

Opdrachtgever: Deltares

Aanvullende SWAN berekeningen in het Europoortgebied

Auteurs: M.D. Klein
B. van Leeuwen

Inhoud

Lijst van tabellen	iii
Lijst van figuren	v
1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond informatie	1
1.2 Doelstelling	1
1.3 Leeswijzer	1
2 Invloed van golfrandvoorwaarde in Europoortgebied	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Combinatie U42D315S05	4
2.3 Combinatie U10D292S05	10
2.4 Conclusies	15
3 Effect van diffractie	16
3.1 Inleiding	16
3.2 Methodologie van vergelijken	16
3.3 Vergelijking van SWAN en HARES	17
3.4 Conclusie	19
4 Effect van reflectie	20
4.1 Inleiding	20
4.2 Definitie reflecterende obstakels	20
4.3 Uitvoerpunten testberekeningen reflectie	21
4.4 Resultaten van de berekeningen als golfvelden	22
4.5 Resultaten van de berekeningen in uitvoerpunten	27
4.6 Conclusies	32
4.7 Aanbevelingen	32
5 Referenties	33
Bijlage A Definitie reflecterende SWAN obstakels	35

Lijst van tabellen

Tabel 1.1:	Samenvatting van de aanvullende berekeningen als gedefinieerd in 1618/U10380/B/mkl 'Offerte aanvullende SWAN berekeningen WTI Europoort' d.d. 1 december 2010.....	1
Tabel 4.1:	Samengevatte relatieve verschillen in H_{m0} als gevolg van reflectie.....	28
Tabel 4.2:	G1U42D270S05: totale en inkomende golfhoogten met en zonder reflectie, en absolute en relatieve verschillen in golfhoogten in de 20 uitvoerlocaties. Referentie golfhoogte in de Maasmond bedraagt 6,0 m.	29
Tabel 4.3:	G1U42D350S05: totale en inkomende golfhoogten met en zonder reflectie, en absolute en relatieve verschillen in golfhoogten in de 20 uitvoerlocaties. Referentie golfhoogte in de Maasmond bedraagt 6,6 m.	30

Lijst van figuren

Figuur 2.1: Definitie van de oeverlangse coördinaat s in km van de basisuitvoerlocaties in het Europoortgebied 4

Figuur 2.2: U42D315S05. H_{m0} met K40D300 (linksboven) en met K40D330 (rechtsboven). Absoluut H_{m0} verschilveld (linksonder) en relatief H_{m0} verschilveld (rechtsonder)..... 5

Figuur 2.3: U42D315S05. T_p met K40D300 (linksboven) en met K40D330 (rechtsboven). Absoluut T_p verschilveld (linksonder) en relatief T_p verschilveld (rechtsonder). 5

Figuur 2.4: U42D315S05. T_{m01} met K40D300 (linksboven) en met K40D330 (rechtsboven). Absoluut T_{m01} verschilveld (linksonder) en relatief T_{m01} verschilveld (rechtsonder). 6

Figuur 2.5: U42D315S05. Golfrichting met K40D300 (linksboven) en met K40D330 (rechtsboven). Absoluut golfrichting verschilveld (linksonder). 6

Figuur 2.6: Significante golfhoogte (boven), absoluut verschil (midden) en relatief verschil ten opzichte van K40D300L050 (onder) in significante golfhoogte in de basisuitvoerlocaties 8

Figuur 2.7: Piekperiode (boven), absoluut verschil (midden) en relatief verschil ten opzichte van K40D300L050 (onder) in piekperiode in de basisuitvoerlocaties 8

Figuur 2.8: Gemiddelde periode T_{m01} (boven), absoluut verschil (midden) en relatief verschil ten opzichte van K40D300L050 (onder) in T_{m01} in de basisuitvoerlocaties 9

Figuur 2.9: Golfrichting (boven) en absoluut verschil in golfrichting (onder) in de basisuitvoerlocaties 9

Figuur 2.10: U10D292S05. H_{m0} met golfrandvoorwaarde (linksboven) en zonder golfrandvoorwaarde (rechtsboven). Absoluut H_{m0} verschilveld (linksonder) en relatief H_{m0} verschilveld (rechtsonder). 11

Figuur 2.11: U10D292S05. T_p met golfrandvoorwaarde (linksboven) en zonder golfrandvoorwaarde (rechtsboven). Absoluut T_p verschilveld (linksonder) en relatief T_p verschilveld (rechtsonder). 11

Figuur 2.12: U10D292S05. T_{m01} met golfrandvoorwaarde (linksboven) en zonder golfrandvoorwaarde (rechtsboven). Absoluut T_{m01} verschilveld (linksonder) en relatief T_{m01} verschilveld (rechtsonder). 12

Figuur 2.13: U10D292S05. Golfrichting met golfrandvoorwaarde (linksboven) en zonder golfrandvoorwaarde (rechtsboven). Absoluut golfrichting verschilveld (linksonder). 12

Figuur 2.14: Significante golfhoogte (boven), absoluut (midden) en relatief (onder) verschil in significante golfhoogte in de basisuitvoerlocaties..... 13

Figuur 2.15: Piekperiode (boven), absoluut (midden) en relatief (onder) verschil in piekperiode in de basisuitvoerlocaties 13

Figuur 2.16: Gemiddelde periode T_{m01} (boven), absoluut (midden) en relatief (onder) verschil in Gemiddelde periode T_{m01} in de basisuitvoerlocaties..... 14

Figuur 2.17: Golfrichting (boven) en absoluut (onder) verschil in golfrichting in de basisuitvoerlocaties 14

Figuur 3.1: Ruimtelijke verdeling van de significante golfhoogte H_s . SWAN productieberekening G1U42D337S02 (linksboven), SWAN productieberekening G1U42D337S02 zonder windforcering (rechtsboven), SWAN productieberekening G1U42D337S02 zonder windforcering en zonder transmissie door de Noorderdam (linksonder) en HARES berekening (rechtsonder). Cijfers in paneel linksonder zijn gebruikt ter referentie in discussie. 18

Figuur 4.1: Locaties van en types reflecterende obstakels in het Europoortgebied. Punten 1-20 zijn de beschouwde uitvoerpunten. 21

Figuur 4.2: U42D270S05. H_{m0} zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut H_{m0} verschilveld (linksonder) en relatief H_{m0} verschilveld (rechtsonder)..... 23

Figuur 4.3: U42D270S05. T_p zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut T_p verschilveld (linksonder) en relatief T_p verschilveld (rechtsonder). 23

Figuur 4.4:	U42D270S05. T_{m01} zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut T_{m01} verschilveld (linksonder) en relatief T_{m01} verschilveld (rechtsonder).	24
Figuur 4.5:	U42D270S05. Golfrichting zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut golfrichting verschilveld (linksonder).	24
Figuur 4.6:	U42D315S05. H_{m0} zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut H_{m0} verschilveld (linksonder) en relatief H_{m0} verschilveld (rechtsonder).	25
Figuur 4.7:	U42D315S05. T_p zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut T_p verschilveld (linksonder) en relatief T_p verschilveld (rechtsonder).....	25
Figuur 4.8:	U42D315S05. T_{m01} zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut T_{m01} verschilveld (linksonder) en relatief T_{m01} verschilveld (rechtsonder).	26
Figuur 4.9:	U42D315S05. Golfrichting zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut golfrichting verschilveld (linksonder).	26
Figuur 4.10:	Schets van selectie van inkomende golfenergie.....	27
Figuur 4.11:	Effect van reflectie op de inkomende golfhoogte in de uitvoerlocaties in berekening U42D270S05: inkomende golfhoogte met en zonder reflectie (boven), absoluut (midden) en relatief (onder) verschil in inkomende golfhoogte.....	31
Figuur 4.12:	Effect van reflectie op de inkomende golfhoogte in de uitvoerlocaties in berekening U42D315S05: inkomende golfhoogte met en zonder reflectie (boven), absoluut (midden) en relatief (onder) verschil in inkomende golfhoogte.....	31

1 Inleiding

1.1 Achtergrond informatie

Dit rapport bevat de verslaglegging van een aantal aanvullende SWAN berekeningen in het Europoortgebied. Deze aanvullende berekeningen zijn gedefinieerd in 1618/U10380/B/mkl 'Offerte aanvullende SWAN berekeningen WTI Europoort' d.d. 1 december. In Tabel 1.1 zijn de aanvullende berekeningen gedefinieerd in de genoemde offerte nog eens samengevat.

	Windconditie			Golfrandvoorwaarde			Opmerking
	U m/s	D °N	h m+NAP	U m/s	D °N	h m+NAP	
Set 1	42	315	5	40	330	5	Geen golfrvw
	10	292.5	5	-	-	5	
Set 2	42	337,5	2	40	330	2	HARES sim.
Set 3	42	270/315	5	40	270/300	5	Incl. reflectie

Tabel 1.1: *Samenvatting van de aanvullende berekeningen als gedefinieerd in 1618/U10380/B/mkl 'Offerte aanvullende SWAN berekeningen WTI Europoort' d.d. 1 december 2010*

1.2 Doelstelling

Het doel van dit rapport is inzicht te geven in het effect van een aantal processen in het SWAN modelinstrumentarium dat gebruikt is voor de SWAN productieberekeningen in het Europoortgebied, te weten diffractie en reflectie. Dit zijn namelijk processen die in de productieberekeningen niet geactiveerd zijn maar wel van belang kunnen zijn op de golfcondities. Het feit dat ze niet geactiveerd zijn heeft te maken met de instabiliteit van de berekeningen en de beperkte ervaring met deze processen in grote series SWAN berekeningen.

Daarnaast is onderzocht wat de invloed van de golfrandvoorwaarden op de rand van het SWAN Europoortmodel is op de golfcondities in het Europoortgebied. De golfrandvoorwaarden voor de HR2011 productieberekeningen volgen namelijk uit de HR2006 productieberekeningen. Voor de HR2006 serie zijn echter gedeeltelijk andere stochastcombinaties doorgerekend dan voor de HR2011 serie. Voor niet alle HR2011 combinaties zijn er dus exact passende HR2006 combinaties beschikbaar. Voor die combinaties zijn keuzes gemaakt voor een bepaalde randvoorwaarde set; in dit onderzoek wordt de robuustheid van die keuzes onderzocht.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt georganiseerd. Hoofdstuk 2 gaat in op de invloed van de golfrandvoorwaarden op de golfcondities in het Europoortgebied. Dit betreft de als set 1 aangemerkte berekeningen in Tabel 1.1. Hoofdstuk 3 behandelt het effect van diffractie. Dit wordt beschouwd door het maken van een vergelijking van SWAN en HARES resultaten (set 2 in Tabel 1.1). In Hoofdstuk 4 wordt ten slotte het effect van reflectie in SWAN berekeningen gepresenteerd (set 3 in Tabel 1.1).

2 Invloed van golfrandvoorwaarde in Europoortgebied

2.1 Inleiding

De golfrandvoorwaarden voor de SWAN productieberekeningen in het Europoortgebied zijn afgeleid van de HR2006 berekeningen voor de Hollandse kust. Zie [Klein en Kroon, 2011a en 2011b] voor achtergrond informatie over de 2011 SWAN productieberekeningen in het Europoortgebied. In de HR2006 serie berekeningen zijn echter deels andere stochastcombinaties doorgerekend. Hierdoor is niet voor iedere 2011 stochastcombinatie een exact overeenkomende HR2006 randvoorwaardeset beschikbaar. Daarom is aan elke HR2011 berekening waarvoor geen exact passende randvoorwaardeset beschikbaar is een randvoorwaardeset toegewezen. Bij het maken van deze keuze is er naar gestreefd een robuuste keuze te maken.

Dit hoofdstuk is gericht op het controleren van deze aanname en het onderzoeken van de invloed van de randvoorwaarden in het algemeen. Tegelijkertijd zijn er met de aanvullende berekeningen SWAN resultaten beschikbaar waarmee een eventuele correctie op de HR2011 serie uitgevoerd kan worden, mocht blijken dat de keuze voor een bepaalde randvoorwaardeset toch niet robuust blijkt te zijn.

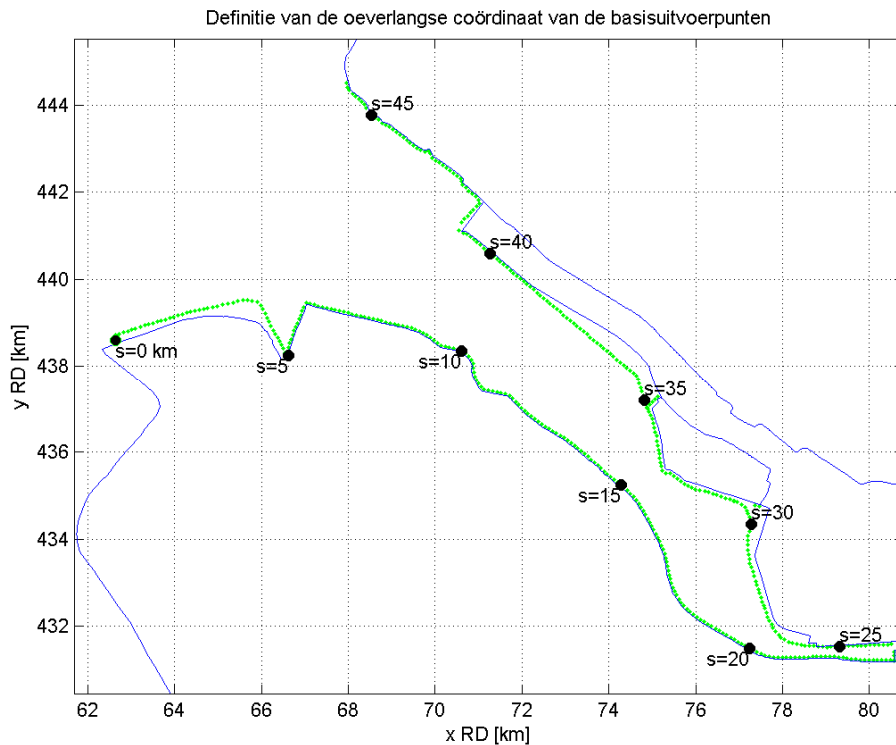
Om de invloed van de randvoorwaarden op de golfcondities in het Europoortgebied te testen zijn twee aanvullende SWAN berekeningen uitgevoerd:

- In SWAN opgelegde windrichting van 315°N en (potentiële) windsnelheid van 42 m/s met HR2006 golfrandvoorwaarden behorende bij 330°N en 40 m/s, aangeduid als K40D330. In de HR2011 productieberekening zijn namelijk de golfrandvoorwaarden behorende bij 300°N opgelegd (K40D300). De toegepaste uniforme waterstand is NAP+5 m. De runid van deze berekening is U42D315S05.
- In SWAN opgelegde windrichting van $292,5^{\circ}\text{N}$ en (potentiële) windsnelheid van 10 m/s en een waterstand van NAP+5 m zonder golfrandvoorwaarden op de zeerand. Deze berekeningen is vergeleken met de corresponderende productieberekening (U10D292S05) waarin wel een golfrandvoorwaarde (K15D300) is opgelegd.

De eerste aanvullende berekening is er op gericht uit te maken of de keuze voor K40D300 de juiste is. Het idee hierachter is namelijk dat er, gezien de oriëntatie van de strekdammen bij de monding van het Europoortgebied, bij 300° meer doordringing mogelijk is dan bij 330° . Of dit zo is, zal blijken uit de aanvullende berekening.

In de HR2011 productieberekeningen bedraagt de kleinst toegepaste potentiële windsnelheid 10 m/s. In de HR2006 echter is de kleinst toegepaste windsnelheid 15 m/s. De tweede aanvullende berekening, zonder toepassing van een golfrandvoorwaarde (dus met toepassing van een windsnelheid van 0 m/s), is nu uitgevoerd zodat wellicht de golfrandvoorwaarde behorende bij 10 m/s afgeleid kan worden uit die behorende 0 en 15 m/s. In de presentatie van deze resultaten wordt inzichtelijk gemaakt hoever de invloed van de golfrandvoorwaarde reikt.

In de presentatie van de resultaten in de uitvoerlocaties is gebruikt gemaakt van een oeverlangse coördinaat. De definitie van de coördinaat voor de basisuitvoerpunten in het Europoortgebied is gegeven in Figuur 2.1.

