

Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied

een gedetailleerde methode voor het bepalen van
golfbelastingen voor het toetsen van waterkeringen

RIKZ/2004.001

Golfbelastingen in havens en afgeschermd gebied

**een gedetailleerde methode voor het bepalen van
golfbelastingen voor het toetsen van waterkeringen**

Colofon

Uitgegeven door: Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
Update van: Rapport RIKZ/2002.034

Informatie: Helpdesk Waterkeren
Postbus 5044
2600 GA DELFT

Telefoon: 015-2518450
E-mail: helpdesk@waterkeren.nl
Website: www.waterkeren.nl

Uitgevoerd door: Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ
Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde/DWW
Rijksinstituut voor Zoeterwaterhuishouding en
Afvalwaterbehandeling/RIZA
DHV Milieu en Infrastructuur (Projectcode: T1471)
Witteveen+Bos (Projectcode: RW1099-4)

Datum: 15 februari 2004



Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	4
1 Inleiding	5
1.1 Algemeen kader	5
1.2 Beoogde toepassing	6
1.3 Wijzigingen ten opzichte van vorige versie	6
1.4 Leeswijzer	6
2 Schema voor toetsing van waterkeringen in havens	8
2.1 Toetsingsschema	8
2.2 Toelichting per stap	9
3 Bepaling golfrandvoorwaarden met gedetailleerde methode	12
3.1 STAP 1: Controle toepasbaarheid van gedetailleerde methode	12
3.2 STAP 2 Vaststellen van relevante individuele processen	15
3.3 STAP 3 Schematisatie van de haven	17
3.4 STAP 4 Hydraulische randvoorwaarden buiten de haven	19
3.5 STAP 5 Berekening bijdrage diffractie	21
3.6 STAP 6 Berekening bijdrage transmissie	26
3.7 STAP 7 Berekening interactie diffractie-transmissie	29
3.8 STAP 8 Berekening bijdrage lokale golfgroei	29
3.9 STAP 9 Vaststellen van de golfbelasting vanuit alle bijdragen	31
3.10 STAP 10 Controle op het breken van golven op voorland	31
4 Bepaling golfrandvoorwaarden met geavanceerde methode	32
5 Case Buitenhaven Vlissingen	33
5.1 Inleiding	33
5.2 Bepaling golfrandvoorwaarden Buitenhaven Vlissingen	34
5.3 Vergelijking resultaten	40
6 Case Jacht- en Handelshaven Breskens	44
6.1 Inleiding	44
6.2 Bepaling golfrandvoorwaarden Jacht- en Handelshaven Breskens	45
Symbolen	49
Literatuur	50
BIJLAGE 1 FYSISCHE PROCESSEN IN HAVENS.....	51
BIJLAGE 2 DIFFRACTIEDIAGRAMMEN.....	64
BIJLAGE 3 HANDLEIDING REKENINSTRUMENT	73

1 Inleiding

.....

1.1 Algemeen kader

De hydraulische randvoorwaarden voor de Nederlandse primaire waterkeringen worden elke vijf jaar vastgesteld door de Minister van Verkeer en Waterstaat. Deze randvoorwaarden zijn buitengaats van havens afgegeven. Om de primaire waterkeringen die rondom de haven liggen te kunnen toetsen op veiligheid, is een vertaling nodig van de hydraulische randvoorwaarden die buitengaats van de havens gegeven zijn, tot voor de waterkering rondom de havens. Hierbij is een vertaling nodig langs, door en over de afschermdende havenmonding van de havens.

Het voorliggend document biedt de beheerders van waterkeringen in havens en afgeschermdde gebieden een leidraad voor een eenvoudige en een gedetailleerde vertaling van golfcondities buiten de haven naar golfbelasting binnen de haven. Het rapport beschrijft de eenvoudige en de gedetailleerde methode die door DHV en Witteveen+Bos is ontwikkeld. Dit heeft plaatsgevonden in opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) en in samenwerking met het Rijksinstituut voor Zoetwaterhuishouding en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW). Verder is het Projectbureau Zeeweringen bij de ontwikkeling van de methode betrokken geweest als klankbord en als vertegenwoordiger van beoogde eindgebruikers.

De methode biedt de mogelijkheid om met relatief eenvoudige rekenregels de golfbelasting binnen een haven te bepalen. Hierbij worden de belangrijkste fysische processen in havens in rekening gebracht. Vanwege de eenvoud zal altijd wel voldaan moeten worden aan een aantal toepassingscriteria; hierop dient als eerste te worden getoetst.

Verder worden ook richtlijnen en criteria gegeven voor de toepassing van geavanceerde modellen voor het geval dat de gedetailleerde methode ontoereikend is of niet mag worden toegepast.

De methode leidt tot golfbelastingen die veelal zwaarder zijn dan indien de condities met geavanceerde modellen zijn berekend. De methode voldoet derhalve aan het beginsel van het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) om van een grove naar een fijne benadering toe te werken waarbij de eenvoudige benadering de meest conservatieve resultaten geeft en de geavanceerde benadering de minst conservatieve.

De methode maakt deel uit van het VTV.

1.2 Beoogde toepassing

De gedetailleerde methode voor golfrandvoorwaardenbepaling in havens is geschikt voor gebruik bij de toetsing van waterkeringen in havens. In beginsel is de methode ook voor ontwerpdoeleinden toepasbaar, maar vooralsnog wordt het gebruik ervan voor ontwerp niet aanbevolen omdat deze methode kan leiden tot het onnodig conservatief ontwerpen. Bij de opzet van de methode is uitgegaan van de situering van havens in of langs zeeën, meren of estuaria en voor havens langs rivieren. Bij het toepassen van deze methode dient gebruik te worden gemaakt van de Hydraulische randvoorwaarden 2001. Aanbevolen wordt om, indien beschikbaar, gebruik te maken van richtingsafhankelijke golfcondities. Bij toepassing van de methode voor golfrandvoorwaardenbepaling in havens moet bedacht worden dat de methode slechts enkele fysische processen in en rond havens in rekening brengt, in hoofdzaak diffractie, transmissie en lokale golfgroei door wind. Onder de aanname van diepwater condities worden fysische processen als refractie, shoaling, dissipatie van energie door bodemwrijving en breking op ondiepte niet in rekening gebracht. Ook reflectie en golf-golfinteracties worden om verschillende redenen niet in rekening gebracht. Omdat een aanzienlijk aantal processen verwaarloosd is, worden eisen gesteld aan de toepassing van de rekenmethode. Deze toetsing dient altijd als eerste plaats te vinden. Daarnaast wordt van de gebruiker voldoende kennis geëist om op basis van fysisch inzicht een afweging te kunnen maken of hij de methode kan en mag toepassen.

1.3 Wijzigingen ten opzichte van vorige versie

Het voorliggend document is een herziene versie van het rapport. De eerste versie verscheen op 28 september 2002. Ten opzichte hiervan zijn de volgende belangrijkste wijzigingen doorgevoerd:

- figuur 2 is verplaatst naar hoofdstuk 3
- er wordt uitgebreid ingegaan op de eisen om de gedetailleerde methode te mogen en kunnen toepassen.
- op verschillende plaatsen in het rapport is de toelichting op zaken verhelderd.
- rekeninstrument is aangepast.
- case Breskens is toegevoegd als voorbeeld met twee havendammen

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een schematische werkwijze gepresenteerd waarin de gebruiker stapsgewijs wordt geleid naar een vaststelling van golfrandvoorwaarden. Hierbij geldt het leidende principe van een grove benadering naar een steeds verfijnder benadering.

In hoofdstuk 3 wordt de zogenoemde gedetailleerde methode beschreven. Eerst worden toepassingscriteria gegeven waarmee de gebruiker inzicht krijgt in de toepasbaarheid van de gedetailleerde methode. Vervolgens worden de vuistregels en formules voor de berekening van golfbelasting in havens behandeld. Tot slot komen de verschillende fysische processen aan de orde. Hoofdstuk 4 geeft de criteria voor de toepassing van de zogenoemde geavanceerde modellen. Deze geavanceerde methodes zijn aan de orde als de gedetailleerde methode geen gewenste resultaten geeft en de verwachting bestaat dat de geavanceerde benadering dit wel kan leveren. Ook dienen geavanceerde methoden toegepast te worden als het beschouwde geval zich niet leent voor de gedetailleerde methode.

Hoofdstuk 5 en 6 beschrijven twee cases, de berekening van golfbelasting in respectievelijk de buitenhaven van Vlissingen en die van Breskens. Beide cases

behandelen het gebruik van de gedetailleerde methode. De resultaten worden vergeleken met die van geavanceerde modellen die in eerdere studies voor beide havens zijn gebruikt.

Verder worden in het voorliggend rapport achtereenvolgens een lijst met gebruikte symbolen en de literatuurlijst gegeven. In het rapport zijn tenslotte ook bijlagen opgenomen met theoretische achtergronden, zogenoemde diffractiediagrammen en een handleiding voor het gebruik van het rekeninstrument waarmee golfbelasting in havens kan worden bepaald volgens de gedetailleerde methode.

2 Schema voor toetsing van waterkeringen in havens

De gedetailleerde methode voor bepaling van golfbelasting in havens past in het toetstraject van waterkeringen volgens het VTV, waarin van een grove naar een fijne benadering wordt toegewerkt. Voor wat betreft de hydraulische randvoorwaarden wordt in de meest grove benadering de golfbelasting gelijk gesteld aan de buitengaatsse golfcondities, in de meest verfijnde benadering worden geavanceerde rekenmodellen (numerieke modellen) ingezet. De zogenoemde gedetailleerde methode is een benadering die past tussen de grove en de verfijnde benadering. De methode voorziet in een schema waarin stapsgewijs tot een vaststelling van hydraulische randvoorwaarden voor toetsing van waterkeringen in havens kan worden gekomen.

2.1 Toetsingsschema

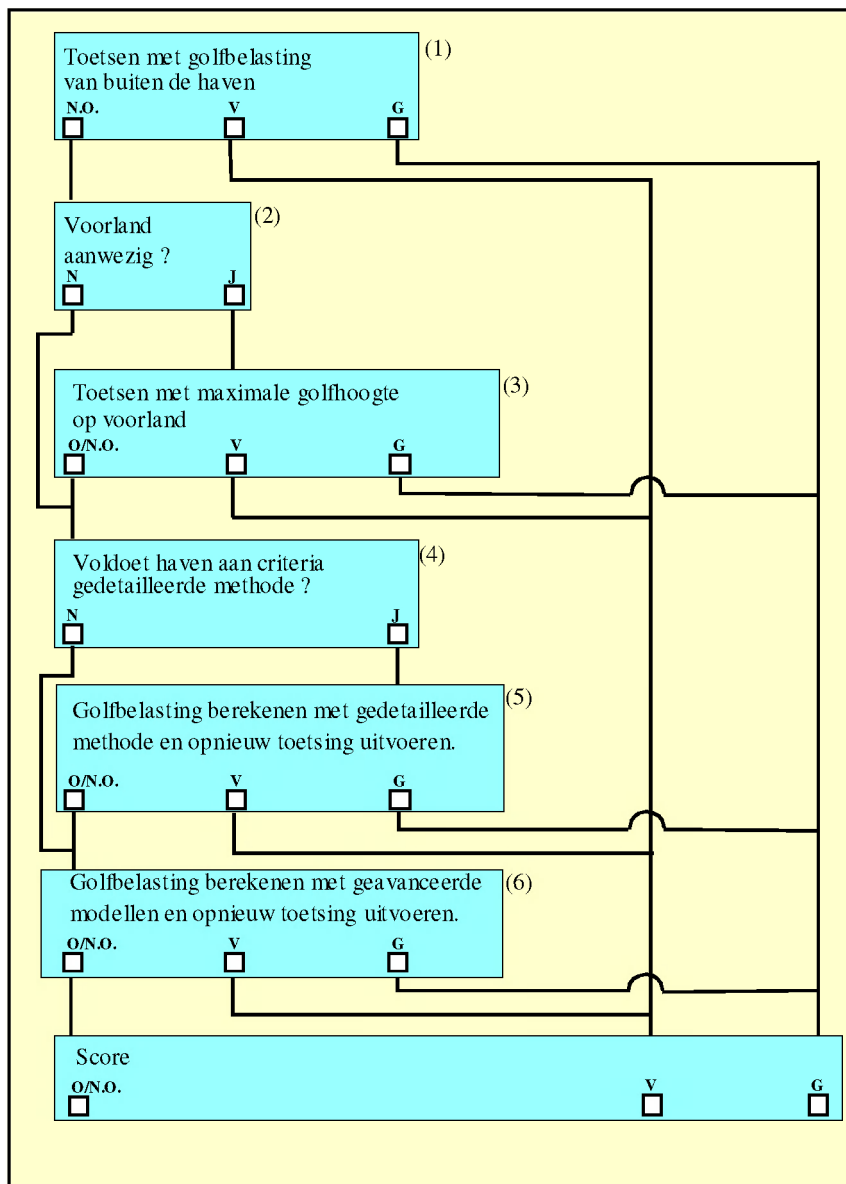
In figuur 1 is het schema weergegeven voor het vaststellen van golfbelastingen in combinatie met toetsing van de betreffende waterkeringen. Het schema kan maximaal in 6 stappen worden doorlopen:

- STAP 1: Toetsen waterkering met randvoorwaarden buiten de haven
- STAP 2: Controle op aanwezigheid van ondiep voorland voor de waterkering in de haven (kaden etc.)
- STAP 3: Toetsen waterkering met maximale golfhoogte en piekperiode op een voorland
- STAP 4: Toetsen of gedetailleerde methode mag worden toegepast
- STAP 5: Toetsing waterkering met golfbelasting bepaald met de gedetailleerde methode
- STAP 6: Toetsing waterkering met golfbelasting bepaald met geavanceerde modellen

Met het doorlopen van de stappen worden de hydraulische randvoorwaarden steeds nauwkeuriger bepaald; hierbij neemt echter ook de inspanning die hiervoor benodigd is, toe. In stappen 1,3 en 5 wordt de toetsing van de waterkering uitgevoerd en dient aan de hand van de resultaten overwogen te worden of een nauwkeuriger bepaling van de randvoorwaarden (volgende stap) nog nodig, zinvol en/of haalbaar is. In de afweging dient ook een inschatting te worden gemaakt of een gunstiger toetsresultaat kan worden verkregen door een gedetailleerde of geavanceerde toetsing van de waterkering uit te voeren. Voor wat betreft de bepaling van de golfbelasting geldt dat in de methode het uitgangspunt wordt gehanteerd dat scores “onvoldoende” en “nader onderzoek” geen finale resultaten van een toetsing zijn zolang het mogelijk is de golfbelasting met een verfijnder methode te bepalen.

Figuur 1

Schema voor de bepaling van golfbelasting voor toetsing van waterkeringen in havens



2.2 Toelichting per stap

STAP 1: *Toetsen met randvoorwaarden buiten de haven*

Voer de toetsing uit met de golfcondities zoals deze gelden buiten de haven. Deze hydraulische randvoorwaarden moeten worden ontleend aan de Hydraulische Randvoorwaarden 2001. Wanneer de toetsing van een vak voor één of meerdere mechanismen 'onvoldoende' of 'nader onderzoek' scoort, kan naar STAP 2 worden gegaan.

STAP 2: *Controle aanwezigheid ondiep voorland voor de waterkering*

Onderzoek of er een ondiep voorland (bijvoorbeeld een kadeconstructie of haventerrein) ligt voor en direct aansluitend op de beschouwde waterkering, met een talud van minder dan 1:10 en een breedte (bezien loodrecht op de dijk) van minimaal $1 * L_{0,p}$. Bij aanwezigheid van een

dergelijk voorland kan naar STAP 3 worden gegaan. Wanneer het voorland een breedte tussen $0,25 * L_{0,p}$ en $1 * L_{0,p}$ heeft, is er sprake van een voorland met gering dempend effect en mag STAP 3 niet worden uitgevoerd; er dient te worden doorgedaan met STAP 4.

Voorbeeld:

Gegeven:

golfrandvoorwaarden buiten: $h = \text{NAP} + 6 \text{ m}$, $H_s = 2,1 \text{ m}$,
 $T_p = 5,0 \text{ s}$ kade met lengte 50 m, horizontaal terrein gelegen op $\text{NAP} + 5 \text{ m}$.
 golfrichting wordt loodrecht op het voorland verondersteld.

Berekening:

$$L_{0,p} = (g/2\pi) * T_p^2 = 39,0 \text{ m}$$

Lengte kade is groter dan $L_{0,p}$ en taludhelling is kleiner dan 1/10 => er is sprake van ondiep voorland

Resultaat:

Doorgaan met STAP 3

STAP 3: *Toetsen met maximale golfhoogte en piekperiode op het voorland*

Voer de toetsing opnieuw uit met ditmaal de (maximale) golfcondities op het voorland:

- De golfhoogte op het voorland $H_{s,m}$ is gelijk aan $0,7 * h_m$, tenzij de golfhoogte H_s buiten de haven lager is dan $0,7 * h_m$, want dan wordt de golfhoogte H_s aangehouden.
- De golfperiode op het voorland is gelijk aan piekperiode T_p buiten de haven.
- De golfrichting wordt loodrecht op de waterkering verondersteld, tenzij deze op een nauwkeurig manier (bijvoorbeeld via literatuurstudie van relevante, reeds uitgevoerde onderzoeken) kan worden bepaald.

Wanneer uit de toetsing de score 'onvoldoende' of 'nader onderzoek' wordt verkregen, kan de gedetailleerde methode, STAP 4, worden overwogen.

Voorbeeld:

Gegeven:

golfrandvoorwaarden buiten: $h = \text{NAP} + 6 \text{ m}$, $H_s = 2,1 \text{ m}$, $T_p = 5,0 \text{ s}$ kade met lengte 50 m, horizontaal terrein gelegen op $\text{NAP} + 5 \text{ m}$.
golfrichting wordt loodrecht op het voorland verondersteld.
resultaat STAP 2: er is sprake van een ondiep voorland.

Berekening:

$$h_m = 6 - 5 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

Golfhoogte $H_{s,m}$ op het voorland is $0,7 * h_m = 0,7 \text{ m}$, en is kleiner dan H_s buiten de haven

Resultaten:

$$h = \text{NAP} + 6 \text{ m}$$

$$H_{s,m} = 0,7 \text{ m}$$

$$T_p = 5,0 \text{ s}$$

golfrichting loodrecht op waterkering tenzij betere benadering mogelijk

STAP 4: *Toetsing haven aan criteria gedetailleerde methode.*

Om de gedetailleerde methode te mogen toepassen moeten de beschouwde haven en het te verwachten golfklimaat in de haven voldoen aan enkele criteria. Deze criteria worden in het volgende hoofdstuk uitvoerig beschreven. In het algemeen geldt dat de gedetailleerde methode mag worden toegepast mits :

- in de haven geen golfreflectie(s) van betekenis wordt verwacht;
- de haven geen complexe geometrie heeft.

Wanneer aan deze criteria wordt voldaan, kan naar STAP 5 worden gegaan. Als gebruik van de gedetailleerde methode niet is toegestaan, geldt STAP 6 als volgende stap.

STAP 5: *Toetsing met golfcondities uit de gedetailleerde methode*

De golfbelasting wordt met de gedetailleerde methode vastgesteld. Deze methode is uitgebreid beschreven in hoofdstuk 3 van dit rapport.

Vervolgens wordt de toetsing opnieuw uitgevoerd. Bij een score 'onvoldoende' of 'nader onderzoek' kan besloten worden de golfcondities te bepalen met behulp van geavanceerde modellen (STAP 6).

STAP 6: *Toetsen met golfcondities bepaald met geavanceerde modellen*

Bepaal de golfrandvoorwaarden met geavanceerde modellen. De criteria voor toepassing van modellen zijn opgenomen in hoofdstuk 4 van dit rapport.

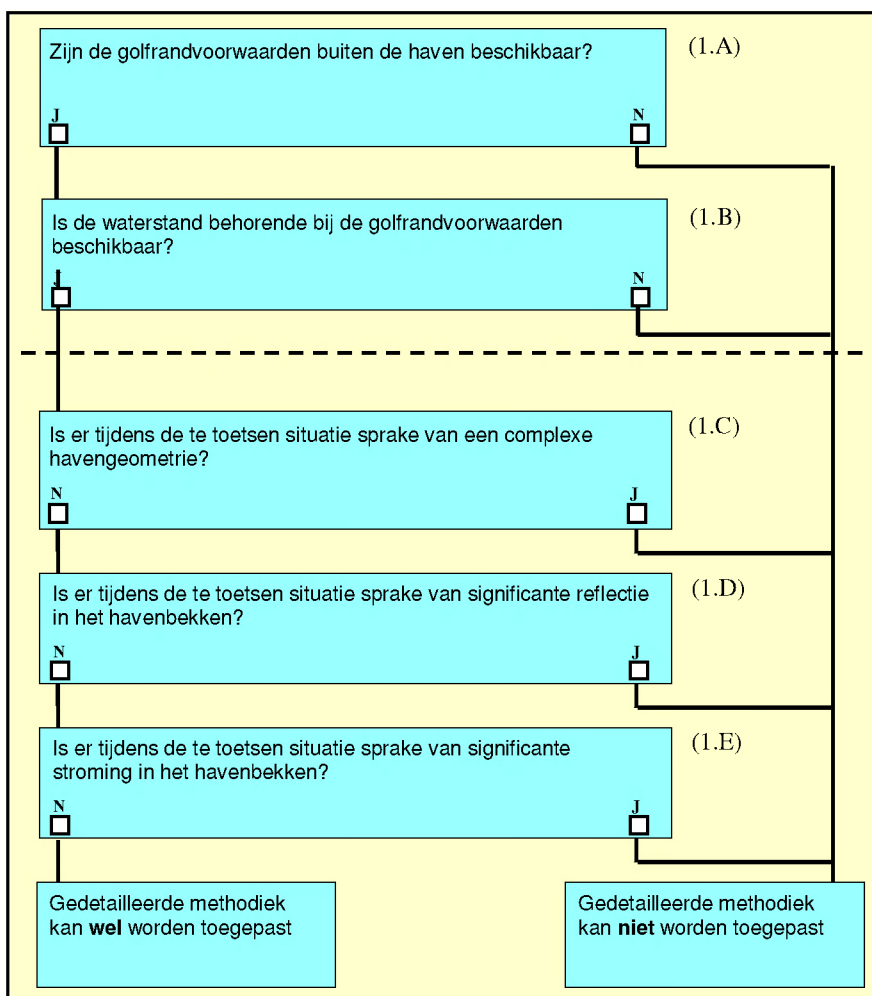
3 Bepaling golfrandvoorwaarden met gedetailleerde methode

De toepassing van de gedetailleerde methode bestaat uit het doorlopen van stappen. Deze stappen worden in dit hoofdstuk behandeld.

3.1 STAP 1: Controle toepasbaarheid van gedetailleerde methode

In de gedetailleerde methode is de berekeningswijze van een aantal van bovengenoemde fysische processen sterk vereenvoudigd. Andere fysische processen zoals bijvoorbeeld refractie is in het geheel niet in de methode meegenomen. Deze vereenvoudigingen en verwaarlozingen van processen stellen beperkingen aan de toepassing van de methode als geheel of van onderdelen ervan. Dit is afhankelijk van enkele karakteristieken van de beschouwde haven en het verwachte golfklimaat in de haven. Daarom zijn criteria geformuleerd waarmee de toepasbaarheid kan worden beoordeeld. In figuur 2 wordt een keuze-stroomschema gepresenteerd aan de hand waarvan de beoordeling kan plaatsvinden.

