

Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen bestaande spuimiddel Den Oever

Project Afsluitdijk



Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud
Zaaknummer: 31091279

Documentnummer: ASD-UNO-0023
Revisie: F
Status: Definitief
Datum: 01-okt-2020

Werkpakket: O.05.02-Ontwerpen Spuimiddel bestaand Den Oever DO-fase

Revisie	Datum	Toelichting
0.01	16-jul-2018	Concept
0.02	08-aug-2018	Correctie op afwijkende waterstanden, toevoegen verduidelijkingen na interne toetsing
A	29-aug-2018	Verwerken commentaar na interne toetsing en vernieuwen sjabloon voor revisie A
B	22-okt-2018	Toevoegen hydraulische belasting IJsselmeer en verwijzing naar memo aangaande de vermoeiingsberekeningen.
B.01	24-okt-2018	Concept versie B ter beoordeling
B.02	12-dec-2018	Reduceren ASD-UNO-0023 tot UGT belastingen
B.03	02-mei-2019	Wijzigen hydraulische randvoorwaarden: - WOG IJsselmeerszijde - Waterstanden Waddenzeezijde Doorvoeren in belastingen: - UGT en vermoeiing IJsselmeerszijde - Realisatiefase Waddenzeezijde
B.04	03-jul-2019	De volgende belastingen zijn toegevoegd/gewijzigd: <ul style="list-style-type: none"> • Schuiven UGT verticale golfbelasting en golfdruk en golfklap vanuit IJsselmeer • Schuiven vermoeiing hydrostatische druk, golfklap en vervalbelasting • Schuiven operationele belastingen • Schuiven excitatie • Schuiven opdrijven • Schuiven verticale belasting afdichtrubber • Koker/brugdek verticale belasting door golfklap vanuit Waddenzee en IJsselmeer • Kabelkoker verticale belasting door golfklap vanuit Waddenzee en IJsselmeer • Totale constructie globale stabiliteit bij open en gesloten schuiven • Golfdrukken op Heftorens • Droogzetschotten - horizontale golfdruk Nieuwe lay-out opgenomen
B.05	26-jul-2019	Verwerken intern commentaar
C	13-08-2019	Beoordeling TIS afgerond en tis akkoord
C.01	20-09-2019	<ul style="list-style-type: none"> • Figuur met geometrie voor golfklap vanuit IJsselmeer geüpdatet. • Golfklapberekening is geüpdatet met nieuwe stormverlopen. • Belasting op spatscherf zoals voorgeschreven expliciet gemaakt met drukfiguur • Belasting op zijkant van de heftorens benoemd (zelfde als voorkant heftorens) • Belasting door golfklap uit IJsselmeer op bovenste ligger Noorderschuif omgezet naar druk • Naamgeving golfklapberekeningen toegelicht en UGT veranderd in 1/10000 • Periode bij golfklaphistogrammen expliciet gemaakt