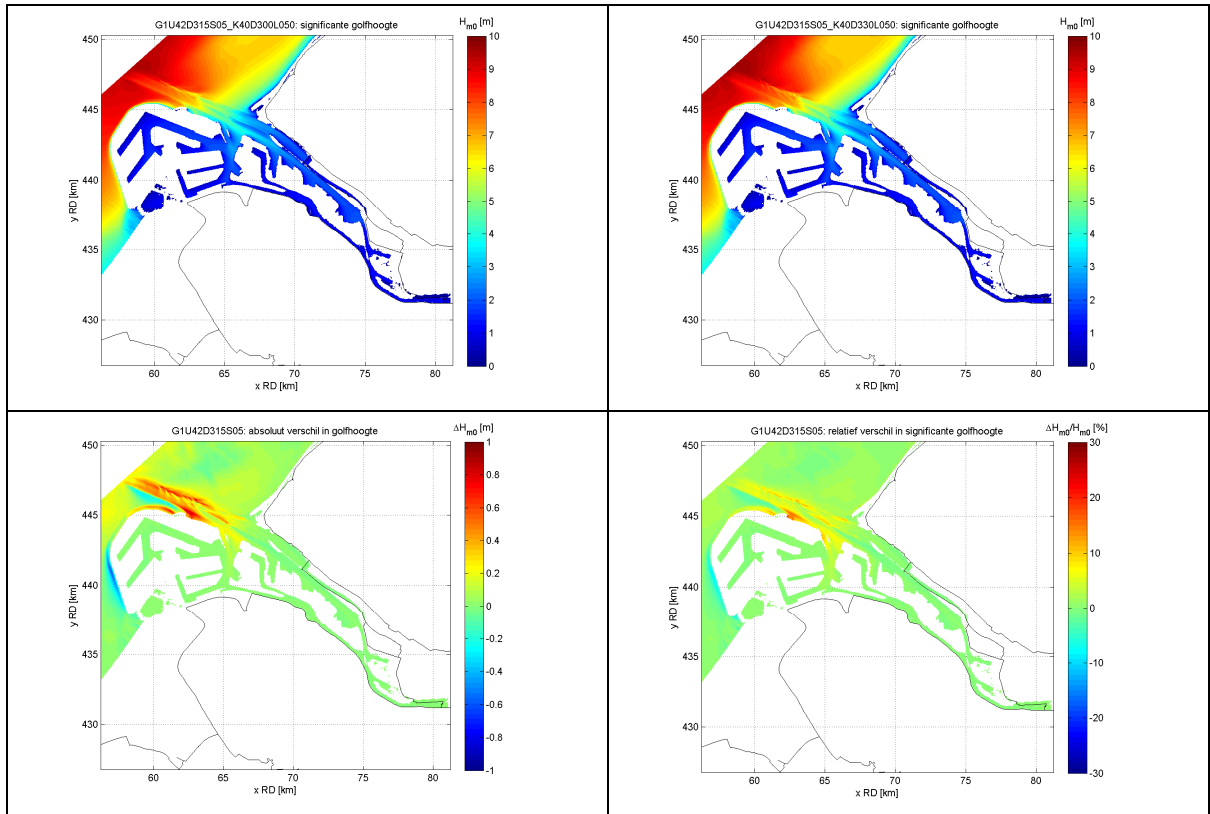


Figuur 2.1: Definitie van de oeverlangse coördinaat s in km van de basisuitvoerlocaties in het Europoortgebied

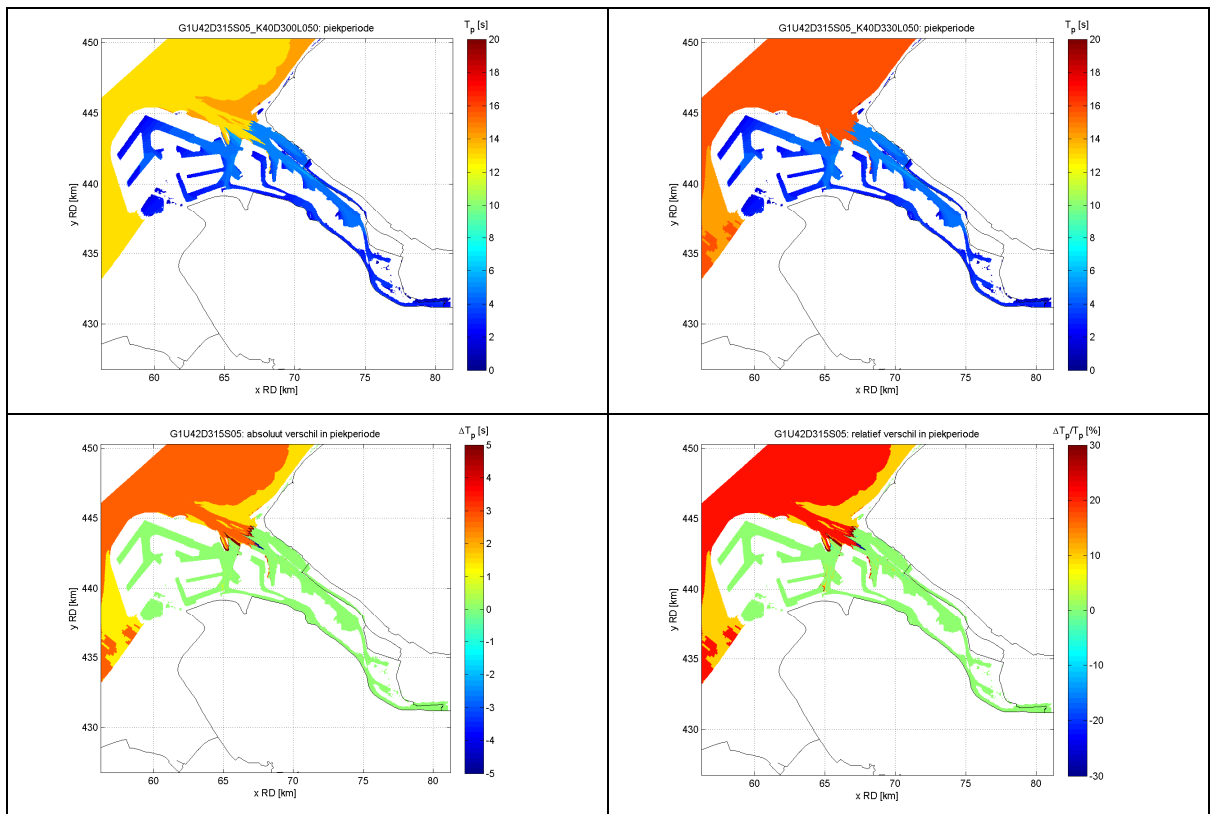
2.2 Combinatie U42D315S05

In deze paragraaf zijn de resultaten van productieberekening U42D315S05 vergeleken met de resultaten van de aanvullende berekening U42D315S05 met toepassing van de golfrandvoorwaarden behorende bij D330 in plaats van D300. De runid's van de HR2006 berekeningen zijn respectievelijk K40D300 en K40D330. Beide berekeningen zijn na 27 iteraties geconvergeerd nadat in beide berekeningen in 99,0% van de natte cellen aan het convergentie criterium is voldaan.

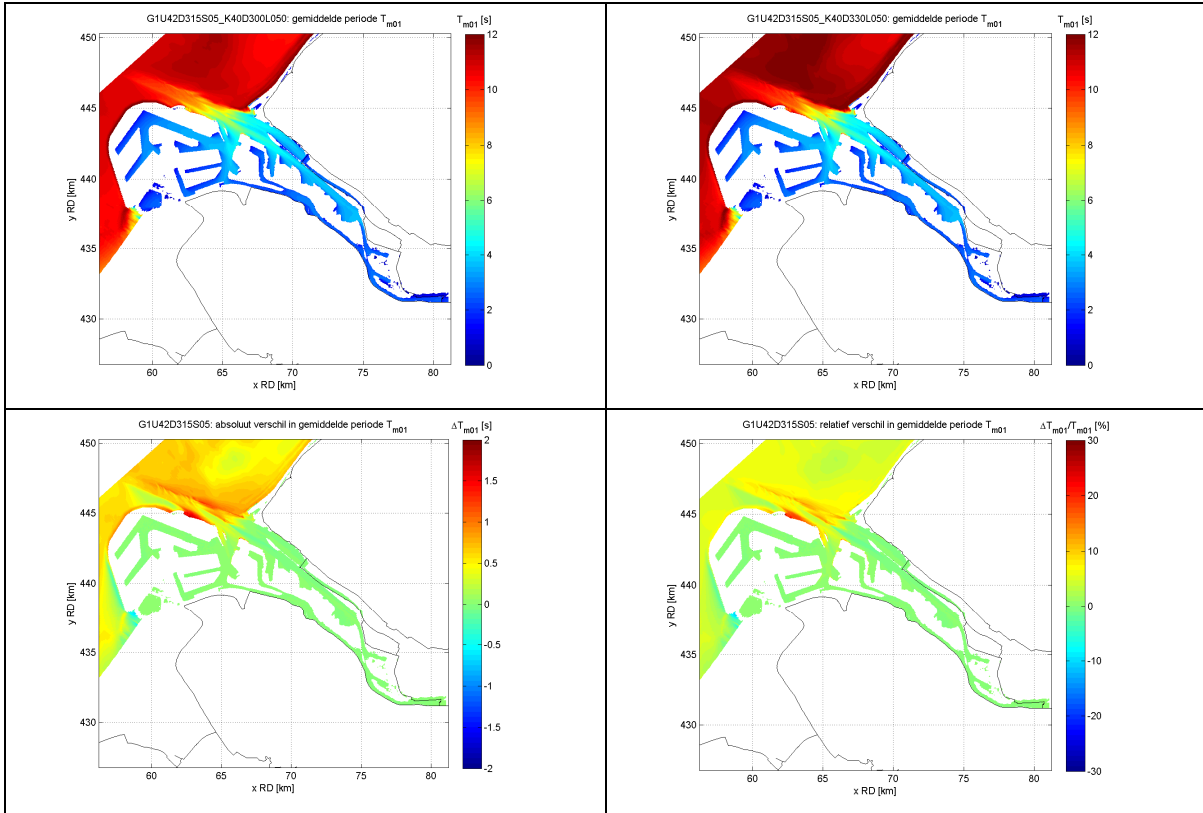
In Figuur 2.2 tot en met Figuur 2.5 zijn voor respectievelijke de significante golfhoogte H_{m0} , de piekperiode T_p , de gemiddelde periode T_{m01} en de gemiddelde golfrichting de resultaten van de twee berekeningen gepresenteerd. In elk van de figuren is linksboven het ruimtelijke veld van de betreffende parameter zelf (uit de HR2011 serie) weergegeven en rechtsboven het ruimtelijke veld van de aanvullende berekening met toepassing van de golfrandvoorwaarden uit K40D330. Linksonder is de ruimtelijke verdeling van het absolute verschil, gedefinieerd als $K40D330 - K40D300$, weergegeven. Rechtsonder is het relatieve verschil ten opzichte van K40D330, gedefinieerd als $(K40D330 - K40D300) / K40D330$, weergegeven. Merk op dat voor de golfrichting alleen het absolute verschil is weergegeven.



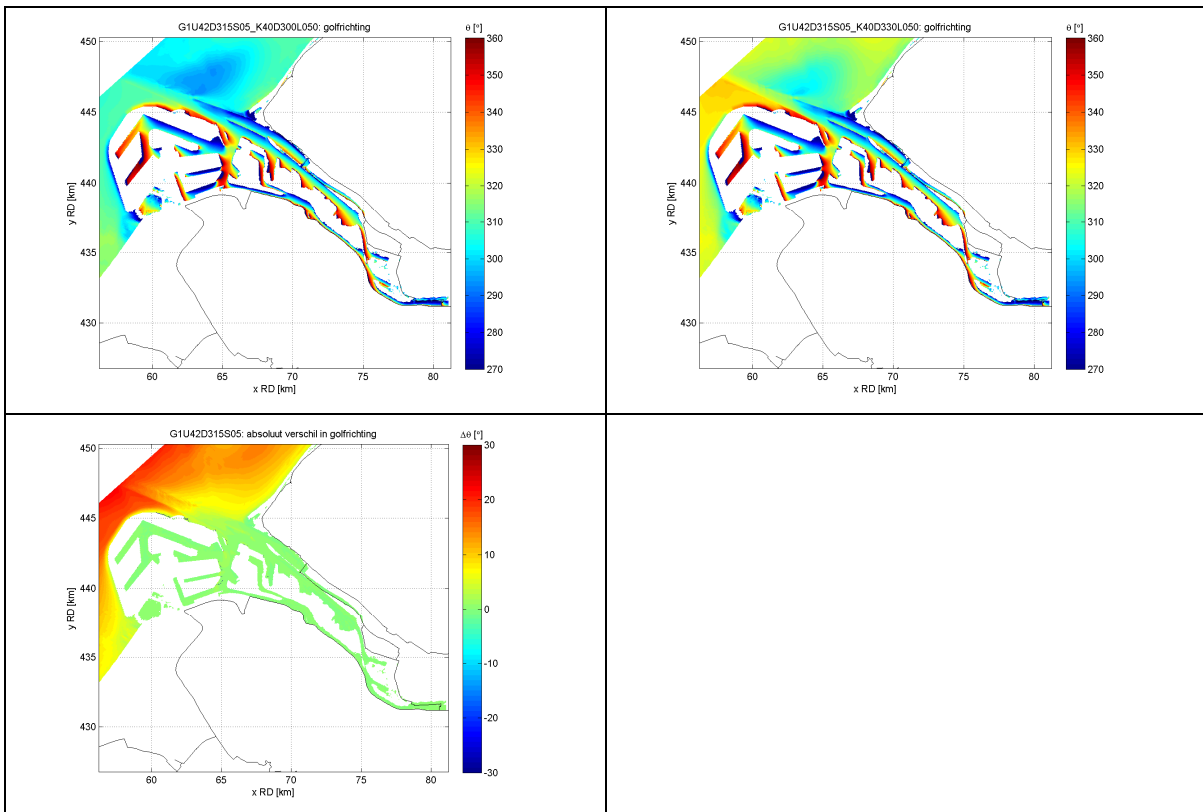
Figuur 2.2: U42D315S05. H_{m0} met K40D300 (linksboven) en met K40D330 (rechtsboven). Absoluut H_{m0} verschilveld (linksonder) en relatief H_{m0} verschilveld (rechtsonder).



Figuur 2.3: U42D315S05. T_p met K40D300 (linksboven) en met K40D330 (rechtsboven). Absoluut T_p verschilveld (linksonder) en relatief T_p verschilveld (rechtsonder).



Figuur 2.4: U42D315S05. T_{m01} met K40D300 (linksboven) en met K40D330 (rechtsboven). Absoluut T_{m01} verschilveld (linksonder) en relatief T_{m01} verschilveld (rechtsonder).



Figuur 2.5: U42D315S05. Golfrichting met K40D300 (linksboven) en met K40D330 (rechtsboven). Absoluut golfrichting verschilveld (linksonder).

Uit deze ruimtelijke figuren kan al worden afgeleid dat de invloed van golfrandvoorwaarde K40D330 ten opzichte van K40D300 ogenschijnlijk beperkt is tot de Noordzee, de monding van de Nieuwe Waterweg en het noordelijk gedeelte van het Beerkanaal. Daar waar er verschillen in golfhoogte en –perioden zijn, zijn dit positieve verschillen. Dit betekent dat de golfhoogte en –perioden in de berekening met golfrandvoorwaarde K40D300 (die ook toegepast is in de productieberekeningen) kleiner zijn dan in de aanvullende berekening met de randvoorwaarde K40D330. De oorzaak hiervan is gelegen in het feit dat de golven bij K40D330 op de Noordzee al hoger en langer zijn dan de golven bij K40D300.

De grootste verschillen in golfhoogten en –perioden worden gevonden op de hellingen van de Maasgeul. Verder oostwaarts in de monding en in het noordelijk gedeelte van het Beerkanaal zijn de verschillen beperkt tot ten hoogste enkele decimeters en tienden van seconden.

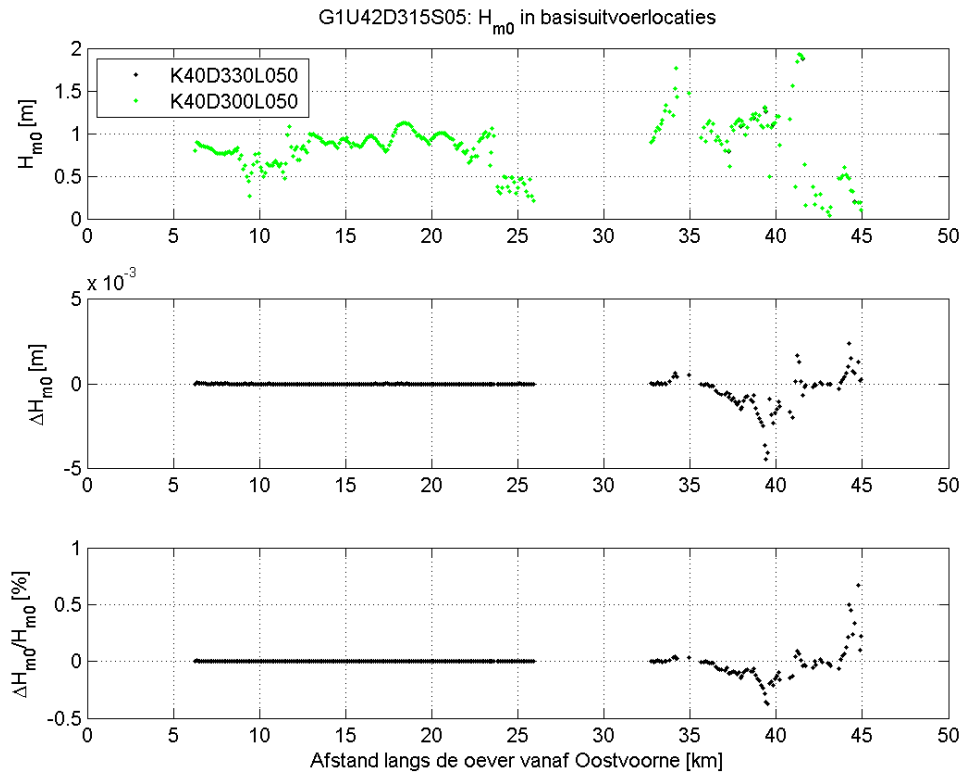
De invloed van de randvoorwaarde is hieronder nader onderzocht door de golfcondities en verschillen daarin in de uitvoerlocaties te analyseren. Inzicht in de invloed op de golfcondities in de uitvoerlocaties is gegeven door middel van Figuur 2.6 tot en met Figuur 2.9 waarin voor alle basisuitvoerlocaties de significante golfhoogte, de piekperiode, de gemiddelde periode T_{m01} en de gemiddelde golfrichting volgend uit de twee berekeningen met elkaar zijn vergeleken.

Figuur 2.6 tot en met Figuur 2.9 illustreren allereerst dat tot aan oeverlangse coördinaat $s=30$ km (d.i. het Hartelkanaal) de verschillen tussen de beide berekeningen nihil zijn; de golfrandvoorwaarde op de rand van het SWAN model heeft daar geen enkele invloed op de golfcondities. Voor alle parameters zijn zowel positieve als negatieve verschillen zijn gevonden. In bijna alle gevallen is de grootte van de verschillen zeer beperkt.

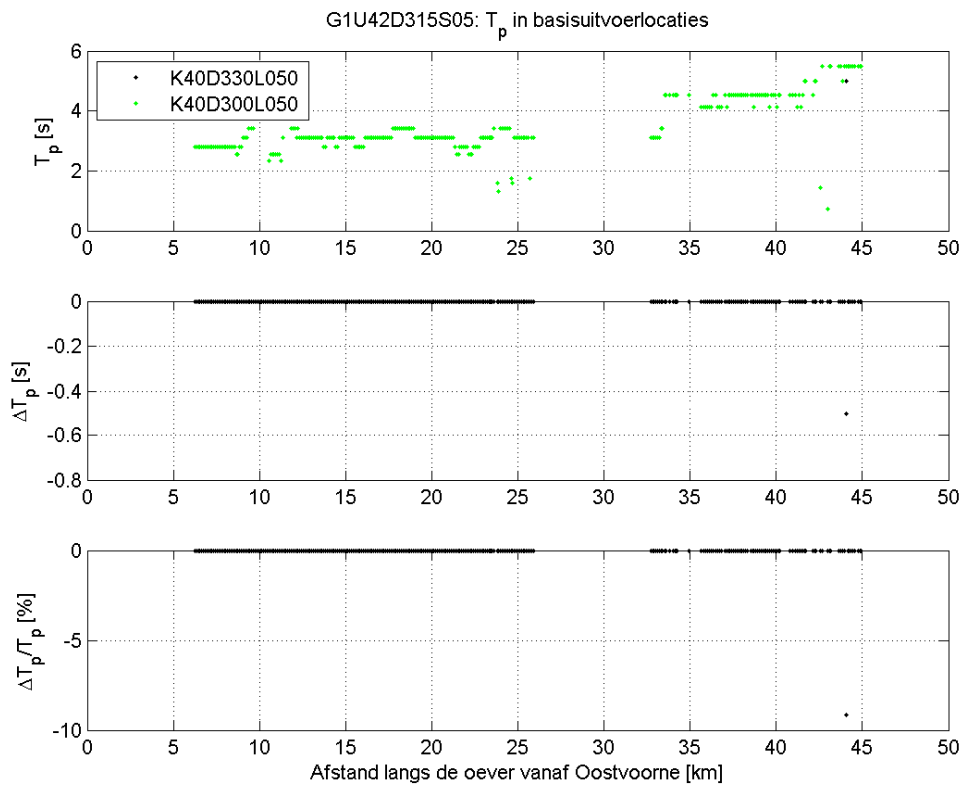
Figuur 2.6 illustreert dat de invloed van de golfrandvoorwaarde op de significante golfhoogte voor alle basisuitvoerlocaties in absolute zin kleiner is dan 0,7%. Er kan worden gesteld dat de K40D330 golfrandvoorwaarde in het gehele Europoortgebied niet tot essentieel andere golfhoogten leidt.