Figuur 2
Schema voor controle toepasbaarheid
gedetailleerde methode



Het vaststellen van de toepasbaarheid geschiedt aan de hand van de volgende stappen:

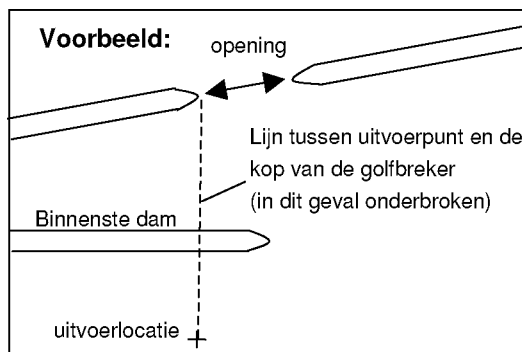
- STAP 1A: Zijn de golfrandvoorwaarden buiten de haven beschikbaar?**
De golfrandvoorwaarden buiten de haven dienen gespecificeerd te zijn met een significante golfhoogte en een piek golfperiode per (hoofd)richting. Deze golfrandvoorwaarden dienen te worden ontleend aan de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 of HYDRA-B/Q/M.
- STAP 1B: Is de waterstand behorende bij de golfrandvoorwaarden beschikbaar?**
De waterstand als randvoorwaarde van de berekeningen, dient te corresponderen met de gespecificeerde golfrandvoorwaarden uit stap 1. Deze waterstand dient te worden ontleend aan de Hydraulische Randvoorwaarden 2001 of dient te worden bepaald met HYDRA-B/M/Q.
- STAP 1C: Treedt er tijdens de te toetsen situatie meervoudige transmissie/diffractie op in het havenbekken?**
Bij havens met een complexe havengeometrie kan de hier beschreven methodiek niet worden toegepast. De complexiteit van de havengeometrie wordt voornamelijk bepaald door de invloed ervan op de processen diffractie en transmissie. Indien er sprake is van zogenoemde meervoudige diffractie of transmissie, wordt de havengeometrie als complex verondersteld. Van meervoudige diffractie is sprake als er meerdere punten in een haven zijn te onderscheiden waarom heen golven diffracteren. Deze situaties komen voor bij havens met meerdere havendammen of bij havens die uit meerdere havenkommen bestaan. Van meervoudige transmissie is sprake als zich langs een golfstraal meerdere constructies bevinden waarover en waardoor er golftransmissie plaatsvindt.

Bepaal nu of er sprake is van meervoudige diffractie en transmissie op de navolgende wijze :

Meervoudige diffractie/transmissie

Trek een denkbeeldige lijn vanaf de kop van de buitenste aanwezige havendam naar het uitvoerpunt; Doe dit voor alle gewenste uitvoerpunten en voor alle maatgevende golfrichtingen; Meervoudige diffractie of transmissie doet zich nu voor als de getrokken lijn één of meerdere constructies doorsnijdt. Er is nu sprake van een complexe havengeometrie als voornoemde processen zich voordoen bij veel uitvoerpunten.

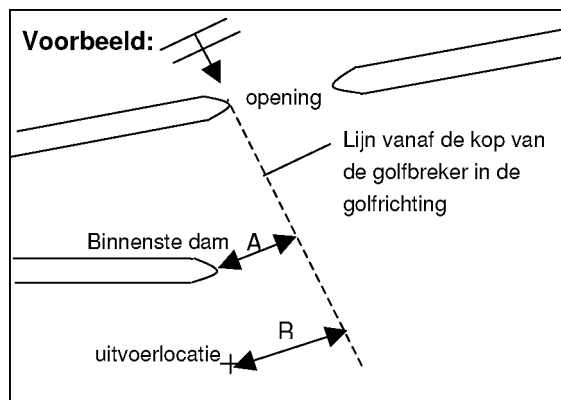
Figuur 3
Voorbeeld van meervoudige
diffractie/transmissie



Meervoudige diffractie

Trek een lijn van de kop van de aanwezige eerste golfbreker in de gewenste golfrichting; Bepaal voor elk van de constructies tussen de uitvoerlocatie en de golfbreker de kortste afstand tussen de constructie en de getrokken lijn (A); Bepaal voor de uitvoerlocatie de kortste afstand tussen de uitvoerlocatie en de getrokken lijn (B); Stel vast of er gevallen zijn waarbij A kleiner is dan B; Indien van bovenstaande situatie sprake is, treedt er meervoudige diffractie op en wordt de haven als complex beschouwd.

Figuur 4
Voorbeeld van meervoudige diffractie



In die gevallen dat er sprake is van meervoudige diffractie/transmissie, wordt de havengeometrie als complex beschouwd en is de gedetailleerde methode niet toegestaan.

STAP 1D:

Treedt er tijdens de te toetsen situatie significante reflectie op in het havenbekken?

Het gebruik van de gedetailleerde methode is niet toegestaan wanneer significante golfreflecties worden verwacht. Hiervan is sprake bij aanwezigheid van verticale wanden (kademuren) in het havenbekken waarvan de kruin ligt op of uitsteekt boven de beschouwde waterstand. Reflectie kan dan een grote invloed hebben op het golfbeeld in de haven en daarmee op de golfbelasting.

STAP 1E:

Treedt er tijdens de te toetsen situatie significante stroming op in de haven?

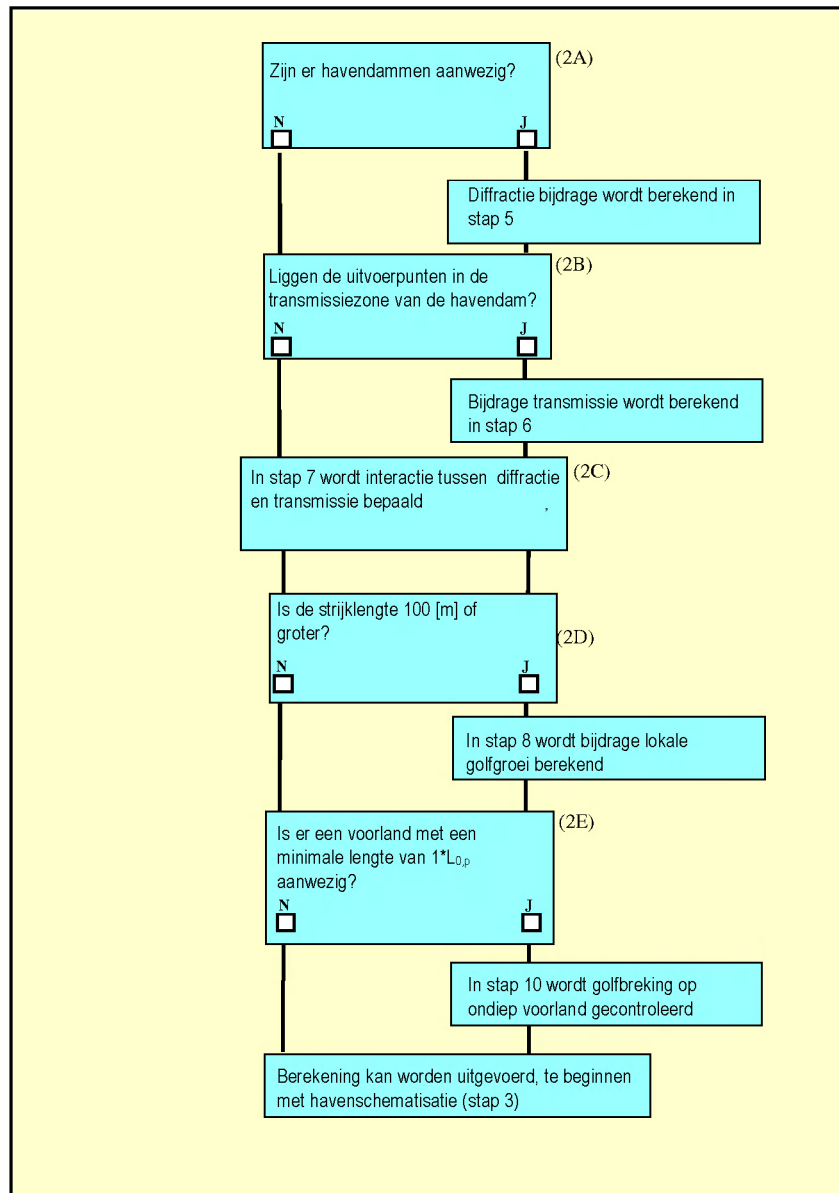
De gedetailleerde methode kan niet worden toegepast in situaties waarbij er een significante stroming in het havenbekken aanwezig is. In dergelijke gevallen dienen

middels de geavanceerde methode de golfrandvoorwaarden te worden bepaald.

3.2 STAP 2 Vaststellen van relevante individuele processen

In bepaalde gevallen, bij een bepaalde havengeometrie en/of een bepaalde golfklimaat, kunnen wellicht één of meerdere fysische processen op voorhand als niet relevant voor de berekeningen worden gekenmerkt. Voorafgaand aan de berekening van de golfbelasting kan derhalve een keuze gemaakt worden over het wel of niet in rekening brengen van de verschillende fysische processen. In principe dienen alle processen meegenomen te worden, tenzij aantoonbaar kan worden gemaakt dat het proces niet relevant is. Onderstaande figuur bevat een stroomschema ten behoeve van het vaststellen van de relevante processen. In het stroomschema is tevens weergegeven in welke paragrafen aanvullende informatie met betrekking tot de relevantie van de processen is te vinden.

Figuur 5
Schema voor vaststellen relevante
individuele processen



Stap 2A

Is de invloed van diffractie van belang?

Diffractie zorgt voor een verspreiding van golfenergie achter een golfbreker (havendam). Achter de golfbreker ontstaat een schaduwzone; door het verschil in energiedichtheid tussen golven die ongestoord de golfbreker passeren en het golfveld in de schaduwzone achter de golfbreker, zal overdracht plaatsvinden van energie. Een toelichting op het proces diffractie wordt gegeven in B1.2. De berekening van diffractie vindt in stap 5 plaats.

Stap 2B

Is de invloed van transmissie van belang?

In de meeste havens die afgeschermd zijn met één of meerdere havendammen, dient transmissie te worden meegenomen. Hierbij gaat het om energie die over/door de havendam loopt, dus niet alleen de waterstand is beperkend. Een gedetailleerde toelichting op het proces transmissie wordt gegeven in B1.3. De berekening van transmissie wordt in stap 6 uitgevoerd. Transmissie is alleen niet van belang voor die gevallen waar de havendam(en) zo hoog zijn ontworpen dat er geen transmissie van golfenergie plaatsvindt tijdens maatgevende omstandigheden.

Stap 2C

Interactie diffractie-transmissie meenemen?

De rekenmethode gaat altijd uit van een interactie tussen diffractie en transmissie. In deze stap hoeft de gebruiker dus geen afweging te maken. Ook zelfs indien diffractie of transmissie niet relevant is, wordt dit feit in de rekenmethode op een correcte wijze verwerkt. Een gedetailleerde toelichting op de interactie diffractie-transmissie wordt gegeven in B1.4. De berekening van de interactie vindt in stap 7 plaats.

Stap 2D

Lokale golfgroei van belang?

Lokale golfgroei in het havenbekken is van belang indien er sprake is van een strijklengte van 100 [m] of groter. De strijklengte is de afstand (tussen een uitvoerpunt en een object zoals een havendam) waarover wind vat kan krijgen op het wateroppervlak en lokale golven kan genereren. Een gedetailleerde toelichting op het proces lokale golfgroei wordt gegeven in B1.5. De berekening wordt in stap 8 uitgevoerd.

Stap 2E

Is er een voorland aanwezig?

Controleer de aanwezigheid van voorland. In het Voorschrift Toetsen op Veiligheid [1] wordt gesteld dat de reductie in golfhoogte mag worden meegenomen als de lengte van het voorland tenminste gelijk is aan $1 * L_{0,p}$. Daarbij wordt een maximale golfhoogte / diepteverhouding aangehouden van 0,7. In deze gedetailleerde methode is ervoor gekozen het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (VTV) aan te houden. Een gedetailleerde toelichting met betrekking tot een hoog voorland wordt gegeven in B1.6. Als er sprake is van een voorland wordt in stap 10 het breken van golven gecheckt.

3.3 STAP 3 Schematisatie van de haven

Om de gedetailleerde methode te kunnen gebruiken is een schematisatie van de beschouwde haven nodig. In zo'n schematisatie kunnen enerzijds irrelevante details weggelaten worden, anderzijds is het belangrijk om geen details weg te laten die wel van belang zijn voor de processen en daarmee voor de bepaling van de golfbelasting. Verder dienen de uitvoerpunten zorgvuldig gekozen te worden door de havengeometrie, het te verwachten golfklimaat en het tracé van de waterkering nauwkeurig in beschouwing te nemen. De uitvoerpunten dienen enerzijds representatief te zijn voor het dijkvak en anderzijds overeen te komen met de locatie in het dijkvak waar de golfbelasting het meest maatgevend (zwaarst) is.

Hieronder worden enkele handreikingen gegeven die van pas kunnen zijn bij het maken van een havenschematisatie.

Een schematisatie is zoveel mogelijk op schaal

In de gedetailleerde methode wordt in verschillende gevallen gevraagd naar afstanden. Om het aflezen te vergemakkelijken kan het best een gangbare schaal gehanteerd worden waarbij tevens de havenschematisatie goed op een A4- of A3-formaat past.

Voorbeeld:

De Buitenhaven van Vlissingen heeft een afmeting van ongeveer 1700 * 700 m2. Hierbij past de schematisatie van de haven gemakkelijk op een A4-formaat papier bij een schaal van 1:10000. Elke centimeter op papier komt dan overeen met 100 meter in de haven.

Aangezien bekledingen over het algemeen over redelijke afstanden gelijk van formaat en type zijn is met een schaal van 1:10000 over het algemeen nog voldoende detailniveau beschikbaar.

Een schematisatie toont de relevante elementen van de haven

Voor gebruik van de gedetailleerde methode komen in eerste instantie de volgende elementen terug (voor andere doelen kunnen andere elementen belangrijk zijn):

- De ligging van de havendam(men),
- De ligging van de randen van de kades van het haventerrein (indien een haventerrein aanwezig is),
- De ligging van de waterkering rondom de haven.

Gebouwen en constructies in het havenbekken en op het haventerrein worden verwaarloosd. De reden hiervoor is dat deze gebouwen en constructies over het algemeen geen permanent onderdeel vormen waterkerende functie van de haven, en deze ontworpen zijn voor een veel lager veiligheidsniveau. De beheerder dient zelf in de gaten te houden of dit toegestaan is.

Een schematisatie bestaat zoveel mogelijk uit rechte lijnen

Bij het maken van een schematisatie is het eenvoudigst om zoveel mogelijk rechte lijnen te gebruiken. Hierbij worden kleine obstakels en kromming in lijnen verwaarloosd.

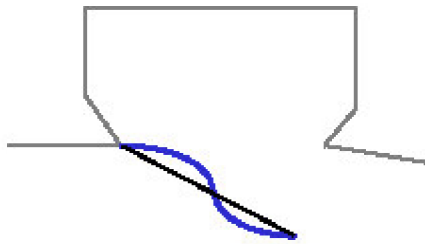
Havendammen

- Een havendam kan meestal met één rechte lijn worden geschematiseerd. In de gedetailleerde methode wordt door twee processen gebruik gemaakt van de kenmerken van de havendammen:

- Diffractie vindt plaats aan het uiteinde van de havendam of in het midden van de opening tussen twee havendammen als beginpunt. De locatie van de havendam(men) dient dan ook in de schematisatie opgenomen te worden.
- Transmissie over en door een havendam vindt plaats over de gehele breedte van de constructie. Hierbij dient voldoende aandacht geschonken te worden aan:
 - de schematisatie van de uiteinden van de havendammen voor de bepaling van de transmissiezone,
 - de opbouw en geometrie van de havendammen voor de transmissie-formulering.

Voorbeeld:

De havendam voor de buitenhaven heeft een licht S-vorm. De opbouw van de havendam is voor de gehele havendam gelijk. Deze dam kan geschematiseerd worden door een rechte lijn te trekken van het aanhechtpunt met de kust tot aan het uiteinde van de havendam.



Randen van het haventerrein

De randen van het haventerrein geven de fysieke begrenzing van het wateroppervlak weer. Grote gedeelten zullen met een rechte lijn weergegeven kunnen worden. Alleen duidelijke bochten en knikken worden met aparte lijnen weergegeven. Steigers, meerpalen en andere open constructies worden verwaarloosd. De eventuele invloed hiervan wordt namelijk niet meegenomen in de gedetailleerde methode.

De waterkering rond de haven

Over het algemeen wordt in de schematisatie van de waterkering de zogenoemde kruinlijn aangehouden om de locatie van de waterkering te visualiseren. De kruinlijn geeft de (buiten)rand van de kruin van de waterkering aan. Om de waterkering in (rechte) vakken te kunnen opdelen dienen de volgende kenmerken in beschouwing genomen te worden:

- Kunstwerken kunnen meestal als één vak worden weergegeven.
- De geometrie van de dam of dijk kan reden zijn om een verdeling te maken,
- Variatie in de ondergrond kan aanleiding geven tot een onderverdeling
- de ruimtelijke variatie in verwachte belasting kan aanleiding geven tot een onderverdeling. Dit geldt bijvoorbeeld als een deel direct wordt aangevallen en een ander deel redelijk beschermt is
- de vakindeling van verschillende dijkbekledingen
- De aanwezigheid van bijzondere begroeiing en constructies.

Opmerking:

Het reikt hier te ver om een volledige methode te geven over het maken van een schematisatie of een opdeling in vakken van een waterkering. Ervaring en kennis in het toetsen en het schematiseren, en kennis van de haven zelf is vereist. Er wordt verder verwezen naar het Voorschrift Toetsen op Veiligheid [1], Katern 4, waar de vakbenadering verder wordt uitgewerkt. Voor specifieke vragen over een bepaalde haven wordt verzocht contact op te nemen met de Helpdesk Toetsing.

3.4 STAP 4 Hydraulische randvoorwaarden buiten de haven

Informatiebron en vorm

Gebruik voor het bepalen van de hydraulische randvoorwaarden buiten de haven de volgende informatiebronnen:

- de Hydraulische Randvoorwaarden 2001
- rekenmodellen Hydra (Hydra_M, Hydra_Q, Hydra_K)
- overige door Rijkswaterstaat beschikbaar gestelde informatie over hydraulische randvoorwaarden

In de methodiek wordt ervan uitgegaan dat de hydraulische randvoorwaarden als combinaties van waterstand, golfhoogte en golfperiode per richting (of richtingenband) zijn gegeven.

Als maat voor de golfhoogte wordt de significante golfhoogte H_s gehanteerd. Indien een andere maat voor de golfhoogte gehanteerd wordt, dient deze te worden omgerekend in een significante golfhoogte.

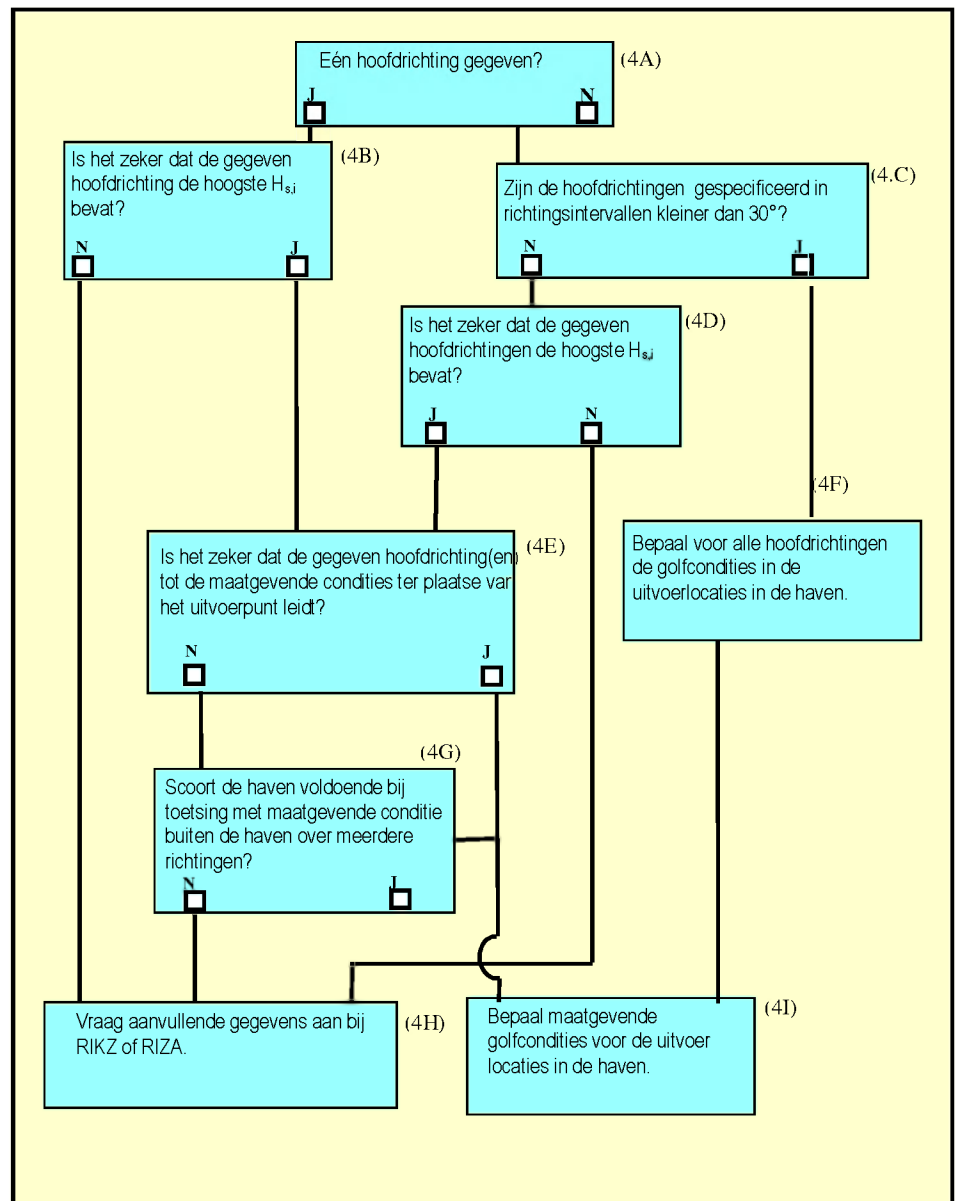
Als maat voor de golfperiode wordt de piekperiode T_p of de gemiddelde piekperiode T_{pm} gehanteerd. Indien een andere maat voor de golfperiode gehanteerd wordt, dient deze te worden omgerekend in een piekperiode.

Er wordt aanbevolen om het RIKZ of het RIZA te raadplegen indien er vragen zijn over de wijze van omrekenen.