		<ul style="list-style-type: none"> De arm behorende bij UGT belasting op de Noorderschuif in situatie ID O3 is aangepast naar aanleiding van W-0046. Lage laagwaterstanden opgenomen volgens Bijlage G - 11201202-004-HYE-0001-v0.2-r. Belastingen op kabelkokerflap benoemd + verticale belasting golf tijdens ID-O3 genoemd Opdrijfbelasting geüpdatet naar UGT situatie UGT golfklap op Noorderschuif drukprofiel voorgeschreven Belastingcombinaties kabelkoker en wegdekken ingevoegd Kwalitatieve beschouwing excitatie bij vismigratiestand
c.02	21-10-2019	commentaar interne review ronde verwerken
D	21-10-2019	Definitief naar TIS
D.01	25-11-2019	<p>Toevoeging:</p> <ul style="list-style-type: none"> Opwaartse kracht bij excitatie <p>Wijziging:</p> <ul style="list-style-type: none"> Representatieve golfklap lengte is niet constant maar met sinus verloop. Bijlagen behorende bij golfklap zijn gegroepeerd in
D.02	23-03-2020	<p>Wijzigingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Geometrie aangepast naar werkelijke BSM DO geometrie (2.6.2) Golfklappen vanuit de IJsselmeer zijde geüpdatet met nieuwe geometrie (6.1.1.3, 6.1.2.3, 0 en 6.3.2) Golfklappen vanuit Waddenzeezijde met nieuwe geometrie (6.1.1.3, 6.1.2.3, 6.2.1 en 6.3.1) Golfkrachten op afdichtrubber onderzijde schuiven verwijderd (6.1.5). Door de bovenbalk die aangebracht wordt is er geen belasting meer hierop. Belastingen op afdichtrubber bovenbalk toegevoegd in paragraaf over bovenbalk (6.9.1) Golfkrachten op de kabelkoker van de Waddenzeezijde grotendeels verwijderd (6.3.1). Door de bovenbalk die aangebracht wordt is er geen belasting meer hierop. Golfklappen op de fietsbrug vervangen met Morison sleepkracht formule en golfklappen (6.4) Golfkrachten op het spatscherf verwijderd (6.6). Door de bovenbalk die aangebracht wordt is er geen belasting meer hierop. Tabellen in bijlage golfklappen aangepast naar nieuwe waarden (Bijlage 3)
D.03	25-03-2020	Verwerking 1 ^e interne toets ronde
D.04	08-04-2020	Verwerken 2 ^e interne toets ronde, dit houdt o.a. in dat de operationele golfbelastingen zijn toegevoegd.
D.05	20-04-2020	Verwerken commentaar RWS van 13-04-2020 & update operationele golfbelastingen voor waterstand van 0.65 m +NAP aan Waddenzeezijde
D.06	28-04-2020	Verwerken commentaar RWS van 21-04-2020
E	01-05-2020	RWS akkoord en definitief

E.01	01-10-2020	Toevoeging ASD-NOT-1701 - Nadere toelichting en uitwerking hydraulische belasting voor BSM KWZ ASD-UNO-0028 (extra toelichting) als bijlage 5
F	01-10-2020	RWS akkoord en definitief

Beheer: De meest recente revisie in het DMS is geldend.

Managementsamenvatting

In deze notitie worden de hydraulische belastingen voor de uiterste grenstoestand (UGT), bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) en vermoeiing bepaald op de schuiven van de bestaande spuumiddelen van Den Oever. Voor de uiterste grenstoestand wordt rekening gehouden met een storm met een terugkeerfrequentie van 1/10.000 jaar. Deze storm levert onder andere golfklappen, golfdruk en gewicht op de Noorderschuif door golven. Voor de vermoeiing van de schuiven is rekening gehouden stormen met terugkeerfrequenties van 1/1, 1/100, 1/1.000 en 1/10.000 jaar. Verder is er gekeken naar de volgende belastingen

- Op de schuiven tijdens operationele condities
- Excitatie van de schuiven door stroming
- Mogelijk opdrijven van de schuiven door orbitaal snelheden van golven bij verschillende terugkeerfrequenties
- Verticale belasting op het afdichtrubber aan de bovenbalk en aan de schuiven
- Op de spuikoker/brugdek in UGT-situatie
- Op de kabelkoker in UGT-situatie (vervallen)
- Op de fietsbrug in UGT-situatie
- Op de Heftorens in UGT-situatie
- Op De gehele constructie in UGT-situatie met open en gesloten schuiven
- Golfdruk op de droogzetschotten bij storm.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	5
1 Inleiding	9
1.1 Project	9
1.2 Doel van het document.....	9
1.3 Scope van het document	9
1.4 Leeswijzer van het document	10
1.5 Vragen en openstaande aandachtspunten	10
2 Randvoorwaarden en uitgangspunten	11
2.1 Contracteisen	11
2.2 Raakvlakken	11
2.3 Project-specifieke documenten (bindend).....	11
2.4 Project-specifieke documenten (niet-bindend)	12
2.5 Normen en richtlijnen	13
2.6 Definities en uitgangspunten	14
2.6.1 Definitie schematische weergave krachten	14
2.6.2 Geometrie.....	15
2.6.3 Overige begrippen en uitgangspunten	18
2.7 Software.....	19
3 Kenmerken van het ontwerp.....	20
3.1 Vormgeving	20
3.2 Civiel.....	20
3.3 Mechanische installaties.....	20
3.4 Elektrische installaties	20
3.5 RAM-aspecten (betrouwbaarheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid)	20
3.6 Veiligheid & Gezondheid	20
3.7 Duurzaamheid	20
3.8 Omgeving en milieu	20
3.9 Bediening en Besturing.....	20
3.10 Test- en keurconcept.....	20
3.11 Uitvoeringsconcept.....	20
3.12 Risico's en beheersmaatregelen	20
3.13 Raakvlakken	20
3.14 Toleranties en maatvoering	21
4 Ontwerpscenario	22
4.1 Klimaatscenario	22
4.2 Zichtjaren, ontwerp levensduur en ontwerpfrequenties.....	22
5 Ontwerpcondities: waterstanden, vervallen en golfcondities.....	23
5.1 Karakteristieke waterstanden	23
5.2 Waterstanden bij ijsbelasting	23
5.3 Vervallen	24
5.4 Lage laagwaterstanden.....	24