Met uitzondering van één locatie is het effect van de golfrandvoorwaarde op de piekperiode nihil. In deze ene locatie (basisuitvoerlocatie 434 met $s=44,04$ km in de monding van de Nieuwe Waterweg) is de piekfrequentie slechts één frequentiebin verschoven wat direct resulteert in een relatief periodeverschil van -9%. In slechts vier locaties (allen met $s>44$ km) is een verschil groter dan 1% in de gemiddelde periode T_{m01} gevonden terwijl het grootste verschil 12% bedraagt. In slechts twee locaties (wederom met $s>44$ km) is een verschil groter dan 1° in de golfrichting gevonden met het grootste absolute verschil van $2,5^\circ$. Locaties met verschillen van enige significantie worden dus alleen voor $s>44$ km in de monding van de Nieuwe Waterweg gevonden.

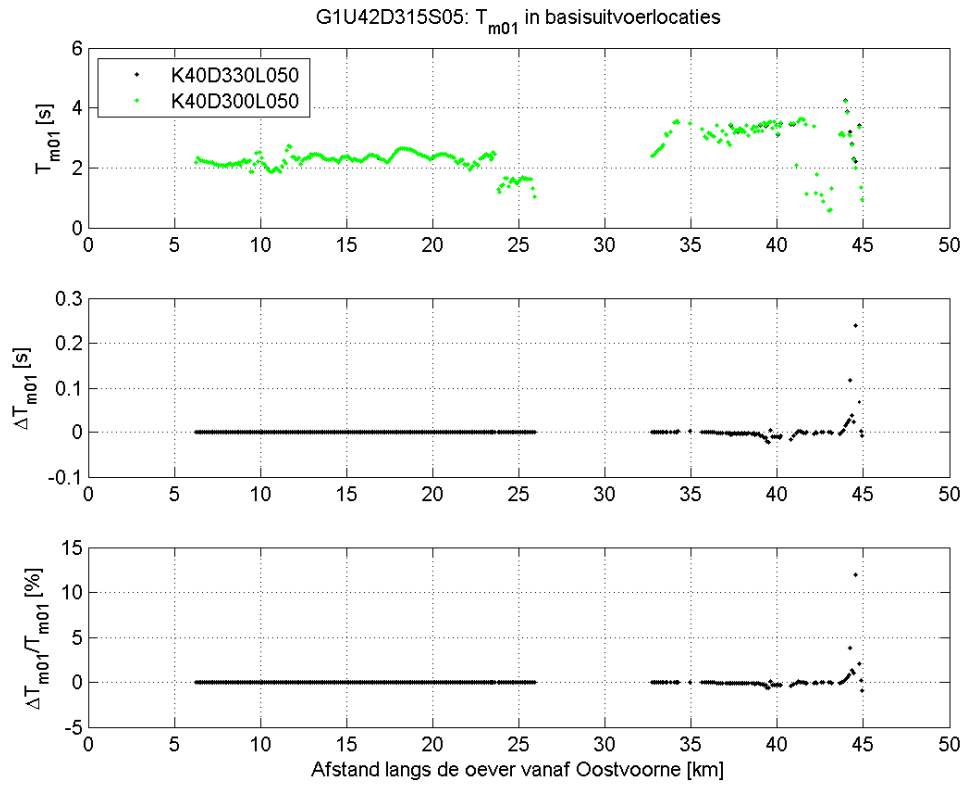
De resultaten laten zien dat met de keuze voor de randvoorwaardeset K40D300 ten opzichte van de set K40D330 geen structurele en significante onderschatting van de golfcondities in de uitvoerlocaties is verkregen. (Er is overigens ook geen structurele en significante overschatting verkregen.) De conclusie is dan ook dat de keuze voor K40D300 een robuuste keuze is geweest.



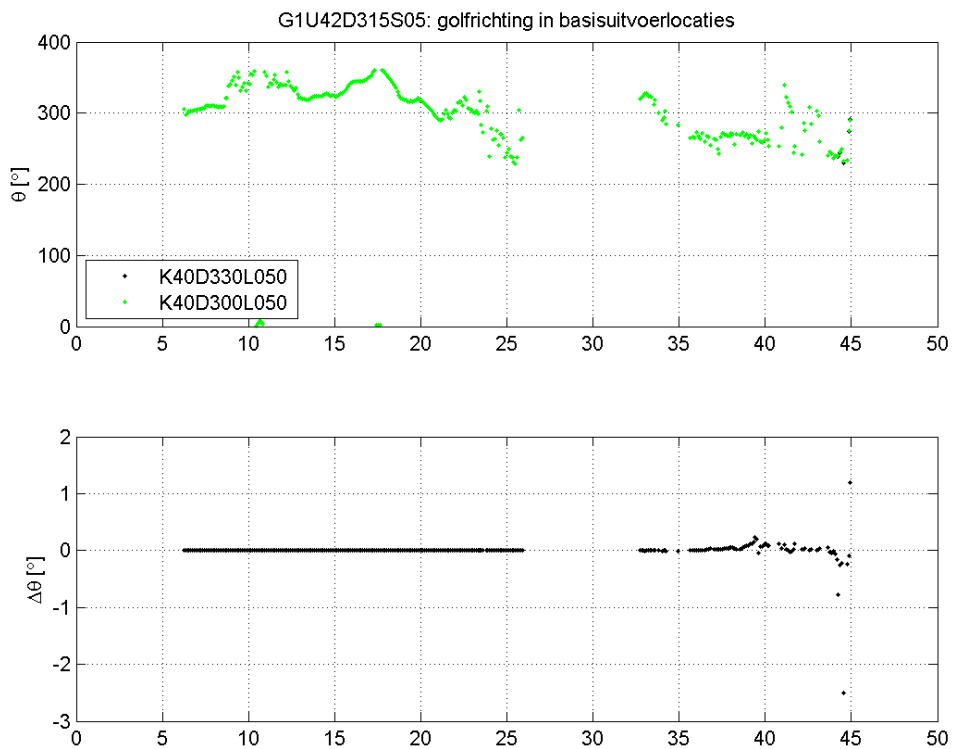
Figuur 2.6: Significante golfhoogte (boven), absoluut verschil (midden) en relatief verschil ten opzichte van K40D300L050 (onder) in significante golfhoogte in de basisuitvoerlocaties



Figuur 2.7: Piekperiode (boven), absoluut verschil (midden) en relatief verschil ten opzichte van K40D300L050 (onder) in piekperiode in de basisuitvoerlocaties



Figuur 2.8: Gemiddelde periode T_{m01} (boven), absoluut verschil (midden) en relatief verschil ten opzichte van K40D300L050 (onder) in T_{m01} in de basisuitvoerlocaties



Figuur 2.9: Golfrichting (boven) en absoluut verschil in golfrichting (onder) in de basisuitvoerlocaties

2.3 Combinatie U10D292S05

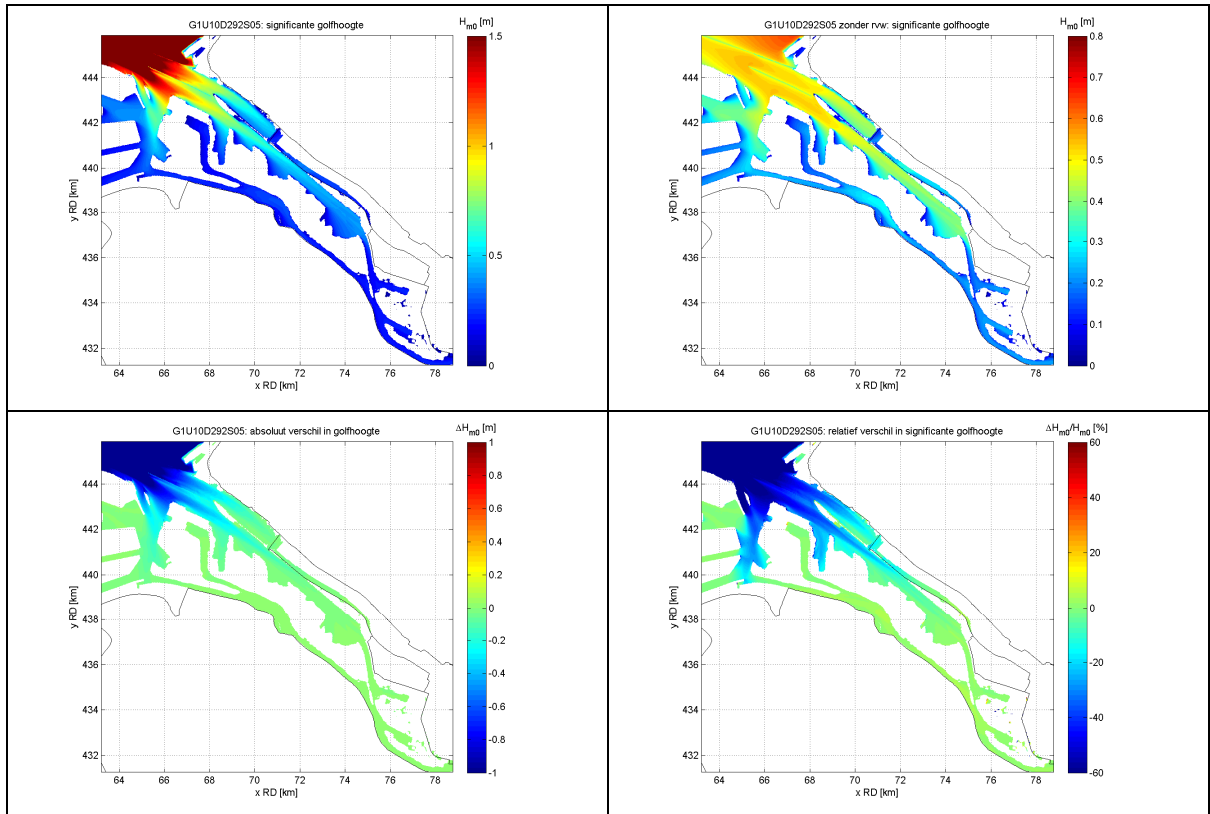
Zoals in paragraaf 2.1 vermeld is, is deze aanvullende berekening uitgevoerd om de golfrandvoorwaarde behorende bij 10 m/s af te leiden uit de randvoorwaarden behorende bij 0 en 15 m/s. In dit hoofdstuk wordt de grootte van het invloedsgebied van de golfrandvoorwaarde inzichtelijk gemaakt. Zowel de berekening met als de berekening zonder oplegging van golfrandvoorwaarde zijn geconvergeerd. De berekening met oplegging van randvoorwaarden convergeerde in 10 iteraties en die zonder golfrandvoorwaarden in 23 iteraties.

Daartoe zijn dezelfde figuren gemaakt als in de vorige paragraaf. Figuur 2.10 tot en met Figuur 2.13 geven de ruimtelijke velden en de ruimtelijke verschilvelden van de significante golfhoogte, de piekperiode, de gemiddelde periode T_{m01} en de gemiddelde golfrichting terwijl Figuur 2.14 tot en met Figuur 2.17 de golfcondities en verschillen daarin in de uitvoerlocaties presenteren. De ruimtelijke velden zijn ingezoomd op de gebieden van interesse waarin significante verschillen zijn opgetreden. De verschillen zijn gedefinieerd als 'zonder golfrandvoorwaarden' minus 'met golfrandvoorwaarden'. De relatieve verschillen zijn ten opzichte van de situatie 'met golfrandvoorwaarden'.

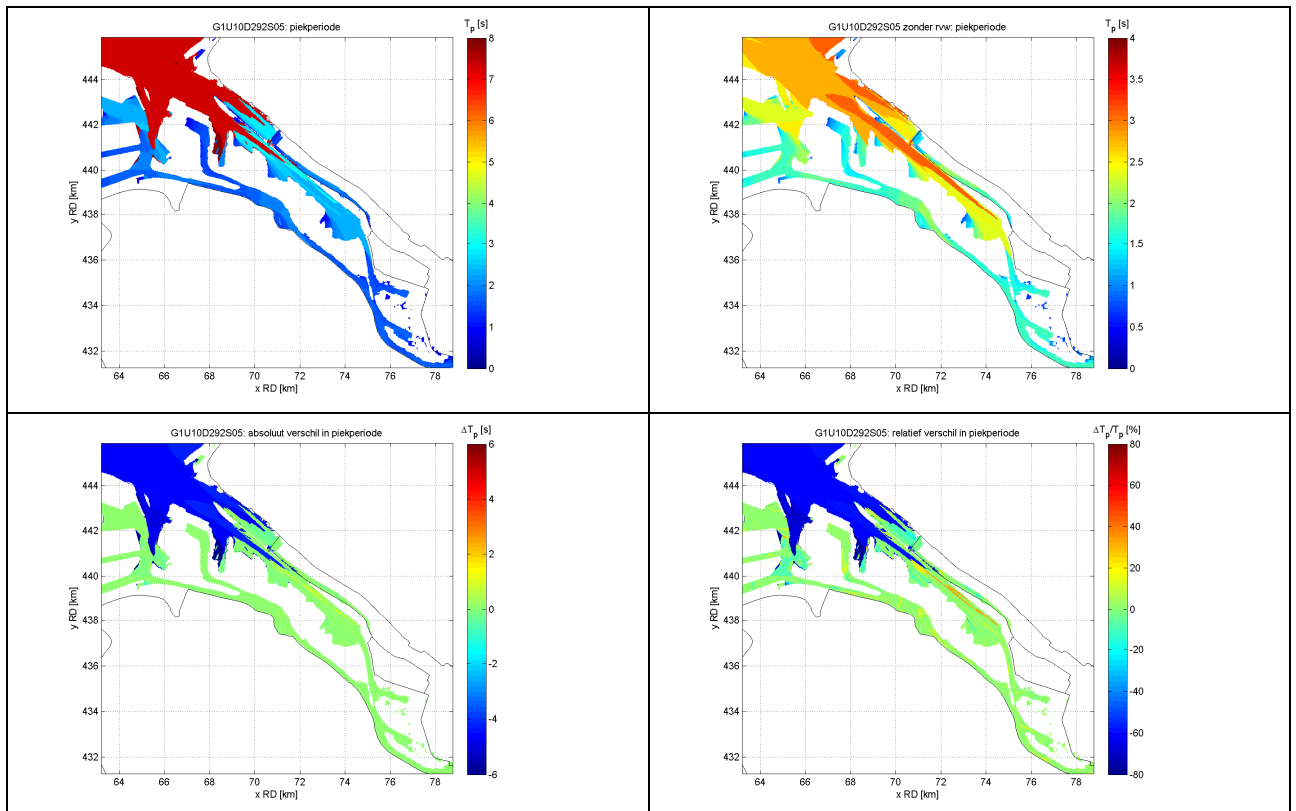
Uit deze figuren komt duidelijk naar voren dat het niet meenemen van de golfrandvoorwaarden leidt tot significant lagere golfcondities in de monding van het Europoortgebied, in het Beerkanaal, in de Nieuwe Waterweg en in het Calandkanaal tot aan $x = 72$ km (in het geval van H_{m0} en T_{m01}) en tot aan $x=74$ km (in het geval van T_p). De golfhoogte is tot 25% kleiner door het niet opleggen van randvoorwaarden, de piekperiode tot maar liefst 70 à 80% en de gemiddelde periode T_{m01} tot ca. 50% kleiner. In de gemiddelde golfrichting zijn in de monding verschillen tot 14° aangetroffen.

Uit Figuur 2.14 tot en met Figuur 2.17 blijkt dat er zeer kleine, positieve, absolute verschillen in golfcondities zijn in het Hartelkanaal, tussen oeverlangse coördinaat 5 en 35 km. De verschillen in H_{m0} zijn kleiner dan 0,01 m, die in T_p kleiner dan 0,2 s en die in T_{m01} kleiner dan 0,05 s. Deze verschillen zijn zeer waarschijnlijk toe te schrijven aan numerieke effecten, waaronder afronding en het doorlopen van een verschillend aantal iteraties van beide SWAN berekeningen.

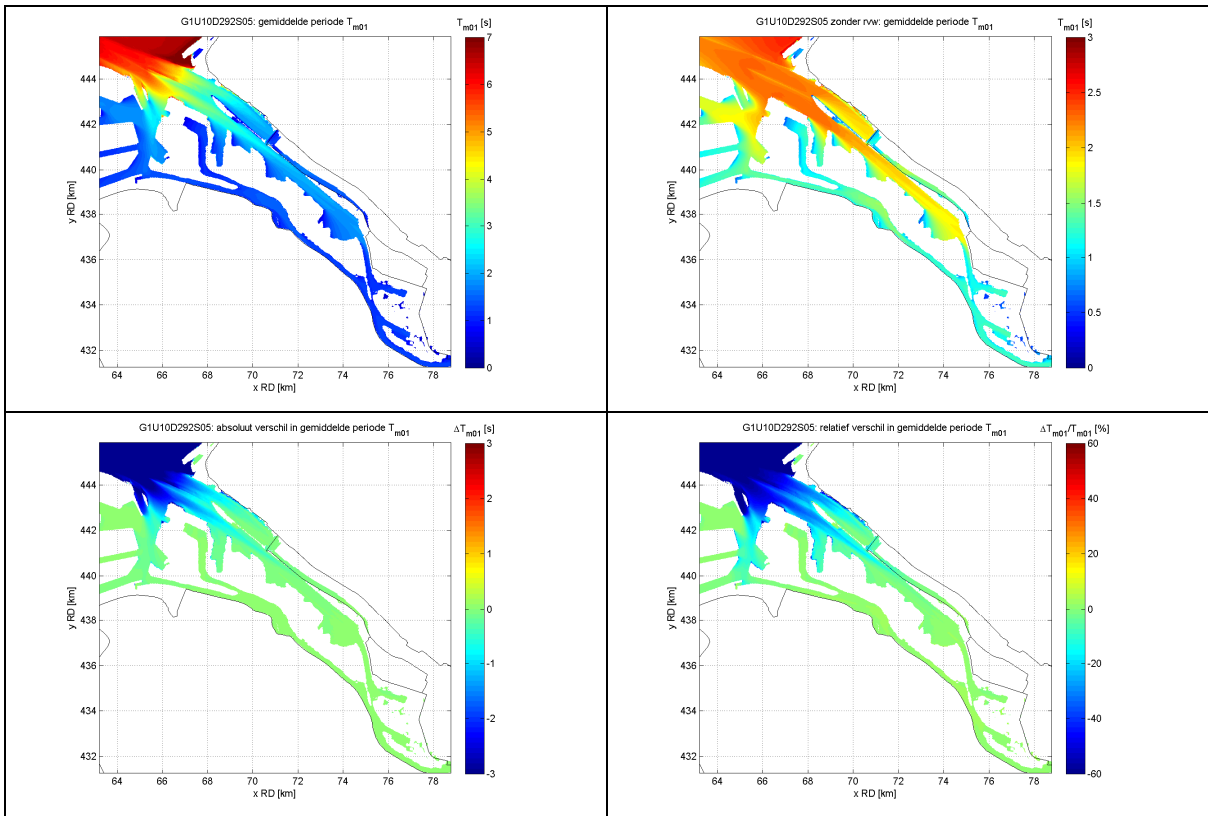
Voor $s>35$ km zijn de verschillen in de golfhoogten en –perioden negatief; de berekening met randvoorwaarden levert grotere golfhoogten en perioden op dan de berekening zonder randvoorwaarden.