Golfrichting

De hydraulische randvoorwaarden buiten de haven kunnen gegeven zijn voor één enkele hoofdrichting (of richtingenband) of voor een reeks van hoofdrichtingen (of richtingenbanden). Indien de hydraulische randvoorwaarden voor één hoofdrichting (richtingenband) gegeven zijn, dan dient het stappenschema te worden doorlopen dat in de navolgende figuur is weergegeven.

Figuur 6
Schema voor bepaling te toetsen
golfcondities



De toelichting op het schema voor de keuze van hydraulische randvoorwaarden luidt als volgt:

- Stap 4A Stel vast of de hydraulische randvoorwaarden gegeven zijn voor één of meerdere hoofdrichtingen.
- Stap 4B Is het zeker dat bij de gegeven hoofdrichting de meest maatgevende golfhoogte kan worden verwacht ten opzichte van andere richtingen. Met andere woorden: zijn de golven uit andere richtingen minder zwaar?
- Stap 4C Indien meerdere hoofdrichtingen relevant zijn, dan dient te worden nagegaan of deze opgegeven/gespecificeerd zijn voor richtingssectoren van 30° of kleiner.
- Stap 4D Is het zeker dat bij de gegeven hoofdrichting de meest maatgevende golfhoogte kan worden verwacht ten opzichte van andere richtingen. Met andere woorden: zijn de golven uit andere richtingen minder zwaar?.

Stap 4E	Is het zeker dat de gegeven hoofdrichtingen zullen leiden tot de maatgevende condities ter plaatse van de uitvoerpunten?
Stap 4F	Bepaal de golfcondities voor alle gegeven hoofdrichtingen
Stap 4G	Bepaal de golfcondities op de gewenste locaties voor de richtingsectoren van 30° (gebruikmakend van maatgevende golfcondities buitengaats). Deze stap is in een aantal gevallen een conservatieve aanpak.
Stap 4H	Vraag aanvullende gegevens aan bij RIKZ of RIZA.
Stap 4I	Bepaal de maatgevende golfcondities uit de berekende golfcondities.

3.5 STAP 5 Berekening bijdrage diffractie

Opmerking:

1. Indien geen havendammen aanwezig zijn, dan wordt diffractie niet in rekening gebracht: K_d is dan 1. Ga verder naar paragraaf 3.7 (berekening bijdrage transmissie).
2. Voor een uitvoeriger beschrijving van het proces wordt verwezen naar Bijlage 1.

Stap 5A Bepaal de golfrandvoorwaarden net buiten de havenmond.

De gezochte variabelen zijn:

- De hoofdrichting van het golfveld. De hoofdrichting van het golfveld wordt bepaald ten opzichte van het assenstelsel dat gebruikt is in de schematisatie van de haven.
- De golfhoogte H_s van het golfveld net buiten de havenmond bij de beschouwde waterstand, in het vervolg aangeduid als $H_{s,i}$
- De golfperiode T_p van het golfveld net buiten de havenmond bij de beschouwde waterstand, in het vervolg aangeduid als $T_{p,i}$.
- De golflengte op diep water $L_{0,p} = (g/2\pi) * T_{p,i}^2$.

Voorbeeld:

Randvoorwaarden voor toetsing van de kruinhoogte van waterkeringen in een haven zijn:

$$H_s = 1,55 \text{ m}$$

$$T_{p,i} = 4,8 \text{ s}$$

$$\text{Toetspeil 2000} = \text{NAP} + 6,15 \text{ m}$$

$$\text{Golfrichting} = 210^\circ$$

Deze randvoorwaarden gelden voor de mond van de haven.

$$\text{De golflengte op diep water } (L_{0,p}) \text{ is } (g/2\pi) * T_{p,i}^2 = (g/2\pi) * 4,8^2 = 36,0 \text{ m}$$

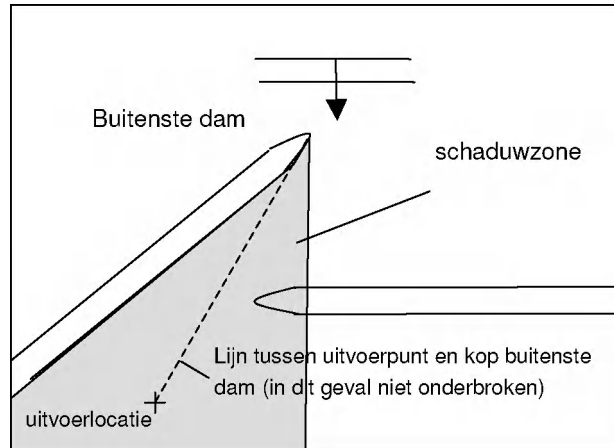
Stap 5B Bepaal de (equivalente) openingsbreedte van de havenmond.

Als sprake is van één havendam, dan is de equivalente openingsbreedte niet van toepassing. Er kan worden naar stap 3 worden gegaan.

Als sprake is van twee havendammen, bepaal dan de equivalente openingsbreedte tussen de havendammen B_{eq} als volgt:

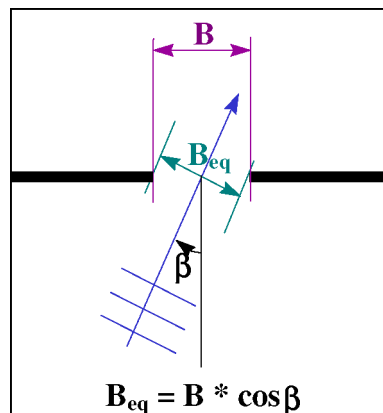
1. Controleer of één van de havendammen afschermend werkt voor de andere havendam, zie figuur 7. In het uitvoerpunt achter beide havendammen wordt de bijdrage van diffractie dan niet in rekening gebracht. De controle kan worden uitgevoerd door een lijn te trekken tussen de kop van de buitenste golfbreker en het uitvoerpunt. Wanneer deze lijn wordt onderbroken, is sprake van de voornoemde situatie en dient de diffractie coëfficiënt K_d voor dit uitvoerpunt te worden gelijk aan nul gesteld te worden.

Figuur 7
Controle afschermdende werking
havendammen



2. Bepaal de werkelijke breedte ' B ' van de opening tussen de havendammen. Dit is de lengte van de denkbeeldige rechte lijn tussen de uiteinden van de twee havendammen.

Figuur 8
Vaststelling equivalente openingsbreedte



3. Bepaal de hoek ' β ' tussen de invallende golfrichting en de normaallijn van de opening (zie figuur 8).

4. Bepaal de equivalente openingsbreedte ' B_{eq} ' met de volgende formule:
 $B_{eq} = B \cdot \cos \beta$, waarin:
 B_{eq} = De equivalente openingsbreedte [m],
 B = Afstand tussen uiteinden van de havendammen [m],
 β = De hoek tussen de normaal van de lijn die de uiteinden van de havendammen verbindt en de golfrichting.

Voorbeeld:

Gegeven:

- Haven met 2 havendammen met opening.
- Normaallijn opening heeft een oriëntatie van 0 graden t.o.v. het noorden.
- Uit stap 1: golfrichting is 315 graden

Bepaling equivalente openingsbreedte:

1. Werkelijke openingsbreedte B is 200 m (opgemeten uit bijvoorbeeld topografische kaart).
2. Hoek tussen de normaal van de opening en de golfinvalsrichting β bedraagt $315 - 0$ graden = 315 graden
3. Equivalente openingsbreedte B_{eq} is dan: $B_{eq} = B \cdot \cos \beta = 141,4$ m

Stap 5C Keuze type diffractiediagrammen

De diffractiediagrammen zijn opgenomen in bijlage 2. Voor een juiste keus dienen de volgende aspecten te worden beschouwd.

geometrie havendammen

Diagrammen voor de situatie van een halfoneindig lange golfbreker (type 1) zijn van toepassing als:

- er sprake is van één havendam, of
- als $B > 5 L_{0,p}$
- als $B_{eq} > 5 L_{0,p}$

Diagrammen voor de situatie van een opening in een oneindig lange golfbreker (type 2) is van toepassing als:

- er sprake is van twee havendammen, en
- als $B_{eq} < 5 L_{0,p}$

het type golfveld buiten de haven

Diagrammen met grote richtingsverspreiding ($S_{max} = 10$) zijn van toepassing bij een golfveld dat gedomineerd wordt door lokaal opgewekte golven. Diagrammen met kleine richtingsverspreiding ($S_{max} = 75$) zijn van toepassing bij een golfveld dat gedomineerd wordt door deiningsgolven.

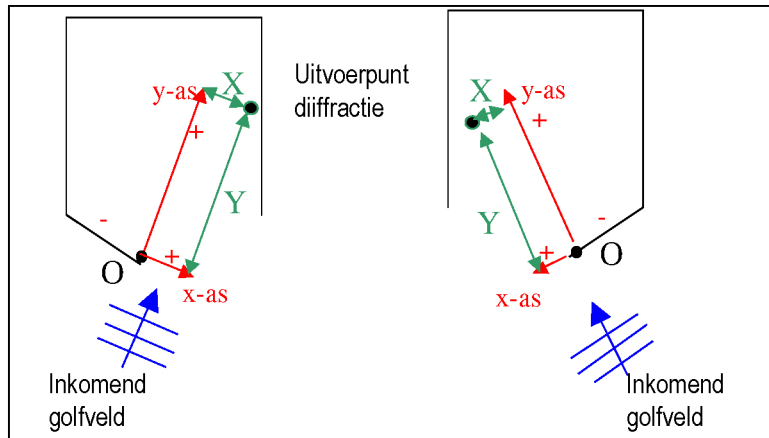
Aanbevolen wordt om de diagrammen met grote richtingsverspreiding aan te houden.

Stap 5D De locatie waar de diffractiecoëfficiënt bepaald moet worden

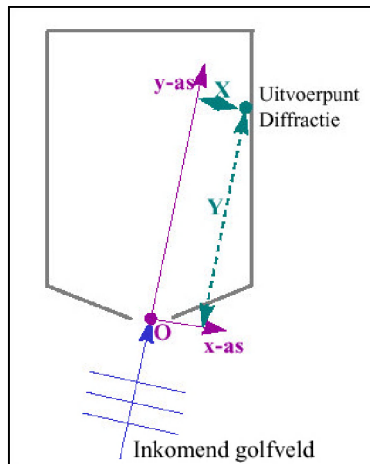
De locatie van het uitvoerpunt wordt gespecificeerd aan de hand van coördinaten in een assenstelsel. Dit assenstelsel is weergegeven in figuur 9 en figuur 10 en is als volgt gedefinieerd:

- De y-as is gedefinieerd als zijnde de as die parallel en gelijkgericht is aan de inkomende golfrichting. (positief in de voortplantingsrichting van de golf).
- De x-as staat loodrecht op de y-as .
- De oorsprong (O) van het assenstelsel ligt:
 - op het uiteinde van de havendam als diagrammen type 1 van toepassing zijn
 - in het midden van de opening tussen de havendammen als diagrammen type 2 van toepassing zijn.

Figuur 9
Definitie assenstelsel, één havendam



Figuur 10
Definitie assenstelsel, twee havendammen



1. Trek een lijn vanuit de oorsprong (O) in de richting van de inkomende golfrichting (dit is de y-as).
2. Trek een lijn vanuit de oorsprong (O) loodrecht op de richting van de inkomende golfrichting (dit is de x-as).
3. Bepaal de afstand Y van het uitvoerpunt tot de x-as en de afstand X tot de y-as (in meters).

Opmerking:

Indien $X/L_{0,p}$ of $Y/L_{0,p}$ buiten het bereik van de tabellen vallen dient de maximale/minimale waarde voor $X/L_{0,p}$ en $Y/L_{0,p}$ uit de tabel gekozen te worden.

Stap 5E Berekening van de diffractiecoëfficiënt

De berekening van de diffractiecoëfficiënt aan de hand van de diagrammen is afhankelijk van de samenstelling en geometrie van de havendammen; type 1 en een type 2 zijn afgebeeld in figuur 9 en figuur 10.

Diagram voor type 1:

De diagrammen van type 1 in bijlage B2.1 worden gegeven voor zowel grote als kleine richtingsspreiding. Bepaal uit de betreffende tabel de waarden voor de diffractiecoëfficiënt K_d . Let hierbij op dat de juiste zijde van het uiteinde van de dam gekozen wordt. De negatieve waarden voor $X/L_{0,p}$ bevinden zich in de schaduwzone van de havendam.

Diagram voor type 2:

De diagrammen van type 2 in bijlage B2.2 worden gegeven voor verschillende verhoudingen van de equivalente openingsbreedte en de golflengte ($B_{eq}/L_{0,p} = 1, 2, 4$ en 8). Voor andere waarden van $B_{eq}/L_{0,p}$ mag lineair geïnterpoleerd worden tussen de twee omliggende diagrammen. De volgende vergelijking beschrijft de interpolatie:

$$K_d = K_{d,kl} + \frac{(BL - BL_{kl})}{(BL_{gr} - BL_{kl})} \cdot (K_{d,gr} - K_{d,kl})$$

waarbij:

K_d	=	De gezochte diffractiecoëfficiënt
$K_{d,kl}$	=	De diffractiecoëfficiënt uit het diagram voor de kleinere B/L
$K_{d,gr}$	=	De diffractiecoëfficiënt uit het diagram voor de grotere B/L
BL	=	De waarde van B/L waarvoor de diffractiecoëfficiënt gezocht wordt
BL_{kl}	=	De B/L kleiner dan BL waarvoor een diagram bestaat
BL_{gr}	=	De B/L groter dan BL waarvoor een diagram bestaat

Opmerking:

1. Voor $B_{eq}/L_{0,p} < 1$ moet het diagram met $B_{eq}/L_{0,p} = 1$ aangehouden worden!
2. De diffractiecoëfficiënt heeft als geldigheidsbereik: $0 < K_d \leq 1,1$

Voorbeeld:

Gegeven:

- Haven met opening tussen 2 havendammen.
- Uit stap 5A: golflengte $L_{0,p} = 35,9$ m.
- Uit stap 5B: $B_{eq} = 141,4$ m
- Uit stap 5C: Diagrammen type 2 van toepassing met grote richtingsspreiding ($S_{max} = 10$)
- Coördinaten uitvoerpunt: $X = 100$ m, $Y = 400$ m => Uit stap 4 volgt: $X/L_{0,p} = 2,8$ en $Y/L_{0,p} = 11,1$

Bepaling diffractiecoëfficiënt K_d :

- $B_{eq}/L_{0,p} = 3,9$ => $BL = 3,9$, $BL_{kl} = 2$, $BL_{gr} = 4$
- K_d voor $B_{eq}/L_{0,p} = 2$: Voor $X/L_{0,p}$ en $Y/L_{0,p}$ in de buurt van resp. 2,8 en 11,1 worden K_d -waarden gevonden van 0,4 en 0,3 => $K_{d,kl} = 0,4$ aanhouden.
- K_d voor $B_{eq}/L_{0,p} = 4$: Voor $X/L_{0,p}$ en $Y/L_{0,p}$ in de buurt van resp. 2,8 en 11,1 worden K_d -waarden gevonden van 0,5 => $K_{d,gr} = 0,5$ aanhouden.

Formule invullen:

$$K_d = 0,4 + [(3,9 - 2) / (4 - 2)] \cdot (0,5 - 0,4) = 0,495 = 0,5 \text{ (afgerond)}$$

3.6 STAP 6 Berekening bijdrage transmissie

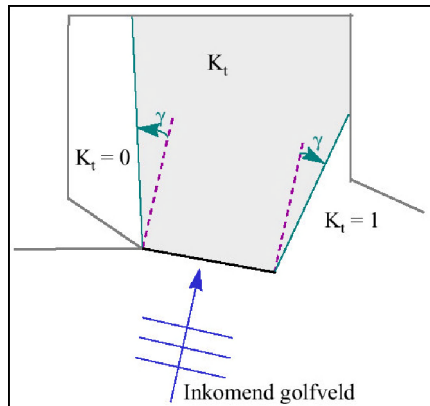
Opmerking:

1. Indien een uitvoerpunt niet in de transmissiezone ligt, zie Stap 6A, is er geen bijdrage van transmissie in de golfhoogte ter plaatse van het uitvoerpunt, en kan transmissie verwaarloosd worden.
2. Voor een beschrijving van het proces wordt verwezen naar Bijlage 1

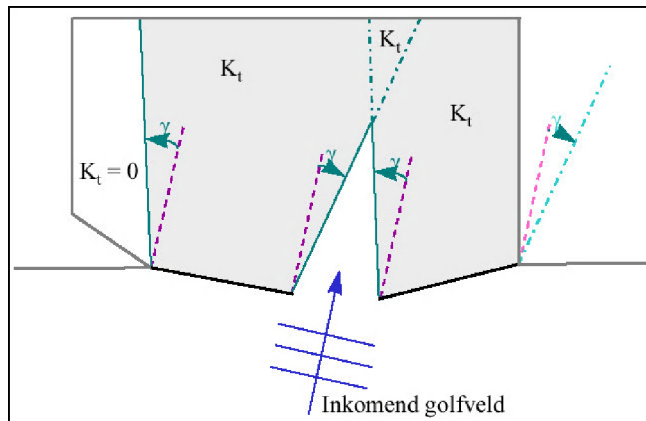
Stap 6A Bepaal de locatie van het uitvoerpunt ten opzichte van transmissiezone

De transmissiezone wordt bepaald door vanuit zowel de kop van de havendam als de aansluiting op het land lijnen te trekken. Teken deze lijnen eerst loodrecht op de as van de havendam en vergroot vervolgens de zone door de lijnen onder een hoek $\gamma = 15^\circ$ naar buiten te roteren. Het gebied binnen de lijnen is de transmissiezone. Hieronder worden voorbeelden gegeven voor de bepaling van de transmissiezone voor de situatie met één havendam (figuur 11) en de situatie met twee havendammen (figuur 12).

.....
 Figuur 11
 Transmissiezone voor de situatie met één
 havendam



.....
 Figuur 12
 Transmissiezone voor de situatie met twee
 havendammen



Stap 6B Keuze van de coëfficiënten in transmissieformule

Het constructief ontwerp van de havendam bepaalt de coëfficiënten in de transmissieformule (zie tabel 1).

Tabel 1

Coëfficiënten in de transmissieformule

Type havendam	α	β
Caisson	2.2	0.40
Verticale wand	1.8	0.10
(Golfbrekerachtige) dam (helling 1:1.5)	2.6	0.15
Gladde dichte dam met flauw talud (1:3 - 1:5)	2.4	0.4
Idem, maar met stortstenen kraagstuk	1.6	0.5
Heel breed caisson ($B \gg L_{0,p}$)	1.8	0.6
Anders	Zie Ref. 5	

Stap 6C Bepaling transmissiecoëfficiënt

1. Bepaal de hoogte van de kruin van de havendam(men) h_{dam} (in meters t.o.v. NAP). Als de hoogte van de kruin varieert, bepaal dan hoogte van de laagste kruin.
2. Bepaal de vrijboord van de kruin (h_k) voor de waterstand (h) waarmee gerekend wordt:

$$h_k = h_{dam} - h$$

waarbij:

h_k	= het vrijboord	[m]
h_{dam}	= de hoogte van de kruin van de havendam(men)	[m + NAP]
h	= de waterstand	[m + NAP]

Opmerkingen:

Constructies op de dam welke niet ontworpen zijn voor de hier geldende ontwerpcondities, maar wel van invloed zijn op de hoogte van de kruin, mogen niet worden meegenomen bij de bepaling van de transmissie coëfficiënt. Immers, onder ontwerpomstandigheden zullen deze constructies zijn bezwaken en niet meer bijdragen aan de hoogte van de kruin van de dam. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan kerende damwanden. Het vrijboord heeft een negatieve waarde wanneer de waterstand hoger is dan het kruinniveau van de golfbreker. Dit gegeven stemt mogelijk niet overeen met het gevoel maar is eenmaal ingesloten in de definitie van het vrijboord.

3. Bepaal de transmissiecoëfficiënt K_t uit de volgende formule, met behulp van het relatiediagram uit figuur 13.

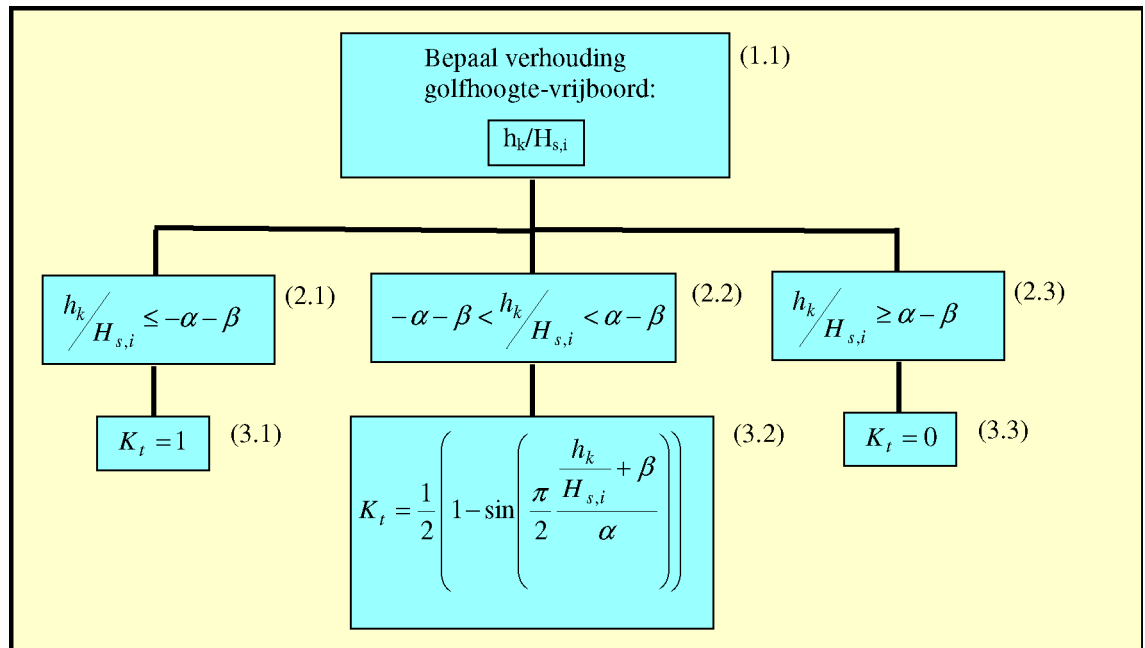
$$\left| \begin{array}{ll} \frac{h_k}{H_{s,i}} \leq -\alpha - \beta & K_t = 1 \\ -\alpha - \beta \leq \frac{h_k}{H_{s,i}} \leq \alpha - \beta & K_t = \frac{1}{2} \left(1 - \sin \left(\frac{\pi}{2} \frac{\frac{h_k}{H_{s,i}} + \beta}{\alpha} \right) \right) \\ \frac{h_k}{H_{s,i}} \geq \alpha - \beta & K_t = 0 \end{array} \right.$$

waarbij:

h_k	=	Het vrijboord [m]
$H_{s,i}$	=	De invallende golfhoogte [m]
α	=	De alpha-coëfficiënt uit stap 6B [-]
β	=	De beta-coëfficiënt uit stap 6B [-]

Figuur 13

Schema voor bepaling transmissiecoëfficiënt



Opmerking:

De transmissiecoëfficiënt heeft als geldigheidsbereik: $0 < K_t \leq 1,0$

3.7 STAP 7 Berekening interactie diffractie-transmissie

Opmerking:

1. De diffractie-transmissie coëfficiënt bevat zowel de individuele bijdragen van diffractie en transmissie als de interactieterm.
2. Indien diffractie niet van toepassing is, geldt dat $K_{d,t} = K_t$.
3. Indien transmissie niet van toepassing is, geldt dat $K_{d,t} = K_d$.
4. De diffractie-transmissiecoëfficiënt heeft als geldigheidsbereik:
 $0 < K_{d,t} \leq 1,1$
5. Voor een beschrijving van het proces wordt verwezen naar Bijlage 1

Stap 7A Bepaling diffractie-transmissiecoëfficiënt $K_{d,t}$

Bereken de diffractie-transmissiecoëfficiënt $K_{d,t}$ met de volgende formule:

$$K_{d,t} = \sqrt{(1 - K_t^2) \cdot K_d^2 + K_t^2}$$

waarbij:

$K_{d,t}$	= diffractie-transmissiecoëfficiënt	[-]
K_t	= transmissiecoëfficiënt	[-]
K_d	= diffractiecoëfficiënt	[-]

Stap 7B Bepaling bijdrage golfenergie als gevolg van diffractie en transmissie

De bijdrage aan de golfenergie in het uitvoerpunt als gevolg van diffractie en transmissie ($E_{d,t}$) wordt gegeven door:

$$E_{d,t} = K_{d,t}^2 \cdot (0,25 \cdot H_{s,in})^2$$

waarin:

$E_{d,t}$	= golfenergie als gevolg van diffractie en transmissie	[m ²]
$K_{d,t}$	= diffractie-transmissiecoëfficiënt	[-]

Opmerking:

Lokale golfgroei kan alleen in rekening worden gebracht in die situaties waarin de strijklengte groter is dan 100 m en de U_{10} groter is dan 5 m/s.