5.5	Combinatie van verval en golf	24
5.6	Ontwerpgolfcondities.....	24
5.6.1	Waddenzeezijde	24
5.6.2	IJsselmeerzijde.....	27
6	Belastingen.....	29
6.1	Schuiven	31
6.1.1	Schuiven UGT.....	31
6.1.2	Schuiven vermoeiing	38
6.1.3	Schuiven excitatie - trillen door loslating rond schuif	43
6.1.4	Schuiven opdrijven	47
6.1.5	Schuiven verticale belasting afdichtrubber onderzijde.....	48
6.1.6	Schuiven operationele golfbelastingen	48
6.1.7	Bijzondere belasting Zuiderschuiven.....	49
6.2	Spuikoker/Verkeersbruggen UGT	50
6.2.1	Waddenzeezijde	50
6.2.2	IJsselmeerzijde.....	52
6.2.3	Belastingcombinaties UGT.....	54
6.3	Kabelkoker UGT.....	55
6.3.1	Waddenzeezijde	56
6.3.2	IJsselmeerzijde.....	56
6.3.3	Belastingcombinaties UGT.....	56
6.4	Fietsbrug UGT	57
6.4.1	Verticale belasting	57
6.4.2	Horizontale belasting.....	60
6.5	Heftorens.....	61
6.6	Spatscherm UGT.....	62
6.7	Stabiliteit constructie UGT.....	62
6.8	Droogzetten	65
6.8.1	Droogzetschotten - Horizontale golfdruk	65
6.8.2	Waterstanden tijdens droogzetten.....	67
6.9	Bovenbalk UGT.....	67
6.9.1	Verticale belasting	68
6.9.2	Horizontale belasting.....	68
Bijlage 1.	Golfdrukken	71
Bijlage 2.	Waterstanden en vervallen	75
Bijlage 3.	Golfklap en golfdruk histogrammen.....	77
Bijlage 4.	Nooderschuif UGT belasting Waddenzee, enkel ter vergelijking:	87
Bijlage 5.	ASD-NOT-1701 - Nadere toelichting en uitwerking hydraulische belasting voor BSM KWZ ASD-UNO-0028 (extra toelichting).....	90
Bijlage 6.	TIS-formulier	91

1 Inleiding

1.1 Project

De Afsluitdijk vormt de scheiding tussen het IJsselmeer en de Waddenzee, is een icoon van de Nederlandse waterbouw en is aangelegd in 1932. De primaire functies van de Afsluitdijk zijn het verzorgen van de waterveiligheid vanuit de Waddenzee en waterafvoer vanaf het IJsselmeer en als bijkomende functie het verzorgen van het wegverkeer tussen de provincies Noord-Holland en Friesland en voor scheepvaartverkeer tussen de Waddenzee en het IJsselmeer.

Vanwege het stijgen van de zeespiegel en het vergroten van de afvoercapaciteit dient de Afsluitdijk te worden versterkt zoals aangegeven in Document "Rijksinpassingsplan Afsluitdijk" de datum januari 2016. Voor deze versterking treedt het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat, Grote Projecten en Onderhoud op als opdrachtgever en Levee als Opdrachtnemer.

1.2 Doel van het document

Dit rapport heeft als doel de onderbouwing te geven van de hydraulische belastingen op de bestaande spuisluizen bij Den Oever. Het uitgangspuntenrapport geeft invulling aan eis ME_0345 Opstellen Systeemspecificatie, zie Figuur 1-1.