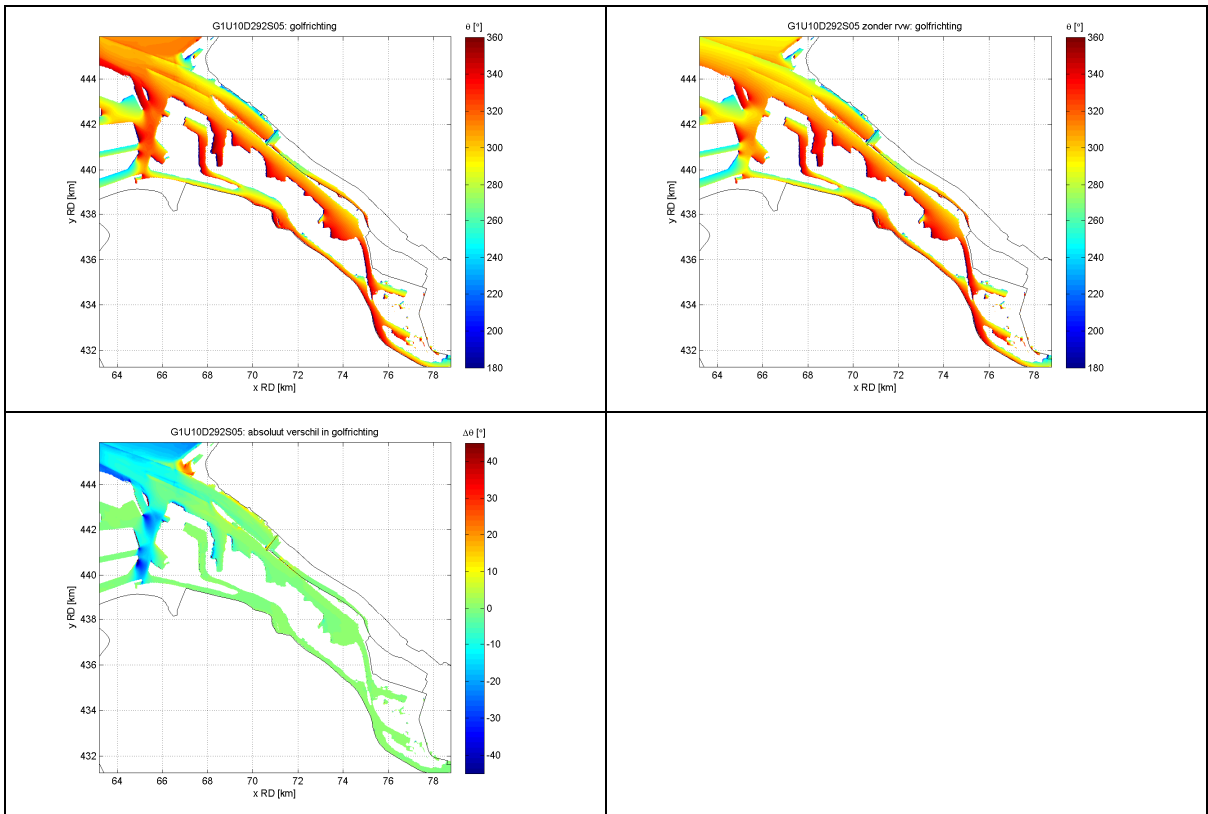
Figuur 2.10: U10D292S05. H_{m0} met golfrandvoorwaarde (linksboven) en zonder golfrandvoorwaarde (rechtsboven). Absoluut H_{m0} verschilveld (linksonder) en relatief H_{m0} verschilveld (rechtsonder).



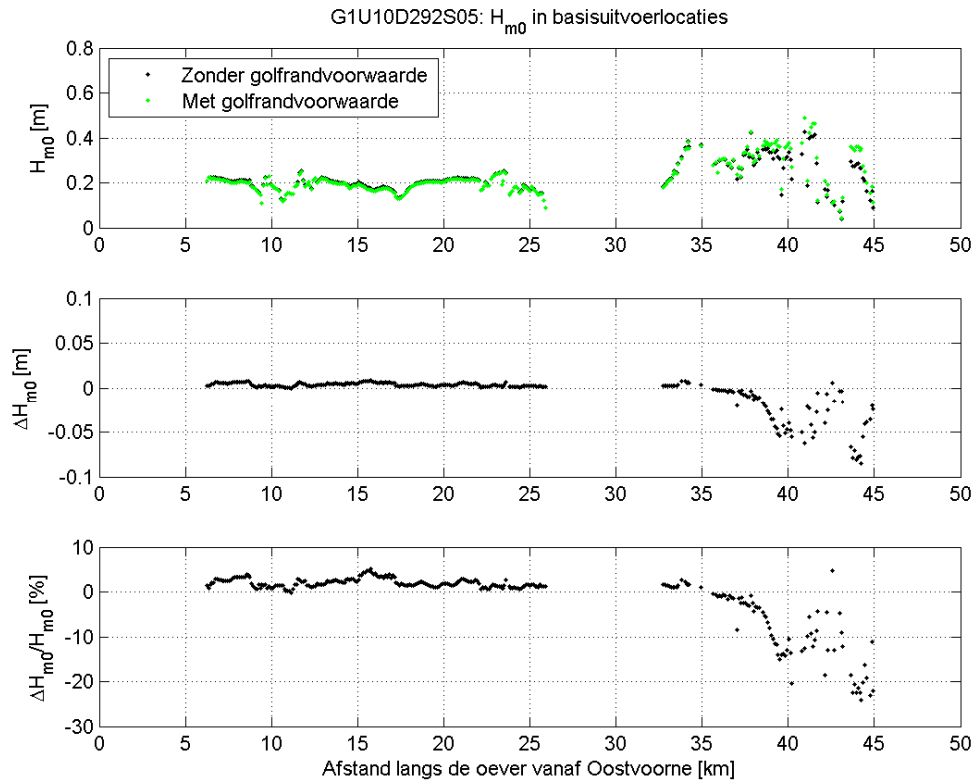
Figuur 2.11: U10D292S05. T_p met golfrandvoorwaarde (linksboven) en zonder golfrandvoorwaarde (rechtsboven). Absoluut T_p verschilveld (linksonder) en relatief T_p verschilveld (rechtsonder).



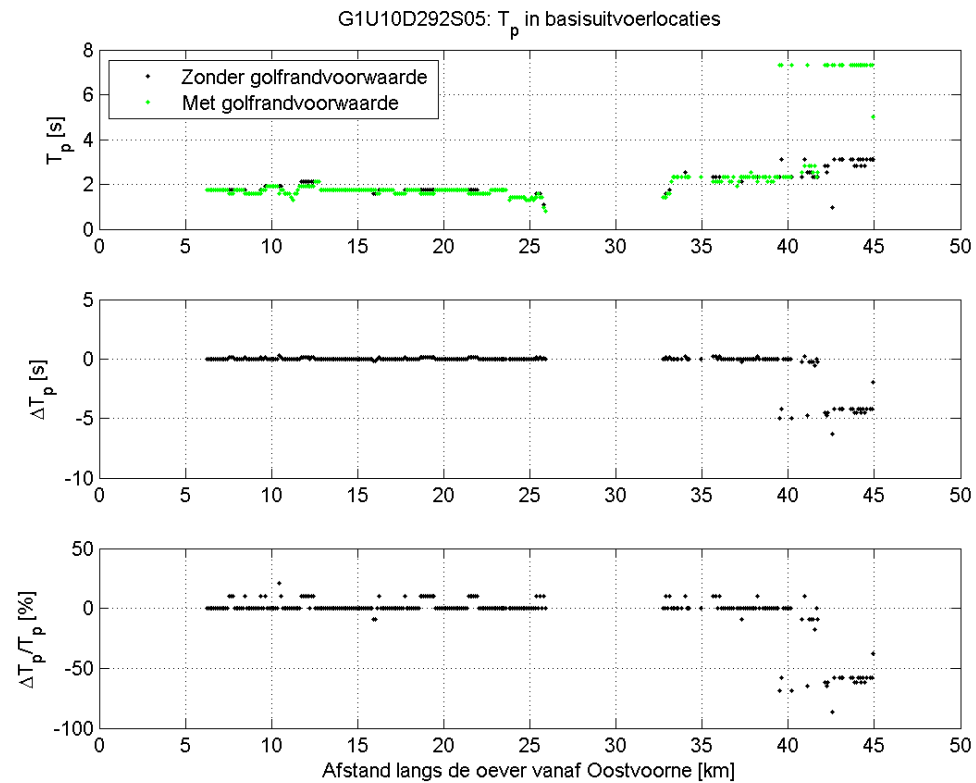
Figuur 2.12: U10D292S05. T_{m01} met golfrandvoorwaarde (linksboven) en zonder golfrandvoorwaarde (rechtsboven). Absoluut T_{m01} verschilveld (linksonder) en relatief T_{m01} verschilveld (rechtsonder).



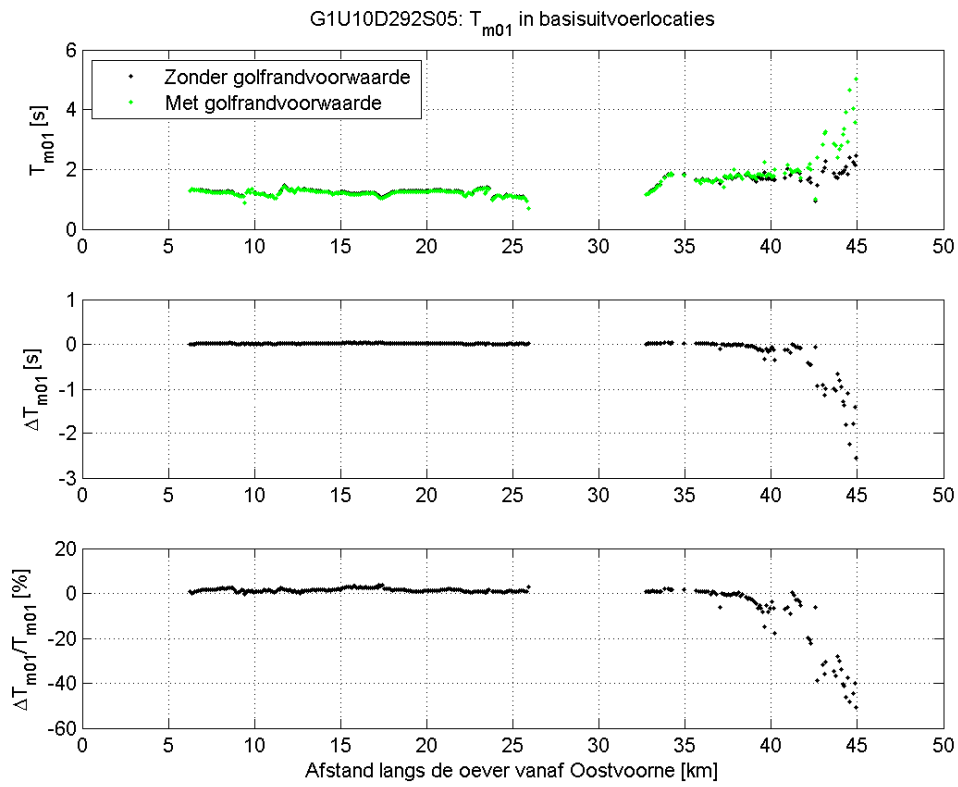
Figuur 2.13: U10D292S05. Golfrichting met golfrandvoorwaarde (linksboven) en zonder golfrandvoorwaarde (rechtsboven). Absoluut golfrichting verschilveld (linksonder).



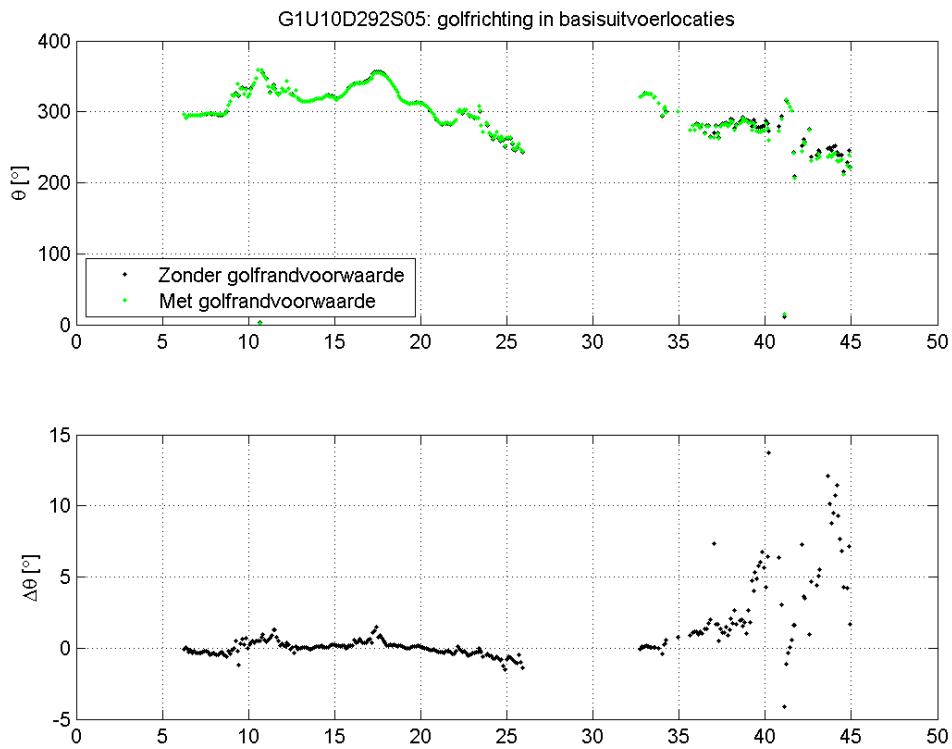
Figuur 2.14: Significante golfhogte (boven), absoluut (midden) en relatief (onder) verschil in significante golfhogte in de basisuitvoerlocaties



Figuur 2.15: Piekperiode (boven), absoluut (midden) en relatief (onder) verschil in piekperiode in de basisuitvoerlocaties



Figuur 2.16: Gemiddelde periode T_{m01} (boven), absoluut (midden) en relatief (onder) verschil in Gemiddelde periode T_{m01} in de basisuitvoerlocaties



Figuur 2.17: Golfrichting (boven) en absoluut (onder) verschil in golfrichting in de basisuitvoerlocaties

De conclusie die uit deze twee berekeningen volgt is dat voor een goede voorspelling van golfcondities in (de monding van) het Europoortgebied het opleggen van een golfrandvoorwaarde noodzakelijk is.

2.4 Conclusies

De belangrijkste conclusies van dit hoofdstuk kunnen als volgt worden samengevat:

- Door toepassing van de randvoorwaardeset K40D300 ten opzichte van de set K40D330 is geen structurele en significante onderschatting van de golfcondities verkregen. De keuze voor K40D300 is zodoende de juiste geweest.
- De productieberekeningen in het Europoortgebied zijn terecht met oplegging van golfrandvoorwaarden uitgevoerd.

3 Effect van diffractie

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is een kwalitatieve vergelijking gemaakt van een SWAN en HARES berekening, gericht op het inzichtelijk maken van het effect van diffractie. Diffractie is een proces dat uitstekend door HARES – een model gebaseerd op de mild slope equations – wordt meegenomen. In SWAN dient diffractie apart te worden geactiveerd terwijl de nauwkeurigheid van de schematisatie van dit proces grotendeels onbekend is. Daarnaast kan het activeren van diffractie leiden tot niet-convergerende SWAN berekeningen. Derhalve is diffractie in de SWAN productieberekeningen niet geactiveerd.

Een vergelijking van resultaten met beide modellen moet uitwijzen in hoeverre het grootschalige golfpatroon bepaald is door diffractie. Dit hoofdstuk is als volgt georganiseerd. Paragraaf 3.2 geeft een beschrijving van de methodologie van vergelijken terwijl paragraaf 3.3 de vergelijking zelf uitwerkt.

3.2 Methodologie van vergelijken

In Tabel 1.1 is aangegeven dat ten behoeve van deze vergelijking slechts één berekening uitgevoerd hoeft te worden, namelijk een HARES berekening die direct met de corresponderende SWAN productieberekening G1U42D337S02 vergeleken kan worden, zie [Klein en Kroon, 2011a en 2011b] voor achtergrond informatie over de SWAN productieberekeningen in het Europoortgebied en [Leeuwen, 2011] voor details van de HARES programmatuur. Echter, om het effect van diffractie zoveel als mogelijk te isoleren is het nodig gebleken een aantal processen uit te schakelen in de SWAN berekening. De stapsgewijze uitschakeling is in de volgende alinea's besproken. Er zijn dus meer berekeningen uitgevoerd dan in Tabel 1.1 is aangegeven.

Het eerste proces dat is uitgeschakeld in de SWAN berekening is windgroei. De windsnelheid in de betreffende berekening is groot waardoor deze een grote invloed heeft op de golfcondities. Zeker in het gebied dat afgeschermd wordt door de Noorderdam – en dat is juist het gebied van interesse – leidt windgroei tot grote verschillen tussen het SWAN golfveld en het bijbehorende HARES golfveld. Golfgroei door wind is daarom uitgeschakeld terwijl de golfrandvoorwaarde in stand zijn gehouden.

In een tweede aanvullende SWAN berekening is tevens de transmissie door de Noorderdam op nul gesteld. In HARES is de transmissie van een dam namelijk 1 of 0. Een HARES golfveld behorende bij een transmissiecoëfficiënt van ergens tussen 0 en 1 kan verkregen worden door HARES berekeningen met en zonder transmissie te combineren. Het verkrijgen van een exacte match van de transmissiecoëfficiënt toegepast in SWAN en de geconstrueerde transmissiecoëfficiënt in HARES, inclusief de numerieke effecten van beide modellen, is echter niet triviaal en vraagt tevens twee series met HARES berekeningen. Het alternatief dat in deze studie dan ook is toegepast, is de transmissie in zowel SWAN als HARES op nul te stellen. Bijkomend voordeel van het uitschakelen van transmissie is dat het effect van diffractie nog meer geïsoleerd is.