$H_{s,in}$ = invallende golfhoogte [m]

Voor een beschrijving van het proces wordt verwezen naar Bijlage 1.

3.8 STAP 8 Berekening bijdrage lokale golfgroei

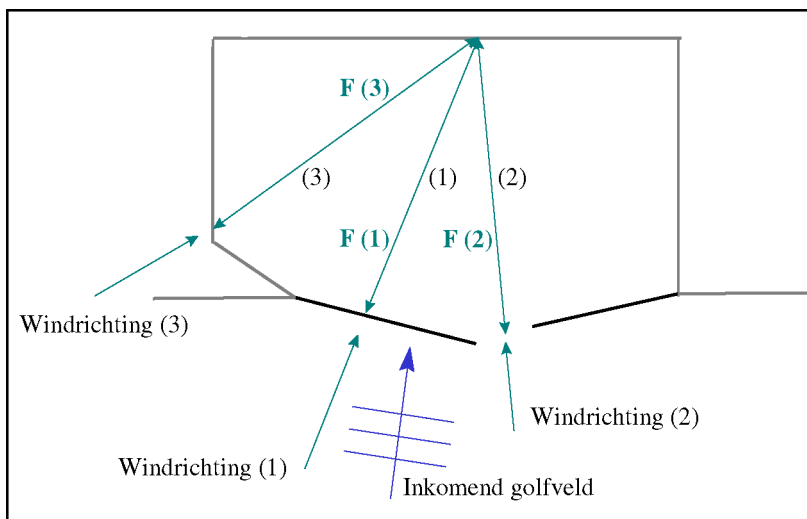
Stap 8A Bepaling strijklengte F en windsnelheid U_{10}

Dit kan als volgt plaatsvinden (zie figuur 14):

1. Trek een rechte lijn vanuit het uitvoerpunt in de richting tegengesteld aan de windrichting.
2. Het punt waar de lijn de rand van het havenbekken (3), een havendam (1) of de havenopening (2) snijdt, is het beginpunt van de werkelijke strijklengte.
3. Bepaal de lengte van de lijn in meters. Deze lengte is de strijklengte F.
4. Bepaal de windsnelheid U_{10} in de windrichting

Figuur 14

Definitie strijklengte in havenbekken


Opmerking:

Daar het hier om lokale golfgroei gaat, kan de strijklengte nooit groter worden dan de totale lengte van de haven. (Golfgroei buiten de haven is reeds opgenomen in de bepaling van de hydraulische condities buiten de haven)

Stap 8B Bepaling door wind opgewekte golfhoogte en golfperiode

De door wind lokaal opgewekte golfhoogte in het uitvoerpunt wordt berekend met de formule van Wilson. Deze is in tabelvorm weergegeven in tabel 2:

Tabel 2

Golfhoogte H_s als functie van F en U_{10}

		U_{10} [m/s]									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
F [m]	100	0,04	0,08	0,11	0,15	0,19	0,23	0,27	0,31	0,34	0,38
	200	0,05	0,11	0,16	0,21	0,27	0,32	0,38	0,43	0,48	0,54
	300	0,06	0,13	0,19	0,26	0,33	0,39	0,46	0,53	0,59	0,66
	400	0,07	0,15	0,22	0,30	0,38	0,45	0,53	0,61	0,68	0,76
	500	0,08	0,16	0,25	0,34	0,42	0,51	0,59	0,68	0,76	0,85
	600	0,09	0,18	0,27	0,37	0,46	0,55	0,65	0,74	0,84	0,93
	700	0,09	0,19	0,29	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
	800	0,10	0,21	0,31	0,42	0,53	0,64	0,75	0,86	0,96	1,07
	900	0,10	0,22	0,33	0,45	0,56	0,68	0,79	0,91	1,02	1,14
	1000	0,11	0,23	0,35	0,47	0,59	0,71	0,83	0,96	1,08	1,20
	1100	0,11	0,24	0,37	0,49	0,62	0,75	0,87	1,00	1,13	1,26
	1200	0,12	0,25	0,38	0,51	0,65	0,78	0,91	1,04	1,18	1,31
	1300	0,12	0,26	0,40	0,53	0,67	0,81	0,95	1,09	1,22	1,36
	1400	0,13	0,27	0,41	0,55	0,70	0,84	0,98	1,13	1,27	1,41
	1500	0,13	0,28	0,42	0,57	0,72	0,87	1,02	1,17	1,31	1,46
	1600	0,13	0,28	0,44	0,59	0,74	0,90	1,05	1,20	1,36	1,51
	1700	0,14	0,29	0,45	0,61	0,77	0,92	1,08	1,24	1,40	1,56
	1800	0,14	0,30	0,46	0,63	0,79	0,95	1,11	1,27	1,44	1,60
	1900	0,14	0,31	0,47	0,64	0,81	0,98	1,14	1,31	1,48	1,64
	2000	0,15	0,32	0,49	0,66	0,83	1,00	1,17	1,34	1,51	1,69

waarin:

F = Strijklengte [m]
 U_{10} = Windsnelheid, gemeten op 10 meter boven de grond [m/s]

$H_{s,lg}$ = Significante golfhoogte opgewekt door lokale golfgroei [m]

Voor tussenliggende waarden kan lineair geïnterpoleerd worden.

Stap 8C Bepaling door wind opgewekte golfenergie

Reken de in stap 8B berekende golfhoogte om naar een golfenergie met de volgende formule:

$$E_{lg} = (0.25 \cdot H_{s,lg})^2$$

E_{lg} = door lokale wind opgewekte golfenergie [m²]

$H_{s,lg}$ = door lokale wind opgewekte significante golfhoogte [m]

3.9 STAP 9 Vaststellen van de golfbelasting vanuit alle bijdragen

Nadat de bijdragen van de verschillende processen elk zijn berekend, kan de golfbelasting als volgt worden vastgesteld.

Stap 9A Bepaling van de totale golfenergie

De totale golfenergie E_{totaal} wordt gevonden door middel van het superponeren van de twee componenten ($E_{d,t}$ en E_{lg}). Gebruik hiervoor onderstaande formule:

$$E_{totaal} = E_{d,t} + E_{lg}$$

Stap 9B Bepaling significante golfhoogte, piekperiode en golfrichting

Bereken de significante golfhoogte met de volgende formule:

$$H_s = 4 * \sqrt{E_{totaal}}$$

Opmerking:

De golfhoogte heeft als geldigheidsbereik: $H_s \geq 0$

De bijbehorende piekperiode T_p is gelijk aan de piekperiode buiten de haven. De bijbehorende golfrichting wordt loodrecht op de waterkering verondersteld, tenzij deze op een nauwkeurig manier (bijvoorbeeld via literatuurstudie van relevante, reeds uitgevoerde onderzoeken) kan worden bepaald.

3.10 STAP 10 Controle op het breken van golven op voorland

Wanneer er een ondiep voorland aanwezig is, dient nog een controle te worden uitgevoerd of de (berekende) golven breken op dat voorland. De fysiek maximale golfhoogte ($H_{s,max}$) die op het hoge voorland kan voorkomen, kan worden bepaald met de vergelijking:

$$H_{s,max} = 0.7 * d_{voorland}$$

waarbij:

$d_{voorland}$ = waterdiepte op het hoge voorland [m]

Wanneer de berekende golfhoogte H_s groter is de fysiek maximale golfhoogte $H_{s,max}$, dan zullen de golven breken tot een hoogte van $H_{s,max}$. Er dient dan als golfhoogte de fysiek maximale golfhoogte aangehouden te worden.

4 Bepaling golfrandvoorwaarden met geavanceerde methode

.....

Indien met de gedetailleerde methode (STAP 5 in het schema voor toetsing van waterkeringen in havens) geen toetsresultaat “goed” of “voldoende” verkregen is, of indien de gedetailleerde methode niet toegepast kan worden, kan worden besloten met geavanceerde modellen op een meer nauwkeurige wijze de golfbelasting in havens te bepalen. Hierbij gelden de overwegingen die in paragraaf 2.1 van dit rapport zijn beschreven:

1. Is het resultaat van de toetsing op veiligheid van bepaalde primaire waterkeringen in de havens overwegend “twijfelachtig”/“nader onderzoek” of “onvoldoende”?
2. Kan de methode voor toetsing (gedetailleerd of geavanceerde toetsing conform het VTV) nog worden verfijnd?

Gangbare geavanceerde (numerieke) modellen zijn het numerieke diffractiemodel DIFFRAC en het numerieke golfdoordringingsmodel PHAROS. Bij het gebruik van een geavanceerde model zullen ten minste de processen diffractie, transmissie, refractie, golf-golf interactie, reflectie en lokale golfgroei in de berekeningen meegenomen moeten worden in de berekeningen. Voor verdere informatie over deze modellen wordt verwezen naar het RIKZ of RIZA.

In het geval dat het resultaat van de toetsing overwegend “twijfelachtig/nader onderzoek” of “onvoldoende” luidt (punt 1), kan inzet van geavanceerde modellen lonend zijn. Er zal wel een inschatting vooraf gemaakt moeten worden of er een gerede kans bestaat dat dit “winst” oplevert.

Vooraf bij betrekkelijk eenvoudige havengeometrieën (bijvoorbeeld nagenoeg vierkante of rechthoekige havenbekkens) zal goed afgewogen moeten worden of de geavanceerde modellen een daadwerkelijke meerwaarde hebben boven de eenvoudige rekenregels.

Indien geen goed afgewogen besluit kan worden genomen, wordt geadviseerd het RIKZ of RIZA te raadplegen.

5 Case Buitenhaven Vlissingen

5.1 Inleiding

Als testcase van de gedetailleerde methode is gekozen om de golfcondities op enkele punten in de Buitenhaven Vlissingen te berekenen. Hiervan zijn door Alkyon [3] berekeningen gemaakt met SWAN [1]. In figuur 15 staat de Buitenhaven Vlissingen afgebeeld.

Gekozen is om zes uitvoerpunten door te rekenen. Voor één uitvoerpunt zullen drie windrichtingen worden beschouwd. Voor de overige uitvoerpunten zal de maatgevende windrichting worden beschouwd.

De resultaten van de berekeningen zullen worden vergeleken met de gegevens uit het Hydraulisch Randvoorwaardenboek [2] en de resultaten van Alkyon [3]. Hierdoor wordt inzicht verkregen in hoeverre de berekeningen met de gedetailleerde methode tot conservatieve resultaten leidt.

In het Hydraulisch Randvoorwaardenboek wordt de Buitenhaven Vlissingen in tien vakken opgedeeld. In figuur 16 staan deze weergegeven. In figuur 17 staan de uitvoerpunten (zoals deze zijn gedefinieerd door Alkyon) die zijn doorgerekend:

Tabel 3
Uitvoerpunten haven Vlissingen

Eigen uitvoerpunt	RVB96 uitvoerpunt	Alkyon uitvoerpunt
01	1	V41
02	2	V03 ^{*1}
03	4	V46
04	6	V49
05	9	V52
06	10	V34 ^{*1}

^{*1}: Punt ligt aan teen van waterkering, op het haven terrein

In deze uitvoerpunten worden de uitkomsten van de gedetailleerde en de geavanceerde methode vergeleken. Voor uitvoerpunt 02 geldt dat meerdere hoofdrichtingen zijn beschouwd ter illustratie van de diffractieberekening. Voor de andere vijf uitvoerpunten is enkel één richting uitgewerkt zoals dat in de geavanceerde studie ook heeft plaatsgevonden.

5.2 Bepaling golfrandvoorwaarden Buitenhaven Vlissingen

Stap 1 Toepasbaarheid gedetailleerde methode voor de Buitenhaven Vlissingen

- Stap 1A: Golfrandvoorwaarden (H_s en T_p) buiten de haven zijn beschikbaar voor verschillende hoofdrichtingen (150 tot 315°N).
- Stap 1B: De waterstand behorende bij de golfrandvoorwaarden wordt gespecificeerd in HR 2001: 6,0 [m+NAP].
- Stap 1C: Er treedt tijdens de te toetsen omstandigheden geen meervoudige transmissie/diffractie op in het havenbekken.
- Stap 1D: De hoogte van de kademuren en het achterliggende haventerrein is 4,50 [m+NAP]. Dit houdt in dat de kademuren zich tijdens de te toetsen omstandigheden onder water bevinden en geen reflectie van golfenergie te weeg brengen.
- Stap 1E: Tijdens de te toetsen omstandigheden treedt er geen significante stroming op in het havenbekken.

Als resultaat van stap 1 kan worden geconcludeerd dat: de gedetailleerde methode kan worden toegepast voor de Buitenhaven Vlissingen.

Stap 2 Vaststellen relevante individuele processen

- Stap 2A: Golven uit alle gespecificeerde hoofdrichtingen (150-315°N) leiden tot een schaduwzone in het havenbekken. Diffractie is derhalve voor alle richtingen en uitvoerpunten van belang.
- Stap 2B: De golfbreker gesitueerd bij de havenmonding is niet zodanig ontworpen dat er geen transmissie van golfenergie zal plaats vinden tijdens de te toetsen omstandigheden. Transmissie van golfenergie is dus van belang.
- Stap 2C: Er is sprake van zowel diffractie als transmissie, dus dient de diffractie-transmissie interactie in rekening te worden gebracht.
- Stap 2D: De afmetingen van het havenbekken zijn ongeveer 1700*700 [m]. Dit houdt in dat voor een aantal uitvoerpunten de minimale strijklengte groter is dan 100 [m]. Lokale golfgroei speelt derhalve een rol tijdens de te toetsen omstandigheden.
- Stap 2E: Voor de primaire waterkering van de Buitenhaven Vlissingen ligt een lager gelegen kade/haventerrein (hoogte 4,50 [m+NAP]), waarvan de lengte varieert van 50 tot 400 [m]. Controle op de aanwezigheid van een voorland dient dan ook plaats te vinden.

Stap 3: Schematisatie van de Buitenhaven Vlissingen

- De Buitenhaven Vlissingen heeft een formaat van ongeveer 1700 * 700 m². Voor schematisatie is gekozen voor een schaal van 1:10000, zodat de haven op één A4-formaat papier past.
- Uitgaande van de haven, zoals in figuur 15 getoond, worden eerst alle niet relevante elementen verwijderd. Dit zijn alle bebouwingen op het haventerrein, de aanlegsteigers en alle gegevens buiten de waterkeringen.
- De waterkeringen kunnen vrij eenvoudig met rechte lijnen worden overgetrokken.
- Ook de rand van het haventerrein bestaat duidelijk uit vrijwel rechte lijnen.
- De hoogte van het haventerrein wordt conservatief geschat en vlak geschematiseerd. Het haventerrein ligt dan op NAP + 4,50 m (Bron: [1], figuur 3.10)
- De havendam vertoont in werkelijkheid een slinger, maar omdat de dam over de gehele lengte gelijk is opgebouwd is deze toch te

- schematiseren met behulp van één rechte lijn van het aanhechtingspunt tot het uiteinde.
- Genoteerd wordt dat de haven beschermd wordt door slechts één havendam. Dit is later van belang bij het diffractieproces.
 - In de bodem van de haven wordt de vaargeul verwaarloosd, waardoor de havenbodem als vlak wordt geschematiseerd. Voor het grootste gedeelte ligt de havenbodem tussen de -10 en -20 m + NAP. (Bron: [1], figuur 3.10)

In dit geval is de schematisatie van de haven gelijk aan de schematisatie zoals deze in het Hydraulisch Randvoorwaardenboek staat weergegeven (zie figuur 16). In deze schematisatie kan vervolgens een dijkvak verdeling gemaakt worden. In dit geval wordt de verdeling van het Randvoorwaardenboek 1996 [2] gevolgd, aangezien niet voldoende gegevens over de Buitenhaven Vlissingen bekend zijn om een andere zinnigere verdeling te maken.

Stap 4: Hydraulische Randvoorwaarden buiten de haven

Door het Rijksinstituut voor Kust en Zee zijn de onderstaande golfcondities beschikbaar gesteld op verzoek van Projectbureau Zeeweringen ten behoeve van het ontwerp van steenbekledingen. Voor de toetsing van de dijkvakken wordt gebruik gemaakt van de golfcondities bij een waterstand van 6,0 [m+NAP].

.....
Tabel 4
Golfcondities buiten haven

	Wst	Windrichting							
		150	180	210	240	270	285	300	315
Hs [m]	2	1,5	1,5	1,9	2	2	1,7	1,5	1,2
	4	1,6	1,6	2,1	2,2	2,2	2	1,7	1,4
	6	1,7	1,6	2,2	2,5	2,4	2,2	1,9	1,6
Tpm [s]	2	5	4,9	5,7	6,7	7,2	7,2	7,1	6,9
	4	5,3	5,1	5,9	7,4	7,4	7,8	7,8	7,4
	6	5,5	5,3	6,2	8,1	7,8	7,8	7,8	8,1
Golfrichting [°N]	2	150	190	215	235	240	245	250	250
	4	150	190	215	235	240	245	250	250
	6	150	190	215	235	240	245	250	250

De verwachting is dat bovenstaande hoofdrichtingen zullen leiden tot de maatgevende condities bij de uitvoerpunten. Voor alle geselecteerde uitvoerpunten in de haven zal gekeken worden naar hoofdrichting 240°N. Voor één locatie worden daarnaast ook de twee hoofdrichtingen 180°N en 210°N beschouwd.

Stap 5: Berekening bijdrage diffractie

Tabel 5

Golfcondities havenmond

Stap 5A: Bepaal golfrandvoorwaarden net buiten havenmond

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
Toetspeil [m+NAP]	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
$H_{s,i}$ [m]	2,5	1,6	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
$T_{p,i}$ [s]	8,1	5,3	6,2	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
Golfrichting [°N]	235	190	215	235	235	235	235	235
Dominante richting	15	20	5	25	25	25	25	25
golfveld [°]								
$L_{0,p}$ [m]	102	44	60	102	102	102	102	102

Stap 5B: Bepaal de equivalente openingsbreedte

In het geval van de Buitenhaven Vlissingen is er sprake van één havendam; het vaststellen van de equivalente openingsbreedte is derhalve niet van toepassing.

Stap 5C: Keuze type diffractiediagrammen

Er is sprake van slechts één havendam en dus zijn diffractiediagrammen type 1 van toepassing. Er is geen informatie beschikbaar met betrekking tot de richtingsspreiding van het golfveld. Derhalve wordt er dan ook gebruik gemaakt van de diffractiediagrammen met een grote richtingsspreiding ($S_{\max} = 10$).

Tabel 6

Uitvoerpunten in diffractieberekeningen

Stap 5D: Locatie waar de diffractiecoëfficiënt bepaald moet worden

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
Aantal dammen	1	1	1	1	1	1	1	1
$S_{\max}$ [-]	10	10	10	10	10	10	10	10
$T_{p,i}$ [s]	8,1	5,3	6,2	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
$L_{0,p}$ [m]	102	44	60	102	102	102	102	102
Golfrichting [°N]	235	190	215	235	235	235	235	235
Dominante richting	15	20	5	25	25	25	25	25
golfveld [°]								
X [m]	-130*	80	-230*	-440*	-800*	-1110*	-950*	-650*
Y [m]	350	720	680	560	630	650	430	250
$X/L_{0,p}$ [-]	-1,27	1,82	-3,83	-4,30	-7,81	-10,84	-9,27	-6,35
$Y/L_{0,p}$ [-]	3,42	16,42	11,33	5,47	6,15	6,35	4,20	2,44

* Evenwijdig aan havendam, richting havendam, dus negatief

Tabel 7

Diffractiecoëfficiënten

Stap 5E: Berekening van de diffractiecoëfficiënt

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
Aantal dammen	1	1	1	1	1	1	1	1
$S_{\max}$ [-]	10	10	10	10	10	10	10	10
$X/L_{0,p}$ [-]	-1,27	1,82	-3,83	-4,30	-7,81	-10,84	-9,27	-6,35
$Y/L_{0,p}$ [-]	3,42	16,42	11,33	5,47	6,15	6,35	4,20	2,44
K_d [-]	0,65	0,80	0,60	0,43	0,30	0,30	0,22	0,24

Stap 6: Berekening bijdrage transmissie

De locatie van de uitvoerpunten ten opzichte van de transmissiezone wordt vastgesteld door het transmissiegebied te bepalen volgens stap 6. Indien een uitvoerlocatie in een transmissiegebied ligt dient transmissie te worden meegenomen.

.....
Tabel 8
Uitvoerpunten in transmissieberekening

Stap 6A: Bepaal de locatie van het uitvoerpunt ten opzichte van de transmissiezone

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
Transmissiezone	ja	ja	ja	ja	Nee	nee	nee	nee

Stap 6B: Keuze van de coëfficiënten in transmissieformule

De Buitenhaven van Vlissingen wordt afgeschermd met een gladde dichte dam met flauw talud. De hiermee corresponderende factoren zijn: $\alpha = 2,4$ en $\beta = 0,4$.