ID	Opstellen systeemspecificatie	Bovenliggend	Onderliggend
ME_03002	De Opdrachtnemer dient het systeem zodanig te documenteren in een systeemspecificatie, dat het gehele ontwerpproces volledig inzichtelijk is. In de systeemspecificatie dienen de volgende elementen minimaal te zijn uitgewerkt: a) systeemdefinitie; b) gebruik en werking van het systeem met zijn te leveren functies; c) ontwerpkeuzes inclusief onderbouwing; d) van toepassing zijnde normen en richtlijnen; e) systeemeisen met bijbehorende verificatiemethoden; f) randvoorwaarden m.b.t. de uitvoering en onderhoud van het systeem; g) risico's met beheersmaatregelen.	ME_03001	ME_03145
Eis geldt beginnend op		Eis geldt tot en met	
Contractdatum.		Einddatum.	
Verwijzing ISO 15288:	NEN-ISO-IEC 15288 par. 6.4.3 Architectural Design Process		

Figuur 1-1 Managementspecificaties eis ME_0345

1.3 Scope van het document

In dit uitgangspuntenrapport worden de hydraulische ontwerpuitgangspunten voor het kunstwerk 'Bestaande spuisluizen Den Oever' vastgelegd ten behoeve van het definitieve ontwerp (DO).

Doelstelling is een samenvatting van de Outputspecificatie, interpretatie van de normen en richtlijnen en uiteenzetting van de ontwerpuitgangspunten.

1.4 Leeswijzer van het document

In de onderstaande tabel wordt aangegeven wat in welke hoofdstukken wordt beschreven. Deze hoofdstukken en paragrafen geven invulling aan de uitgangspunten en randvoorwaarden die gelden voor dit object.

Tabel 1-1 Leeswijzer

Hoofdstuk	Status	Beschrijving
H1 Inleiding	Gereed	Inleiding van het document
H2 Randvoorwaarden en uitgangspunten	Gereed	Samenvatting van randvoorwaarden en uitgangspunten relevant voor dit document. Dit is aanvullend op H4 en H5.
H3 Kenmerken van het ontwerp	Gereed	Samenvatting van de kenmerken die relevant zijn voor dit document
H4 Ontwerpscenario	Gereed	Uitgangspunten in ontwerp scenario
H5 Ontwerpcondities: waterstanden, vervallen en golfcondities	Gereed	Hydraulische ontwerpcondities
H6 Belastingen	Gereed	Hydraulische belastingen op de bestaande spuumiddelen Den Oever.
Bijlage 1 Golfdrukken	Gereed	Overzicht van quasi-statische golfdrukken in UGT-situatie vanuit het IJsselmeer.
Bijlage 2 Waterstanden en vervallen	Gereed	Overzicht van de relevante waterstanden en vervallen.
Bijlage 3 Golfklap en golfdruk histogrammen	Gereed	Lastwisselingshistogrammen voor belastingen door golfklappen en golfdrukken voor 1/1, 1/100, 1/1000 en 1/10000 jaar stormen t.b.v. vermoeiingsberekening.

1.5 Vragen en openstaande aandachtspunten

De belastingen zijn afgeleid op basis van de hydraulische randvoorwaarden versie 7.0 naar aanleiding van WOG (Rapport_Hydraulische_Randvoorwaarden_v7.0). Deze uitgangspuntennota houdt rekening met laaglaagwater. Ook een correctie van de opgegeven UGT-belastingen met bijbehorende arm is meegenomen.

2 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Dit rapport is een beschrijving en onderbouwing van ontwerp onderdeel Bestaand Spuimiddel Den Oever. Voor randvoorwaarden en uitgangspunten met betrekking tot deze rapportage wordt verwezen naar de verschillende uitgangspuntennota's/-rapporten die van belang zijn voor dit rapport.