Samengevat, zijn er voor vergelijking SWAN-HARES drie SWAN berekeningen en één (serie) HARES berekeningen uitgevoerd. De drie SWAN berekeningen betreffen:

1. SWAN productieberekening G1U42D337S02 met bijbehorende golfrandvoorwaarden. Deze is al uitgevoerd in de set productieberekeningen;
2. SWAN productieberekening G1U42D337S02 met bijbehorende golfrandvoorwaarden zonder windforcering;
3. productieberekening G1U42D337S02 met bijbehorende golfrandvoorwaarden zonder windforcering en zonder transmissie door de Noorderdam.

HARES vraagt als invoer de golfperiode en de golfrichting op de rand van het rekendomein. De golfperiode is afgeleid uit het golfveld verkregen met de SWAN berekening, namelijk 16 s. Ook de golfrichting (314°N) op de rand van het HARES model is afgeleid uit de SWAN productieberekening. Echter in plaats van het doorrekenen van één (hoofd)windrichting bestaat een set HARES berekeningen uit meerdere (11) HARES berekeningen waarin de golfrichting op de rand telkens iets verschilt. Door de resultaten van deze 11 HARES berekeningen gewogen te combineren wordt richtings spreiding in de HARES resultaten aangebracht. Omdat HARES een lineair model is, kunnen de berekeningen (gewogen) bij elkaar opgeteld worden, en is de voorgaande simulatie van richtings spreiding geoorloofd. De richtingen 289° tot en met 339° met stapjes van 5° doorgerekend.

Dat een HARES een lineair model is, betekent ook dat de berekening niet resulteert in een golfhoogteveld maar in een ruimtelijk veld van een golfhoogtevermenigvuldigingsfactor die per definitie een waarde 1 heeft op de rand van het model. Door dit veld te vermenigvuldigen met een bepaalde factor (de golfhoogte) wordt een golfhoogteveld verkregen. Die factor is de golfhoogte zoals door SWAN berekend op de rand van het HARES model. In dit geval bedraagt die (gemiddelde) golfhoogte 6,30 m. In het bepalen van deze golfhoogte is rekening gehouden met het feit dat de golven een noordelijke richting hebben, dus alleen het noordelijke deel van de rand van het HARES model is betrokken in de middeling.

3.3 Vergelijking van SWAN en HARES

Het resultaat van de HARES en de drie SWAN berekeningen, zoals besproken in de vorige paragraaf, is weergegeven in Figuur 3.1. Het betreft de ruimtelijke verdeling van de golfhoogte.

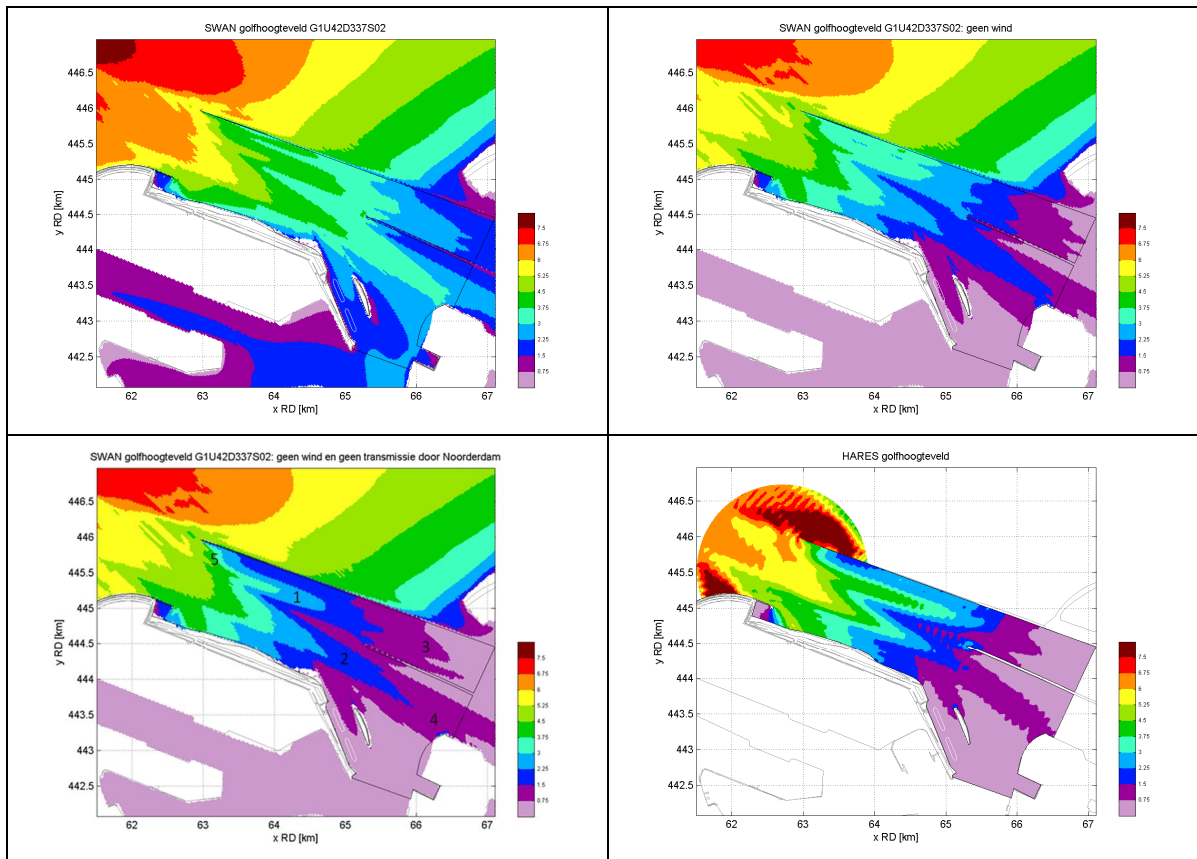
De discussie van de resultaten richt zich op de vergelijking van SWAN (zonder wind en zonder transmissie) en HARES aan de hand van de onderste twee panelen van Figuur 3.1. Eerst worden echter een aantal opmerkingen gemaakt over de invloed van de wind (vergelijking van de bovenste twee panelen) en de invloed van transmissie (vergelijking van de panelen rechtsboven en links onder).

De vorm van de golfhoogtepatronen met en zonder wind verschillen alleen in detail van elkaar. Wel is het zo dat de golfhoogte in de berekeningen zonder wind circa twee kleurenschalen – ongeveer 1,5 m – lager is. De 'pluimen' van relatief hoge golven die het Europoortgebied doordringen zijn in beide gevallen goed te onderscheiden.

De invloed van transmissie is vanzelfsprekend vooral direct ten zuiden van de Noorderdam waarneembaar. In geval van geen transmissie ontstaat hier immers een duidelijke schaduwzone. Afgezien hiervan, heeft transmissie nauwelijks invloed op het golfhoogtepatroon in het Europoortgebied zelf. In kwantitatieve zin is de invloed van de transmissie tot in de

ingang van het Beerkanaal waarneembaar; de 'blauwe pluim' bereikt in het geval van geen transmissie de oostelijke kade langs het Beerkanaal niet meer.

In de vergelijking van HARES en SWAN golfvelden is het belangrijk te realiseren dat de twee modellen veel van elkaar verschillen, ondanks dat twee belangrijke verschillen zijn geëlimineerd. Er zullen dus verschillen in de golfvelden zijn. De vergelijking richt zich dan ook op het grootschalige golfpatroon in met name de Maasmond rond de kop van de Noorderdam.



Figuur 3.1: Ruimtelijke verdeling van de significante golfhoogte H_s . SWAN productieberekening G1U42D337S02 (linksboven), SWAN productieberekening G1U42D337S02 zonder windforcering (rechtsboven), SWAN productieberekening G1U42D337S02 zonder windforcering en zonder transmissie door de Noorderdam (linksonder) en HARES berekening (rechtsonder). Cijfers in paneel linksonder zijn gebruikt ter referentie in discussie.

Beide modellen vertonen een pluim in zowel de Nieuwe Waterweg als het Calandkanaal (nummers 1 en 2 in paneel linksonder in Figuur 3.1). De pluim in de Nieuwe Waterweg (1) in het HARES veld is veel geprononceerder dan die in het SWAN veld. Opvallend is dat in beide modellen de richting van die pluim goed met elkaar overeenkomt en dat golfhoogteklasse 0-0,75 m op ongeveer dezelfde locatie, namelijk ter hoogte van de kustlijn, begint (3).

In het Calandkanaal is het juist de pluim in SWAN die meer geprononceerd is. Ter hoogte van de oostelijke kade van het Beerkanaal is de breedte van de pluim duidelijk breder in SWAN dan in HARES (4).

Direct ten zuiden van de kop van de Noorderdam (5) verschillen de golfhoogtepatronen wel in detail maar vertonen deze in zowel kwalitatieve als in kwantitatieve zin grote overeenkomsten. Meer naar de kust toe is de golfhoogte langs de Noorderdam in SWAN een golfhoogteklasse

kleiner dan in HARES, zoals de gehele pluim in de Nieuwe Waterweg in HARES hogere golfhoogten geeft dan SWAN.

3.4 Conclusie

Al met al kan gesteld worden dat het grootschalige golfpatronen in beide modellen goed met elkaar overeenkomen, zeker gezien de verschillen die tussen beide modellen bestaan. Er zijn in de gebieden met uitvoerlocaties waarop de HR gebaseerd gaan worden geen essentiële verschillen tussen HARES en SWAN die te relateren zijn aan het niet activeren van diffractie in SWAN.

4 Effect van reflectie

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de derde en laatste set berekeningen uit Tabel 1.1 besproken. Deze set is gericht op het inschatten van het effect van reflectie in het Europoortgebied. Reflectie is in de SWAN productieberekeningen niet geactiveerd, zie [Klein en Kroon, 2011a], maar tijdens de opzetten van het Europoort model is – uit HARES berekeningen – gebleken dat golfreflectie wellicht een niet te verwaarlozen rol speelt in het mondingsgebied, zie [Leeuwen, 2011].

In dit hoofdstuk is het effect van reflectie in het Europoortgebied onderzocht door een aantal berekeningen met reflectie uit te voeren en deze te vergelijken met de corresponderende productieberekening. In deze studie is een bovengrensbepaling toegepast door relatief hoge reflectiecoëfficiënten op te leggen.

In deze studie is het SWAN WTI Europoort model met en zonder reflecterende obstakels doorgerekend voor twee windrichtingen namelijk 270° en 315° N. Dit is gedaan voor een potentiële windsnelheid van 42 m/s en een waterstand van NAP+5 m. De bijbehorende golfbrandvoorwaardensets zijn respectievelijk K40D270 en K40D300.

Dit hoofdstuk is als volgt georganiseerd. Paragraaf 4.2 gaat in op de definitie van de obstakels en paragraaf 4.3 gaat kort in op de uitvoerlocaties waarin de resultaten vergeleken zijn. De resultaten van de berekeningen met en zonder reflectie worden besproken in paragraaf 4.4 (ruimtelijke velden) en in paragraaf 4.5 (resultaten in de uitvoerpunten).

4.2 Definitie reflecterende obstakels

De reflectie van golven tegen een bepaald obstakel is afhankelijk van zowel golfkarakteristieken als karakteristieken van het obstakel. Zo zal een lange golf meer reflecteren dan een korte golf met dezelfde hoogte, en ook zal de reflectie tegen een verticale kade wand hoger zijn dan die op een talud van breuksteun. In deze studie is echter uitgegaan van een bovengrensbepaling zodat het effect van reflectie in ieder geval niet wordt onderschat. In overleg met opdrachtgever Deltares zijn zodoende de volgende type keringen met bijbehorende reflectiecoëfficiënten (REFL) gedefinieerd:

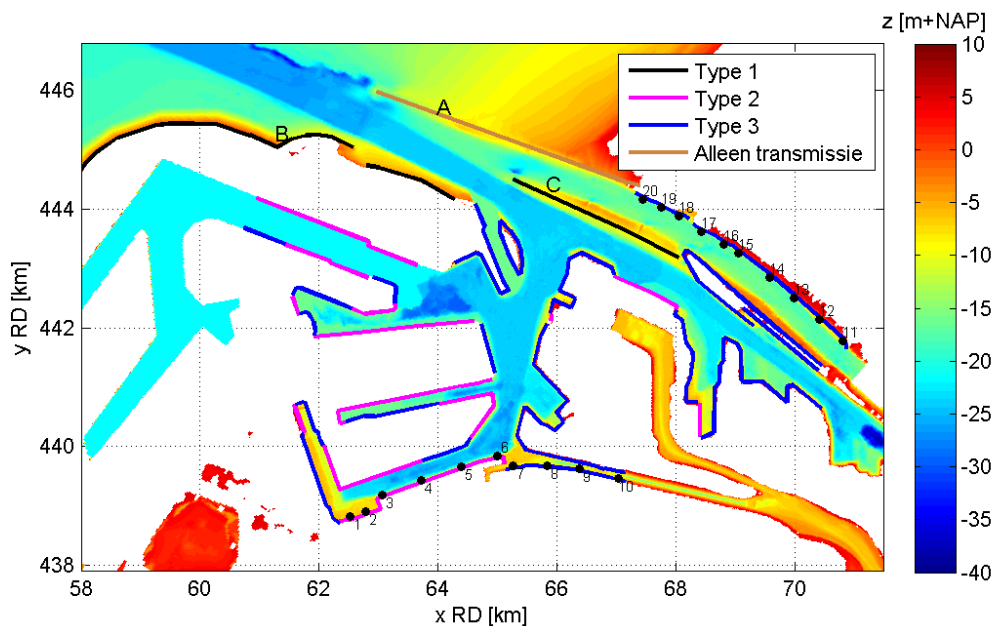
- Type 1 – REFL = 1.0: Keringen in de havenmond krijgen te maken met relatief lange golven vanaf de Noordzee, waarvan een relatief groot deel kan reflecteren.
- Type 2 – REFL = 1.0: Verticale kades in het havengebied reflecteren relatief veel golfenergie.
- Type 3 – REFL = 0.6: Oevers in het Europoortgebied waarbij sprake is van een talud ondervinden relatief korte golven en absorberen – door het talud – relatief veel golfenergie.

Het definiëren van de kades als obstakels in SWAN is niet triviaal omdat de kades tevens de rand van het SWAN model vormen. Daarnaast moet rekening gehouden worden met de volgende punten:

- De obstakels moeten bij voorkeur met zo min mogelijk punten worden gedefinieerd;
- De obstakels moeten in het actieve gedeelte van het SWAN rooster liggen.

Het definiëren van de obstakels is uiteindelijk een iteratief proces geweest en is met onderstaande methodologie tot stand gekomen. De locaties van de obstakels zijn – in eerste instantie - afgeleid uit Google Earth luchtfotografie. Hierbij is als eerste stap de waterlijn aangehouden als locatie van de obstakels. Op basis van actieve cellen bij de toegepaste waterstand van NAP+5 m zijn de obstakels zo aangepast dat met behulp van zo min mogelijk punten een volledig actief obstakel wordt gedefinieerd.

Door middel van een iteratief proces zijn vrijwel alle obstakels zo gedefinieerd dat de reflecterende golven een 'glad' patroon laten zien. De Zuiderdam (B in Figuur 4.1) is echter te sterk gekromd waardoor SWAN discontinue reflectiepatronen berekent. De uiteindelijke definitie van de obstakels zijn weergegeven in Figuur 4.1.



Figuur 4.1: Locaties van en types reflecterende obstakels in het Europoortgebied. Punten 1-20 zijn de beschouwde uitvoerpunten.

De reflecterende obstakels vallen deels samen met obstakels die al in het SWAN WTI Europoort model gedefinieerd zijn, namelijk de Noorderdam (A in Figuur 4.1), het restant van de Zuiderdam (B) en de Splitsingsdam (C). Voor deze obstakels kan zowel transmissie als reflectie worden toegepast, maar om de vergelijking tussen wel een geen reflectie zuiver te houden is – in overleg met opdrachtgever Deltares – per obstakel of transmissie of reflectie opgelegd. Voor de drie dammen is daarom het volgende aangenomen:

- Noorderdam: *geen* reflectie, *wel* transmissie
- Zuiderdam: *wel* reflectie, *geen* transmissie
- Splitsingsdam: *wel* reflectie, *geen* transmissie.

Het obstakeldeel van het SWAN invoerbestand zoals toegepast in deze studie is weergegeven in Bijlage A.

4.3 Uitvoerpunten testberekeningen reflectie

De invloed van reflectie dient onder meer in een selectie van de basisuitvoerpunten beschouwd te worden. De basisuitvoerpunten zijn de locaties waarop in principe de HR gebaseerd gaan

worden. Na vaststelling van de reflecterende obstakels blijkt het echter dat vrijwel al deze locaties punten aan de landzijde van de obstakels liggen.

Het is voor een zinvolle vergelijking daarom nodig een nieuwe set uitvoerpunten te definiëren. Deze nieuwe set is verkregen door de set met basisuitvoerpunten zodanig te verplaatsen dat de locaties twee roostercellen van de reflecterende oevers zijn afgelegd. Uit deze set is conform de opdracht een selectie van 20 locaties gemaakt waarin het effect van reflectie beschouwd is. Deze 20 uitvoerpunten zijn weergegeven in Figuur 4.1.

4.4 Resultaten van de berekeningen als golfvelden

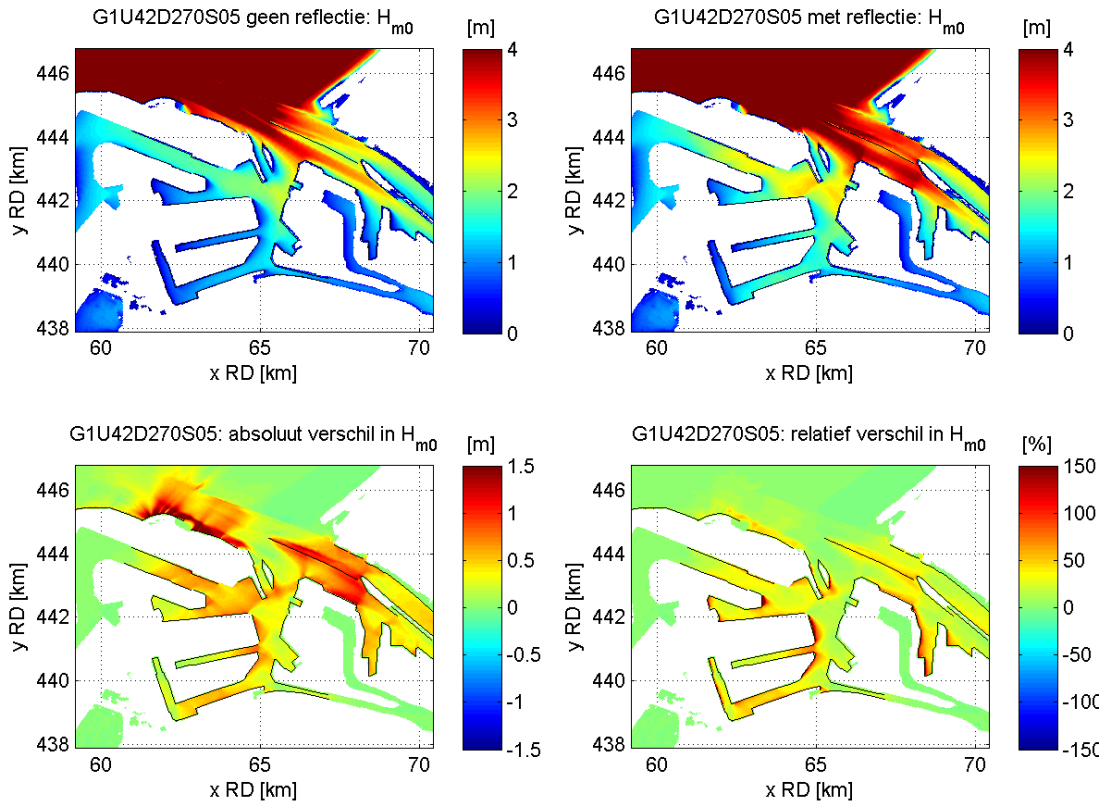
Voor beide stochastcombinaties zijn twee SWAN berekeningen uitgevoerd, één met de obstakels en reflectiecoëfficiënten zoals beschreven in paragraaf 4.2 en één met alle genoemde obstakels en een reflectiecoëfficiënt van 0. Alle reflecterende obstakels hebben in beide berekeningen een transmissiecoëfficiënt van 0.