.....
Tabel 9
Transmissiecoëfficiënten

Stap 6C: Bepaling transmissiecoëfficiënt

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
Waterstand	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Golfhoogte	2,5	1,6	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Hoogte dam	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Transmissiezone	ja	ja	ja	ja	nee	nee	nee	nee
α [-]	2,4	2,4	2,4	2,4	nvt	nvt	nvt	nvt
β [-]	0,4	0,4	0,4	0,4	nvt	nvt	nvt	nvt
Vrijboord [m]	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	nvt	nvt	nvt	nvt
K_t [-]	0,40	0,41	0,40	0,40	nvt	nvt	nvt	nvt

Stap 7: Berekening interactie diffractie-transmissie

In de gevallen dat er zowel sprake is van diffractie als transmissie, wordt de gecombineerde diffractie-transmissiecoëfficiënt vastgesteld. Vervolgens wordt met behulp van de inkomende golfhoogte en de bepaalde coëfficiënt de hoeveelheid golfenergie ter plaatse van de uitvoerlocatie bepaald.

.....
Tabel 10
Diffractie-transmissie coëfficiënten

Stap 7A: Bepaling diffractie-transmissiecoëfficiënt $K_{d,t}$

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
K_d [-]	0,65	0,80	0,60	0,43	0,30	0,30	0,22	0,24
K_t [-]	0,40	0,41	0,40	0,40	nvt	nvt	nvt	nvt
$K_{d,t}$ [-]	0,72	0,84	0,68	0,56	0,30	0,30	0,22	0,24

.....
Tabel 11
Bijdrage diffractie en transmissie

Stap 7B: Bepaling bijdrage golfenergie als gevolg van diffractie en transmissie

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
$K_{d,t}$ [-]	0,72	0,84	0,68	0,56	0,30	0,30	0,22	0,24

Locatie	01	02			03	04	05	06
E_{ot} [m ²]	0,20	0,11	0,17	0,12	0,04	0,04	0,02	0,02

Stap 8: Berekening bijdrage lokale golfgroei

De bijdrage van de lokale golfgroei in de haven aan de golfhoogte ter plaatse van de uitvoerlocatie wordt vastgesteld aan de hand van de optredende windsnelheid in combinatie met de aanwezige strijklengte. Allereerst moet de golfhoogte als gevolg van windsnelheid en strijklengte worden vastgesteld. Vervolgens wordt de berekende golfhoogte getransformeerd naar een hoeveelheid golfenergie op de uitvoerlocatie ten gevolge van lokale golfgroei.

Tabel 12

Strijklengte en windsnelheid

Stap 8A: Bepaling strijklengte F en windsnelheid U_{10}

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
U_{10} [-]	33	33	33	33	33	33	33	33
Windrichting	270	270	270	270	270	270	270	270
F [m]	420	420	420	420	320	200	0	0

Tabel 13

Golfhoogte lokaal opgewekt

Stap 8B: Bepaling door wind opgewekte golfhoogte volgens Tabel 2

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
U_{10} [-]	33	33	33	33	33	33	33	33
F [m]	420	420	420	420	320	200	0	0
H_{lg} [m]	0,51	0,51	0,51	0,51	0,45	0,35	0	0

Tabel 14

Bijdrage lokale golfopwekking in golfenergie

Stap 8C: Bepaling door wind opgewekte golfenergie

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
H_{lg} [m]	0,51	0,51	0,51	0,51	0,45	0,35	0	0
E_{lg} [m ²]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00

Stap 9: Vaststelling golfbelasting vanuit alle bijdragen

Tot slot worden de bijdragen aan de golfenergie door diffractie-transmissie en lokale golfgroei bij elkaar opgeteld. Deze hoeveelheid golfenergie wordt vervolgens vertaald naar een optredende golfhoogte ter plaatse van de uitvoerlocatie.

Tabel 15

Totale golfenergie

Stap 9A: Bepaling totale golfenergie

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
E_{ot} [m ²]	0,20	0,11	0,17	0,12	0,04	0,04	0,02	0,02
E_{lg} [m ²]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00
E_{totaal} [m ²]	0,22	0,13	0,19	0,14	0,05	0,05	0,02	0,02

Tabel 16

Totale golfhoogte

Stap 9B: Bepaling totale golfhoogte

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
E_{totaal} [m ²]	0,22	0,13	0,19	0,14	0,05	0,05	0,02	0,02
$H_{s, \text{totaal}}$ [m]	1,86	1,42	1,73	1,48	0,92	0,88	0,57	0,57

Stap 10: Controle op ondiep voorland

De locaties 02 en 06 liggen op het haventerrein, waarbij er mogelijk sprake is van een voorland. Voor deze locaties dient getoetst te worden of er sprake is van een ondiep voorland op basis van de inkomende golflengte. Indien er sprake is van een ondiep voorland, wordt de optredende golfhoogte ($H_{s, \text{max}}$) beperkt door de waterdiepte ter plaatse van de uitvoerlocatie. Derhalve wordt dan ook de laagste waarde gekozen van de $H_{s, \text{max}}$ en de $H_{s, \text{totaal}}$ (zoals bepaald middels energie superpositie).

Tabel 17

Golfcondities ondiep voorland

Stap 10: Controle op ondiep voorland

Locatie	01	02			03	04	05	06
Windrichting [°N]	240	180	210	240	240	240	240	240
$L_{0,p}$ [m]	102	44	60	102	102	102	102	102
Lengte voorland	nvt	60	60	60	nvt	nvt	nvt	50
Ondiep voorland	nvt	ja	nee	nee	nvt	nvt	nvt	nee
Waterstand	nvt	6,0	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Hoogte voorland	nvt	4,5	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
Waterdiepte	nvt	1,5	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
$H_{s, \text{max}}$ [m]	nvt	1,1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
$H_{s, \text{totaal}}$ [m]	1,9	1,4	1,7	1,5	0,9	0,8	0,6	0,6
H_s	1,9	1,1	1,7	1,5	0,9	0,8	0,6	0,6

Opvallend is dat de hoofdrichting met de hoogste golfhoogte buiten de haven niet tot de maatgevende golfcondities op uitvoerpunt 02 leidt. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de bijdrage van diffractie aan de lokale golfhoogte toeneemt voor zuidelijkere richtingen. De lagere buitengaats golfcondities voor deze richtingen worden ruimschoots gecompenseerd door de hogere diffractiecoëfficiënten. Hieruit blijkt dat de keuze voor de door te rekenen hoofdrichtingen in sterke mate de resultaten kan beïnvloeden.

5.3 Vergelijking resultaten

Tabel 18

Golfhoogte H_s volgens verschillende benaderingen

In onderstaande tabellen zijn de resultaten van de berekeningen volgens de verschillende methoden weergegeven en vergeleken met de gegevens uit het Randvoorwaardenboek 2002.

H_s op uitvoerpunt [m]	Golfhoogte Buiten	Gedetailleerde Methode	Alkyon	RVB 96
01 / V41 / Vak 1	2,50	1,9	1,13	1,35 ^{*1, *2}
02 / V03 / Vak 2	2,50	1,7	0,67	0,85 ^{*1, *2}
03 / V46 / Vak 4	2,50	0,9	0,71	1,00 ^{*1, *2}
04 / V49 / Vak 6	2,50	0,8	0,72	0,60 ^{*2, *3}
05 / V52 / Vak 9	2,50	0,6	0,41	0,60 ^{*2, *4}
06 / V34 / Vak 10	2,50	0,6	0,52	0,60 ^{*2, *4}

^{*1}: Golfhoogte berekend via superponeren van energieën

^{*2}: Dit is exclusief 0.20 m toeslag voor Seiches

^{*3}: Geen waarde voor lokaal opgewekte golven

^{*4}: Geen waarde voor indringing

De vergelijking van de resultaten van de verschillende methodieken maakt duidelijk dat er een verfijning in de randvoorwaarden is verkregen zoals dat is beoogd in de benadering van grof naar fijn; de uitkomsten van de gedetailleerde methode zijn altijd conservatiever dan die van de geavanceerde methode. Verder resulteert de gedetailleerde methode in golfrandvoorwaarden welke in alle gevallen lager zijn dan de golfrandvoorwaarden buiten de haven.

Tabel 19

Golfperiode volgens verschillende benaderingen

$T_{p,eq}$ op uitvoerpunt [s]	Piekperiode Buiten	Gedetailleerde Methode	Alkyon	RVB 96
01 / V41 / Vak 1	8,1	8,1	8.46	8.53 ^{*1}
02 / V03 / Vak 2	8,1	8,1	7.31	5.10 ^{*1}
03 / V46 / Vak 4	8,1	8,1	4.69	5.40 ^{*1}
04 / V49 / Vak 6	8,1	8,1	6.51	6.00 ^{*2}
05 / V52 / Vak 9	8,1	8,1	7.64	2.80 ^{*3}
06 / V34 / Vak 10	8,1	8,1	5.31	.. ^{*4}

^{*1}: Berekend via equivalente-periode-methode (vierde-machts-formule).

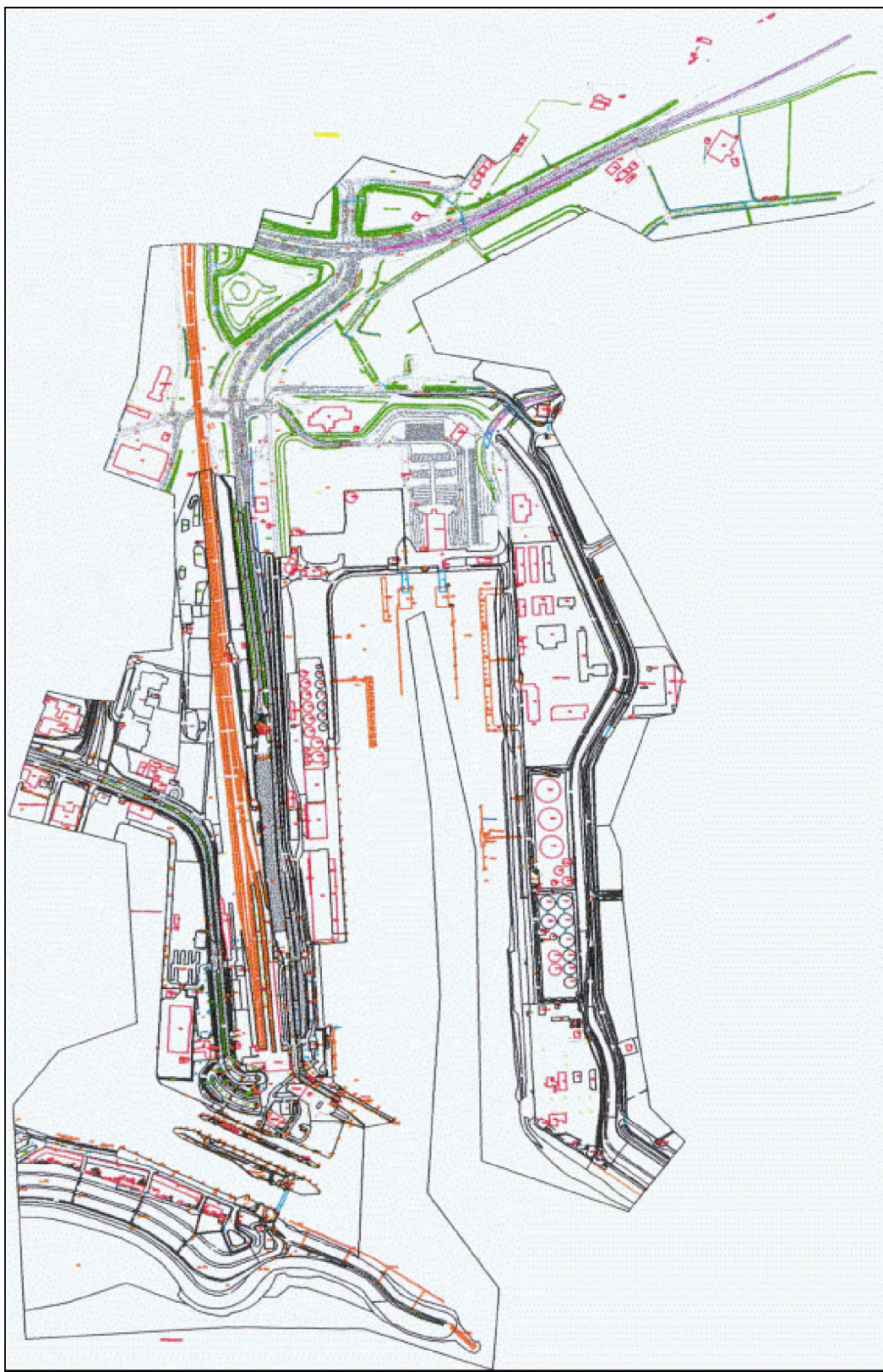
^{*2}: Alleen waarde ten gevolge van indringing gegeven

^{*3}: Alleen waarde ten gevolge van lokale golfgroei gegeven

^{*4}: Geen waarde gegeven

De vergelijking van de berekende piekperiodes laat zien dat de piekperiode berekend met de geavanceerde methode in sommige gevallen hoger is dan de berekende piekperiode volgens de gedetailleerde methode (die per definitie gelijk is aan die buitengaats). Een mogelijke oorzaak hiervan is voor de geavanceerde methode andere randvoorwaarden buiten de haven zijn gehanteerd. Daarnaast kunnen in modellen met reflectie en golf-golf interacties de golven langer worden als gevolg van deze processen.

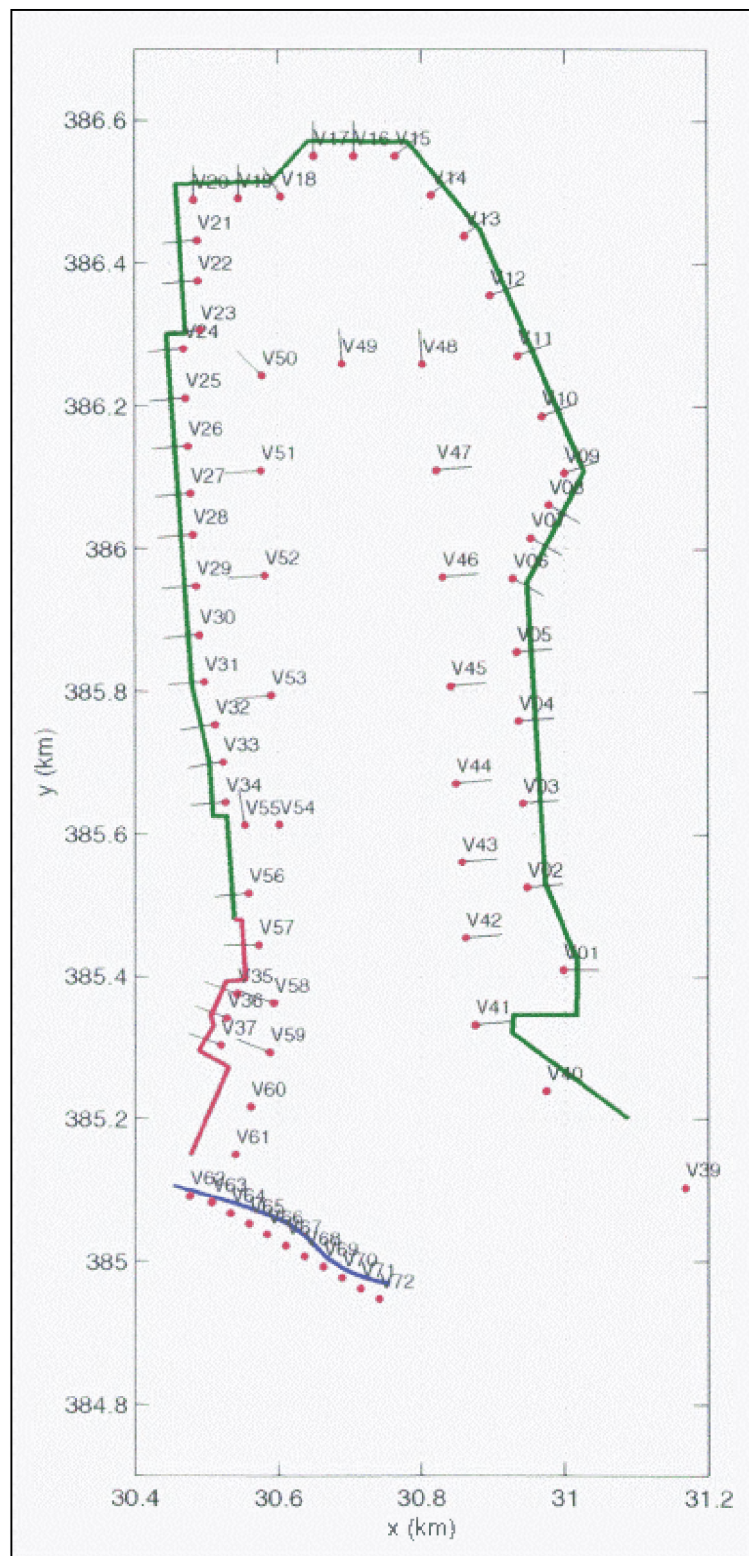
.....
Figuur 15
Gis-compilatie van Buitenhaven Vlissingen



Figuur 16
Vakindeling Buitenhaven Vlissingen



.....
 Figuur 17
 Uitvoerpunten zoals gedefinieerd door Alkyon



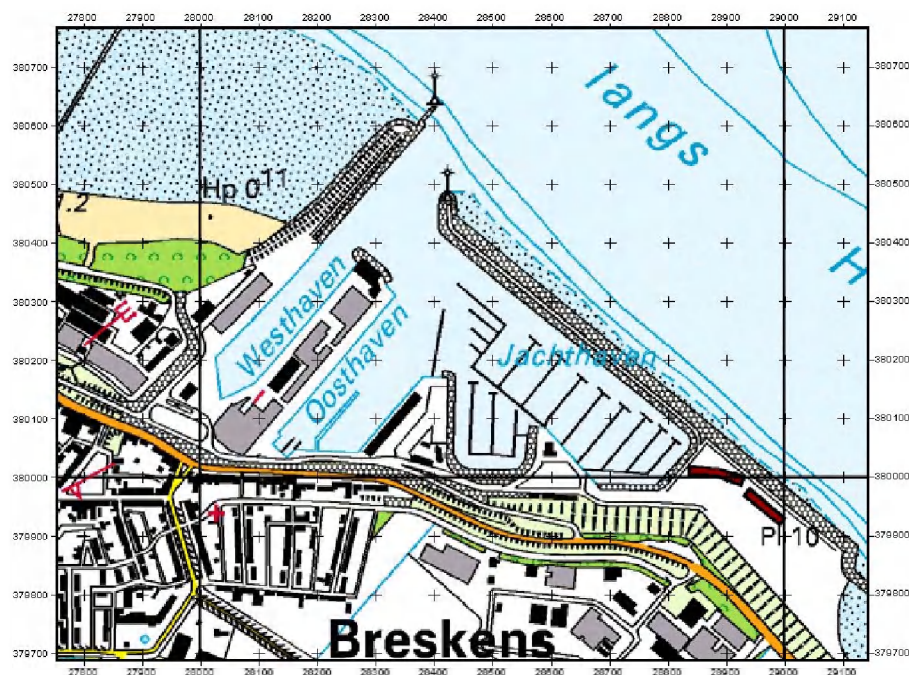
6 Case Jacht- en Handelshaven Breskens

6.1 Inleiding

Als tweede voorbeeld case van de gedetailleerde methode is gekozen om een tweetal punten in de Jacht- en Handelshaven van Breskens te berekenen. Het doel van deze case is het presenteren van een voorbeeld waarbij er sprake is van een systeem van twee havendammen.

Het eerste uitvoerpunt ligt in de zuidelijke hoek van het oostelijke handelshavenbekken. Het tweede uitvoerpunt ligt aan de rand van de jachthaven. De locatie van de twee uitvoerpunten is weergegeven in figuur 18. Voor elk van de uitvoerpunten zullen drie hoofdrichtingen worden doorgerekend met de gedetailleerde methode, zijnde 300°N, 330°N en 360°N.

Figuur 18
Jacht- en Handelshaven Breskens



6.2 Bepaling golfrandvoorwaarden Jacht- en Handelshaven Breskens

Stap 1: Toepasbaarheid gedetailleerde methode voor de Jacht- en Handelshaven Breskens

- Stap 1A: Golfrandvoorwaarden buiten de haven zijn beschikbaar voor verschillende hoofdrichtingen (270°N t/m 120°N).
- Stap 1B: De waterstand behorende bij de golfrandvoorwaarden wordt gespecificeerd in HR 2001: 5,65 [m+NAP].
- Stap 1C: Er treedt tijdens de te toetsen omstandigheden geen meervoudige transmissie/diffractie op in het havenbekken.
- Stap 1D: De hoogtes van de kademuuren van de jacht- en handelshaven zijn respectievelijk +4,0 [m+NAP] en +2,9 [m+NAP]. Dit houdt in dat de kade muren zich tijdens de te toetsen omstandigheden onder water bevinden en geen reflectie van golfenergie te weeg brengen.
- Stap 1E: Tijdens de te toetsen omstandigheden treedt er geen significante stroming op in het havenbekken.

Stap 2: Vaststellen relevante individuele processen

- Stap 2A: Golven uit alle gespecificeerde hoofdrichtingen leiden tot een schaduwzone in het havenbekken. Diffractie is derhalve voor alle richtingen van belang.
- Stap 2B: De havendammen gesitueerd bij de havenmond zijn niet zodanig ontworpen dat er geen transmissie van golfenergie plaats zal vinden tijdens de te toetsen omstandigheden. Transmissie van golfenergie is dus van belang.
- Stap 2C: Er is sprake van zowel diffractie als transmissie en dus dient de interactie tussen diffractie en transmissie te worden meegenomen.
- Stap 2D: De afmetingen van het havenbekken zijn ongeveer 600 * 1000 [m]. Dit houdt in dat lokale golfgroei mogelijk een significante bijdrage levert aan de golfcondities tijdens de te toetsen omstandigheden. Lokale golfgroei dient derhalve in rekening te worden gebracht.
- Stap 2E: Voor de primaire waterkering aan de zuidelijke rand van het havenbekken bevindt zich een lager gelegen haventerrein. De hoogte en lengte van dit haventerrein geeft aanleiding om een controle uit te voeren op de aanwezigheid van een voorland.

Stap 3: Schematisatie van de Jacht- en Handelshaven Breskens

- De Jacht- en Handelshaven Breskens heeft een formaat van ongeveer 600 * 1000 [m]. Voor de schematisatie is gekozen voor een schaal van 1:5000, zodat de haven op één A4-formaat papier past.
- Uitgaande van de haven, zoals in figuur 18 getoond, worden eerst alle niet relevante elementen verwijderd. Dit zijn alle bebouwingen op het haventerrein, de aanlegsteigers en alle gegevens buiten de waterkeringen.
- De waterkeringen kunnen vrij eenvoudig met rechte lijnen worden overgetrokken.
- Ook de rand van het haventerrein bestaat duidelijk uit vrijwel rechte lijnen.
- Genoteerd wordt dat de haven beschermd wordt door twee havendammen. Dit is later van belang bij het diffractieproces.
- De genoemde havendammen kunnen eenvoudig met rechte lijnen worden overgetrokken.