2.1 Contracteisen

De eisen uit Relatics zijn weergegeven in het Verificatieplannen behorend bij de ontwerpnota's van de spuigroepen 1.1, 1.2 en 1.3 (Bestaande Spuimiddelen Den Oever) te weten:

- ASD-ONO-0245 - DO ontwerpnota Bestaande Spuimiddelen 1.1, 1.2 en 1.3 Den Oever Staal;
- ASD-ONO-0168 - DO nota WTB Bestaande Spuimiddelen 1.1, 1.2 en 1.3 Den Oever;
- ASD-ONO-0296 - DO nota Bestaand Spuimiddel Torens Den Oever;
- ASD-ONO-0297 - DO nota Bestaand Spuimiddel Brugdekken, Spatschermen, Kabelkoker Den Oever;
- ASD-ONO-0298 - DO nota Bestaand Spuimiddel Fietsbruggen Den Oever;
- ASD-ONO-0299 - DO nota Bestaand Spuimiddel Pijlers, Kokers en Defensiebalk Den Oever.

De eisen worden aangetoond in bijbehorende verificatierapporten.

2.2 Raakvlakken

De randvoorwaarden komen uit de ontwerpnota's, zie paragraaf 2.1. In paragraaf 3.13 zijn raakvlakken met het ontwerp gegeven.

2.3 Project-specifieke documenten (bindend)

De onderstaande tabel bevat de project-specifieke bindende documenten gehanteerd zijn voor dit deze uitgangspuntennota.

Tabel 2-1 Bindende project-specifieke documenten

Nr.	Document	Versie	Datum	Bindend
A.	Deltares, 2013. Hydraulische randvoorwaarden voor het ontwerp van de versterking van de Afsluitdijk, bijlage van (B)		2013	Ja
B.	Rijkswaterstaat, 2019. Hydraulische Randvoorwaarden Afsluitdijk, versie 7.0: Rapport_Hydraulische_Randvoorwaarden_v7.0.pdf.	V7.0	30-01-2020	Ja
C.	Rijkswaterstaat, 2017a. Zichtjaren en ontwerp levensduren Infrastructuur RWS: RWS_DR_AFSLUITDIJK-12259-v1- Zichtjaren_en_ontwerplevensduren_Infrastructuur_RWS.pdf		10-07-2017	Ja
D.	Rijkswaterstaat, 2017b. Belastingnota project Afsluitdijk: RWS_DR_AFSLUITDIJK-12107-v1- Belastingnota_onderdelen_infrastructuur_RWS_Afsluitdijk.PDF	V7	13-07-2017	Ja
E.	BND-0095 - SYS0161			Ja

F.	ASD-RAP-0914, Model beschrijving Golfklap	B	19-02-2020	Ja
G.	BND-00245: Golfcondities & meetlocaties (Delta)goottesten – SYS-0163			Ja
H.	CON-00383 - Deltares, 2015. Modeltesten golfkrachten spuisluizen Afsluitdijk Meetrapport.	2	nov. 2015	Ja,
I.	ASD-MEM-0164 - Stormverlopen en Stormduur IJsselmeerzijde en Waddenzeezijde		21-11-2019	Ja
J.	ASD-NOT-0386 - Praktische doorvertaling van eis SYS-0287	v2	25- juli-2019	Ja
K.	ASD-NOT-0793 - Beoordelingsmethodiek schuiven op vermoeiing door golfklapbelasting		03-oct-2019	Ja

2.4 Project-specifieke documenten (niet-bindend)

Onderstaande tabel bevat de project-specifieke niet-bindende documenten gehanteerd in deze uitgangspuntennota.

Tabel 2-2 Niet-bindende project-specifieke documenten

Nr.	Document	Versie	Datum	Bindend
L.	ASD-BER-0287 Berekening Hydraulische Belastingen BSM Den Oever	C	29-04-2020	Nee