Resultaten van de beide berekeningen zijn in deze paragraaf inzichtelijk gemaakt als ruimtelijke velden van diverse golfparameters (significante golfhoogte H_{m0} , piekperiode T_p , gemiddelde periode T_{m01} en gemiddelde golfrichting θ) en als verschilvelden van die parameters. Voor combinatie U42D270S05 zijn de ruimtelijke velden weergegeven in Figuur 4.2 tot en met Figuur 4.5 en voor combinatie U42D315S05 in Figuur 4.6 tot en met Figuur 4.9. In iedere figuur is linksboven het ruimtelijke veld van de betreffende parameter zonder reflectie weergegeven, rechtsboven die met reflectie, linksonder het absolute verschilveld (gedefinieerd als 'met reflectie' minus 'zonder reflectie') en rechtsonder het relatieve verschilveld (gedefinieerd als 'met reflectie' minus 'zonder reflectie' ten opzichte van 'zonder reflectie'), met uitzondering van de betekenisloze relatieve golfrichtingsverschillen. In de ruimtelijke figuren zijn de reflecterende elementen met zwarte lijnen aangegeven.

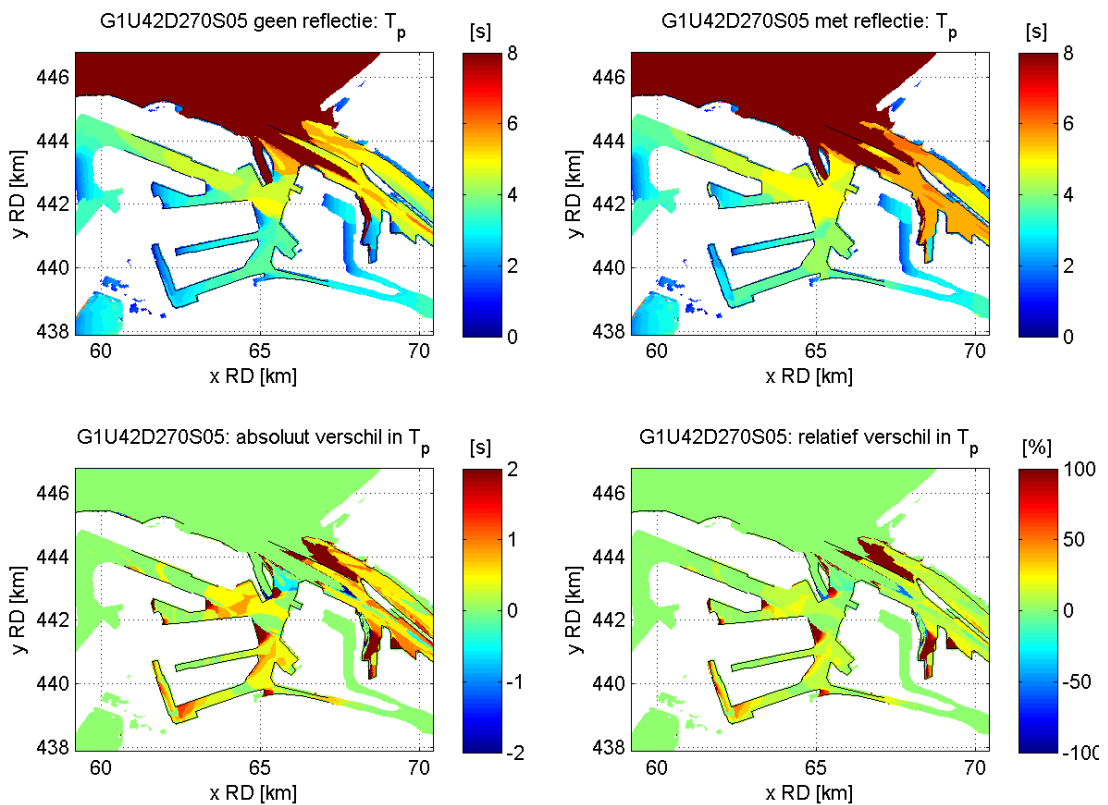
De ruimtelijke velden van de golfhoogte en -perioden illustreren dat de grootste verschillen gevonden worden aan de oevers met afluende wind. In de berekeningen zonder reflectie ontstaan golven langs die oevers waardoor de golven daar nog laag en kort zijn. Terwijl deze golven naar de overkant propageren worden ze hoger en langer. In de berekeningen met reflectie reflecteren deze meer volgroeide golven en propageren weer terug naar de oever met afluende wind. In de berekeningen met reflectie zijn daardoor de golven aan de oevers met afluende wind beduidend groter en langer; zowel de golfhoogten als de -perioden verdubbelen in die zones.

Buiten de schaduwzones kan gesteld worden dat, grosso modo, de golfhoogte als gevolg van reflectie met 40 à 50% toeneemt en de gemiddelde periode T_{m01} 20 à 30%. Mede door het discrete karakter van T_p is de (relatieve) verandering van T_p grilliger dan die van H_{m0} en T_{m01} maar verhogingen van 20 à 30% worden ook voor deze parameter gevonden.

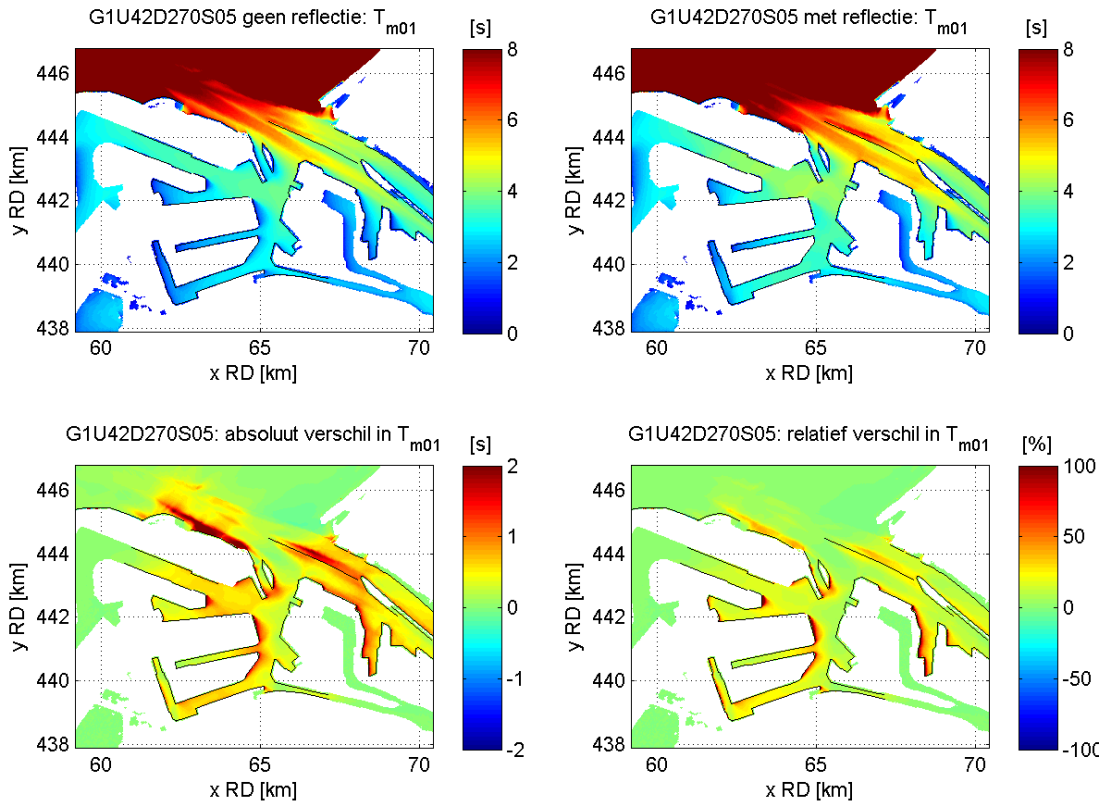
De veranderingen in H_{m0} en T_{m01} als gevolg van reflectie zijn positieve veranderingen, met andere woorden reflectie leidt tot een toename van H_{m0} en T_{m01} . Voor T_p is dat meestal ook het geval maar er zijn ook gebieden waarin T_p afneemt als gevolg van reflectie. De oorzaak hiervan is gelegen in het feit dat T_p één frequentie uit het spectrum vertegenwoordigt, namelijk de frequentie waarbij de meeste energie aanwezig is. Door reflectie is het golfveld een complexe mix van diverse golfcomponenten, die verschillen in periode en energieniveau. Het kan daardoor voorkomen dat door reflectie een korte component met veel energie T_p gaat bepalen.



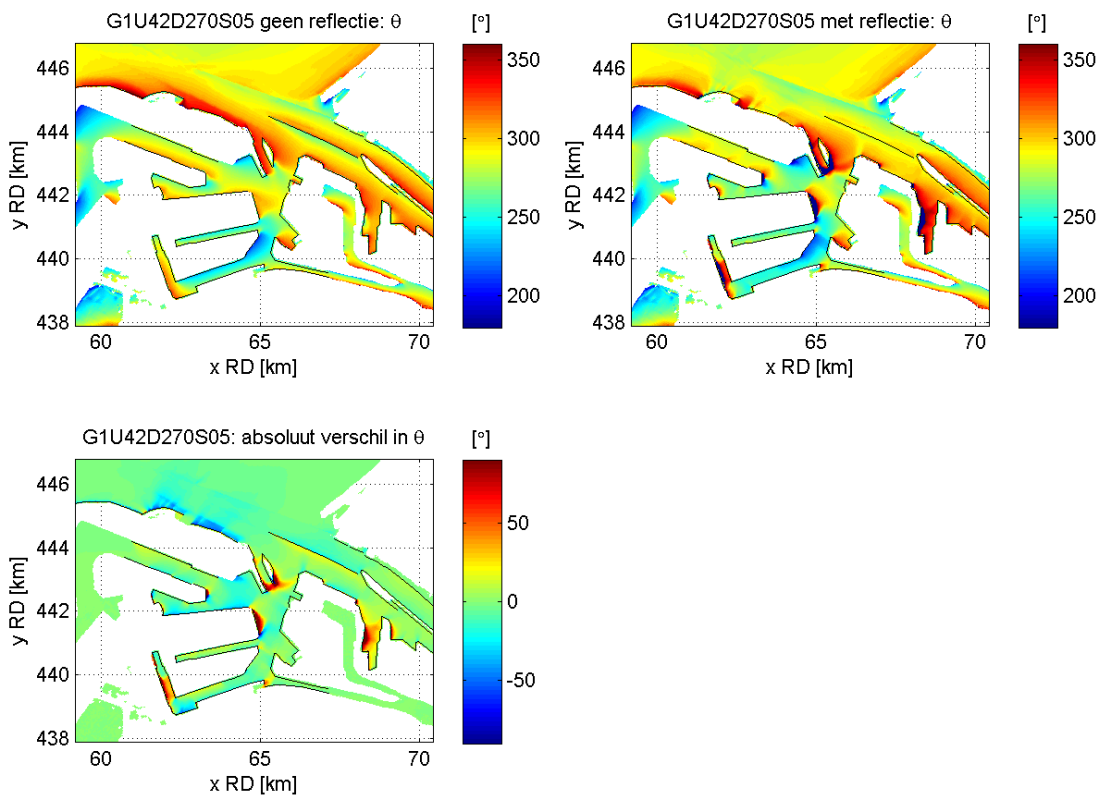
Figuur 4.2: U42D270S05. H_{m0} zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut H_{m0} verschilveld (linksonder) en relatief H_{m0} verschilveld (rechtsonder).



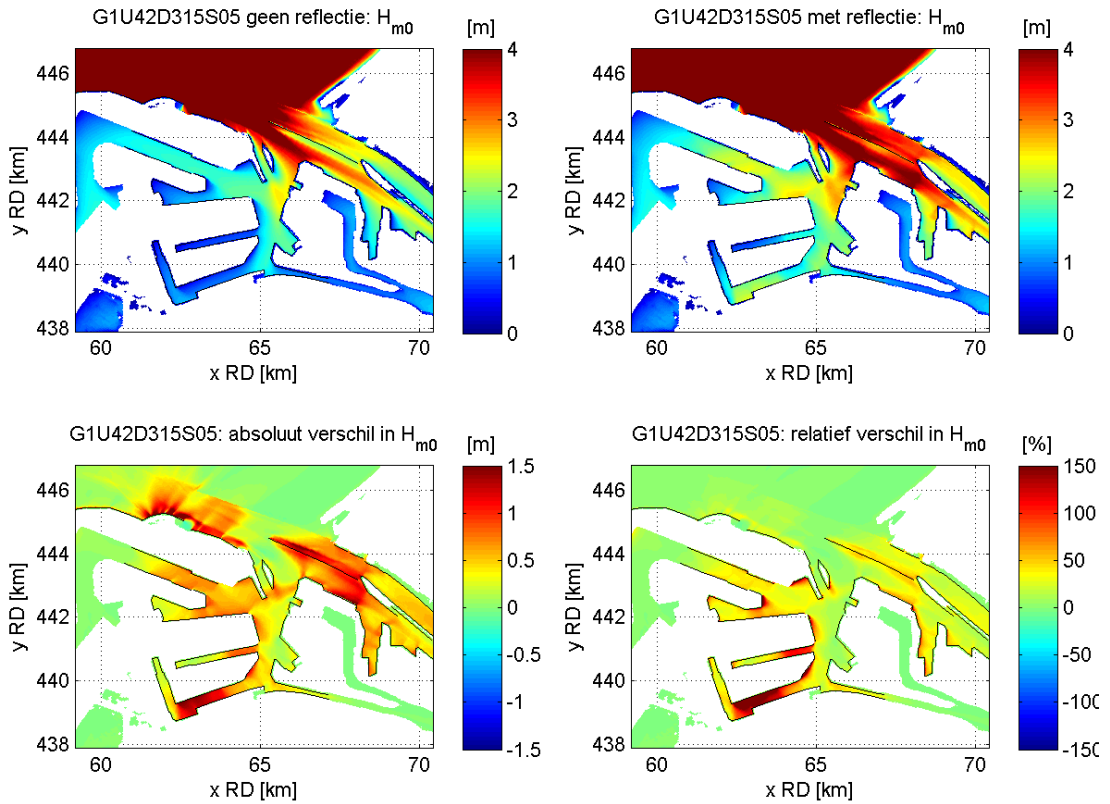
Figuur 4.3: U42D270S05. T_p zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut T_p verschilveld (linksonder) en relatief T_p verschilveld (rechtsonder).



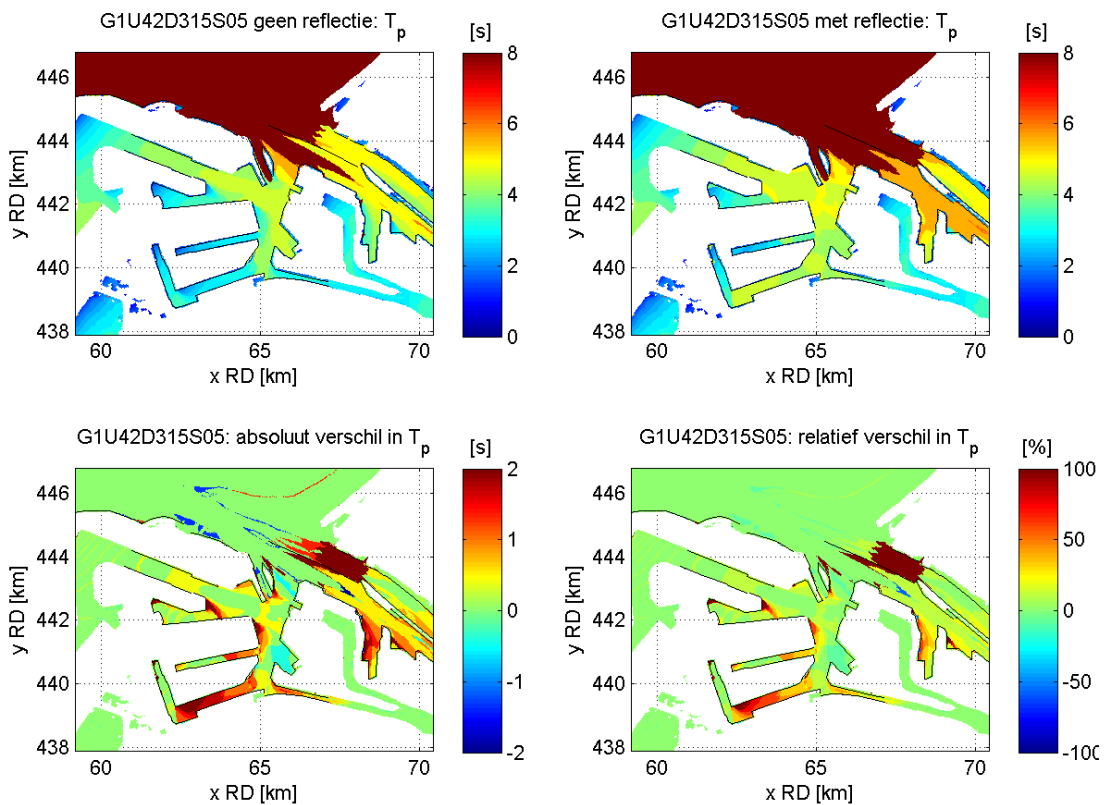
Figuur 4.4: U42D270S05. T_{m01} zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut T_{m01} verschilveld (linksonder) en relatief T_{m01} verschilveld (rechtsonder).



