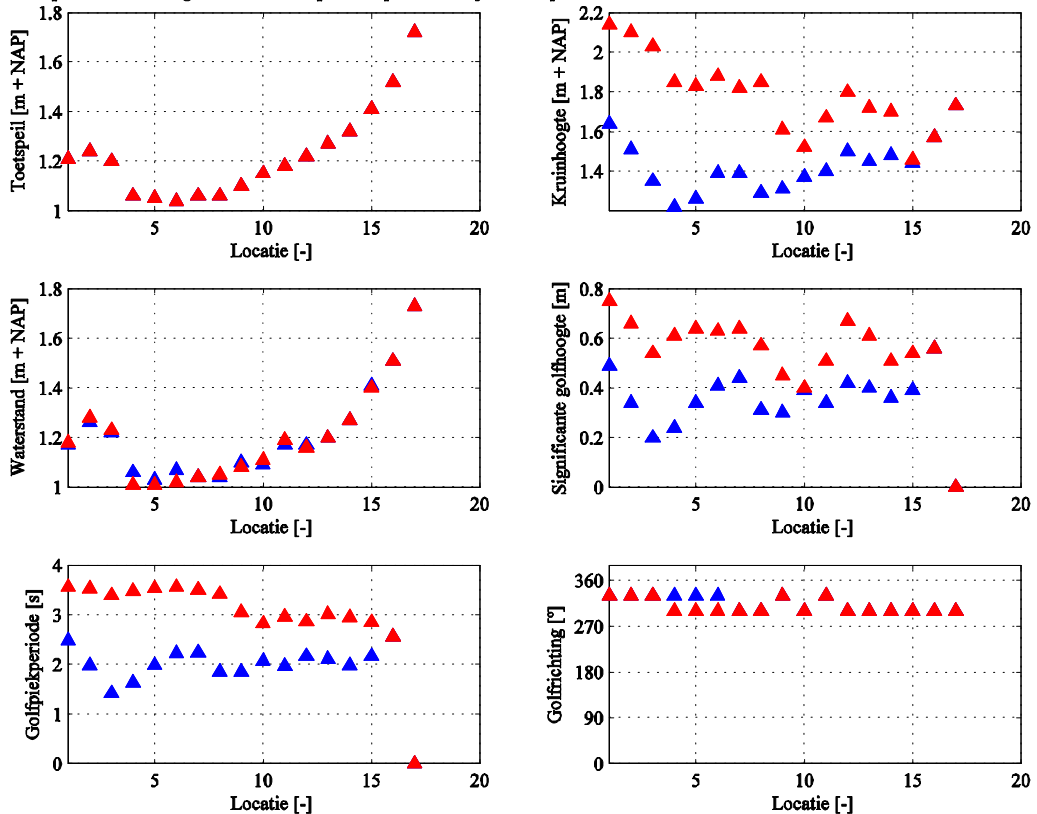


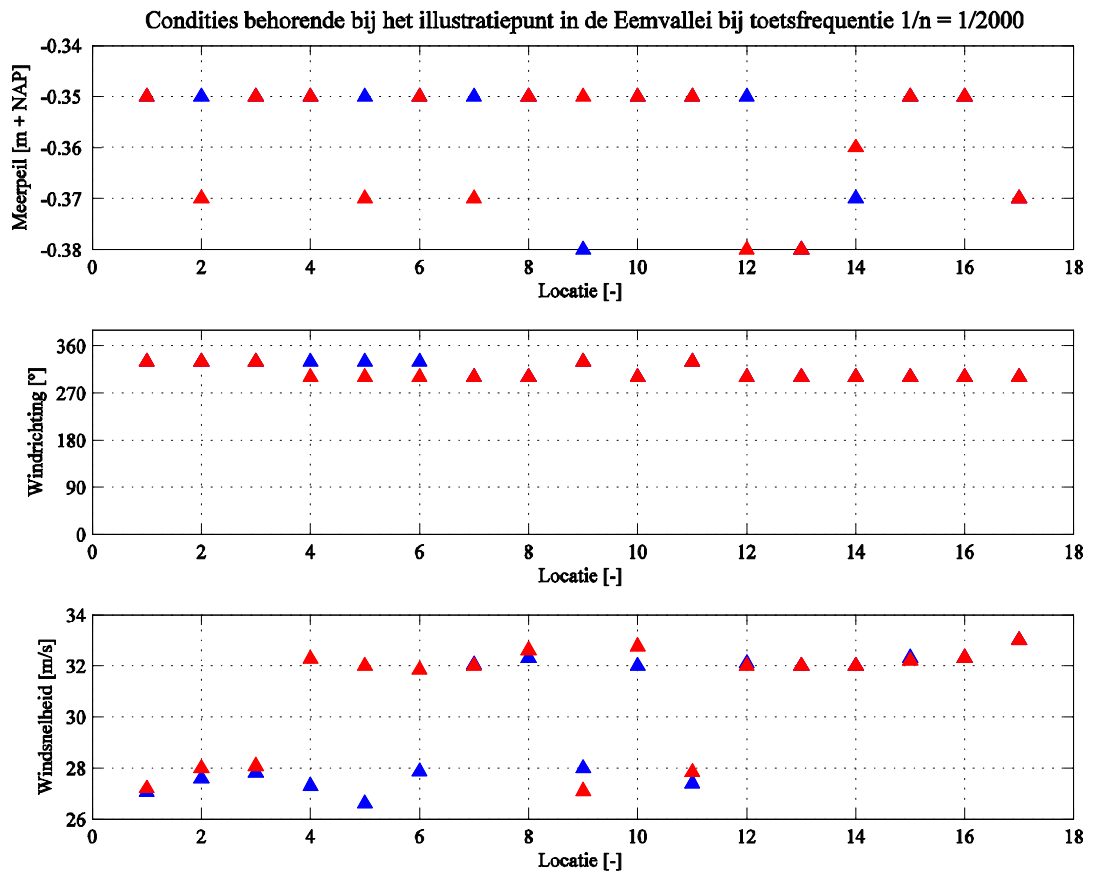
Locaties Eemvallei – frequentie $1/n = 1/2000$ – met secundaire keringen						
	Toetspeil	Hydraulische belasting	Illustratiepunt			
			<i>Toetspeil [m + NAP]</i>	<i>Benodigde kruinhoogte [m + NAP]</i>	<i>Waterstand [m + NAP]</i>	<i>Significante golfhoogte H_s [m]</i>
1	1.21	1.64	1.17	0.49	2.48	330.00
2	1.24	1.51	1.26	0.34	1.98	330.00
3	1.20	1.35	1.22	0.20	1.42	330.00
4	1.06	1.22	1.06	0.24	1.63	330.00
5	1.05	1.26	1.03	0.34	1.99	330.00
6	1.04	1.39	1.07	0.41	2.22	330.00
7	1.06	1.39	1.04	0.44	2.24	300.00
8	1.06	1.29	1.04	0.31	1.85	300.00
9	1.10	1.31	1.10	0.30	1.85	330.00
10	1.15	1.37	1.09	0.39	2.07	300.00
11	1.18	1.40	1.17	0.34	1.96	330.00
12	1.22	1.50	1.17	0.42	2.16	300.00
13	1.27	1.45	1.20	0.40	2.10	300.00
14	1.32	1.48	1.27	0.36	1.98	300.00
15	1.41	1.44	1.41	0.39	2.16	300.00
16	1.52	1.57	1.51	0.56	2.56	300.00
17	1.72	1.73	1.73	0.00	0.00	300.00

Locaties Eemvallei – frequentie 1/n = 1/2000 – zonder secundaire keringen						
	Toetspeil [m + NAP]	Hydraulische belasting Benodigde kruinhoogte [m + NAP]	Illustratiepunt			
			Waterstand [m + NAP]	Significante golfhoogte Hs [m]	Piekperiode T _p [s]	Golfrichting θ [°]
1	1.21	2.14	1.18	0.75	3.56	330.00
2	1.24	2.10	1.28	0.66	3.52	330.00
3	1.20	2.03	1.23	0.54	3.39	330.00
4	1.06	1.85	1.01	0.61	3.48	300.00
5	1.05	1.83	1.01	0.64	3.54	300.00
6	1.04	1.88	1.02	0.63	3.56	300.00
7	1.06	1.82	1.04	0.64	3.50	300.00
8	1.06	1.85	1.05	0.57	3.42	300.00
9	1.10	1.61	1.08	0.45	3.05	330.00
10	1.15	1.52	1.11	0.40	2.83	300.00
11	1.18	1.67	1.19	0.51	2.96	330.00
12	1.22	1.80	1.16	0.67	2.86	300.00
13	1.27	1.72	1.20	0.61	3.02	300.00
14	1.32	1.70	1.27	0.51	2.94	300.00
15	1.41	1.46	1.40	0.54	2.85	300.00
16	1.52	1.57	1.51	0.56	2.56	300.00
17	1.72	1.73	1.73	0.00	0.00	300.00

Herziene concept HR2006 – toetsfrequentie 1/2000

Toetspeilen, Kruinhoogten en Illustratiepunten op de Eem bij toetsfrequentie 1/n = 1/2000 blauw = met, rood = zonder secundaire keringen