Stap 4: Hydraulische Randvoorwaarden buiten de haven

Door het Rijksinstituut voor Kust en Zee zijn de onderstaande golfcondities beschikbaar gesteld aan het Projectbureau Zeeweringen, ten behoeve van het ontwerp van dijkbekledingen, beschikbaar gesteld. Voor de toetsing van de

.....
Tabel 20
Golfcondities buiten haven

dijkvakken wordt gebruik gemaakt van de golfcondities bij een waterstand van 6,0 [m+NAP].

windrichting Waterstand	Hs [m]			Tp [s]			Golfrichting [°N]		
	2	4	6	2	4	6	2	4	6
30	1,7	1,8	2,0	5,5	5,5	5,5	20	30	30
60	1,7	1,8	2,1	5,9	5,9	5,9	45	50	60
90	1,5	1,7	2,0	5,2	5,9	6,3	70	80	90
120	1,3	1,5	1,7	5,2	5,5	6,3	100	100	100
270	1,8	2,1	2,5	8,4	9,1	9,1	330	320	315
300	2,2	2,5	2,9	8,0	8,4	8,8	330	330	320
315	2,2	2,5	2,9	7,7	8,4	8,8	330	330	330
330	2,1	2,4	2,8	7,3	8,0	8,4	330	340	340
360	2,0	2,1	2,4	5,5	5,9	7,3	360	360	350

De verwachting is dat bovenstaande hoofdrichtingen zullen leiden tot de maatgevende condities bij de uitvoerpunten. Het aanvragen van aanvullende informatie bij RIKZ/RIZA is derhalve niet nodig.

Ten behoeve van dit voorbeeld wordt er gekozen voor een drietal hoofdrichtingen, te weten 300°N, 330°N en 360°N. Bij een daadwerkelijke toetsing dienen de golfbrandvoorwaarden eveneens voor de overige richtingen bepaald te worden.

Stap 5: Bepaling bijdrage diffractie

De bepaling van de bijdrage van diffractie is samengevat in onderstaande tabel. De tabel is gebaseerd op de werkwijze zoals voorgeschreven voor de gedetailleerde methode.

Stap 5A-5E: Berekening diffractie coëfficiënten

Tabel 21
Diffractie coëfficiënten

Locatie Windrichting [°N]	01			02		
	300	330	360	300	330	360
Toetspeil [m+NAP]	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65
H _{s,i} [m]	2,9	2,8	2,4	2,9	2,8	2,4
T _{p,i} [s]	8,8	8,4	7,3	8,8	8,4	7,3
L _{0,p} [m]	120,9	110,2	83,2	120,9	110,2	83,2
Golfrichting [°N]	320	340	350	320	340	350
Dominante richting golfveld [°]	100	80	70	100	80	70
Aantal dammen	1*	1*	2	1*	1*	2
S _{max} [-]	10	10	10	10	10	10
X [m]	-500	-320	250	-310	-70	20
Y [m]	360	510	460	640	710	610
B _{eq} [m]	nvt	nvt	40	nvt	nvt	40
X/ L _{0,p} [-]	-4,14	-2,9	3	-2,56	-0,64	0,24
Y/ L _{0,p} [-]	2,98	4,63	5,53	5,29	6,44	7,33
B _{eq} /L _{0,p} [-]	nvt	nvt	0,48	nvt	nvt	0,48
K _d [-]	0,30	0,47	0,30	0,54	0,70	0,40

*B_{eq} is nul of negatief, uitvoerpunt ligt achter één havendam, dus aantal dammen is 1

Stap 6: Berekening bijdrage transmissie

Bij de berekening van de bijdrage van transmissie aan de golfcondities ter plaatse van de uitvoerpunten is uitgegaan van een buitentalud met een taludhelling van 1:4, bestaande uit basalt tot +3,0 [m+NAP] en asfalt t/m de kruin. Uitgaande van het toetspeil van 5,65 [m+NAP], wordt aangenomen dat de dam tijdens MHW-omstandigheden fungeert als een gladde dichte dam met een flauw talud (1:3-1:5). De bijbehorende coëfficiënten zijn: $\alpha=2.4$ en $\beta=0.4$

Tabel 22

Transmissie coëfficiënten

Stap 6A-6C: Berekening bijdrage transmissie

Locatie Windrichting [°N]	01			02		
	300	330	360	300	330	360
Toetspeil [m+NAP]	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65
$H_{s,i}$ [m]	2,9	2,8	2,4	2,9	2,8	2,4
$T_{p,i}$ [s]	8,8	8,4	7,3	8,8	8,4	7,3
$L_{0,p}$ [m]	120,9	110,2	83,2	120,9	110,2	83,2
Golfrichting [°N]	320	340	350	320	340	350
Dominante richting golfveld [°]	100	80	70	100	80	70
Transmissiezone	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Hoogte dam	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
α	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
β	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Vrijboord	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
K_t [-]	0,22	0,22	0,19	0,22	0,22	0,19

Stap 7: Berekening diffractie-transmissiecoëfficiënt

In alle gevallen is er sprake van zowel diffractie als transmissie. Op basis van de hiervoor vastgestelde diffractie en transmissie coëfficiënten wordt de interactiecoëfficiënt bepaald. Met behulp van de inkomende golfhoogte en deze coëfficiënt wordt de hoeveelheid golfenergie ten gevolg van diffractie en transmissie op het uitvoerpunt vastgesteld.

Stap 7A-7B: Bepaling bijdrage golfenergie als gevolg van diffractie en transmissie

Tabel 24

Bijdrage diffractie en transmissie

Locatie Windrichting [°N]	01			02		
	300	330	360	300	330	360
Toetspeil [m+NAP]	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65	5,65
$H_{s,i}$ [m]	2,9	2,8	2,4	2,9	2,8	2,4
$T_{p,i}$ [s]	8,8	8,4	7,3	8,8	8,4	7,3
$L_{0,p}$ [m]	120,9	110,2	83,2	120,9	110,2	83,2
Golfrichting [°N]	320	340	350	320	340	350
K_s [-]	0,30	0,47	0,30	0,54	0,70	0,40
K_t [-]	0,22	0,22	0,19	0,22	0,22	0,19
$K_{d,t}$ [-]	0,37	0,51	0,35	0,57	0,72	0,44
$E_{d,t}$ [m ²]	0,07	0,13	0,04	0,17	0,25	0,07

Stap 8: Berekening bijdrage lokale golfgroei

De afmetingen van het havenbekken zijn zodanig dat er mogelijk een significante bijdrage van lokale golfgroei aan de golfcondities op de uitvoerpunten kan optreden. Derhalve wordt per uitvoerpunt de bijdrage van de lokale golfgroei vastgesteld. Hiervoor wordt aangenomen dat de maatgevende windsnelheid 33 [m/s] bedraagt.

Tabel 25
Bijdrage lokale golfgroei

Locatie Windrichting [°N]	01			02		
	300	330	360	300	330	360
U_{10} [-]	33	33	33	33	33	33
Windrichting [°N]	320	340	350	320	340	350
F [m]	300	350	450	600	650	400
H_{lg} [m]	0,43	0,47	0,53	0,61	0,64	0,50
E_{lg} [m ²]	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02

Stap 9: Vaststelling golfbelasting vanuit alle bijdragen

De bijdragen van diffractie-transmissie en lokale golfgroei worden bij elkaar opgeteld om te komen tot de golfcondities ter plaatse van de uitvoerpunten. Vervolgens wordt de som van de hoeveelheid golfenergie op de uitvoerpunten omgezet in een significante golfhoogte.

Tabel 26
Totale golfenergie en golfhoogte

Locatie Windrichting [°N]	01			02		
	300	330	360	300	330	360
$E_{d,t}$ [m ²]	0,07	0,13	0,04	0,17	0,25	0,07
E_{lg} [m ²]	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02
E_{totaal} [m ²]	0,08	0,14	0,06	0,19	0,28	0,09
$H_{s,\text{totaal}}$ [m]	1,20	1,50	1,00	1,80	2,10	1,20

Stap 10: Controle op ondiep voorland

Beide uitvoerpunten bevinden zich op het ondiepere haventerrein. Aan de hand van de lengte van het voorland en de inkomende golflengte wordt vastgesteld of er rekening dient te worden gehouden met een ondiep voorland.

Tabel 27
Golfcondities ondiep voorland

Locatie Windrichting [°N]	01			02		
	300	330	360	300	330	360
$L_{0,p}$ [m]	120,9	110,2	83,2	120,9	110,2	83,2
Lengte voorland	25	25	25	75	75	75
Ondiep voorland	nee	Nee	nee	nee	nee	nee
$H_{s,\text{max}}$ [m]	nvt	Nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
$H_{s,\text{totaal}}$ [m]	1,20	1,50	1,00	1,80	2,10	1,20
H_s [m]	1,20	1,50	1,00	1,80	2,10	1,20

Symbolen

α	coëfficiënt in golfgroeiformule van Wilson	[-]
a	wind hoofdwindrichting	[gr. tov N]
β	coëfficiënt in golfgroeiformule van Wilson	[-]
β	hoek tussen de invallende golfrichting en de normaallijn van de opening	[graden]
γ	verspreidingshoek transmissie	[graden]
B	werkelijke breedte van de opening tussen twee havendammen	[m]
B_{eq}	equivalente breedte van de opening tussen twee havendammen	[m]
d	lokale waterdiepte	[m]
$E_{d,t}$	golfenergie in een punt als gevolg van diffractie en transmissie alleen	[m ²]
E_g	golfenergie opgewekt door lokaal windveld	[m ²]
E_{totaal}	totale golfenergie in een punt	[m ²]
F	strijklengte	[m]
H_s	significante golfhoogte	[m]
$H_{s,i}$	invallende significante golfhoogte (juist buiten de haven)	[m]
$H_{s,d}$	significante golfhoogte als gevolg van diffractie alleen	[m]
$H_{s,t}$	significante golfhoogte als gevolg van transmissie alleen	[m]
h	waterstand	[m tov NAP]
h_{dam}	hoogte van de kruin van de havendam(men)	[m tov NAP]
h_K	vrijboord van de havendam(men)	[m]
h_m	waterdiepte op ondiep voorland bij een bepaalde waterstand	[m]
L	lokale golflengte	[m]
$L_{0,p}$	golflengte op diep water, behorend bij de piekperiode T_p	[m]
T_p	piekperiode	[s]
$T_{p,i}$	invallende piekperiode (juist buiten de haven)	[s]
K_d	diffractiecoëfficiënt, gedefinieerd als $H_{s,d} / H_{s,i}$	[-]
K_t	transmissiecoëfficiënt, gedefinieerd als $H_{s,t} / H_{s,i}$	[-]
$K_{d,t}$	diffractie-transmissiecoëfficiënt	[-]
O	oorsprong van het x,y-assenstelsel van een diffractiediagram	[m]
U_{10}	windsnelheid op 10 m boven maaiveld	[m/s]
X	de afstand van het uitvoerpunt tot de y-as van een diffractiediagram	[m]
Y	de afstand van het uitvoerpunt tot de x-as van een diffractiediagram	[m]

Literatuur

.....

- [1] TAW, *Voorschrift Toetsen op Veiligheid*, 1999
- [2] DWW, *Hydraulische randvoorwaarden voor primaire waterkeringen*, Delft, 1996
- [3] Alkyon, *SWAN golfberekeningen in de Westerschelde voor 6 windklassen*, A384, 1999
- [4] Alkyon, *Hydraulische randvoorwaarden Buitenhaven Vlissingen*, A677, januari 2001
- [5] Veri-Tech Inc, *Coastal Engineering Manual Parts 1, 2, 3, 4*, Vicksburg, 2002
- [6] Alkyon, *Golfrandvoorwaarden voor in door dammen afgeschermd gebied*, Band B, A314, 1998
- [7] Goda, Y., Takeda, H., Moriya, Y., *Laboratory investigation of wave transmission over breakwaters*, Rep. Port & Harbour Res Inst, January 1967
- [8] Holthuijsen, L.H., et. al., *SWAN User manual Cycle 2 version 40.01'*, TU Delft, 1999
- [9] Alkyon, *Golfrandvoorwaarden voor in door dammen afgeschermd gebied*, Band A, A314, 1998
- [10] TAW, *Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken*, deel 2 - benedenrivierengebied, 1989
- [11] Ris, R.C., et al., *Deep water wave growth at short fetches for high wind speeds*, 2001
- [12] Holthuijsen, L.H., *Methoden voor golfvoorspelling*, TAW 1980

Programmatuur:

- {1} SWAN, versie 30.62

BIJLAGE 1 FYSISCHE PROCESSEN IN HAVENS

.....

B1.1 Inleiding

De (wind)golfbelasting in havens wordt overwegend bepaald door de volgende fysische processen:

- Diffractie
- Transmissie
- Lokale golfgroei door wind
- Golfhoogtebeperking door ondiep voorland
- Interactie tussen golfgroei en hoog frequent deel van het aanwezige golfspectrum
- Triad en quadruplet interacties
- Refractie
- Reflectie
- Dissipatie

Voor de eerste vijf genoemde processen komen in de hiernavolgende hoofdstukken B1.2 t/m B1.6 van deze bijlage per fysisch proces de volgende onderwerpen aan de orde:

- een algemene beschrijving van het fysische proces,
- de gekozen gedetailleerde methode (en toepassingscriteria) voor de beschrijving van het fysische proces ten behoeve van de bepaling van golfbelasting in havens.

In hoofdstuk B1.7 wordt aangegeven hoe de resulterende golfbelasting in een uitvoerpunt uit de verschillende bijdragen berekend wordt.

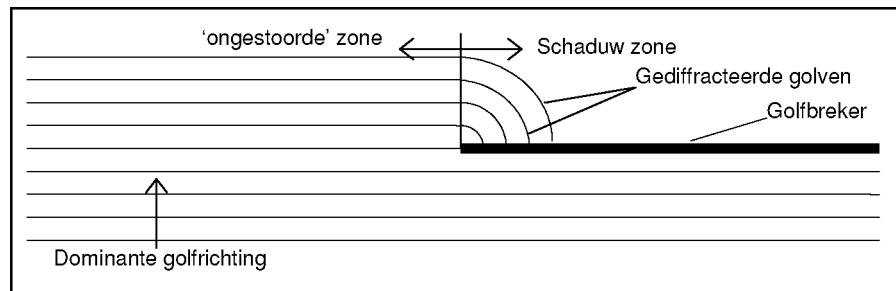
De overige fysische processen zijn niet in de gedetailleerde methode voor de bepaling van golfbelasting in havens meegenomen. Van deze fysische processen is in hoofdstuk B1.8 van deze bijlage per proces een korte algemene beschrijving opgenomen en zijn de redenen aangevoerd voor het niet in rekening brengen van het betreffende proces.

B1.2 Diffractie

B1.2.1 Algemene beschrijving fysische proces

Diffractie zorgt voor een verspreiding van binnenkomende golfenergie in laterale richting naar gebieden met een lagere golfenergie. Een voorbeeld hiervan is wanneer lopende golven een opstakel, zoals een golfbreker (havendam), treffen. Achter de golfbreker ontstaat een schaduwzone. Door het verschil in energiedichtheid tussen de ongestoorde golven die langs de golfbreker lopen en het golfveld in de schaduwzone achter de golfbreker, zal overdracht plaatsvinden van energie. Dit wordt gevisualiseerd in Figuur B1. Door diffractie van golfenergie is de golfhoogte in de ongestoorde zone in het algemeen lager dan wanneer geen diffractie zou optreden en voor de schaduwzone geldt dit andersom.

Figuur B1
Diffractie van golfenergie richting de schaduwzone



De binnendringende golfenergie is in meer of mindere mate verspreid over het richtingendomein (richtingsspreiding van golfenergie). In het geval overwegend sprake is van deiningsgolven, elders opgewekte golven, zal de richtingspreiding relatief gering zijn, in het geval van lokale windgolven zal de richtingspreiding relatief groot zijn. Golfenergie van deiningsgolven zal zich diensgevolge bij voortplanting in een nauwere richtingenband blijven concentreren dan het geval is bij golfenergie van windgolven.

B1.2.2 Eenvoudige methode voor de beschrijving van het fysische proces

Afwegingen

Diffractieberekeningen kunnen ofwel uitgevoerd worden middels geavanceerde modellen als DIFFRAC en PHAROS ofwel met behulp van de diagrammen in de Shore Protection Manual [5]. Voor toepassing in een gedetailleerde methode zijn de modellen DIFFRAC en PHAROS ongeschikt. De keuze voor het in rekening brengen van diffractie met behulp van de diagrammen in de Shore Protection Manual [5] is daarmee de voor de hand liggend.

Methode Shore Protection Manual

Voor een eenvoudige beschrijving van diffractie is gekozen voor de beschrijving met standaard diffractiediagrammen zoals opgenomen in de Shore Protection Manual [5]. Deze diagrammen geven voor eenvoudige situaties standaardoplossingen van de analytische berekening van diffractie per frequentie van een aangepast Bretschneider spectrum. Aangezien de oplossingen niet erg gevoelig zijn voor de vorm van het energiespectrum, wordt aangenomen dat de

oplossingen ook van toepassing zijn op een JONSWAP-spectrum.

De oplossingen worden gepresenteerd in de vorm van een diffractiecoëfficiënt k_t , gedefinieerd als het quotiënt van de gediffracteerde golfhoogte (H_d) en de inkomende golfhoogte (H_i) en zijn bepaald voor zowel situaties met één half-oneindige golfbreker als voor twee half-oneindige golfbrekers met een opening (voor verhoudingen van openingsbreedte/golflengte (B/L) 1, 2, 4 en 8). Wanneer

de opening breder wordt dan ongeveer 5 golflengtes ($B/L > 5$) zullen golfbrekeruiteinden elkaar niet meer beïnvloeden en kan de oplossing op een punt bepaald worden uit de superpositie van de oplossingen voor twee half-oneindige golfbrekers.

De oplossingen zijn wel gevoelig voor de mate van richtingsspreiding van het golfveld. De maat voor de richtingsspreiding wordt in de Shore Protection Manual [5] aangeduid met de parameter $S_{\max}$. Een grote richtingsspreiding, kenmerkend voor een door lokale wind gegenereerd golfveld, wordt gekarakteriseerd door een relatief lage waarde voor $S_{\max}$. Deningsgolven hebben een kleine richtingsspreiding en derhalve een relatief grote waarde voor $S_{\max}$. De diagrammen in de Shore Protection Manual [5] zijn gegeven voor de situatie van $S_{\max} = 10$ (lokaal opgewekte golven domineren) en $S_{\max} = 75$ (deningsgolven domineren).

Praktische toepassing in de gedetailleerde methode

In het Achtergronddocument zijn de diagrammen uit de Shore Protection Manual [5] in numerieke tabelvorm geschematiseerd opgenomen (zie bijlage 2). Hierbij is voor elke cel in de tabel de waarde gegeven die het beste de lokale oplossing benadert (zie figuur B2). Tussen de iso-lijnen van de diffractiediagrammen is niet geïnterpoleerd, maar is de hoogste waarde aangehouden van de twee omhullende iso-lijnen. Hierdoor ontstaat een getrapt patroon. Door deze vereenvoudiging van de oplossing zal de K_t -waarde ter plaatse in het algemeen enigszins overschat worden (nooit onderschat!) ten opzichte van de K_t -waarde die zou volgen uit nauwkeurige, lineaire interpolatie. De overschatting van de K_t -waarde bedraagt maximaal 10%.

.....
Tabel B1
Gedeelte van geschematiseerde diffractie
diagram voor $S_{\max} = 10$ en $B/L = 10$

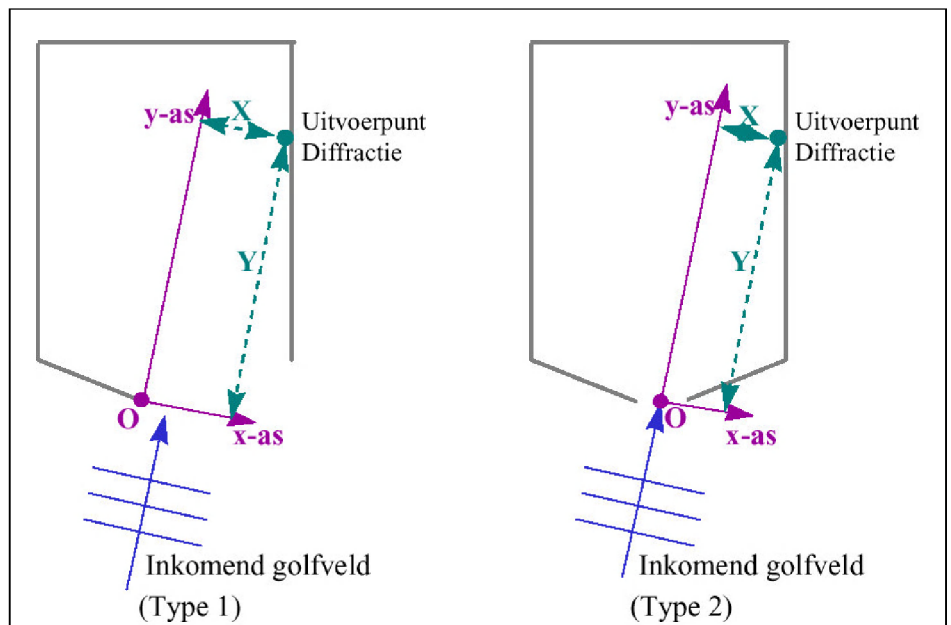
Y/L	0.5	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5
	0.4	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5
	0.3	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
	0.4	1.0	0.9	0.8	0.6	0.4
	0.2	1.0	1.0	1.0	0.5	0.4
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
		X/L				

De beheerder geeft de locatie van het uitvoerpunt op in de vorm van coördinaten in een x,y-assenstelsel:

- in het midden van de opening in een situatie met twee havendammen of
- op het uiteinde van de havendam in een situatie met één havendam.

De y-as is gedefinieerd als de as die parallel loopt aan de inkomende golfrichting en de x-as staat loodrecht op de y-as. Zie figuur B2 voor een weergave van de hierboven beschreven definitie.

Figuur B2
Definitie assenstelsel in de
diffractiediagrammen



De golflengte L volgt uit de inkomende golfperiode en wordt berekend aan de hand van de relatie tussen golfperiode en golflengte geldend voor diep water: $L = L_{o,p} = (g/2\pi) T_p^2$. Voor ondiep water condities of in het overgangsgebied tussen diep en ondiep water condities gelden in feite andere betrekkingen, resulterend in een kleinere golflengte. Het gebruik van de grotere, diep water golflengte is echter maatgevend.

Met de berekende golflengte L is uit de geschematiseerde diffractiediagrammen de diffractiecoëfficiënt K_d af te lezen.

Met behulp van de vergelijking

$$E_{s,d} = K_d^2 \cdot E_{s,i}$$

waarbij met

$$E_{s,i} = (0.25 \cdot H_{s,i})^2$$

wordt de bijbehorende gediffracteerde golfenergie berekend.

De diffractiediagrammen zijn bepaald voor vaste waarden van B/L (1, 2, 4 en 8). In praktijk zal de breedte van de opening tussen twee van deze waarden liggen. Volgens de Shore Protection Manual [5] kan lineair geïnterpoleerd worden om de diffractiecoëfficiënt te bepalen voor tussenliggende openingsbreedtes. In het geval $B/L < 1$ wordt de diagram met $B/L = 1$ aangehouden (hetgeen een conservatieve benadering is).