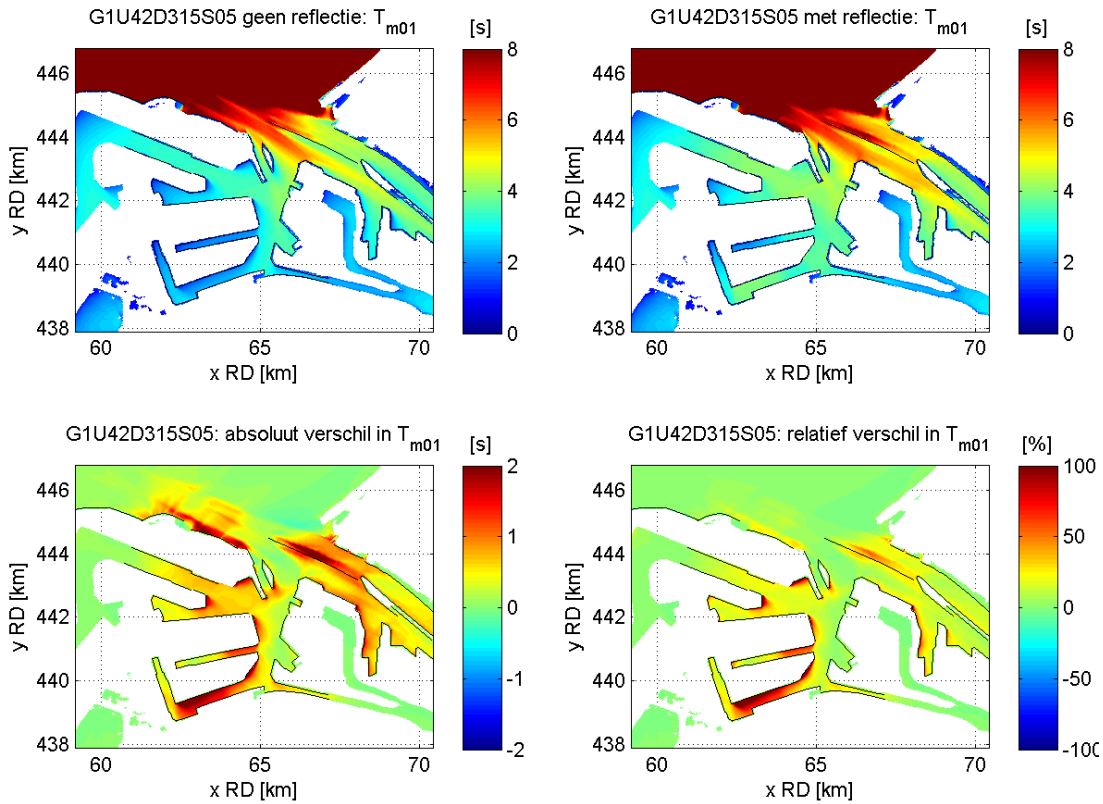
Figuur 4.5: U42D270S05. Golfrichting zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut golfrichting verschilveld (linksonder).



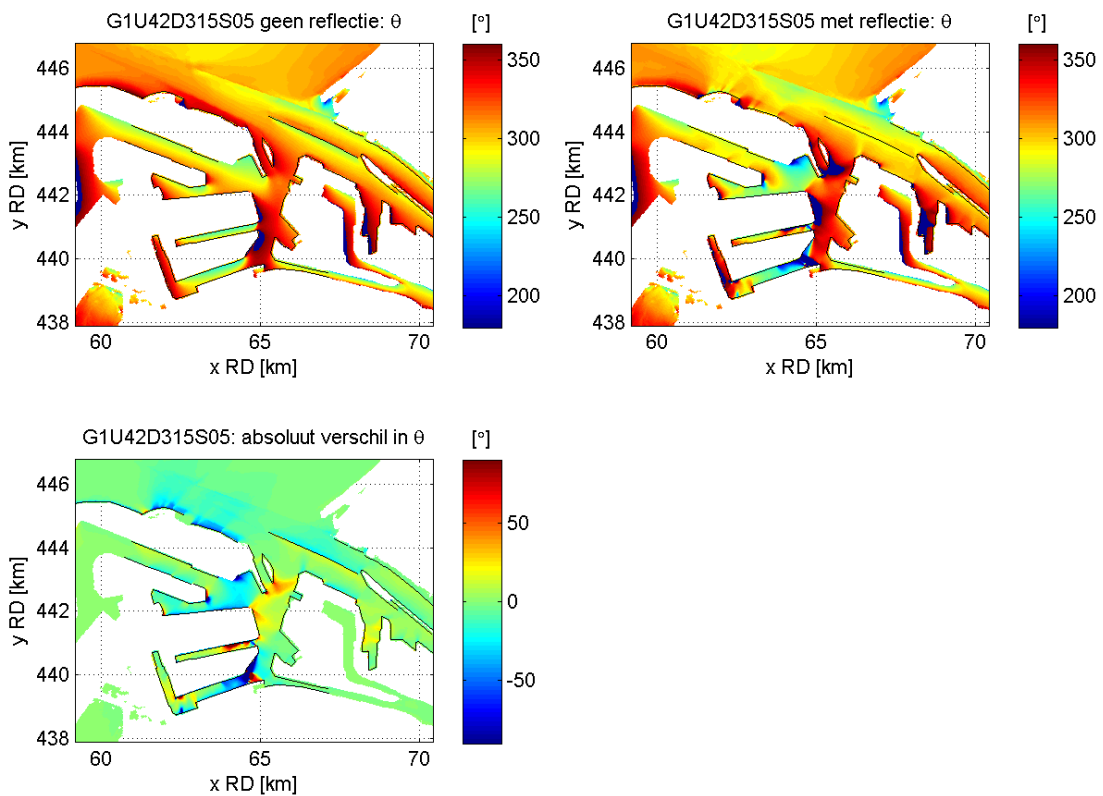
Figuur 4.6: U42D315S05. H_{m0} zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut H_{m0} verschilveld (linksonder) en relatief H_{m0} verschilveld (rechtsonder).



Figuur 4.7: U42D315S05. T_p zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut T_p verschilveld (linksonder) en relatief T_p verschilveld (rechtsonder).



Figuur 4.8: U42D315S05. T_{m01} zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut T_{m01} verschilveld (linksonder) en relatief T_{m01} verschilveld (rechtsonder).

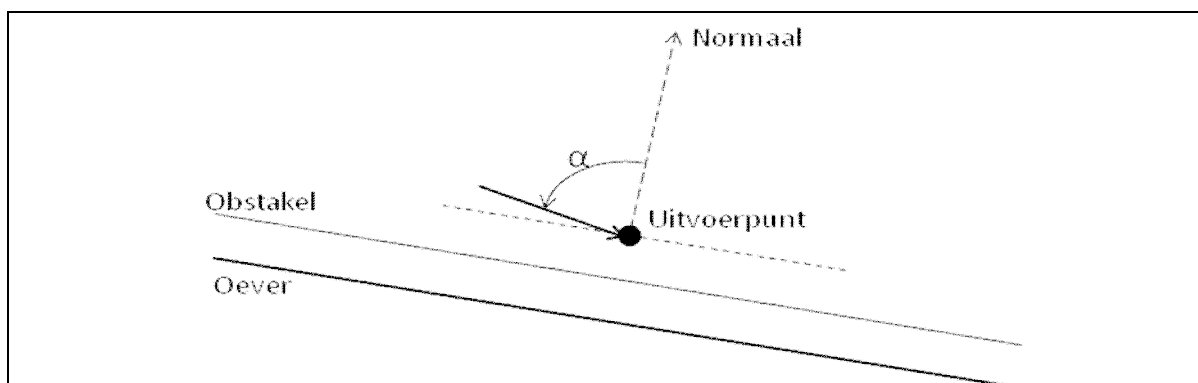


Figuur 4.9: U42D315S05. Golfrichting zonder reflectie (linksboven) en met reflectie (rechtsboven). Absoluut golfrichting verschilveld (linksonder).

4.5 Resultaten van de berekeningen in uitvoerpunten

Deze paragraaf bespreekt het effect van reflectie door de resultaten in de twintig gedefinieerde uitvoerlocaties te beschouwen, zie Figuur 4.1. Voor die twintig uitvoerlocaties zijn de resultaten van de in totaal vier berekeningen voor wat betreft de golfhoogte in tabelvorm weergegeven in Tabel 4.2 en Tabel 4.3. In de tabel is onderscheid gemaakt tussen totale de golfhoogte en de inkomende golfhoogte. Dit is gedaan door een nabewerking van het 2D spectrum. Voor de HR is uitsluitend de inkomende golfenergie van belang. Om onderscheid te maken tussen de inkomende en de gereflecteerde golfcomponent is per uitvoerpunt een lijn parallel aan het achterliggende obstakel gedefinieerd, zie Figuur 4.10. De hoek α is de golfrichting ten opzichte van de normaal van het obstakel. De inkomende golfenergie is nu de energie in de richtingssectoren die liggen binnen $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$, met 0° de richting van de normaal. Tot slot is in de tabel ook de inkomende golfhoogte gepresenteerd relatief ten opzichte van de inkomende golfhoogte tussen de Noorder- en Zuiderdam, respectievelijk 6.0 en 6.6 m voor richtingen 270° en 315° .

Kolommen 2-4 van beide tabellen bevatten voor de berekening zonder reflectie respectievelijk de totale golfhoogte, de inkomende golfhoogte en de inkomende golfhoogte ten opzichte van de golfhoogte in de monding. Kolommen 5-7 bevatten dezelfde informatie als kolommen 2-4 maar dan voor de berekening met reflectie. Het absolute verschil ('met reflectie' minus 'zonder reflectie') in de totale en de inkomende golfhoogte is opgenomen in respectievelijk kolommen 8 en 9. In kolommen 10 en 11 ten slotte zijn de relatieve verschillen ten opzichte van 'zonder reflectie' in de inkomende en totale golfhoogte opgenomen.



Figuur 4.10: Schets van selectie van inkomende golfenergie

Uit de tweede en derde kolom van beide tabellen blijkt dat ook in het geval van geen reflectie er een verschil is tussen de inkomende golfhoogte en de totale golfhoogte. Aangezien reflectie in die berekening niet geactiveerd is, kan dit niet aan reflectie worden toegeschreven. Dit verschil moet zodoende toegeschreven worden aan het feit dat de uitvoerlocaties op enige afstand van de oever liggen en er dus golven vanaf de oever naar de uitvoerlocatie kunnen propageren (zie Figuur 4.10). Het kan gaan om lokaal opgewekte golven, maar ook golven die van verder komen en die door bijvoorbeeld refractie naar het uitvoerpunt afbuigen. Het relatieve verschil tussen de totale en inkomende golfhoogte is typisch 3 à 4% en maximaal 15% in locaties 7 (alleen in combinatie U42D270S05) en 9 (in beide combinaties). Locatie 7 is het eerste punt in het Hartelkanaal, gezien vanaf het Beerkanaal, en ligt in hoek gevormd door twee kades afgeschermd tegen de windrichting 270° . De golfhoogte is met ca. 0,70 m dan ook beduidend kleiner dan in de omliggende locaties. Voor locatie 9, en ook 8 en 10, zijn de beschouwde windrichtingen afluiddige of min of meer oever-parallelle richtingen. Het valt dus te verwachten

dat een (significant) deel van de golfenergie in die locaties niet bij de inkomende component gerekend wordt.

De relatieve verschillen tussen de totale en de inkomende golfhoogten in de berekeningen met reflectie variëren tussen 5 en 30%. Het is hierbij belangrijk te realiseren dat een deel van de inkomende golfenergie het resultaat is van reflectie op de tegenoverliggende oever.

Het effect van reflectie op de inkomende golfhoogte kan worden afgeleid uit kolommen 9 en 11 van Tabel 4.2 en Tabel 4.3. Deze kolommen zijn ook gevisualiseerd in Figuur 4.11 en Figuur 4.12. Allereerst valt op dat in locatie 8 in combinatie U42D270S05 en in locatie 6 in combinatie U42D315S05 de inkomende golfhoogte in het geval van reflectie kleiner is dan de inkomende golfhoogte zonder reflectie. Het gaat in beide gevallen om een zeer klein golfhoogteverschil van 0,02 m. De totale golfhoogte is in het geval met reflectie wel groter dan in het geval zonder reflectie.

In alle overige gevallen is de inkomende golfhoogte met reflectie groter dan die zonder reflectie. De gemiddelde relatieve toename in inkomende golfhoogte door reflectie is in berekening U42D270S05 en U42D315S05 respectievelijk 18 en 27% maar de spreiding is groot. Zo varieert in U42D270S05 de relatieve toename tussen 5 en 65% en in U42D315S05 tussen 5 en 86%. Zowel de verschillen tussen twee berekeningen als de verschillen in de locaties van één berekening zijn groot. De relatieve toename is over het algemeen het grootst in het zuidelijke deel (locaties 1-10). Zo bedraagt het gemiddelde relatieve verschil in locaties 1-10 in U42D270S05 21% en die in locaties 11-20 16%. In berekening U42D315S05 is het gemiddelde relatieve verschil in locaties 1-10 37% en in locaties 11-20 18%. Alle gemiddelden zijn bepaald met uitsluiting van de negatieve verschillen. Een en ander is samengevat in Tabel 4.1.

Combinatie	Min. relatief verschil	Max. relatief verschil	Gem. relatief verschil over alle locaties	Gem. relatief verschil over locaties 1-10	Gem. relatief verschil over locaties 11-20
U42D270S05	5%	65%	16%	21%	16%
U42D315S05	5%	86%	27%	37%	18%

Tabel 4.1: *Samengevatte relatieve verschillen in H_{m0} als gevolg van reflectie*

Uit Tabel 4.2 en Figuur 4.11 komt nog duidelijk naar voren dat in locatie 7 in berekening U42D270S05 een uitzonderlijk groot effect van reflectie optreedt, namelijk een toename van ruim 65% van de golfhoogte. Dit is dezelfde locatie in dezelfde berekening die eerder in deze paragraaf al opviel door een relatief groot verschil tussen de totale en de inkomende component van de golfhoogte. De oorzaak van het uitzonderlijke gedrag qua invloed van reflectie is ook nu weer gelegen in het feit dat locatie 7 in een hoek van twee kades ligt. In berekening U42D270S05 wordt dit uitzonderlijke gedrag in locatie niet gevonden omdat bij deze windrichting de locatie minder beschermt ligt.

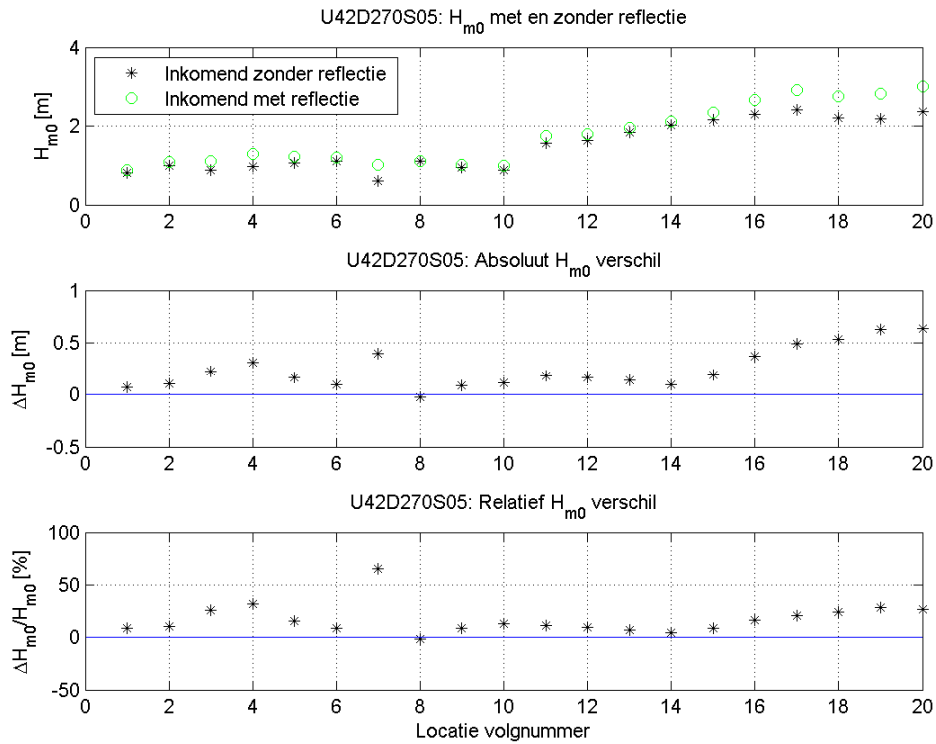
De oorzaak van de grote toename van de inkomende (en ook van de totale) golfhoogte als gevolg van reflectie is gelegen in het toepassen van reflectie op tegenoverliggende oevers. Een inkomende golf reflecteert op de ene oever, propageert naar de tegenoverliggende oever, reflecteert daar en propageert weer naar de eerste oever et cetera tot dat de heen en weer gaande golf gedissipeerd is. Daarnaast vindt er ook nog eens windgroei van de gereflecteerde golven plaats. De grootte van de reflectie is blijkbaar sterk afhankelijk van de richting van de inkomende golf. Er is veel variatie in de reflectie ook al liggen de uitvoerpunten dicht bij elkaar.