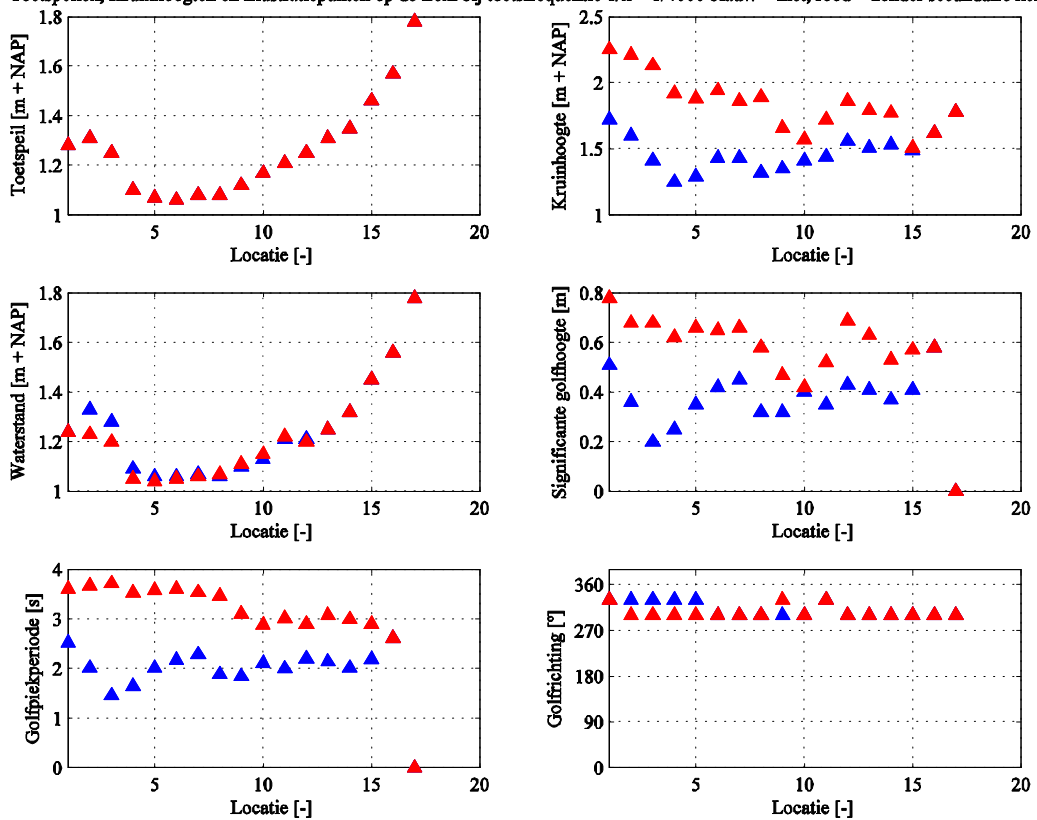


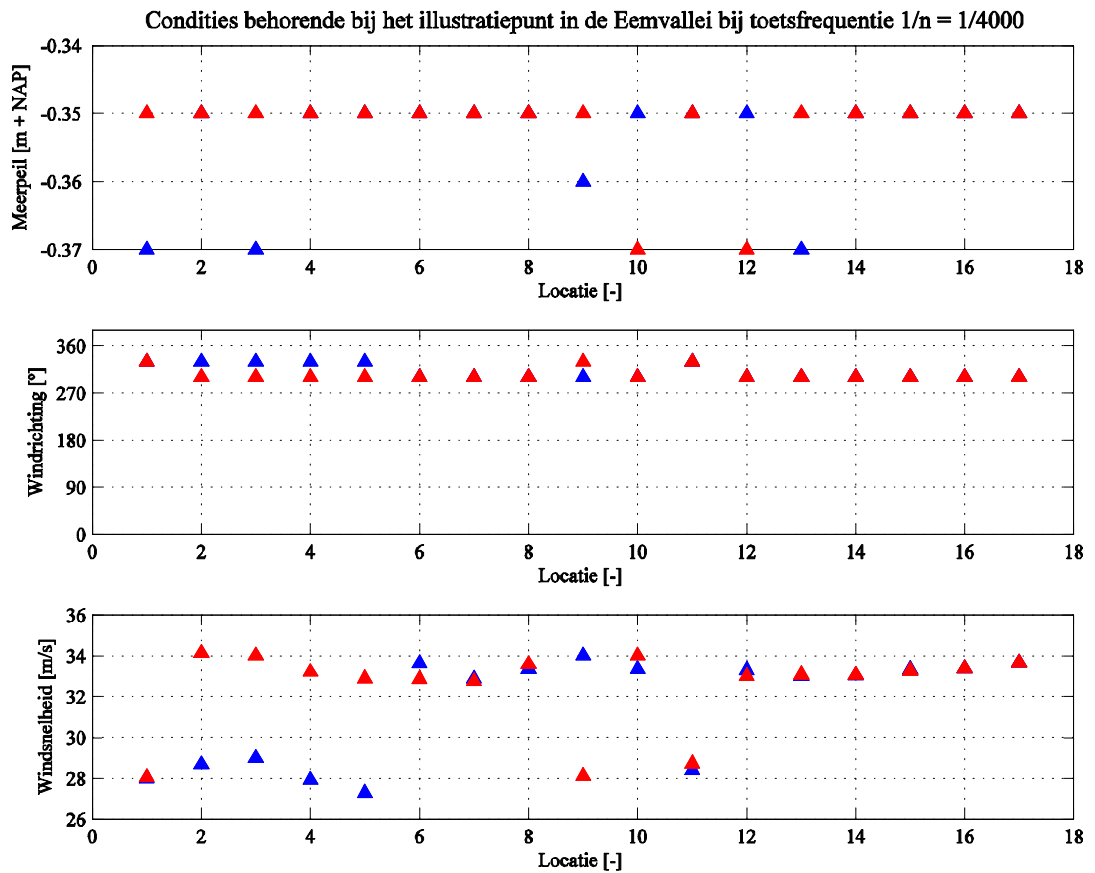
Locaties Eemvallei – frequentie $1/n = 1/4000$ – met secundaire keringen						
	Toetspeil [m + NAP]	Hydraulische belasting Benodigde kruinhoogte [m + NAP]	Illustratiepunt			
			Waterstand [m + NAP]	Significante golfhoogte H_s [m]	Piekperiode T_p [s]	Golfrichting θ [°]
1	1.28	1.72	1.24	0.51	2.52	330.00
2	1.31	1.60	1.33	0.36	2.01	330.00
3	1.25	1.41	1.28	0.20	1.45	330.00
4	1.10	1.25	1.09	0.25	1.64	330.00
5	1.07	1.29	1.06	0.35	2.01	330.00
6	1.06	1.43	1.06	0.42	2.17	300.00
7	1.08	1.43	1.07	0.45	2.28	300.00
8	1.08	1.32	1.06	0.32	1.88	300.00
9	1.12	1.35	1.10	0.32	1.84	300.00
10	1.17	1.41	1.13	0.40	2.11	300.00
11	1.21	1.44	1.21	0.35	2.00	330.00
12	1.25	1.56	1.21	0.43	2.20	300.00
13	1.31	1.51	1.25	0.41	2.14	300.00
14	1.35	1.53	1.32	0.37	2.01	300.00
15	1.46	1.49	1.45	0.41	2.19	300.00
16	1.57	1.62	1.56	0.58	2.61	300.00
17	1.78	1.78	1.78	0.00	0.00	300.00

Locaties Eemvallei – frequentie $1/n = 1/4000$ – zonder secundaire keringen						
	Hydraulische belasting		Illustratiepunt			
	Toetspeil [m + NAP]	Benodigde kruinhoogte [m + NAP]	Waterstand [m + NAP]	Significante golfhoogte H_s [m]	Piekperiode T_p [s]	Golfrichting θ [°]
1	1.28	2.25	1.24	0.78	3.61	330.00
2	1.31	2.21	1.23	0.68	3.67	300.00
3	1.25	2.13	1.20	0.68	3.71	300.00
4	1.10	1.92	1.05	0.62	3.53	300.00
5	1.07	1.88	1.04	0.66	3.58	300.00
6	1.06	1.94	1.05	0.65	3.61	300.00
7	1.08	1.86	1.06	0.66	3.54	300.00
8	1.08	1.89	1.07	0.58	3.47	300.00
9	1.12	1.66	1.11	0.47	3.10	330.00
10	1.17	1.57	1.15	0.42	2.88	300.00
11	1.21	1.72	1.22	0.52	3.01	330.00
12	1.25	1.86	1.20	0.69	2.90	300.00
13	1.31	1.79	1.25	0.63	3.07	300.00
14	1.35	1.77	1.32	0.53	2.99	300.00
15	1.46	1.51	1.45	0.57	2.90	300.00
16	1.57	1.62	1.56	0.58	2.61	300.00
17	1.78	1.78	1.78	0.00	0.00	300.00

Herziene concept HR2006 – toetsfrequentie 1/4000

Toetspeilen, Kruinhoogten en Illustratiepunten op de Eem bij toetsfrequentie $1/n = 1/4000$ blauw = met, rood = zonder secundaire keringen