B1.3 Transmissie

B1.3.1 Algemene beschrijving fysische proces

Golftransmissie door en over dammen is het verschijnsel waarbij een deel van de golfenergie door en over de dammen het afgeschermd gebied binnendringt. Het verschijnsel golftransmissie is in het verleden in het algemeen alleen in rekening gebracht op de golfhoogte, waarbij de verhouding tussen de getransmitteerde golfhoogte (H_s) en de inkomende golfhoogte (H_i) de zogenoemde transmissiecoëfficiënt (K_t) is. Uit onderzoek [6] blijkt echter dat golftransmissie ook een effect heeft op de vorm van het spectrum, waarbij energie opschuift van het lage frequentie deel van het spectrum naar het hoge frequentie deel. Daarbij blijft de piekperiode (T_p) van het spectrum nagenoeg gelijk, maar wordt de gemiddelde periode (T_m) kleiner. Het opschuiven van golfenergie naar het hoge frequentie-spectrum heeft effect op lokale golfgroei door wind.

B1.3.2 Eenvoudige methode voor de beschrijving van het fysische proces

Afwegingen

Uit literatuur zijn verscheidene transmissieformuleringen bekend. De meest bekende is wel de formule van Goda [7] die de golftransmissie voor verticale constructies beschrijft. Hierbij treedt alleen transmissie op óver de constructie heen en geen transmissie dóór de constructie heen. De vergelijking is tot stand gekomen na onderzoek met regelmatige golven. De formulering van de vergelijkingen is als volgt:

$$\left| \begin{array}{ll} \frac{h_k}{H_i} \leq -\alpha - \beta & K_t = 1 \\ -\alpha - \beta \leq \frac{h_k}{H_i} \leq \alpha - \beta & K_t = \frac{1}{2} \left(1 - \sin \left(\frac{\pi}{2} \frac{\frac{h_k}{H_i} + \beta}{\alpha} \right) \right) \\ \frac{h_k}{H_i} \geq \alpha - \beta & K_t = 0 \end{array} \right.$$

Hierbij gaf Goda de enkele waarden voor α en β bij verschillende caisson types. Voorts zijn middels modelonderzoek voor andere damconstructies coëfficiënten α en β afgeleid. In onderstaande tabel zijn deze coëfficiënten gegeven ([6] en [8]):

Tabel B2
Coëfficiënten in transmissieformulering

Caisson type	α	β
Caisson	2.2	0.40
Verticale wand	1.8	0.10
(Golfbrekerachtige) dam (helling 1:1.5)	2.6	0.15
Gladde dichte dam met flauw talud (1:3 - 1:5)	2.4	0.4
Idem, maar met stortstenen kraagstuk	1.6	0.5
Heel breed caisson ($B \gg L_0$)	1.8	0.6

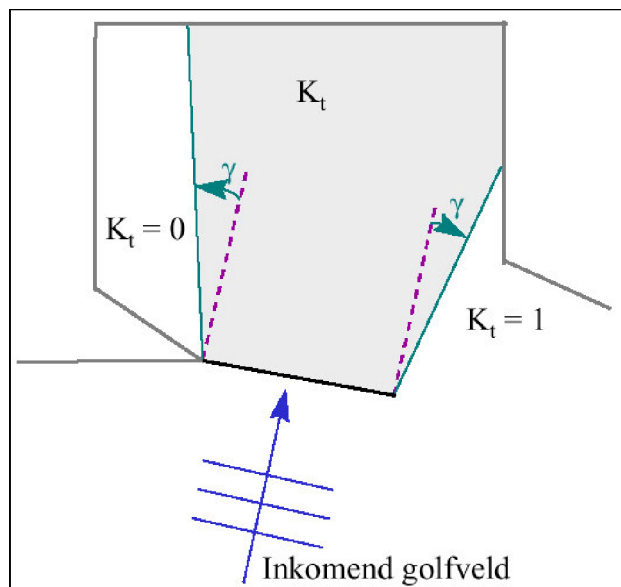
De transmissieformulering van Goda [7] wordt heden ten dage veelvuldig toegepast, en is onder andere in SWAN [1] ingebouwd. Overige in de literatuur vermelde transmissieformuleringen zijn veel minder algemeen toegepast of zijn minder eenvoudig.

De veelvuldige praktische toepassing en de relatieve eenvoud van de transmissieformulering van Goda [7] zijn dan ook de redenen voor het opnemen van deze formulering in deze gedetailleerde methode.

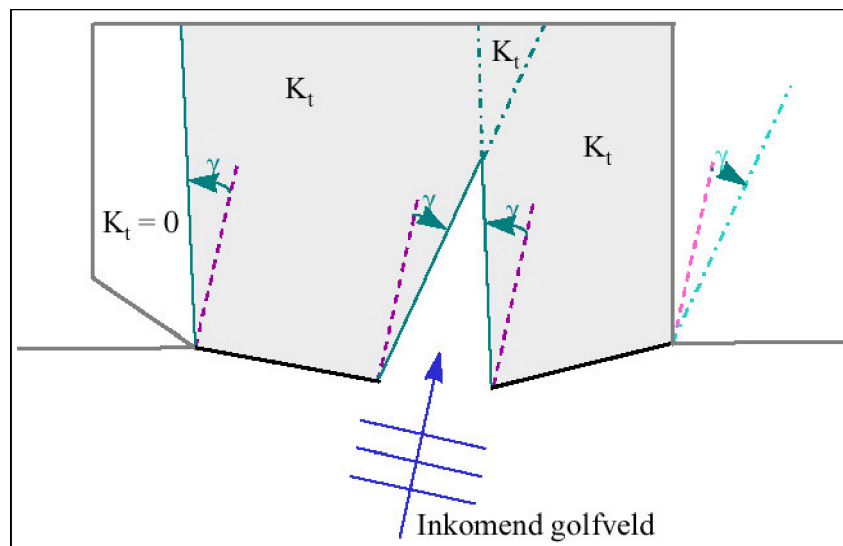
Praktische toepassing in de gedetailleerde methode

Met de transmissieformulering van Goda [7] wordt op basis van de golfrandvoorwaarden buiten de haven en de gegevens over de havendammen een transmissiecoëfficiënt K_t berekend. Deze transmissiecoëfficiënt is geldig in de zogenaamde **transmissiezone**, die hier gedefinieerd is als de zone in de haven waarin getransmitteerde golfenergie aanwezig is. Deze zone wordt bepaald door de verspreiding van de getransmitteerde golfenergie in de haven als gevolg van de richtingsspreiding van deze golfenergie. Als maat voor de hoek waaronder de verspreiding van golfenergie plaatsvindt, wordt 15 graden ten opzichte van de hoofdrichting aangehouden (waarbij dus wordt verondersteld dat de golfenergie zich concentreert in een richtingenband van 30 graden). In onderstaande figuren wordt geïllustreerd hoe de transmissiezone “geconstrueerd” wordt:

.....
Figuur B3
Transmissiezone voor situatie met één
havendam



.....
Figuur B4
Transmissiezone voor situatie met twee
havendammen



In de gehele transmissiezone wordt een uniforme getransmitteerde golfenergie verondersteld (overal binnen de transmissiezone geldt dezelfde transmissiecoëfficiënt K_t). Ook bij eventueel overlappende transmissiezones wordt dezelfde transmissiecoëfficiënt K_t aangehouden. Het uniform houden van de transmissiecoëfficiënt K_t heeft aan de randen van de transmissiezone een scherpe overgang tot gevolg. In de praktijk zal deze overgang diffuser zijn en tot 0 reduceren in een overgangszone.

In de gedetailleerde methode wordt het effect van transmissie op de **gemiddelde golfperiode** (verschuiving van een deel van de energie in het spectrum van lage frequenties naar hoge frequenties) niet in rekening gebracht. De **piekperiode** van het getransmitteerde spectrum is gelijk aan die van het inkomende golfspectrum.

B1.4 Interactie tussen Diffractie en Transmissie

B1.4.1 Algemene beschrijving fysische proces

Achter een golfbreker is het golfveld opgebouwd uit bijdragen van transmissie en diffractie. Aangezien diffractie het verschijnsel is waarbij golfenergie zich lateraal verspreid vanuit een zone met een relatief grote energiedichtheid naar een zone met relatief lage energiedichtheid, is de mate van diffractie afhankelijk van de mate van transmissie. Immers bij relatief grote transmissie over en door havendammen zijn de gradiënten in golfenergie in de haven relatief klein.

B1.4.2 Eenvoudige methode voor de beschrijving van het fysische proces

De bovenbeschreven interactie tussen diffractie en transmissie kan worden beschreven met behulp van de volgende formule [9]:

$$E_{tot} = E_i \cdot \left\{ (1 - K_t^2) * K_d^2 + K_t^2 \right\}$$

waarin:

E_{tot}	= totale golfenergie als gevolg van diffractie en transmissie	$[m^2]$
E_i	= de inkomende golfenergie	$[m^2]$
K_t	= de transmissiecoëfficiënt	$[-]$
K_d	= de diffractiecoëfficiënt	$[-]$

Bij deze formule geldt het principe van superpositie van energie uit verschillende bronnen.

De formule heeft de eigenschap dat in een punt waarbij $K_d = 1$ of $K_t = 1$ de totale golfenergie in dat punt gelijk is aan de inkomende golfenergie.

De bovenbeschreven formule is geïmplementeerd in de gedetailleerde methode.

B1.5 Lokale golfgroei

B1.5.1 Algemene beschrijving fysische proces

In een havenbekken zullen, naast golven die op de een of andere manier van buiten het bekken komen, ook golven opgewekt worden door lokale golfgroei. Hierbij wordt energie van wind overgedragen aan het golfveld. Bepalende parameters zijn windsnelheid, bodemruwheid, waterdiepte en strijklengte. In de loop der jaren zijn vele modellen ontwikkeld die golfgroei voorspellen. Voor eenvoudige situaties worden over het algemeen empirisch afgeleide groeicurves gebruikt. Verschillende personen hebben groeicurves bepaald voor verschillende omstandigheden. Een bekende set vergelijkingen en bijbehorende groeicurves zijn bepaald door Bretschneider en beschreven in de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken [10]. Met de methode Bretschneider kunnen de significante golfhoogte en piekperiode voor ondiep-water condities vrij goede schattingen gedaan worden. Wilson heeft in 1965 [11] een golfgroei-formulering ontwikkeld die van toepassing is op diep water condities en bij relatief korte strijklengtes en hoge windsnelheden.

B1.4.2 Eenvoudige methode voor de beschrijving van het fysische proces

Afweging

In zowel Ris et. al. [11] als Holthuijsen [12] wordt de methode van Wilson, in de verbeterde versie van 1965, aanbevolen om golfgroei op diep water te beschrijven. Op basis van die aanbevelingen is de keuze voor implementatie van de Wilson-golfgroei-formulering in de gedetailleerde methode gemaakt.

Praktische toepassing in de gedetailleerde methode

De vergelijkingen voor golfhoogte en periode kunnen als volgt worden genoteerd:

$$\begin{aligned} \frac{g \cdot F_{eq}}{U_{10}^2} > 10^{-2} \quad & \frac{H_s \cdot g}{U_{10}^2} = 0.3 \cdot \left[1 - \left(1 + 0.004 \cdot \left(\frac{g \cdot F_{eq}}{U_{10}^2} \right)^{0.5} \right)^{-2} \right] \\ & \frac{T_s \cdot g}{U_{10}} = 1.37 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \left[1 - \left(1 + 0.008 \cdot \left(\frac{g \cdot F_{eq}}{U_{10}^2} \right)^{0.33} \right)^{-5} \right] \\ \frac{g \cdot F_{eq}}{U_{10}^2} \rightarrow 0 \quad & \frac{H_s \cdot g}{U_{10}^2} = 2.4 \times 10^{-3} \cdot \left(\frac{g \cdot F_{eq}}{U_{10}^2} \right)^{0.5} \\ & \frac{T_s \cdot g}{U_{10}} = 5.48 \times 10^{-2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{g \cdot F_{eq}}{U_{10}^2} \right)^{0.33} \end{aligned}$$

Vergelijking 1: Formulering voor golfgroei volgens Wilson 1965 [11]

Hierin is:

F_{eq}	= Equivalente strijklengte	[m]
U_{10}	= Windsnelheid, gemeten op 10 meter boven de grond	[m/s]
H_s	= Significante golfhoogte opgewekt door lokale golfgroei	[m]
T_s	= Significante golfperiode opgewekt door lokale golfgroei	[s]
g	= zwaartekrachtversnelling	[m/s ²]

Opmerking:

Omwille van een eenvoudige implementatie van de golfgroeiformulering in de gedetailleerde methode is gekozen voor het in tabelvorm presenteren van de door lokale golfgroei opgewekte significante golfhoogte als functie van de strijklengte en de windsnelheid.

De op basis van de strijklengte en windsnelheid bepaalde significante golfhoogte in een punt wordt omgezet in de golfenergie als gevolg van lokale golfgroei in dat punt.

De invloed van lokale golfgroei op de (gemiddelde) piekperiode wordt niet in rekening gebracht. Aangezien verrekening van deze periode tot een lagere (gemiddelde) piekperiode zou leiden, is het verwaarlozen van deze invloed conservatief.

B1.5 Interactie lokale golfgroei en hoog frequent deel spectrum

B1.5.1 Algemene beschrijving fysische proces

Lokale golfgroei is het verschijnsel waarbij door actie van wind de golfenergie toeneemt. Deze golfenergie wordt met name toegevoegd aan het hoogfrequente deel van het golfspectrum. Reeds aanwezige hoogfrequente golfenergie in het golfspectrum kan dan in feite worden behandeld als golfenergie die in het eerste gedeelte van de strijklengte door het lokale windveld is opgewekt. Alkyon [9] beschrijft deze methode.

B1.5.2 Eenvoudige methode voor de beschrijving van het fysische proces

Afwegingen

Het proces van interactie tussen lokale golfgroei door wind en reeds aanwezige hoogfrequente golfenergie is in principe te benaderen met de methode van de equivalente strijklengte:

De reeds aanwezige hoogfrequente golfenergie wordt omgerekend in een fictieve strijklengte F_{fictief} waarbij F_{fictief} de benodigde strijklengte is voor de opwekking van de hoeveelheid golfenergie die gelijk is aan de hoeveelheid hoogfrequente golfenergie. De lokale golfgroei in een bepaald punt wordt dan berekend over de equivalente strijklengte, zijnde de som van de fictieve strijklengte en de werkelijke strijklengte. Dit resulteert dan in het uitvoerpunt in een $H_{s,lg}$ met een bijbehorende $T_{p,lg}$.

Hoewel in principe mogelijk, is de methode van de equivalente strijklengte voor toepassing in de *gedetailleerde methode* om de volgende redenen minder geschikt:

- De *gedetailleerde methode* vraagt om algemeen geldende uitspraken over de hoeveelheid hoogfrequente golfenergie in het spectrum. Hoewel uit fysisch modelonderzoek [6] van transmissie over golfbrekers is geconcludeerd dat de verhouding laagfrequente/hoogfrequente golfenergie na transmissie circa 60/40 bedraagt, is niet uitgesloten dat die verhouding bij andere, niet onderzochte situaties (andere types golfspectra, andere types golfbrekers) anders is. Daarnaast is geen algemene uitspraak te doen over de hoeveelheid hoogfrequente golfenergie in de havenmond dat met lokale golfgroei door wind interacteert.
- Met de methode van de equivalente strijklengte komt de eenvoud van de *gedetailleerde methode* in het geding.
- Het in rekening brengen van interactie tussen lokale golfgroei door wind en hoogfrequente golfenergie leidt tot minder conservatieve resultaten.

Om bovenstaande redenen is ervoor gekozen de interactie tussen lokale golfgroei door wind en hoogfrequente energie niet in rekening te brengen. De lokale golfgroei wordt dus alleen berekend over de werkelijke strijklengte (beginenergie $E_0 = 0$).

Praktische toepassing

Interactie tussen lokale golfgroei door wind en hoogfrequente golfenergie wordt niet in rekening gebracht (zie *Afwegingen*).

B1.6 Golfhoogtebeperking door ondiep voorland

B1.6.1 Algemene beschrijving fysische proces

De golfhoogtebeperking op ondiep voorland wordt veroorzaakt door breking van golven op diepte. Bij overschrijding van een bepaalde golfhoogte / diepteverhouding. In de literatuur zijn voor deze verhouding enkele waarden bekend. Voor eenlinggolven is theoretisch bepaald dat de brekerhoogte $H = 0,78 * d$. Golven zullen dus breken als $H \geq 0,78 d$ [10] Voor onregelmatige golven op een vlak voorland kan worden aangenomen dat ze gaan breken als $H_s \geq 0,56 d$. [10]

Overigens is de effectiviteit van golfhoogtereductie door breking twijfelachtig in sommige gevallen met een ondiep traject van een zeer geringe lengte, zoals een smal voorland vlak voor een dijktaald [10].

In het Voorschrift Toetsen op Veiligheid [1] wordt gesteld dat de reductie in golfhoogte mag worden meegenomen als de lengte van het voorland tenminste gelijk is aan $1 * L_{0,p}$. Daarbij wordt een maximale golfhoogte / diepteverhouding aangehouden van 0,7.

In deze gedetailleerde methode is ervoor gekozen het Voorschrift Toetsen op Veiligheid (LTV) aan te houden.

B1.7 Golfbelasting in het uitvoerpunt

De golfenergie in het uitvoerpunt wordt bepaald door superpositie van de afzonderlijke bijdragen van energie als gevolg van diffractie, transmissie en lokale golfgroei door wind. De resulterende golfenergie wordt omgerekend naar een significante golfhoogte. Als deze significante golfhoogte groter is dan de dieptebeperkte golfhoogte door ondiep voorland, dan geldt deze dieptebeperkte golfhoogte.

De piekperiode in het uitvoerpunt is gelijk aan de piekperiode buiten de haven. De golfrichting in het uitvoerpunt wordt loodrecht op de waterkering verondersteld tenzij een betere benadering mogelijk is.

B1.8 Overige fysische processen

B1.8.1 Triad en quadruplet interacties

In veel golftheorieën wordt gebruik gemaakt van het principe van superpositie van onafhankelijke harmonische golven. In werkelijkheid zijn de golfcomponenten wél enigszins afhankelijk en vindt energie-uitwisseling plaats tussen de verschillende componenten. Enkele belangrijke zijn:

- interactie tussen mate van transmissie en mate van diffractie
- triad interacties
- quadruplet interacties
- interactie tussen golfgroei door wind en reeds in het spectrum van golven aanwezige hoog frequente energie

De uitwisseling van energie door triad en quadruplet interacties is zeer zwak, waardoor deze interacties lokaal verwaarloosd mogen worden en het principe van superpositie gehandhaafd blijft. Over lange afstanden is de uitwisseling wel merkbaar en dient dan ook wel meegenomen te worden in golfverwachtingsmodellen. Voor een verdere beschrijving van triad en quadruplet interacties wordt verwezen naar bijvoorbeeld Holthuisen [12].

B1.8.2 Refractie

Refractie is het verschijnsel waarbij de golfrichting verandert als golven zich voortplanten in water van variabele diepte. De fasesnelheid van golven is over het algemeen langzamer in ondiep water dan in diep water. Dit betekent dat als golven ondiep water benaderen hun richting zodanig verandert dat ze meer loodrecht op de dieptecontouren gaan lopen. Het deel van de golfkam het dichtst bij het land loopt langzamer omdat het zich in ondieper water bevindt. Het deel van de kam in dieper water kan hierdoor inlopen op de kam in ondieper water. Dit verandert de richting van de kam en dus ook van de voortplantingsrichting.

In deze gedetailleerde methode wordt uitgegaan van diepwater condities, zodat refractie kan worden verwaarloosd. Indien in werkelijkheid sprake is van ondiep water, dan is de gedetailleerde methode derhalve niet toepasbaar. Deze beperking van de gedetailleerde methode is in de vorm van een toepassingscriterium gegoten.

B1.8.3 Reflectie

Golven kunnen deels of geheel gereflecteerd worden door kades en dammen in de haven. Bij reflectie wordt de op een constructie invallende golfenergie (deels) teruggekaatst. In het geval er in een haven kades met verticale wanden voorkomen, kan het verschijnsel reflectie een belangrijke bijdrage zijn in de golfpatronen/golfenergie in de haven. Bij op een talud inkomende golven zal de hoeveelheid gereflecteerde energie veel kleiner zijn en derhalve van minder belang zijn.

In deze gedetailleerde methode is ervoor gekozen om de invloed van reflectie niet mee te nemen, vanwege het behoud van eenvoud van de methode. Wél is hierdoor de toepasbaarheid van de gedetailleerde methode enigszins beperkt. Bij prominente aanwezigheid van verticale wanden in de haven zal namelijk reflectie het golfbeeld in de haven in belangrijke mate beïnvloeden. Verondersteld wordt dat bij een hoogte van de bovenrand van de verticale wanden op of boven het niveau van de beschouwde waterstand reflectie een zodanig belangrijke bijdrage levert aan het golfbeeld in de haven, dat de gedetailleerde methode dan niet toegepast mag worden.

B1.8.5 Dissipatie

Dissipatie is de reductie in energie in een golfveld door bodemwrijving of breken. Dissipatie door bodemwrijving wordt veroorzaakt door turbulentie dicht bij de bodem en is afhankelijk van de horizontale snelheid onder de golven bij de bodem. In het algemeen heeft bodemwrijving meer invloed op lange golven (golven met langere periode en dus ook grotere lengte) dan op korte golven. Dit komt doordat de lengteschaal waarop de golfbewegingen afnemen met de waterdiepte afhankelijk is van de golflengte.

Dissipatie door breken die samenhangt met golfsteilheid (whitecapping) is al genoemd. Golfbreken wordt ook veroorzaakt als de golfhoogte-/diepteverhouding te hoog wordt. Dit verschijnsel wordt "breken op diepte" genoemd.

In de gedetailleerde methode wordt de dissipatie van golfenergie door bodemwrijving of op diepte (met uitzondering van breking van golven op ondiep voorland) niet meegenomen onder de aanname dat er sprake is van diep water condities. Whitecapping wordt verondersteld niet van belang te zijn. Het niet meenemen van dissipatie van golfenergie in de bepaling van de golfcondities in de haven is een conservatieve benadering.