Loc	H _{m0} zonder reflectie			H _{m0} met reflectie			H _{m0} verschil 'met reflectie' minus 'zonder reflectie'			
	totaal	inkomend	inkomend	totaal	inkomend	inkomend	totaal	inkomend	totaal	inkomend
	[m]	[m]	Relatief t.o.v. H in Maasmond	[m]	[m]	Relatief t.o.v. H in Maasmond	Absoluut [m]	Absoluut [m]	Relatief [%]	Relatief [%]
1	0.848	0.819	13.65%	1.247	0.89	14.83%	0.399	0.071	47.05%	8.67%
2	1.019	0.983	16.38%	1.494	1.089	18.15%	0.475	0.106	46.61%	10.78%
3	0.999	0.887	14.78%	1.556	1.115	18.58%	0.557	0.228	55.76%	25.70%
4	1.068	0.98	16.33%	1.759	1.289	21.48%	0.691	0.309	64.70%	31.53%
5	1.136	1.055	17.58%	1.656	1.222	20.37%	0.52	0.167	45.77%	15.83%
6	1.19	1.103	18.38%	1.587	1.201	20.02%	0.397	0.098	33.36%	8.88%
7	0.723	0.61	10.17%	1.199	1.009	16.82%	0.476	0.399	65.84%	65.41%
8	1.183	1.12	18.67%	1.308	1.098	18.30%	0.125	-0.022	10.57%	-1.96%
9	1.104	0.939	15.65%	1.269	1.022	17.03%	0.165	0.083	14.95%	8.84%
10	0.959	0.876	14.60%	1.199	0.992	16.53%	0.24	0.116	25.03%	13.24%
11	1.619	1.559	25.98%	2.138	1.739	28.98%	0.519	0.18	32.06%	11.55%
12	1.677	1.627	27.12%	2.117	1.788	29.80%	0.44	0.161	26.24%	9.90%
13	1.884	1.829	30.48%	2.231	1.964	32.73%	0.347	0.135	18.42%	7.38%
14	2.081	2.023	33.72%	2.439	2.119	35.32%	0.358	0.096	17.20%	4.75%
15	2.202	2.157	35.95%	2.661	2.345	39.08%	0.459	0.188	20.84%	8.72%
16	2.336	2.292	38.20%	2.971	2.659	44.32%	0.635	0.367	27.18%	16.01%
17	2.477	2.421	40.35%	3.104	2.913	48.55%	0.627	0.492	25.31%	20.32%
18	2.224	2.209	36.82%	2.874	2.746	45.77%	0.65	0.537	29.23%	24.31%
19	2.279	2.193	36.55%	3.003	2.817	46.95%	0.724	0.624	31.77%	28.45%
20	2.536	2.376	39.60%	3.374	3.01	50.17%	0.838	0.634	33.04%	26.68%

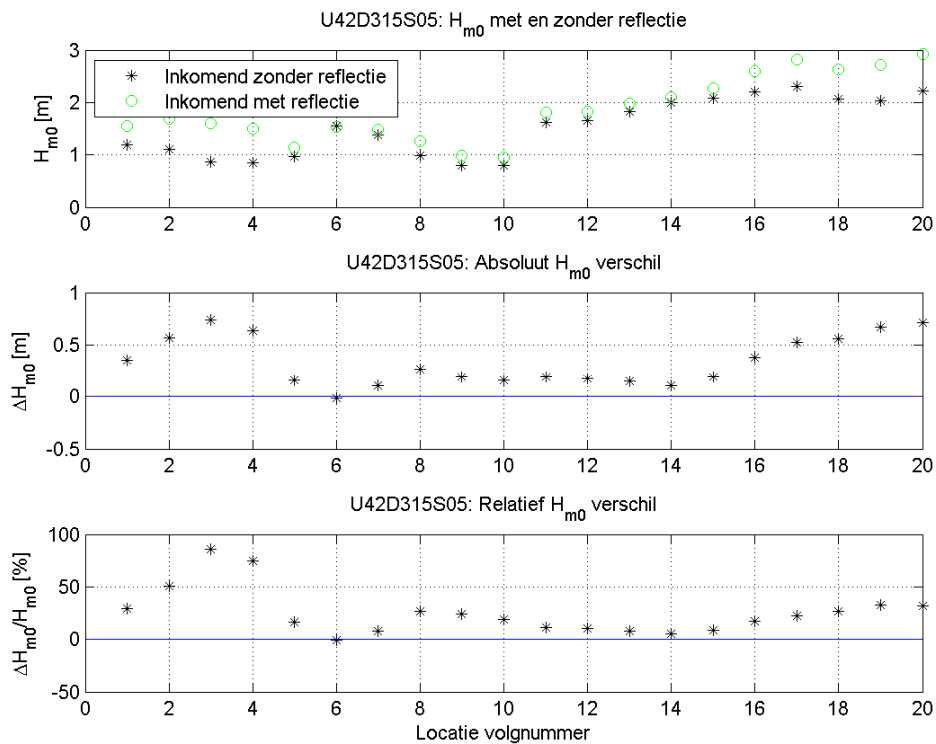
Tabel 4.2: G1U42D270S05: totale en inkomende golfhoogten met en zonder reflectie, en absolute en relatieve verschillen in golfhoogten in de 20 uitvoerlocaties. Referentie golfhoogte in de Maasmond bedraagt 6,0 m.

Loc	H _{m0} zonder reflectie			H _{m0} met reflectie			H _{m0} verschil 'met reflectie' minus 'zonder reflectie'			
	totaal	inkomend	inkomend	totaal	inkomend	inkomend	totaal	inkomend	totaal	inkomend
	[m]	[m]	Relatief t.o.v. H in Maasmond	[m]	[m]	Relatief t.o.v. H in Maasmond	Absoluut [m]	Absoluut [m]	Relatief [%]	Relatief [%]
1	1.194	1.193	18.08%	2.235	1.546	23.42%	1.04	0.35	87.19%	29.59%
2	1.118	1.113	16.86%	2.319	1.681	25.47%	1.20	0.57	107.42%	51.03%
3	0.883	0.86	13.03%	2.219	1.596	24.18%	1.34	0.74	151.30%	85.58%
4	0.885	0.855	12.95%	2.067	1.492	22.61%	1.18	0.64	133.56%	74.50%
5	1.003	0.976	14.79%	1.558	1.133	17.17%	0.56	0.16	55.33%	16.09%
6	1.558	1.545	23.41%	2.08	1.528	23.15%	0.52	-0.02	33.50%	-1.10%
7	1.388	1.372	20.79%	1.71	1.475	22.35%	0.32	0.10	23.20%	7.51%
8	1.023	0.988	14.97%	1.468	1.255	19.02%	0.45	0.27	43.50%	27.02%
9	0.931	0.795	12.05%	1.2	0.987	14.95%	0.27	0.19	28.89%	24.15%
10	0.865	0.794	12.03%	1.129	0.947	14.35%	0.26	0.15	30.52%	19.27%
11	1.702	1.62	24.55%	2.255	1.807	27.38%	0.55	0.19	32.49%	11.54%
12	1.725	1.657	25.11%	2.197	1.827	27.68%	0.47	0.17	27.36%	10.26%
13	1.902	1.831	27.74%	2.282	1.982	30.03%	0.38	0.15	19.98%	8.25%
14	2.067	1.993	30.20%	2.459	2.101	31.83%	0.39	0.11	18.96%	5.42%
15	2.145	2.091	31.68%	2.609	2.279	34.53%	0.46	0.19	21.63%	8.99%
16	2.259	2.207	33.44%	2.911	2.589	39.23%	0.65	0.38	28.86%	17.31%
17	2.37	2.303	34.89%	3.029	2.828	42.85%	0.66	0.53	27.81%	22.80%
18	2.087	2.065	31.29%	2.758	2.624	39.76%	0.67	0.56	32.15%	27.07%
19	2.139	2.038	30.88%	2.906	2.71	41.06%	0.77	0.67	35.86%	32.97%
20	2.398	2.218	33.61%	3.31	2.93	44.39%	0.91	0.71	38.03%	32.10%

Tabel 4.3: G1U42D350S05: totale en inkomende golfhoogten met en zonder reflectie, en absolute en relatieve verschillen in golfhoogten in de 20 uitvoerlocaties. Referentie golfhoogte in de Maasmond bedraagt 6,6 m.



Figuur 4.11: Effect van reflectie op de inkomende golfhoogte in de uitvoerlocaties in berekening U42D270S05: inkomende golfhoogte met en zonder reflectie (boven), absoluut (midden) en relatief (onder) verschil in inkomende golfhoogte.



Figuur 4.12: Effect van reflectie op de inkomende golfhoogte in de uitvoerlocaties in berekening U42D315S05: inkomende golfhoogte met en zonder reflectie (boven), absoluut (midden) en relatief (onder) verschil in inkomende golfhoogte.

4.6 Conclusies

Op basis van de resultaten gepresenteerd in voorgaande twee paragrafen is de belangrijkste conclusie dat reflectie toegepast in de bovengrensbepaling een niet te verwaarlozen effect op de inkomende golfhoogten heeft.

De spreiding in reflectie van de inkomende golfhoogte is groot en verschilt per locatie en per berekening. De maximale relatieve toename van de inkomende golfhoogte bedraagt 86% terwijl gemiddelde relatieve toename in combinaties U42D270S05 en U42D315S05 respectievelijk 18 en 27% bedraagt. Er kan wel gesteld worden dat het effect van reflectie beduidend groter is in de 10 uitvoerlocaties in het Hartelkanaal dan de 10 in de Nieuwe Waterweg.

4.7 Aanbevelingen

Het onderzoek gepresenteerd in dit hoofdstuk heeft aangetoond dat reflectie op voorhand niet te verwaarlozen is. Het verdient derhalve aanbeveling SWAN berekeningen uit te voeren met realistische reflectiecoëfficiënten die afhangen van het type van de oever (verticale kademuur, beklede dijk) en van de golfcondities zelf. Gezien de grote mate van spreiding van het effect van reflectie verdient het tevens aanbeveling een groter aantal stochastcombinaties te onderzoeken.

5 Referenties

[Klein en Kroon, 2011a]

Klein, M.D. en J. Kroon. *Productieberekeningen Europoortgebied voor WTI 2011: rapportage fase 1*. Svašek Hydraulics/ HKV LJN IN WATER rapport 3.1/1. 2011.

[Klein en Kroon, 2011b]

Klein, M.D. en J. Kroon. *Productieberekeningen Europoortgebied voor WTI 2011: rapportage fase 2*. Svašek Hydraulics/ HKV LJN IN WATER rapport 3.1/2. Mei 2011.

[Leeuwen, 2011]

Leeuwen, B. van. *SWAN WTI model Europoort*. Svašek Hydraulics rapport 1584/U10148/E/bvl. 27 januari 2011.

Bijlagen

Bijlage A Definitie reflecterende SWAN obstakels

\$***** Barriers monding REFL = 1 *****

\$ BUITEN_EX1_Noorderhoofd (zeewaartse deel vd noorderdam)

OBSTACLE DAM VDMEER 2.0 18.4 7.0 1.20 PERM LINE &
 62964.49 445962.39 &
 65469.00 445067.96

\$ BUITEN_EX2_Noorderdam

OBSTACLE DAM VDMEER 3.0 33.7 8.0 2.55 PERM LINE &
 65469.00 445067.96 &
 67071.51 444480.05 &
 67142.87 444458.21 &
 67384.26 444384.08

\$ BUITEN_EX3_Splitsingsdam

OBSTACLE TRANSM 0 REFL 1 LINE &
 65259.06 444492.62 &
 67180.35 443624.51 &
 68033.03 443182.83

\$ BUITEN_maasmond_zuid

OBSTACLE TRANSM 0 REFL 1 LINE &
 64271.37 444169.40 &
 63739.35 444479.23 &
 63011.66 444705.49 &
 62803.75 444734.03

\$ BUITEN_EX4_zuiderdam hoofddam

OBSTACLE TRANSM 0 REFL 1 LINE &
 62571.94 445044.84 &
 62203.11 445212.64 &
 61973.84 445254.17 &
 61784.44 445242.54 &
 61541.88 445182.73 &
 61281.04 445034.87

\$ BUITEN_countour_mv2

OBSTACLE TRANSM 0 REFL 1 LINE &
 61275.03 445056.26 &
 60832.97 445246.26 &
 60266.83 445436.27 &
 59530.06 445444.03 &
 59262.50 445416.88 &
 58622.68 445211.36 &
 58258.18 444959.31 &

58060.41 444757.67 &
57788.97 444338.88

\$***** Barriers verticale kades REFL = 1 *****

\$ RECHT_beneluxhaven_2
OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &
68402.34 440165.75 &
68401.16 440725.75

\$ RECHT_beneluxhaven_4
OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &
67988.11 442307.54 &
68019.41 442368.72 &
67629.62 442570.72 &
66968.11 442863.78

\$ RECHT_pistoolhaven
OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &
65899.80 442228.48 &
65897.12 442129.89 &
65897.79 442129.89

\$ RECHT_bremmenkade
OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &
65111.60 439715.60 &
65095.80 439835.69 &
64710.27 439756.69 &
63518.94 439333.24 &
62969.10 439134.16 &
63029.14 438957.20 &
62507.73 438773.92 &
62340.25 438754.96

\$ RECHT_hartelhaven_2
OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &
61754.44 440241.72 &
61589.92 440705.16

\$ RECHT_hartelhaven_4
OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &
62076.34 440016.98 &
62333.48 439275.47 &
63748.72 439763.83

\$ RECHT_amazonehaven1
OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &
64541.08 440139.06 &
64942.20 440696.64 &
64915.17 440898.62 &

64020.48 440725.09

\$ RECHT_amazonehaven_3

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &

62437.01 440409.80 &

62353.66 440394.92 &

62314.97 440600.32 &

63803.37 440900.98 &

64386.83 441023.03 &

64732.14 441082.56 &

64904.79 441130.19

\$ RECHT_europahaven_1

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &

64595.28 442121.62 &

63669.47 442038.30 &

62651.09 441924.11 &

61913.53 441856.22

\$ RECHT_europahaven_3

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &

61663.47 442214.38 &

61633.24 442316.59 &

61555.60 442531.10

\$ RECHT_europahaven_5

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &

63269.00 442416.16 &

63274.28 442346.42 &

63237.30 442296.76 &

62758.66 442238.65 &

62550.51 442333.74

\$ RECHT_yangthzeehaven_2

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &

62824.52 442847.03 &

62220.70 443081.06 &

62168.90 443141.79 &

61431.10 443406.19

\$ RECHT_yangthzeehaven_4

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 1 LINE &

60951.07 444182.79 &

62836.43 443448.56 &

62823.99 443377.00 &

63648.44 443056.56

\$***** Barriers in haven REFL = 0.6 *****

\$ BINNEN_zuidholland_1

OBSTACLE TRANSM 0 REFL 0.6 LINE &
67322.58 444267.81 &
67513.56 444164.79 &
67724.85 444084.34

\$ BINNEN_zuidholland_2

OBSTACLE TRANSM 0 REFL 0.6 LINE &
67805.45 444026.28 &
68002.98 443924.21 &
68156.45 443875.01 &
68209.33 443830.95

\$ BINNEN_zuidholland_3

OBSTACLE TRANSM 0 REFL 0.6 LINE &
68290.89 443742.59 &
68339.17 443697.52 &
68628.89 443565.54 &
68870.31 443407.81 &
68966.88 443369.18 &
69517.34 442950.71 &
69987.32 442557.98 &
70843.58 441801.51 &
70856.46 441653.43

\$ BINNEN_Lang stuk ten zuiden van splitsingsdam

OBSTACLE TRANSM 0 REFL 0.6 LINE &
70443.90 441374.65 &
69749.60 441952.27 &
69026.12 442576.56 &
68748.98 442824.53 &
68547.69 443005.40 &
68390.15 443151.26 &
68209.28 443288.37 &
68150.94 443291.29 &
68124.68 443230.03 &
68360.98 442795.36 &
68909.43 442331.51 &
69294.50 442039.79

\$ BINNEN_Ten zuiden van verlengstuk middendam

OBSTACLE TRANSM 0 REFL 0.6 LINE &
69123.61 442323.65 &
70380.33 441285.41

\$ BINNEN_beneluxhaven_1

OBSTACLE TRANSM 0 REFL 0.6 LINE &
70443.08 440651.18 &
69967.02 441048.77 &
69865.01 441012.15 &
69862.39 440750.58 &

69459.57 441101.08 &
 69127.38 441095.85 &
 69098.61 441124.62 &
 69095.99 441616.37 &
 69030.60 441734.08 &
 68808.26 441836.09 &
 68808.26 441464.66 &
 68732.41 441375.73 &
 68727.18 441082.77 &
 68640.86 440988.60 &
 68635.63 440240.51 &
 68421.14 440156.81

\$ BINNEN_beneluxhaven_3

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &

68361.00 440744.04 &
 68178.22 440744.04 &
 68175.78 441004.80 &
 68244.02 441158.33 &
 68253.77 441260.69 &
 68287.89 441484.90 &
 68280.58 441594.56 &
 68178.22 441740.79 &
 68105.11 442138.02 &
 67980.82 442216.01 &
 68012.50 442291.56

\$ BINNEN_kop_beerhaven

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &

66965.58 442902.14 &
 66937.36 443004.43 &
 66413.58 443267.20 &
 66196.66 443166.68 &
 66163.15 442919.78 &
 66032.64 442623.49 &
 66307.76 442500.04 &
 66231.93 442341.32 &
 65932.12 442480.64 &
 65877.45 442251.38

\$ BINNEN_zesde_petroleumhaven

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &

65823.46 442065.05 &
 65724.38 441877.49 &
 65600.52 441385.59 &
 66173.81 440773.37 &
 65982.71 440578.74 &
 66106.57 440419.49 &
 65961.48 440277.93 &
 65812.85 440373.48 &

65745.61 440387.64 &
65480.20 440670.75 &
65434.19 440660.13 &
65320.95 440178.85 &
65473.12 439941.74 &
66672.79 439669.25

\$ BINNEN_hartelkanaal_noord

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
67129.04 439581.26 &
67104.41 439574.11 &
66797.78 439634.48 &
66685.77 439667.85

\$ BINNEN_hartelkanaal_zuid1

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
67149.17 439424.04 &
66655.46 439540.35 &
66278.05 439625.80 &
65884.03 439663.78 &
65677.52 439678.02 &
65447.28 439678.02 &
65148.20 439625.80

\$ BINNEN_hartelhaven_1

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
62346.25 438714.26 &
62232.02 438814.21 &
62177.29 438976.03 &
62127.31 439014.11 &
61710.85 440201.60 &
61737.03 440213.50

\$ BINNEN_hartelhaven_3

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
61607.15 440712.66 &
61746.10 440746.01 &
61765.55 440719.61 &
61919.78 440277.75 &
61982.31 440229.12 &
62007.32 440111.02 &
62058.73 440026.26

\$ BINNEN_mississipihaven

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
63747.01 439761.64 &
64151.13 439895.96 &
64371.14 439973.55 &
64471.88 440022.18 &
64544.83 440140.29

\$ BINNEN_amazonehaven_2
 OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
 62459.44 440419.27 &
 62765.43 440512.98 &
 62933.72 440509.15 &
 63721.64 440665.97 &
 64014.24 440725.26

\$ BINNEN_beerkanaal_west
 OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
 64959.85 441248.45 &
 64728.36 442061.68

\$ BINNEN_europa_haven_2
 OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
 61919.35 441874.52 &
 61934.79 441972.96 &
 61917.42 442099.38 &
 61833.46 442236.42 &
 61766.87 442272.12 &
 61674.22 442246.07

\$ BINNEN_Europahaven_4
 OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
 61565.55 442553.80 &
 61615.12 442669.48 &
 61711.53 442661.22 &
 62243.11 442446.38 &
 62540.58 442325.19

\$ BINNEN_yangthzeehaven_1
 OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
 63281.56 442417.71 &
 63292.14 442691.74 &
 63231.56 442749.44 &
 62905.60 442860.01

\$ BINNEN_yangtzeehaven_3
 OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
 61423.49 443418.97 &
 60732.05 443684.18

\$ BINNEN_gateland
 OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &
 64288.19 443104.19 &
 64646.49 443258.09 &
 64733.06 443205.19 &
 65055.29 442567.95 &
 65197.16 442632.87 &

65086.55 442798.80 &
64757.11 443626.00 &
64785.96 443707.76 &
64629.66 444080.49

\$ BINNEN_gate_eiland

OBSTACLE TRANSm 0 REFL 0.6 LINE &

65369.71 442893.68 &
65280.10 443045.47 &
65175.85 443272.26 &
65108.18 443444.18 &
65064.28 443557.57 &
65040.51 443632.55 &
65038.68 443800.81 &
65208.77 443630.72 &
65347.76 443429.54 &
65386.17 443290.55 &
65406.29 443118.63 &
65391.66 442915.62

\$***** Dichte keringsranden *****

\$ Maeslantkering

OBSTACLE TRANS 0.0 LINE &

70993.22113 441703.58697 &
70606.81232 441267.68146 &

\$ Hartelkering

OBSTACLE TRANS 0.0 LINE &

80586.31288 431166.21549 &
80588.66772 431608.17816 &