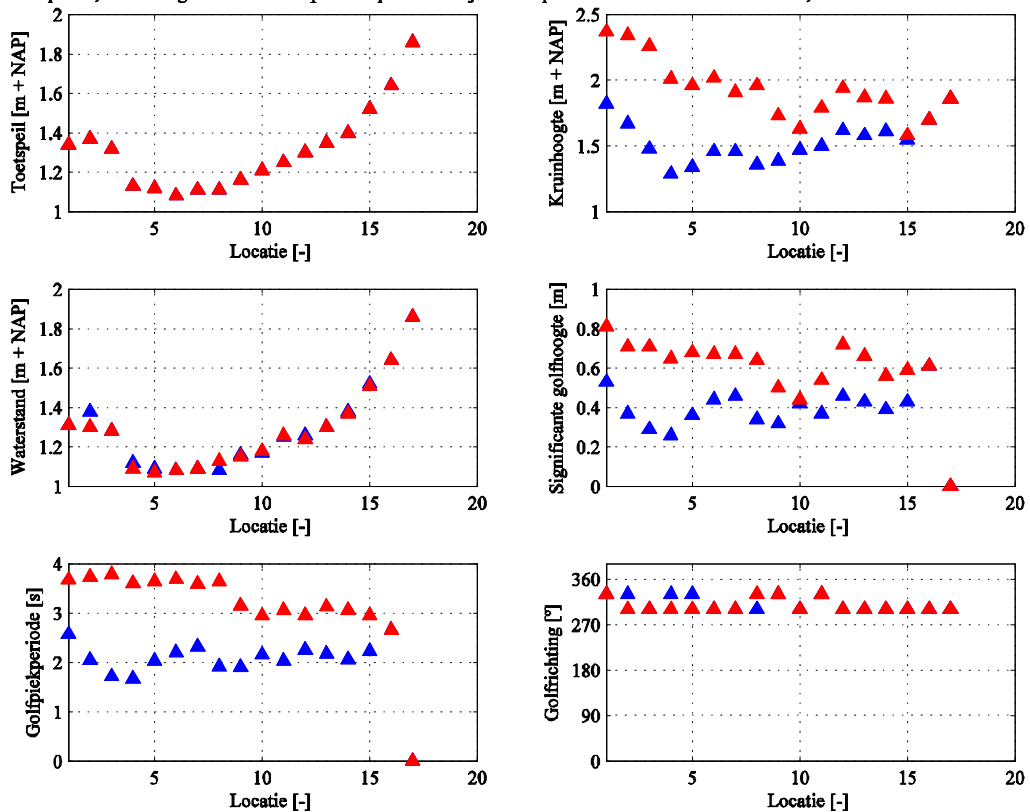


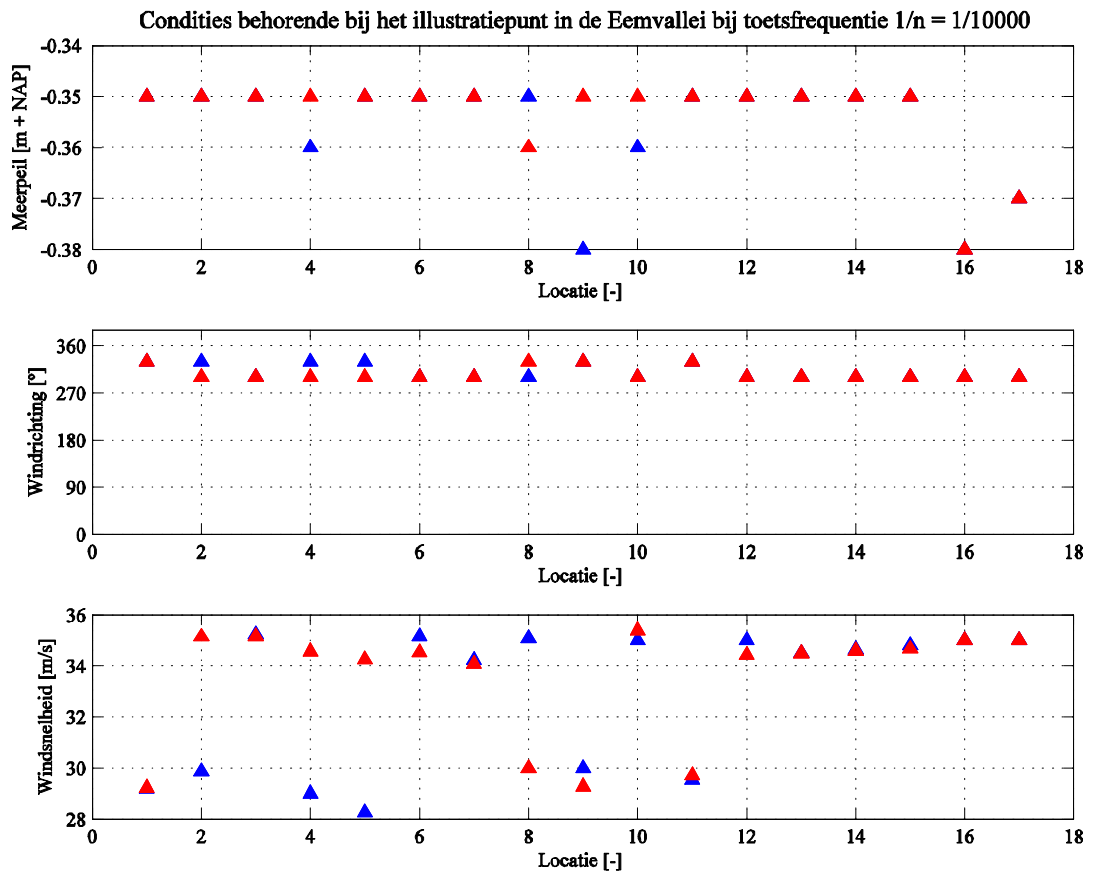
Locaties Eemvallei – frequentie $1/n = 1/10000$ – met secundaire keringen						
	Toetspeil	Hydraulische belasting	Illustratiepunt			
	<i>Toetspeil [m + NAP]</i>	<i>Benodigde kruinhoogte [m + NAP]</i>	<i>Waterstand [m + NAP]</i>	<i>Significante golfhoogte H_s [m]</i>	<i>Piekperiode T_p [s]</i>	<i>Golfrichting θ [°]</i>
1	1.34	1.82	1.31	0.53	2.57	330.00
2	1.37	1.67	1.38	0.37	2.05	330.00
3	1.32	1.48	1.28	0.29	1.72	300.00
4	1.13	1.29	1.12	0.26	1.67	330.00
5	1.12	1.34	1.09	0.36	2.04	330.00
6	1.08	1.46	1.08	0.44	2.21	300.00
7	1.11	1.46	1.09	0.46	2.32	300.00
8	1.11	1.36	1.08	0.34	1.92	300.00
9	1.16	1.39	1.16	0.32	1.91	330.00
10	1.21	1.47	1.17	0.42	2.16	300.00
11	1.25	1.50	1.25	0.37	2.04	330.00
12	1.30	1.62	1.26	0.46	2.25	300.00
13	1.35	1.58	1.30	0.43	2.18	300.00
14	1.40	1.61	1.38	0.39	2.06	300.00
15	1.52	1.55	1.52	0.43	2.23	300.00
16	1.64	1.70	1.64	0.61	2.66	300.00
17	1.86	1.86	1.86	0.00	0.00	300.00

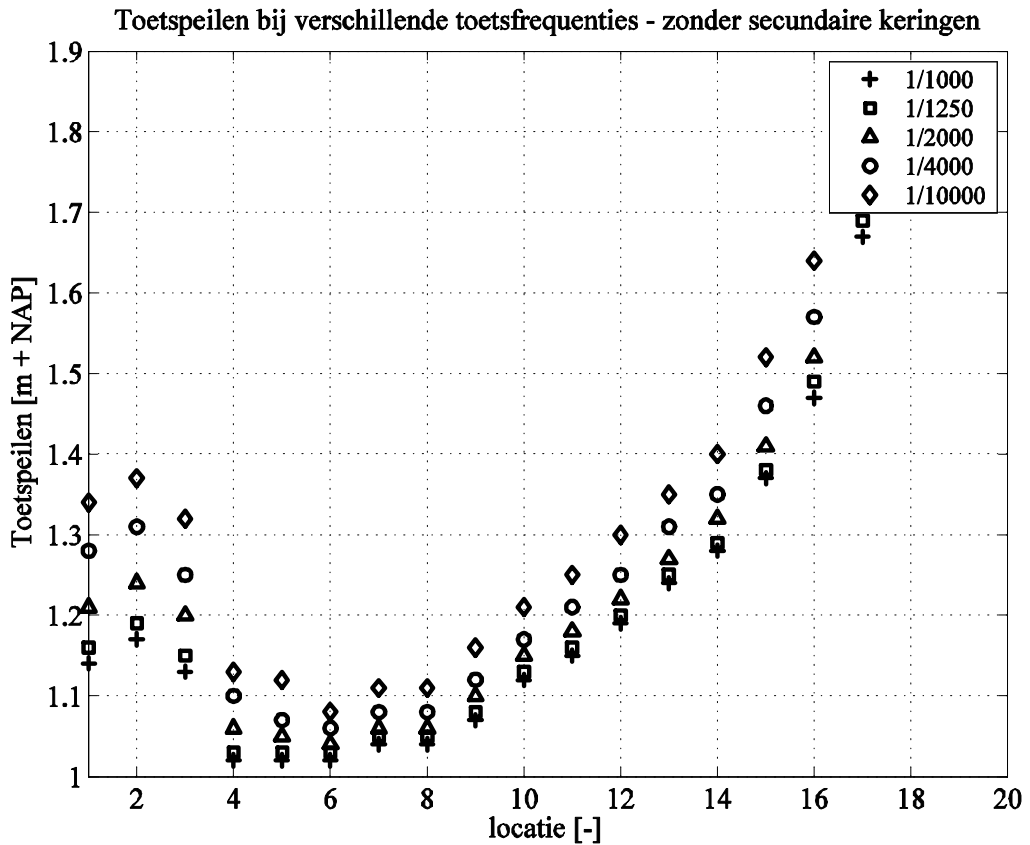
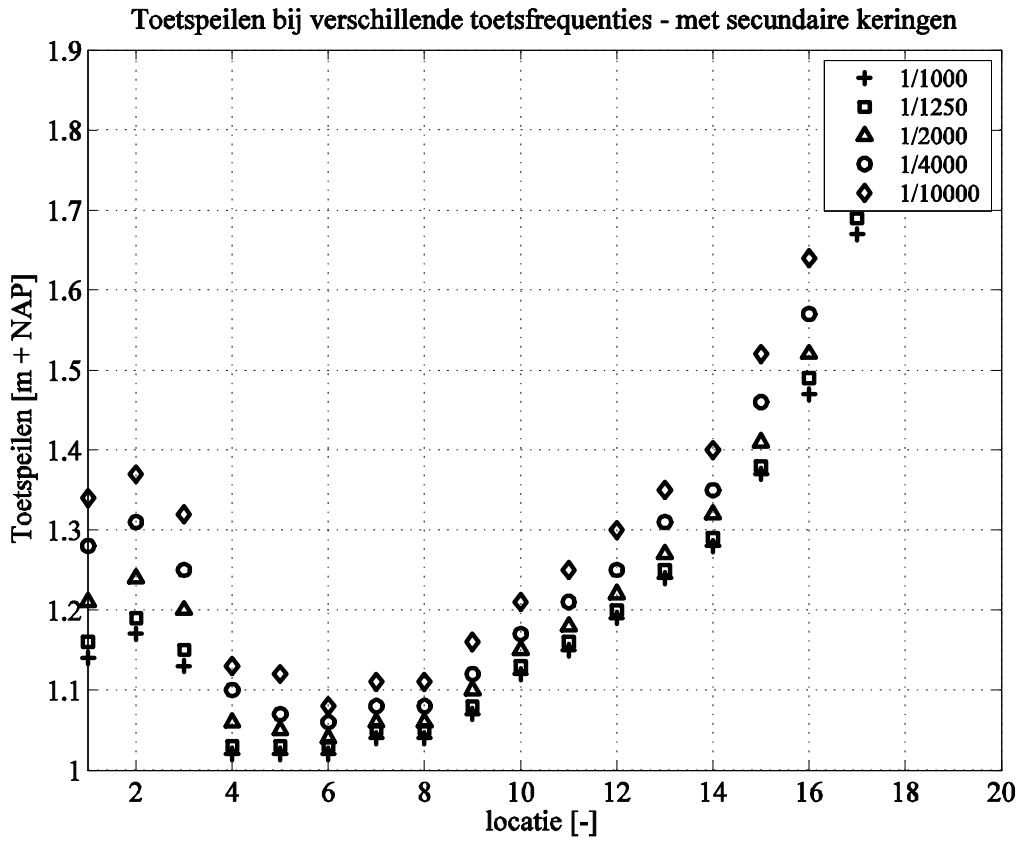
Locaties Eemvallei – frequentie 1/n = 1/10000 – zonder secundaire keringen						
	Toetspeil	Hydraulische belasting	Illustratiepunt			
	Toetspeil [m + NAP]	Benodigde kruinhoogte [m + NAP]	Waterstand [m + NAP]	Significante golfhoogte Hs [m]	Piekperiode T _p [s]	Golfrichting θ [°]
1	1.34	2.37	1.31	0.81	3.68	330.00
2	1.37	2.34	1.30	0.71	3.74	300.00
3	1.32	2.26	1.28	0.71	3.79	300.00
4	1.13	2.01	1.09	0.65	3.61	300.00
5	1.12	1.96	1.07	0.68	3.65	300.00
6	1.08	2.02	1.08	0.67	3.69	300.00
7	1.11	1.91	1.09	0.67	3.60	300.00
8	1.11	1.96	1.13	0.64	3.65	330.00
9	1.16	1.73	1.15	0.50	3.16	330.00
10	1.21	1.63	1.18	0.44	2.95	300.00
11	1.25	1.79	1.26	0.54	3.06	330.00
12	1.30	1.94	1.24	0.72	2.96	300.00
13	1.35	1.87	1.30	0.66	3.13	300.00
14	1.40	1.86	1.37	0.56	3.06	300.00
15	1.52	1.58	1.51	0.59	2.96	300.00
16	1.64	1.70	1.64	0.61	2.66	300.00
17	1.86	1.86	1.86	0.00	0.00	300.00