BIJLAGE 2 DIFFRACTIEDIAGRAMMEN

B2.1 Diffractiediagrammen TYPE 1

Grote richtingsspreiding ($S_{\max} = 10$)

	20	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	20	
	19	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	19	
	18	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	18	
	17	0.95	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	17	
	16	0.95	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	16	
	15	0.95	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	15	
	14	0.95	0.95	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	14	
	13	0.95	0.95	0.95	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	13	
	12	0.95	0.95	0.95	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	12	
Y/L	11	0.95	0.95	0.95	0.95	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	11	
	10	1	0.95	0.95	0.95	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	10	
	9	1	1	0.95	0.95	0.95	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	9	
	8	1	1	1	0.95	0.95	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	8	
	7	1	1	1	1	0.95	0.95	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	7	
	6	1	1	1	1	1	0.95	0.95	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	6	
	5	1	1	1	1	1	1	0.95	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	5	
	4	1	1	1	1	1	1	1	0.95	0.9	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	4	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	0.95	0.8	0.7	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	3	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	2	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1	
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10		
												X/L											

Kleine richtingsspreiding ($S_{\max} = 75$)

Y/L	20	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	20	
	19	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	19	
	18	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	18	
	17	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	17	
	16	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	16	
	15	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	15	
	14	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	14	
	13	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	13	
	12	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	12	
	11	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	11	
	10	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.7	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	10	
	9	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	9	
	8	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	8	
	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	7	
	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.7	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	6	
	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	5	
	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	4
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.7	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	3	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.7	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10			
												X/L											

B2.2 Diffractiediagrammen TYPE 2
Grote richtingsspreiding ($S_{max} = 10$)

B/L = 1.0 **$S_{max} = 10$** **Klein**

	4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	3.8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	3.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	3.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	3.2	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	2.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	2.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	2.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Y/L	2.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	2	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	1.8	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	1.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	1.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	1.2	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	1	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	0.6	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	0.4	1.0	0.9	0.8	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	0.2	1.0	1.0	1.0	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3
							X/L									

Groot

	20	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	19	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	18	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	17	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	16	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	15	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	14	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	13	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	12	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Y/L	11	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	10	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	9	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	8	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1
	6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1
	5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1
	4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	3	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	2	0.6	0.4	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	1	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
								X/L								

B/L = 2.0**Smax = 10****Klein**

	8	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	7.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	7.2	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	6.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	6.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	5.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	5.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	4.8	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
Y/L	4.4	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	4	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	3.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	3.2	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	2.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	2.4	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	2	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15
	1.6	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15
	1.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15
	0.8	1.0	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15
	0.4	1.0	1.0	0.8	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15
	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8	3.2	3.6	4	4.4	4.8	5.2	5.6	6
																X/L

Groot

	40	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	38	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	36	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	34	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	32	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	30	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	28	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	26	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	24	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
Y/L	22	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	20	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1
	18	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1
	16	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1
	14	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1
	12	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	10	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	8	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	4	0.6	0.4	0.2	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	2	0.6	0.3	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
																X/L

B/L = 4.0**Smax = 10****Klein**

	16	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	15.2	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	14.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	13.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	12.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	12	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	11.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	10.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	9.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2
Y/L	8.8	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2
	8	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	7.2	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	6.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	5.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15
	4.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15
	4	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15
	3.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15
	2.4	0.9	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	1.6	1	0.9	0.8	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	0.8	1	1	0.9	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	0	0.8	1.6	2.4	3.2	4	4.8	5.6	6.4	7.2	8	8.8	9.6	10.4	11.2
		X/L													

Groot

	80	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	76	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	72	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	68	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	64	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	60	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	52	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	48	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
Y/L	44	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	40	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	36	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	32	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	28	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1
	24	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1
	20	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	16	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	12	0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
	8	0.6	0.4	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
	4	0.6	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
		X/L													

B/L = 8.0

Smax = 10

Klein

	32	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
	30.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
	28.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
	27.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3
	25.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	24	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	22.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	20.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	19.2	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2
Y/L	17.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	16	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	14.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	12.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	11.2	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	9.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
	6.4	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
	4.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
	3.2	1	0.9	0.7	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
	1.6	1	1	0.8	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
	0	1.6	3.2	4.8	6.4	8	9.6	11.2	12.8	14.4	16	17.6	19.2	20.8	22.4	24
		X/L														

Groot

	160	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	152	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	144	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	136	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	128	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	120	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	112	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	104	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	96	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
Y/L	88	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	80	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	72	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	64	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1
	56	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1
	48	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
	40	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
	32	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05
	24	0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05
	16	0.5	0.4	0.2	0.15	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	8	0.5	0.3	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120
		X/L														

Kleine richtingsspreiding ($S_{max} = 75$)**B/L = 1.0** **$S_{max} = 75$** **Klein**

	4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	3.8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	3.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
	3.4	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	3.2	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	3	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	2.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	2.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	2.4	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
Y/L	2.2	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	2	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	1.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	1.6	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
	1.4	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15
	1.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15
	1	0.9	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15
	0.8	1.0	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15
	0.6	1.0	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15
	0.4	1.1	1.0	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15
	0.2	1.1	1.1	0.9	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15
	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3
		X/L														

Groot

	20	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	19	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	18	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	17	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	16	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	15	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	14	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	13	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	12	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
Y/L	11	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1
	10	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	9	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	8	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	7	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	3	0.6	0.4	0.3	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	2	0.7	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	1	0.7	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		X/L														

B/L = 2.0

Smax = 75

Klein

Y/L	8	7.6	7.2	6.8	6.4	6	5.6	5.2	4.8	4.4	4	3.6	3.2	2.8	2.4	2	1.6	1.2	0.8	0.4	0
X/L	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15
	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15
	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15
	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	0.9	0.8	0.7	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	1	0.9	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	1.0	0.9	0.6	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	1.1	1	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	1.1	1.0	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	1.1	1.1	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	0.4	1.1	1.1	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	0.4	0.8	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8	3.2	3.6	4	4.4	4.8	5.2	5.6	6					

Groot

Y/L	40	38	36	34	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2	0
X/L	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.6	0.4	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.6	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.7	0.2	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.7	0.2	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.7	0.2	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.7	0.2	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30						

B/L = 4.0

Smax = 75

Klein

16	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
15.2	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
14.4	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
13.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2
12.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
12	0.7	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
11.2	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
10.4	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
9.6	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
8.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
7.2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
6.4	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
5.6	1	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
4.8	1	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
4	1	1	0.7	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
3.2	1	1	0.8	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
2.4	1.1	1	0.8	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
1.6	1.1	1.1	0.9	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0.8	1.1	1.1	0.9	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
0	0.8	1.6	2.4	3.2	4	4.8	5.6	6.4	7.2	8	8.8	9.6	10.4	11.2
X/L														

Groot

80	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
76	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
72	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
68	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
64	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
60	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
56	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
52	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
48	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
44	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
40	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
36	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05
32	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05
28	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
24	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
20	0.6	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
16	0.6	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
12	0.7	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
8	0.7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
4	0.7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
X/L														

B/L = 8.0

Smax = 75

Klein

	32	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15
	30.4	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15
	28.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15
	27.2	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.15
	25.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15
	24	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15
	22.4	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.1
	20.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.1
	19.2	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.1
Y/L	17.6	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.15	0.1
	16	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
	14.4	0.9	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1
	12.8	0.9	0.9	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1
	11.2	1	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.05
	9.6	1	0.9	0.7	0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
	8	1	0.9	0.7	0.4	0.3	0.2	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
	6.4	1	1	0.7	0.4	0.3	0.2	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
	4.8	1.1	1	0.7	0.3	0.2	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
	3.2	1.1	1	0.7	0.3	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
	1.6	1.1	1.1	0.7	0.2	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
	0	1.6	3.2	4.8	6.4	8	9.6	11.2	12.8	14.4	16	17.6	19.2	20.8	22.4
									X/L						

Groot

	160	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
	152	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
	144	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
	136	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
	128	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	120	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	112	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
	104	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05
	96	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
Y/L	88	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
	80	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
	72	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05
	64	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	56	0.5	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	48	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	40	0.6	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	32	0.7	0.3	0.2	0.2	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	24	0.7	0.3	0.2	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	16	0.7	0.2	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	8	0.7	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112
									X/L						

BIJLAGE 3 HANDLEIDING REKENINSTRUMENT

.....

B3.1	Inleiding
B3.2	Opstarten en afsluiten
B3.2.1	Opstarten
B3.2.2	Onderbreken en herstarten
B3.2.3	Afsluiten
B3.3	Hoofdscherm interactief rekenen
B3.3.1	Paneel Processen
B3.3.2	Paneel Invoer
B3.3.3	Paneel Berekende waarden
B3.3.4	Paneel Golfcondities op uitvoerpunt
B3.3.5	Paneel Bestandsbeheer
B3.4	De invoerschermen interactief rekenen
B3.4.1	Invoerscherm Algemeen
B3.4.2	Invoerscherm Diffractie
B3.4.3	Invoerscherm Transmissie
B3.4.4	Invoerscherm Lokale golfgroei
B3.4.5	Invoerscherm Hoog voorland
B3.5	Batch berekeningen
B3.6	Literatuur

B3.1 Inleiding

Voor het bepalen van de golfbelasting in havens met behulp van de gedetailleerde methode is een **prototype** rekeninstrument in Excel 2000 ontwikkeld. In deze handleiding wordt summier een uitleg gegeven van het gebruik van dit Rekeninstrument. Het Rekeninstrument is ontwikkeld, om naast de, in het rapport Golfbelasting in Havens en afgeschermd gebied, beschreven gedetailleerde methode te gebruiken.

In het Rekeninstrument kunnen de gegevens die bij de berekeningen benodigd zijn op twee verschillende wijzen worden ingevoerd:

(a) *Interactief*

Aan de hand van de gewenste fysische processen worden de golfcondities stapsgewijs, door middel van het invullen van een aantal schermen, op het uitvoerpunt in de haven bepaald. Deze wijze van invoeren is vooral geschikt voor situaties waarbij er een beperkt aantal gevallen worden doorgerekend.

(b) *Batchberekeningen*

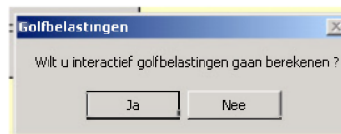
In veel gevallen zullen er per haven vele berekeningen noodzakelijk zijn. Ten behoeve van de werkbaarheid is er een module beschikbaar gesteld waarin meerdere cases tegelijkertijd in één spreadsheet kunnen worden berekend. De berekeningsmethodiek is identiek aan de interactieve berekening.

B3.2 Opstarten en afsluiten

B3.2.1 Opstarten

Het Rekeninstrument wordt opgestart door het Excel-bestand 'Rekeninstrument – Golfbelasting in havens' te laden. Hierbij is het mogelijk dat door Excel een waarschuwing gegeven wordt dat het bestand macro code bevat. Deze moet geactiveerd worden om het programma goed te laten werken.

Bij het opstarten van het rekeninstrument wordt gevraagd of u interactief wil rekenen, zie onderstaande figuur. Voor batch berekeningen dient hier 'Nee' te worden gekozen.



Hierna dient ofwel een bestaand project geopend te worden, ofwel een nieuw project opgeslagen te worden. Hierover verschijnt de volgende melding tijdens het opstarten:



Bij het openen van een nieuw project wordt direct om de naam van een nieuwe case gevraagd, bij het openen van een bestaand project wordt gevraagd welke case geopend moet worden. Direct na het opstarten wordt het opstartscherm getoond. Klik in het bestandskeuzedialog op 'Annuleer' of 'Cancel' om een nieuw project te starten.

B3.2.2 Onderbreken en herstarten

Het is mogelijk het Rekeninstrument tussentijds te stoppen (zowel in de interactieve als de batch mode), zonder het Rekeninstrumentbestand af te sluiten. Klik hiervoor op de knop Onderbreken. Door op de knop (Her)starten te klikken wordt het Rekeninstrument weer opgestart. Met deze mogelijkheid is het mogelijk tussentijds andere activiteiten uit te voeren met Excel.

LET OP: Er wordt geen check uitgevoerd of bestanden wel zijn opgeslagen, dus let hierop bij het eventueel afsluiten van het Rekeninstrumentbestand in Excel, met niet geactiveerd Rekeninstrument.

B3.2.3 Afsluiten

Door in het hoofdscherm op de knop Afsluiten te klikken wordt het Rekeninstrument afgesloten. Wanneer de laatste gegevens niet opgeslagen zijn, zal de vraag gesteld worden of deze moeten worden opgeslagen. Het bestand wordt afgesloten, maar Excel niet. Dit is gedaan uit de overweging, dat mogelijk nog andere bestanden geopend zijn in Excel.

B3.3 Hoofdscherm interactief rekenen

Het hoofdscherm van het Rekeninstrument omvat vijf panelen met verschillende onderdelen van het programma. Deze panelen zijn met de klok mee:

1. Processen,
2. Invoer,
3. Berekende waarden,
4. Golfcondities op het uitvoerpunt en
5. Bestandsbeheer.

Per paragraaf zullen deze panelen beschreven worden.

B3.3.1 Paneel Processen

Op het paneel Processen bevinden zich vijf vinkvakjes (checkboxes) waarmee de verschillende processen, die meegenomen kunnen worden, geactiveerd of gedeactiveerd kunnen worden. Indien het proces 'Interactie tussen diffractie en transmissie' meegenomen moet worden, dienen uiteraard de processen 'Diffractie' en 'Transmissie' ook aangevinkt zijn. Hier wordt door het programma op gecontroleerd. Een waarschuwing hierover wordt getoond voordat het aangepast wordt. Indien u deze waarschuwing niet meer wilt zien (of juist wel), kunt u dit aangeven in het optiesscherm (zie ook paragraaf 3.5).

LET OP: Het is mogelijk dat de haven geen havendammen heeft. In dat geval dient het proces Diffractie uitgeschakeld te zijn ($K_d = 0$). In het invoerscherm Transmissie kan voor het type van de havendam gekozen worden voor 'Geen havendam'. De transmissiecoëfficiënt wordt daarmee op 1 gezet ($K_t = 1$).

B3.3.2 Paneel Invoer

Op het paneel invoer bevinden zich vijf knoppen, waarmee een invoerscherm opgeroepen kan worden. De eerste knop 'Algemeen' is altijd beschikbaar. Hier kunnen de golfcondities buiten de haven worden opgegeven (zie ook hoofdstuk 4). De andere knoppen worden geactiveerd naar gelang de processen in het paneel Processen aangevinkt zijn. Voor de invoer die in de schermen, die met deze

knoppen worden opgeroepen, kan worden gedaan wordt verwezen naar hoofdstuk 4. Bij het proces 'Interactie tussen diffractie en transmissie' is geen verdere invoer benodigd. Hiervoor is dan ook geen knop aanwezig.

B3.3.3 Paneel Berekende waarden

In het paneel berekende waarden worden de (tussen-)resultaten van de verschillende berekeningen weergegeven. Hiermee is enigszins inzicht te krijgen in de opbouw van het eindresultaat.

B3.3.4 Paneel Golfcondities op uitvoerpunt

Door op de knop 'Bereken golfcondities op uitvoerpunt' te klikken worden de resultaten, zoals weergegeven in het paneel Berekende waarden gecombineerd tot de enkele golfcondities die in het uitvoerpunt heersen. De resultaten worden eronder weergegeven.

B3.3.5 Paneel Bestandsbeheer

Op het paneel Bestandsbeheer bevinden zich de knoppen die in 'stand alone' (dwz. buiten b.v. Excel) in een menubalk zouden bevinden. De projectgegevens worden opgeslagen in het werkblad met de naam 'shtActiveCase'.

LET OP: Hernoemen of verplaatsen leidt tot het vastlopen van het programma. De resultaten van de berekeningen worden in het Rekeninstrument telkens overschreven. Daarom worden deze resultaten opgeslagen in een apart projectbestand. Een project behelst bijvoorbeeld een haven of een gedeelte daarvan. In dit projectbestand (ook een Excel-bestand) wordt voor elke gedefinieerde case een werkblad aangemaakt met de naam van de case. De knop 'Open project' opent een bestandsdialoog. In dit dialoog kan een gegevensbestand worden geselecteerd of, door een niet bestaande naam in te voeren, een nieuw gegevensbestand worden aangemaakt. Vervolgens wordt gevraagd een bestaande case te kiezen, dan wel een nieuwe aan te maken. Met de knop 'Nieuwe case' wordt een nieuwe case begonnen met een door de gebruiker op te geven naam. Met de knop 'Open case' kan een andere case in het huidige project worden geselecteerd. Met de knop 'Opties' wordt het opties-scherm getoond.

Met de knop 'Opslaan' worden de case-gegevens naar het werkblad met de naam 'shtActiveCase' gekopieerd. Dit werkblad kan vervolgens naar een projectbestand worden gekopieerd om voor de toekomst te bewaren.

B3.4 De invoerschermen interactief rekenen

Invoer wordt op een vijftal schermen gedaan. Elk scherm is opgedeeld in enkele panelen. In het paneel Invoer wordt de invoer gedaan, in het paneel Afhankelijke waarden worden eventuele waarden berekend die benodigd zijn voor de berekeningen, maar door het Rekeninstrument zelf berekend kunnen worden. Indien van toepassing, worden in het paneel Berekeningsresultaat de resultaten van de berekening weergegeven. In de onderstaande paragrafen worden deze schermen besproken.

B3.4.1 Invoerscherm Algemeen

In het invoerscherm algemeen kunnen de golfcondities buiten de haven worden opgegeven. Momenteel bestaat dit uit een Waterstand (H_s), een Piekperiode (T_p), een invalrichting van de golven ten opzichte van Noord (β) en de waterstand ten opzichte van N.A.P. (h). Zodra een piekperiode is ingegeven, wordt de golflengte op diep water ($L_{0, p}$) berekend.

B3.4.2 Invoerscherm Diffractie

Eerst dient het aantal aanwezige havendammen gekozen te worden. Hiermee wordt het type diagram uit het Achtergronddocument [1] gekozen. Afhankelijk van de benodigde variabelen bij de berekening van de diffractiecoëfficiënt worden deze getoond. Voor de definitie van het assenstelsel, de te kiezen waarde voor de richtingspreiding, en eventueel de (equivalente) openingsbreedte wordt verwezen naar het Achtergronddocument.

B3.4.3 Invoerscherm Transmissie

In het invoerscherm Transmissie dient gekozen te worden voor een type havendam. Indien de haven dam niet overeenkomt met de lijst dammen in het keuzemenu, kan voor 'Anders ...' gekozen worden. In dat geval kan een waarden voor α en β ingevoerd worden. De waarden voor α en β kunnen worden bepaald aan de hand van de Coastal Engineering Manual [5]. Bij de omschrijving van het type havendam kan een kenmerkende naam worden ingevoerd.

B3.4.4 Invoerscherm Lokale golfgroei

In het invoerscherm Lokale golfgroei dienen de waarden voor de strijklengte en de windsnelheid opgegeven te worden. Vervolgens wordt de golfhoogte aan het einde van de strijklengte berekend en weergegeven.

NOOT: In het rapport wordt gewerkt met een tabel (tabel 2: Golfhoogte Hs). In het Rekeninstrument worden de formuleringen van Wilson volledig doorgerekend. De vanuit uit de tabel geïnterpoleerde waarden en de waarden berekend door het Rekeninstrument kunnen op enkele decimalen achter de komma verschil kunnen geven. Dit valt echter binnen de nauwkeurigheid van het model.

Golfrandvoorwaarden in havens - Lokale Golfgroei

In dit dialoogformulier kunt u de variabelen invoeren die benodigd zijn bij het berekenen van de bijdrage van lokale golfgroei.

Invoer

Strijk lengte in de haven: 0 [m]

Windsnelheid op 10 meter hoogte: 0 [m/s]

Afhankelijke variabelen

Dimensieloze strijklengte $g*F/U10^2$: 0 [-]

Berekeningsresultaat

Golfhoogte aan einde strijklengte: 0 [m]

Energiebijdrage door lokale: 0 [m²]

Actieve som: Huidig Map4.xls

Actieve som: Naam van de som

B3.4.5 Invoerscherm Ondiep voorland

In het invoerscherm Ondiep voorland wordt gevraagd naar de hoogte van het voorland ten opzichte van N.A.P. (h_m), en de lengte van het voorland. Er wordt een check uitgevoerd of sprake is van een hoog voorland met golfhoogte beperkende eigenschappen.

Golfrandvoorwaarden in havens - Ondiep voorland

In dit dialoogformulier kunt u de variabelen invoeren die benodigd zijn bij het berekenen van de invloed van een ondiep voorland.

Invoer

Hoogte voorland: 0 [m + NAP]

Lengte voorland: 0 [m]

Afhankelijke variabelen

Waterdiepte op voorland: 0 [m]

Voorlandlengte - Golfhoogte ratio: 0 [-]

Berekeningsresultaat

Maximale golfhoogte op voorland: 0 [m]

Actieve som: Huidig Map4.xls

Actieve som: Naam van de som

B3.5 Batch berekeningen

Indien bij het openen van het rekeninstrument niet is gekozen voor de optie interactief rekenen, komt men automatisch terecht bij de invoer voor batch-berekeningen. De invoervelden van de interactieve berekening zijn in kolommen weergegeven. De witte velden dienen te worden ingevuld, de gele velden worden door het rekeninstrument berekend.

Bestand Bewerken Beeld Invoegen Opmaak Extra Data Venster Help

Arial 10 B U % & 100%

A13

Start berekening Opslaan project verwijder cases Print resultaat Afsluiten

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

Sheet1 sheetboek.vlissingen sheetboek.vlissingen sheetboek.vlissingen sheetboek.vlissingen

Tekenen Automatisch

NUM

Case	Checkboxes				Algemeen				Diffractie		
Naam	Diffractie	Transmissie	Interactie	Lokale Golfvrij	Hoog voorland	Hs	Tp	Dominante richting golfveld	Waterstand	LD	Aantal dammen
P1_240	WAAR	WAAR	WAAR	WAAR	ONWAAR	2.50	8.10	240	6.00	102.44	
P2_180	WAAR	WAAR	WAAR	WAAR	WAAR	1.80	5.30	180	6.00	43.86	
P2_210	WAAR	WAAR	WAAR	WAAR	ONWAAR	2.40	6.20	210	6.00	60.02	
P2_240	WAAR	WAAR	WAAR	WAAR	ONWAAR	2.50	8.10	240	6.00	102.44	
P3_240	WAAR	ONWAAR	ONWAAR	WAAR	ONWAAR	2.50	8.10	240	6.00	102.44	
P4_240	WAAR	ONWAAR	ONWAAR	WAAR	ONWAAR	2.50	8.10	240	6.00	102.44	
P5_240	WAAR	ONWAAR	ONWAAR	WAAR	ONWAAR	2.50	8.10	240	6.00	102.44	
P6_240	WAAR	ONWAAR	ONWAAR	WAAR	ONWAAR	2.50	8.10	240	6.00	102.44	

Na het invoeren van de benodigde gegevens kunnen met behulp van de knop 'Start berekening' alle cases worden doorgerekend. Middels de knop 'Opslaan project' kan het hele project worden opgeslagen. Het verwijderen van alle cases gaat met behulp van de knop 'Verwijder cases'. Met de knop 'Afsluiten' wordt het rekeninstrument afgesloten, waarbij gevraagd wordt of het geopende project moet worden opgeslagen.

Tijdens het berekenen van de golfcondities op de uitvoerlocatie vindt een controle plaats met betrekking tot de aanwezigheid van een ondiep voor land en het toepassingsgebied van de diffractietabellen.

1. Als de gebruiker een ondiep voorland heeft aangevinkt, terwijl dit volgens de methodiek niet als een ondiep voorland kan worden gekarakteriseerd, wordt er aan het eind van de batchberekening een melding gegeven. Tevens worden voor die gevallen de keuzevakjes voor het proces ondiep voorland geel gekleurd.
2. In sommige gevallen kan het zijn dat de uitvoerlocatie buiten het toepassingsgebied ligt van de diffractietabellen. In die gevallen neemt de berekening een conservatieve waarde aan, welke nog wel in het toepassingsgebied valt. De laatste kolom van de sheet 'batchberekeningen' bevat in die gevallen een waarschuwing.

B3.6 Literatuur

[1] DHV, '*Golfbelasting in havens*', Achtergronddocument, Doc.nr. NG-SE20011551, DHV, Amersfoort, September 2001