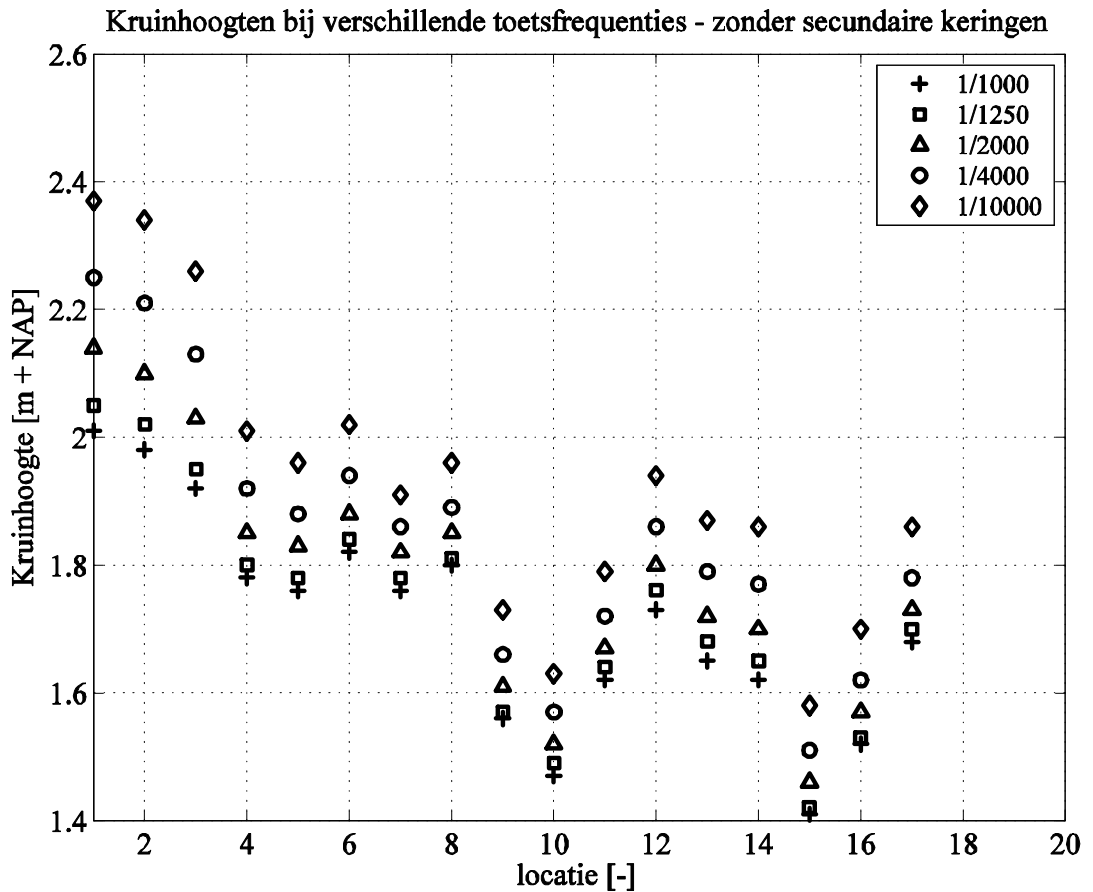
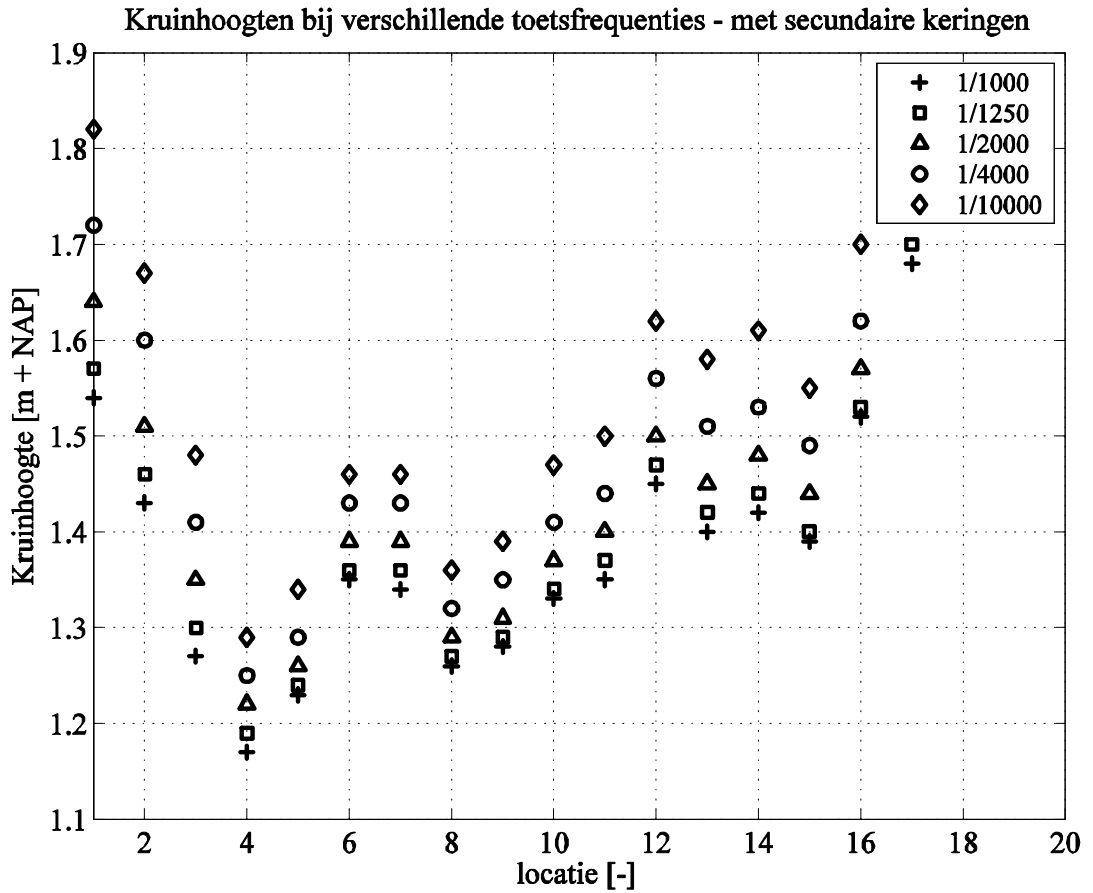
Herziene concept HR2006 – toetsfrequentie 1/10.000

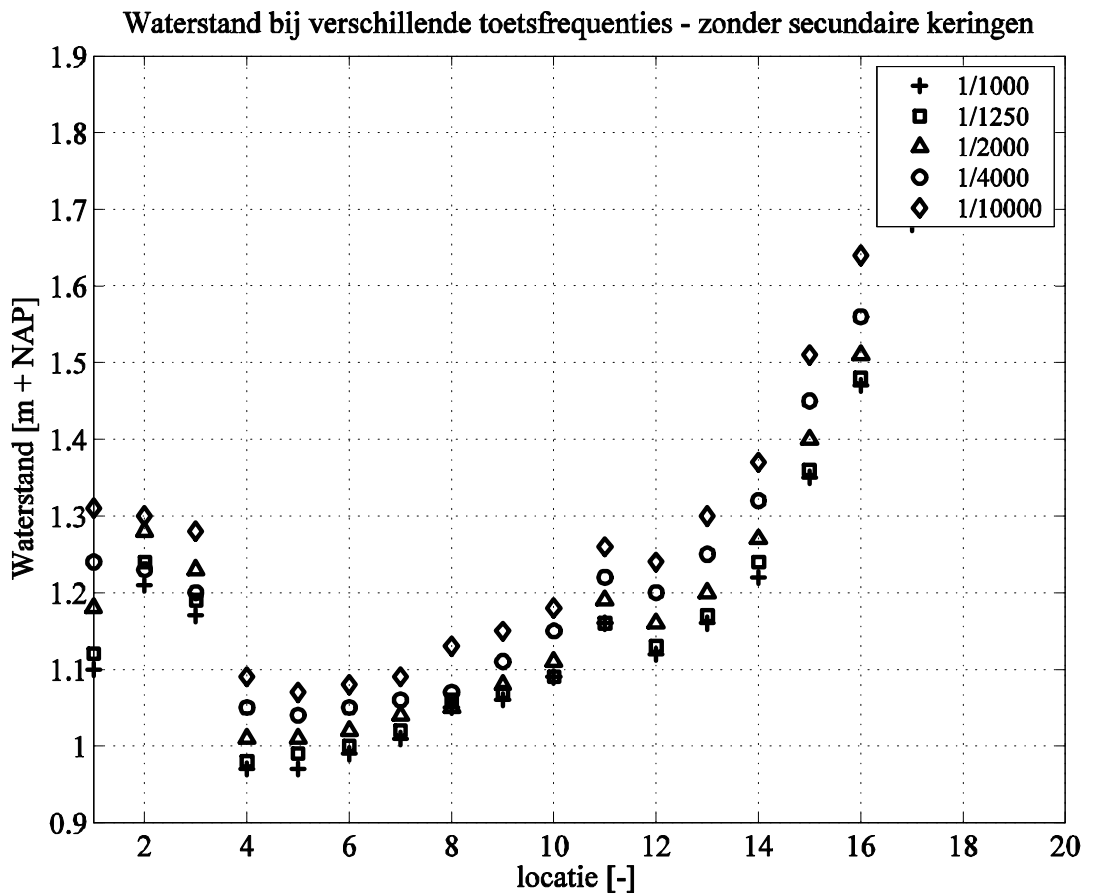
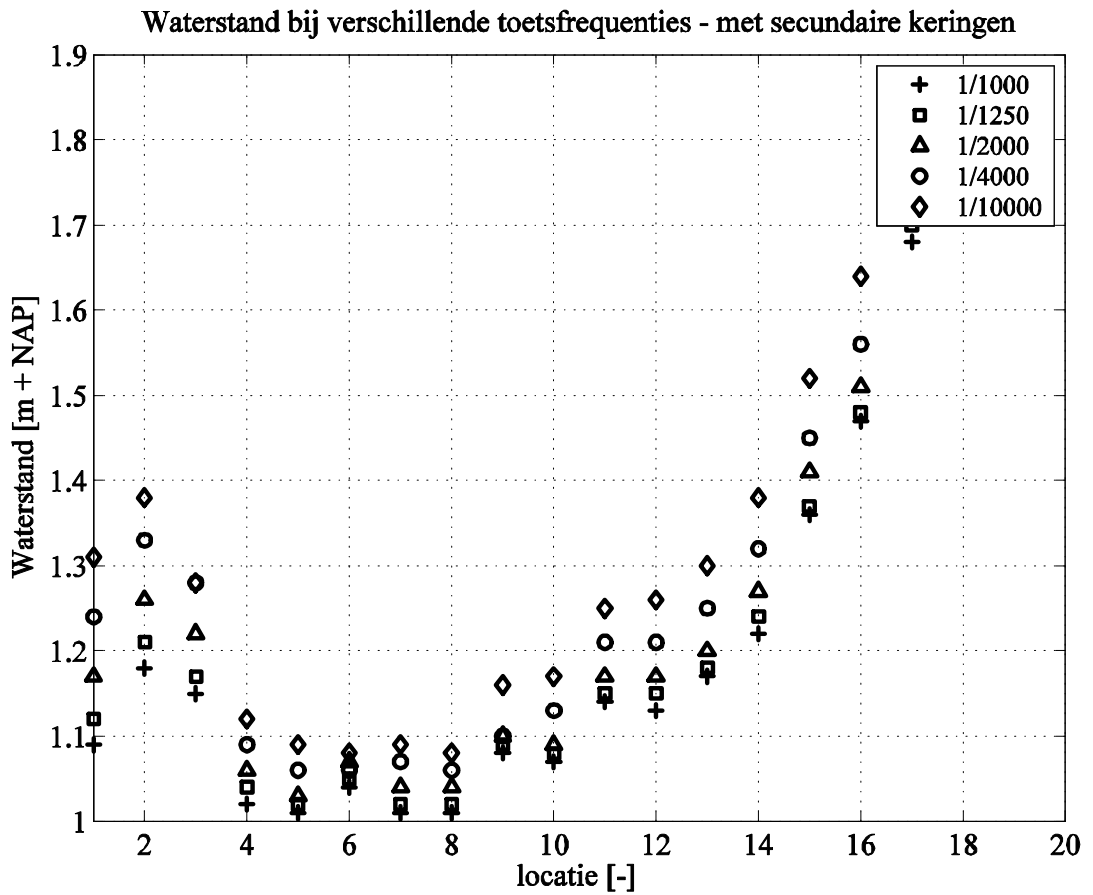
Toetspeilen, Kruinhoogten en Illustratiepunten op de Eem bij toetsfrequentie 1/n = 1/10000 blauw = met, rood = zonder secundaire keringen

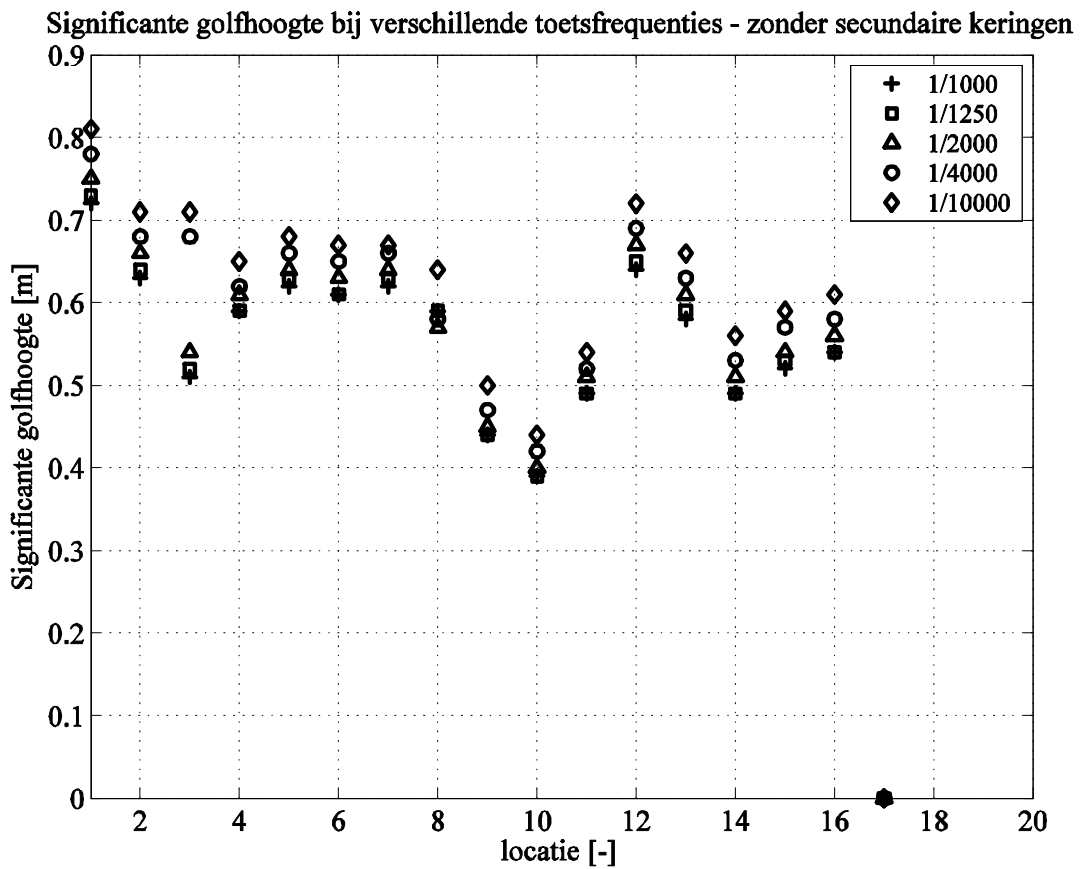
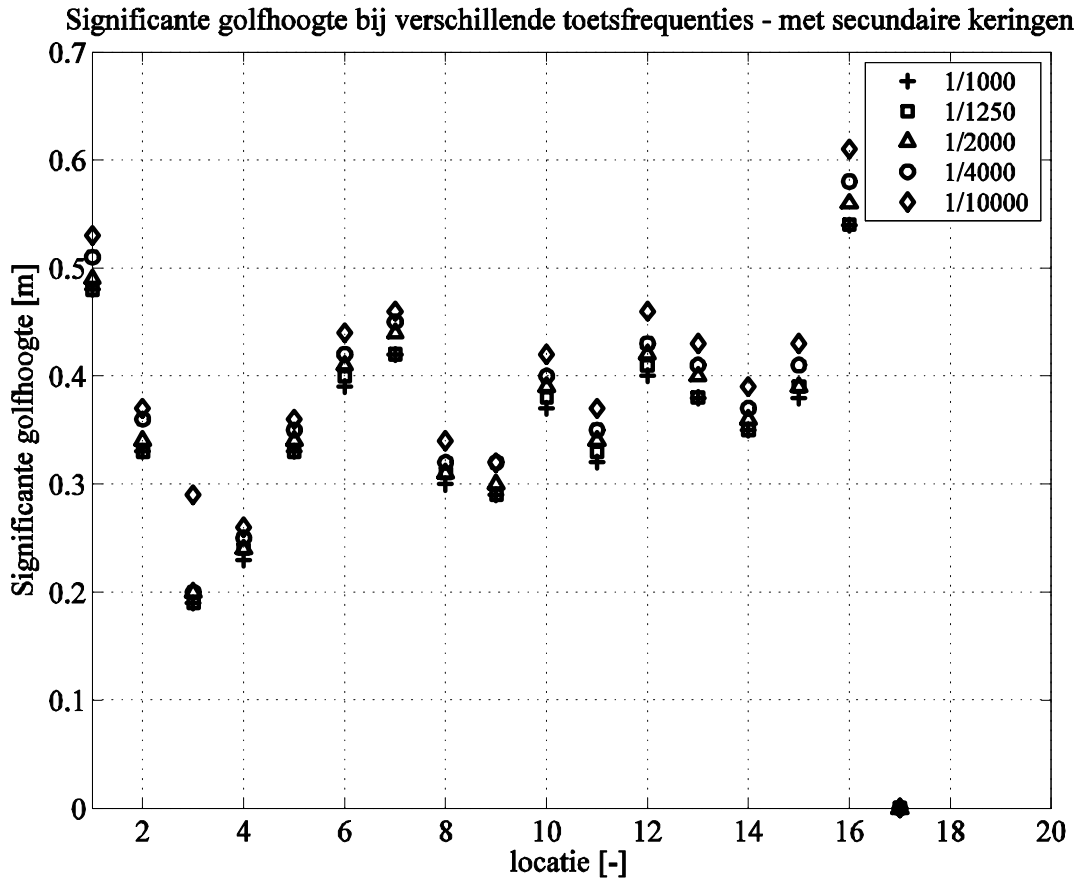


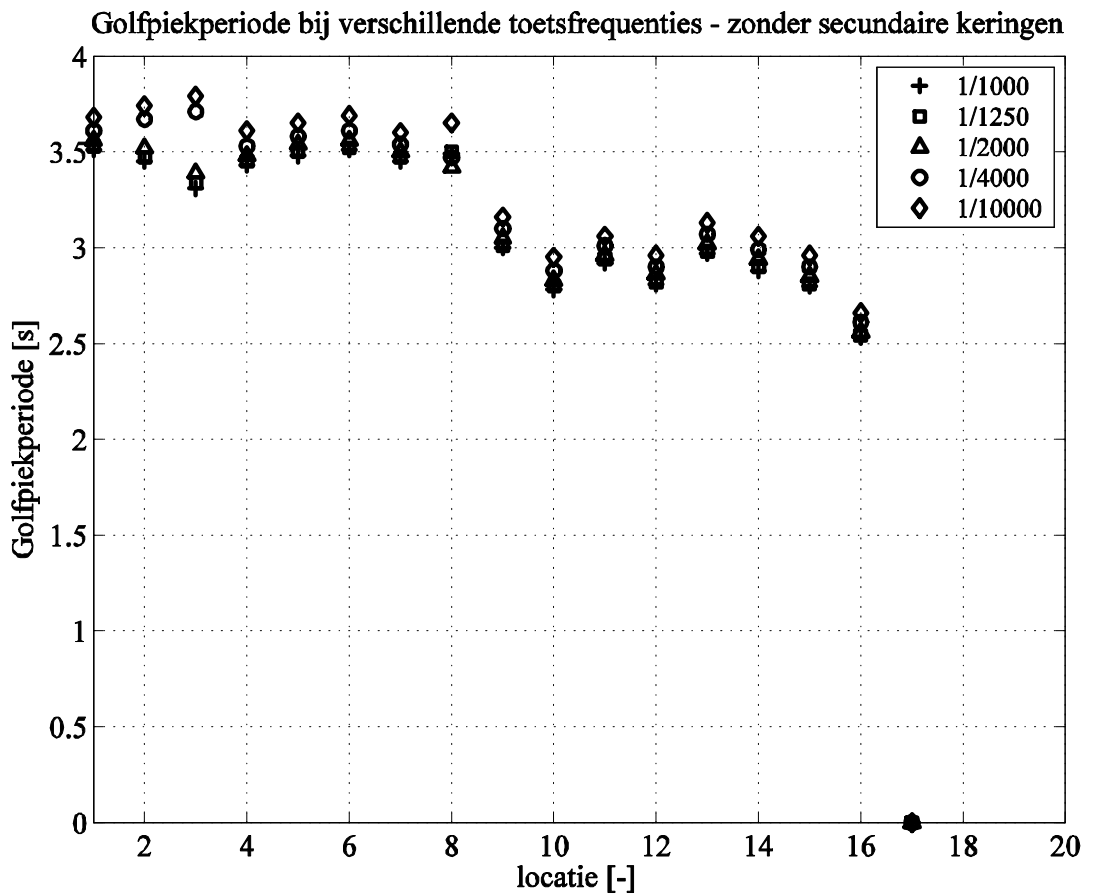
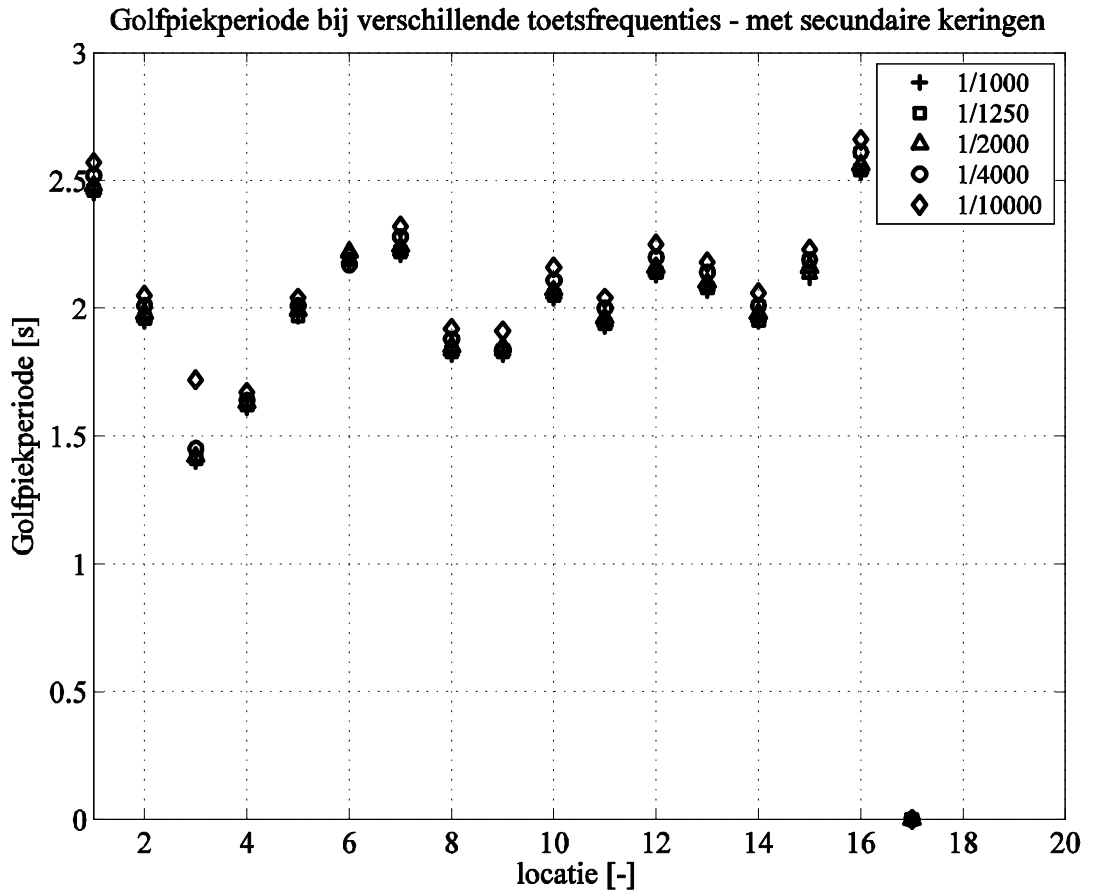




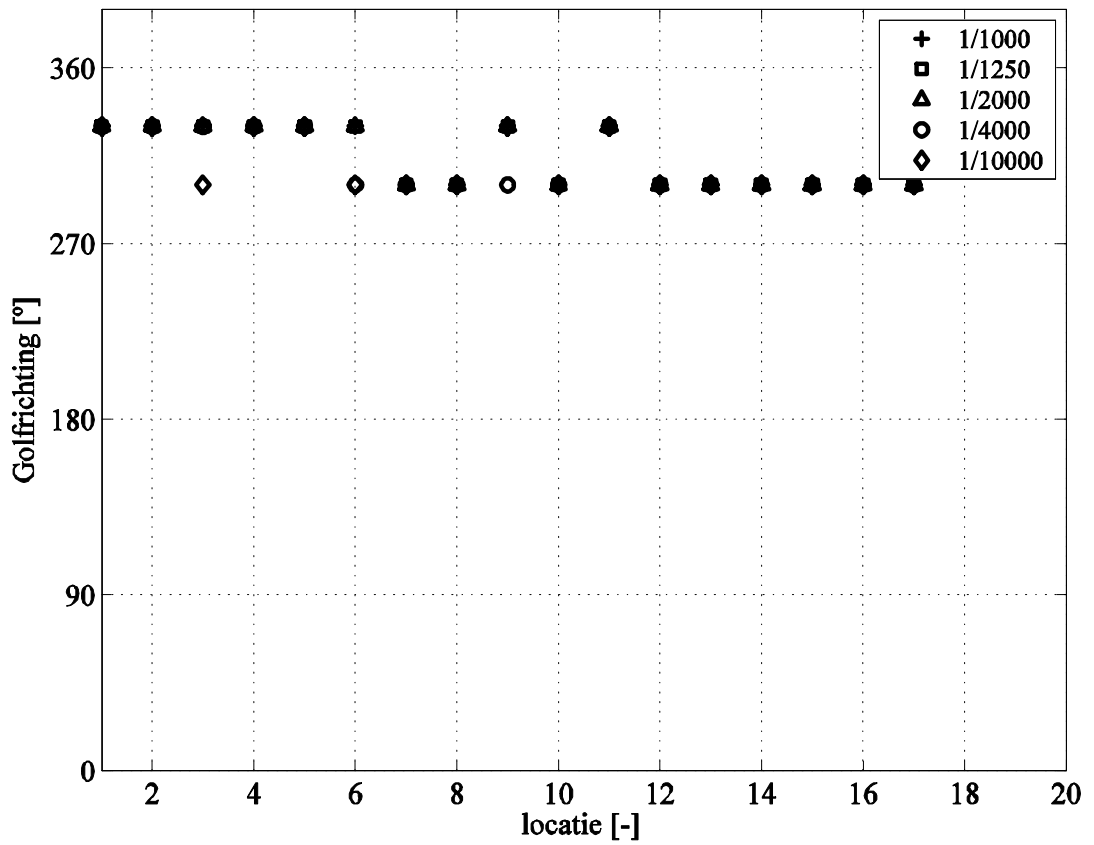




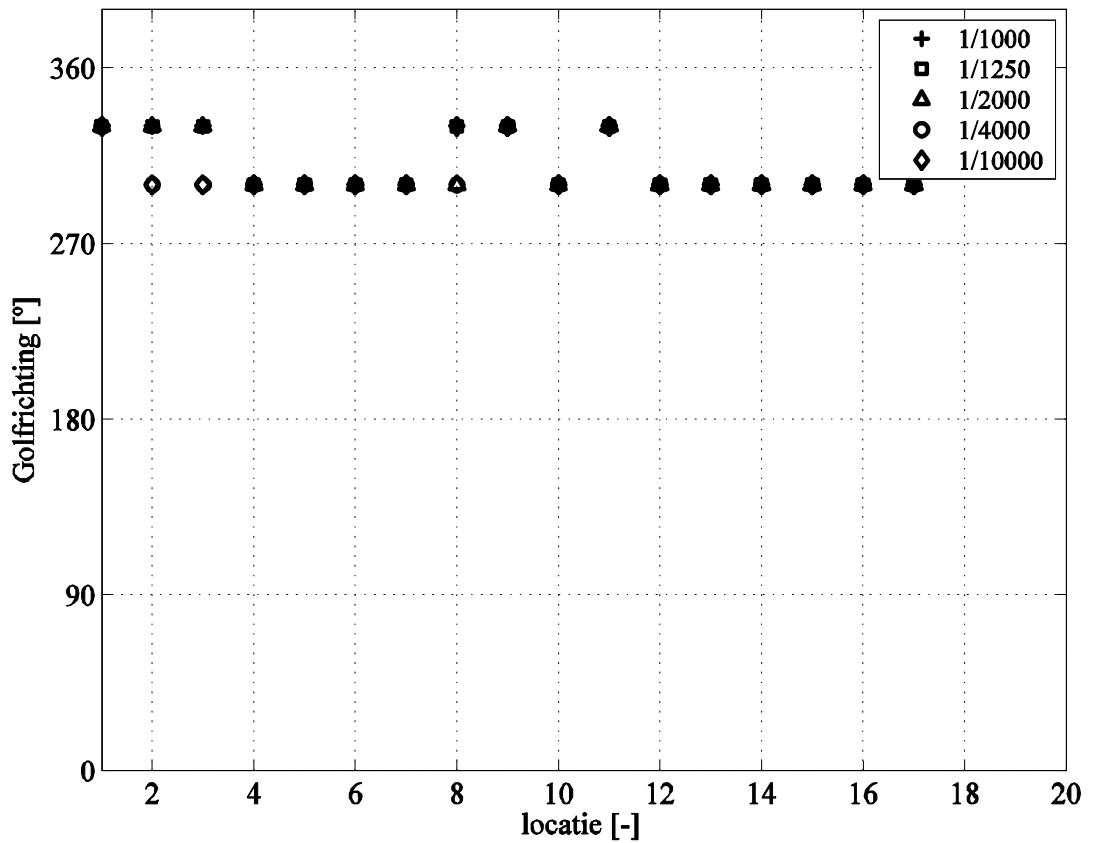




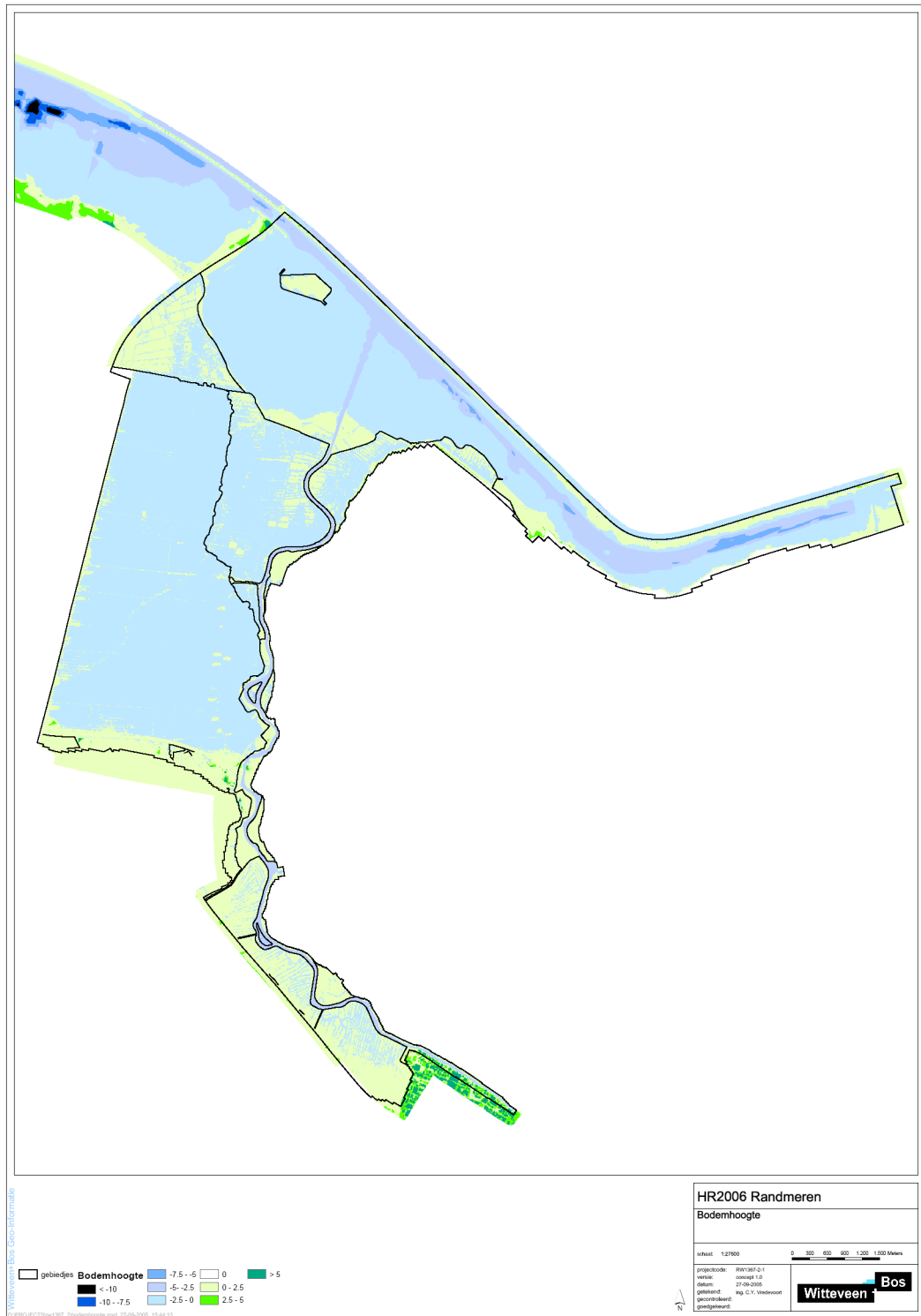
Golfrichting bij verschillende toetsfrequenties - met secundaire kringen



Golfrichting bij verschillende toetsfrequenties - zonder secundaire kringen



E Bodembestand uit Baseline



F Vergelijking HR2006 en HR2001 bij ontwerpfrequentie $1/n=1/4000$ voor Gooi- Eemmeer

Locaties Gooi- en Eemmeer

Locaties Eem-Gooimeer				
	Naam locaties HR2001-database	Naam locaties HR2006-database	x-coördinaat	y-coördinaat
1.	dp12.1 Spakenburg	Gooi_Eem_reken_57	154527	474609
2.	dp14.8 Oude Pol	Eem_contr_uitgebr_1	152583	475790
3.	dp7.3 Wielse Sluis	Gooi_Eem_reken_33	158491	473973
4.	dp9.1 Nekkeveld	Gooi_Eem_reken_43	156741	473224
5.	GG Gooijergracht	Eem_contr_uitgebr_3	149539	476711
6.	hm21.3 Eemmeerdijk O	Gooi_Eem_reken_258	152115	477583
7.	hm24.4 Eemmeerdijk W	Gooi_Eem_reken_270	153843	475918
8.	hm26.3 Eemmeerdijk	Gooi_Eem_reken_282	155404	474187
9.	hm29.3 Nijkerkerdijk	Gooi_Eem_reken_9	158262	474157
10.	SB Stichtse Brug	Gooi_Eem_reken_99	148889	478515

Vergelijking tussen HR 2001 en HR 2006 (met secundaire keringen)

Locatie	Toetspeil HR 2001 [m + NAP]	Toetspeil HR 2006 [m + NAP]
1.	1.64	1.57
2.	1.50	1.39
3.	1.82	1.81
4.	1.77	1.75
5.	1.28	1.20
6.	1.41	1.27
7.	1.61	1.45
8.	1.69	1.63
9.	1.81	1.79
10.	1.12	1.07

Locatie	Illustratiepunt							
	Waterstand		Significante golfhoogte H _s		Piekperiode T _p		Golfrichting θ	
	HR 2001 [m + NAP]	HR 2006 [m + NAP]	HR 2001 [m]	HR 2006 [m]	HR 2001 [s]	HR 2006 [s]	HR 2001 [°]	HR 2006 [°]
1.	1.66	1.39	0.75	0.83	4.72	3.42	323.20	330.00
2.	1.49	1.36	0.91	0.92	4.65	3.71	312.80	330.00
3.	1.80	1.79	0.69	0.83	3.47	3.27	278.80	300.00
4.	1.80	1.74	0.59	1.02	3.81	3.87	301.60	300.00
5.	1.28	1.18	0.58	0.62	3.50	3.03	325.00	330.00
6.	1.38	1.20	1.16	0.99	4.47	3.73	283.70	300.00
7.	1.58	1.41	0.63	1.06	4.93	3.99	292.00	300.00
8.	1.66	1.60	0.53	0.99	3.65	3.78	288.80	300.00
9.	1.80	1.79	0.44	0.63	3.41	2.84	266.60	300.00
10.	1.09	1.06	0.20	0.25	1.61	1.76	327.10	330.00

Locatie	Conditie behorende bij het illustratiepunt					
	Meerpeil		Windsnelheid		Windrichting	
	HR 2001 [m + NAP]	HR 2006 [m + NAP]	HR 2001 [m/s]	HR 2006 [m/s]	HR 2001 [°]	HR 2006 [°]
1.	-0.35	-0.35	33.62	28.03	300.00	330.00
2.	-0.35	-0.35	33.33	28.99	300.00	330.00
3.	-0.35	-0.35	33.21	33.21	300.00	300.00
4.	-0.35	-0.35	33.72	33.42	300.00	300.00
5.	-0.35	-0.35	33.72	28.11	300.00	330.00
6.	-0.35	-0.35	33.17	33.24	300.00	300.00
7.	-0.35	-0.35	33.26	33.24	300.00	300.00
8.	-0.35	-0.35	33.21	33.22	300.00	300.00
9.	-0.35	-0.35	33.30	33.43	300.00	300.00
10.	-0.35	-0.35	29.13	28.08	330.00	330.00

Locatie	Benodigde kruinhoogte HR 2001 [m + NAP]	Benodigde kruinhoogte HR 2006 [m + NAP]
1.	2.73	2.22
2.	2.91	2.53
3.	2.54	2.65
4.	2.55	2.82
5.	1.86	1.73
6.	2.86	2.20
7.	2.66	2.53
8.	2.33	2.62
9.	1.92	1.79
10.	1.16	1.16

Vergelijking tussen HR 2001 en HR 2006 (zonder secundaire keringen)

Locatie	Toetspeil HR 2001 [m + NAP]	Toetspeil HR 2006 [m + NAP]
1.	1.64	1.57
2.	1.50	1.39
3.	1.82	1.81
4.	1.77	1.75
5.	1.28	1.20
6.	1.41	1.27
7.	1.61	1.45
8.	1.69	1.63
9.	1.81	1.79
10.	1.12	1.07

Locatie	Illustratiepunt							
	Waterstand		Significante golfhoogte H _s		Piekperiode T _p		Golfrichting θ	
	HR 2001 [m + NAP]	HR 2006 [m + NAP]	HR 2001 [m]	HR 2006 [m]	HR 2001 [s]	HR 2006 [s]	HR 2001 [°]	HR 2006 [°]
1.	1.66	1.39	0.75	0.90	4.72	3.66	323.20	330.00
2.	1.49	1.38	0.91	0.98	4.65	4.12	312.80	300.00
3.	1.80	1.79	0.69	0.83	3.47	3.27	278.80	300.00
4.	1.80	1.75	0.59	0.98	3.81	3.84	301.60	300.00
5.	1.28	1.18	0.58	0.63	3.50	3.20	325.00	330.00
6.	1.38	1.20	1.16	0.92	4.47	3.78	283.70	300.00
7.	1.58	1.41	0.63	1.11	4.93	4.22	292.00	300.00
8.	1.66	1.60	0.53	0.95	3.65	3.87	288.80	300.00
9.	1.80	1.79	0.44	0.63	3.41	2.84	266.60	300.00
10.	1.09	1.05	0.20	0.25	1.61	1.76	327.10	330.00

Locatie	Conditie behorende bij het illustratiepunt					
	Meerpeil		Windsnelheid		Windrichting	
	HR 2001 [m + NAP]	HR 2006 [m + NAP]	HR 2001 [m/s]	HR 2006 [m/s]	HR 2001 [°]	HR 2006 [°]
1.	-0.35	-0.35	33.62	28.00	300.00	330.00
2.	-0.35	-0.35	33.33	34.00	300.00	300.00
3.	-0.35	-0.35	33.21	33.21	300.00	300.00
4.	-0.35	-0.35	33.72	33.51	300.00	300.00
5.	-0.35	-0.35	33.72	28.13	300.00	330.00
6.	-0.35	-0.35	33.17	33.31	300.00	300.00
7.	-0.35	-0.35	33.26	33.26	300.00	300.00
8.	-0.35	-0.35	33.21	33.26	300.00	300.00
9.	-0.35	-0.35	33.30	33.43	300.00	300.00
10.	-0.35	-0.35	29.13	28.07	330.00	330.00

Locatie	Benodigde kruinhoogte HR 2001 [m + NAP]	Benodigde kruinhoogte HR 2006 [m + NAP]
1.	2.73	2.34
2.	2.91	2.60
3.	2.54	2.65
4.	2.55	2.80
5.	1.86	1.78
6.	2.86	2.16
7.	2.66	2.64
8.	2.33	2.61
9.	1.92	1.79
10.	1.16	1.16

G Vergelijking herziene en concept HR2006

HR2006 locaties op de as van de Eem

Locaties Eemvallei				
	<i>HR-locatiennaam</i>	<i>x-coördinaat</i>	<i>y-coördinaat</i>	<i>richting dijknormaal</i>
1	dp15.8 Raboes	150963.5	475519.9	301
2	dp16.9 Bekaaiide Maat	150649.3	474700.7	285
3	dp17.6 Eemdijk	150790.1	473927.4	333
4	dp18.5 Gemaal Eemnes	149931.3	473589.1	284
5	dp19.4 Zomerdijk	149790.3	472618.7	260
6	dp20.6 Bruggemaat	149914.7	471658.5	275
7	dp21.4 Eembrugge	149988.5	470789.9	249
8	dp22.5 Snelweg	149503.3	470081.3	286
9	dp23.3 Eemdal	149610.2	469206.3	280
10	dp24.4 Zeldert	149915.0	468367.0	232
11	dp25.4 Grote Melm	149755.4	467397.2	256
12	dp26.0 Krachtwijk	150531.5	466846.7	253
13	dp27.4 Kleine Melm	150795.5	465975.9	220
14	dp28.1 Malesluis	151663.0	465884.0	218
15	dp29.4 Coelhorst	152389.0	465280.6	190
16	dp30.2 Bunshoterstraat	153266.4	464818.9	190
17	dp31.5 Industrierweg	154073.0	464233.4	190

Vergelijking tussen herziene en oude concept HR2006 – met secundaire keringen

Locatie	Toetspeil oude HR 2006 [m + NAP]	Toetspeil herziene HR 2006 [m + NAP]	Benodigde kruinhoogte oude HR 2006 [m + NAP]	Benodigde kruinhoogte herziene HR 2006 [m + NAP]
1	1.22	1.16	1.63	1.57
2	1.26	1.19	1.52	1.46
3	1.31	1.15	1.45	1.30
4	1.32	1.03	1.47	1.19
5	1.38	1.03	1.59	1.24
6	1.45	1.03	1.77	1.36
7	1.50	1.05	1.78	1.36
8	1.54	1.05	1.76	1.27
9	1.62	1.08	1.83	1.29
10	1.69	1.13	1.86	1.34
11	1.73	1.16	1.94	1.37
12	1.78	1.20	2.03	1.47
13	1.84	1.25	1.97	1.42
14	1.88	1.29	2.00	1.44
15	1.95	1.38	1.97	1.40
16	2.05	1.49	2.08	1.53
17	2.22	1.69	2.22	1.70

Locatie	Illustratiepunt							
	Waterstand		Significante golfhoogte H _s		Piekperiode T _p		Golfrichting θ	
	oude HR 2006 [m + NAP]	herziene HR 2006 [m + NAP]	oude HR 2006 [m]	herziene HR 2006 [m]	oude HR 2006 [s]	herziene HR 2006 [s]	oude HR 2006 [°]	herziene HR 2006 [°]
1	1.17	1.12	0.48	0.48	2.47	2.46	330.00	330.00
2	1.27	1.21	0.33	0.33	1.96	1.96	330.00	330.00
3	1.33	1.17	0.19	0.19	1.40	1.41	330.00	330.00
4	1.31	1.04	0.24	0.24	1.62	1.62	330.00	330.00
5	1.36	1.02	0.34	0.33	1.99	1.97	330.00	330.00
6	1.44	1.05	0.41	0.40	2.20	2.19	330.00	330.00
7	1.53	1.02	0.40	0.42	2.16	2.22	330.00	300.00
8	1.56	1.02	0.29	0.31	1.82	1.83	330.00	300.00
9	1.61	1.09	0.30	0.29	1.84	1.83	330.00	330.00
10	1.74	1.08	0.38	0.38	2.10	2.05	330.00	300.00
11	1.72	1.15	0.33	0.33	1.95	1.94	330.00	330.00
12	1.82	1.15	0.34	0.41	1.96	2.14	330.00	300.00
13	1.72	1.18	0.40	0.38	2.11	2.08	300.00	300.00
14	1.79	1.24	0.36	0.35	1.99	1.95	300.00	300.00
15	1.97	1.37	0.33	0.39	1.95	2.14	330.00	300.00
16	2.02	1.48	0.56	0.54	2.57	2.54	300.00	300.00
17	2.22	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00

Vergelijking tussen herziene en oude concept HR2006 – zonder secundaire keringen

Locatie	Toetspeil oude HR 2006 [m + NAP]	Toetspeil herziene HR 2006 [m + NAP]	Benodigde kruinhoogte oude HR 2006 [m + NAP]	Benodigde kruinhoogte herziene HR 2006 [m + NAP]
1	1.22	1.16	2.33	2.05
2	1.26	1.19	2.31	2.02
3	1.31	1.15	2.37	1.95
4	1.32	1.03	2.34	1.80
5	1.38	1.03	2.37	1.78
6	1.45	1.03	2.52	1.84
7	1.50	1.05	2.44	1.78
8	1.54	1.05	2.65	1.81
9	1.62	1.08	2.45	1.57
10	1.69	1.13	2.28	1.49
11	1.73	1.16	2.48	1.64
12	1.78	1.20	2.44	1.76
13	1.84	1.25	2.43	1.68
14	1.88	1.29	2.45	1.65
15	1.95	1.38	2.13	1.42
16	2.05	1.49	2.22	1.53
17	2.22	1.69	2.37	1.70

Locatie	Illustratiepunt							
	Waterstand		Significante golfhoogte Hs		Piekperiode T _p		Golfrichting θ	
	oude HR 2006 [m + NAP]	herziene HR 2006 [m + NAP]	oude HR 2006 [m]	herziene HR 2006 [m]	oude HR 2006 [s]	herziene HR 2006 [s]	oude HR 2006 [°]	herziene HR 2006 [°]
1	1.17	1.12	0.74	0.73	3.54	3.53	330.00	330.00
2	1.30	1.24	0.65	0.64	3.49	3.47	330.00	330.00
3	1.34	1.19	0.57	0.52	3.40	3.34	330.00	330.00
4	1.36	0.98	0.63	0.59	3.49	3.45	330.00	300.00
5	1.43	0.99	0.67	0.63	3.56	3.50	330.00	300.00
6	1.49	1.00	0.70	0.61	3.57	3.52	330.00	300.00
7	1.56	1.02	0.81	0.63	3.38	3.47	330.00	300.00
8	1.55	1.06	0.71	0.59	3.68	3.50	330.00	330.00
9	1.60	1.07	0.59	0.44	3.24	3.01	330.00	330.00
10	1.57	1.09	0.54	0.39	3.04	2.80	300.00	300.00
11	1.73	1.16	0.60	0.49	3.08	2.94	330.00	330.00
12	1.63	1.13	0.67	0.65	2.87	2.82	300.00	300.00
13	1.68	1.17	0.67	0.59	3.09	2.98	300.00	300.00
14	1.75	1.24	0.61	0.49	3.06	2.90	300.00	300.00
15	1.99	1.36	0.45	0.53	2.33	2.81	330.00	300.00
16	2.02	1.48	0.56	0.54	2.57	2.54	300.00	300.00
17	2.22	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	300.00	300.00