Tabel 2-3 Niet-bindende project-specifieke tekeningen

Nr.	Tekeningnummer	Omschrijving	Versie	Datum
1	ASD-TEK-STA-DO-1.05.1-CST-0564	1.05.1 Sluice Gate North 1.1 1.2 1.4 DOV overview steel design	0.03	13-06-2019
2	ASD-TEK-STA-DO-1.05.1-CST-0574	Sluice gate Den Oever South Concept design	0	10-05-2019
3	ASD-TEK-CIV-DO-1.05.1.2-O-1898	Spuimiddel Den Oever, Overzichtstekening Spuigroep 1.1, bestaand, Bovenaanzicht en doorsneden	A	25-02-2020
4	ASD-TEK-CIV-DO-1.05.1.3-O-1899	Spuimiddel Den Oever, Overzichtstekening Spuigroep 1.2, bestaand, Bovenaanzicht en doorsneden	A	25-02-2020
5	ASD-TEK-CIV-DO-1.05.1.4-O-1900	Spuimiddel Den Oever, Overzichtstekening Spuigroep 1.3, bestaand, Bovenaanzicht en doorsneden	A	25-02-2020
6	ASD-TEK-STA-DO-1.05.1-CST-0566	Spuigroep 1.2 Noord DOV overzicht verankering geleidingen	concept	16-02-2020

2.5 Normen en richtlijnen

Onderstaande tabel bevat de normen en richtlijnen gehanteerd in deze uitgangspuntennota weergegeven.

Tabel 2-4 Normen en Richtlijnen

Nr.	Document	Versie	Datum	Bindend
I.	Richtlijn Ontwerpen Kunstwerken (RTD 1001:2017)	1.4	04/2017	Ja
II.	U.S. Army Corps of Engineers, 2002. Coastal Engineering Manual - Part VI.		2002	Nee
III.	Rijkswaterstaat 2013. Kenmerkende waarden Getijgebied 2011 - http://publicaties.minienm.nl/documenten/kenmerkende-waarden-getijgebied-2011		2011	Nee
IV.	Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), 2003. Leidraad Kunstwerken		2003	Nee
V.	Andersen, Thomas & Frigaard, Peter & Rasmussen, Michael & Martinelli, Luca. (2011). Loads on wind turbines access platforms with gratings. Proceedings of the International Conference on Coastal Engineering; No 32 (2010): Proceedings of 32nd Conference on Coastal Engineering, Shanghai, China, 2010.; structures.65. 1. 10.9753/icce.v32.structures.65.		2010	Nee
VI.	DNV-RP-C205 ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND ENVIRONMENTAL LOADS		2010	Nee

2.6 Definities en uitgangspunten

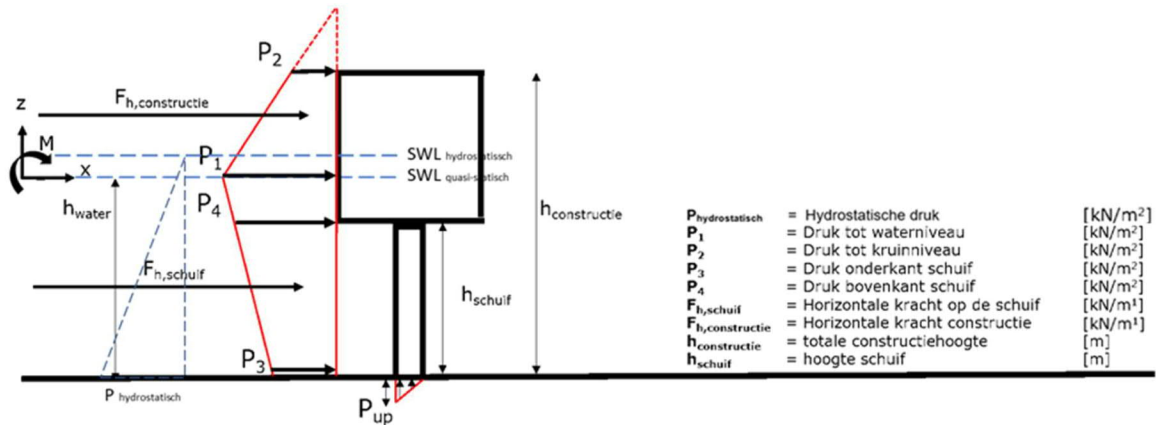
Deze paragraaf bevat definities en uitgangspunten die regelmatig zullen terugkeren in dit rapport.

2.6.1 Definitie schematische weergave krachten

2.6.1.1 Golfdruk schematische weergave

In dit hoofdstuk zijn bepaalde kracht en druk definities gehanteerd bij golfdrukberendingen. Deze zijn gegeven in Figuur 2-1. De constructie in deze figuur komt niet één op één overeen met de bestaande spuumiddelen. De golfdrukken worden per strekkende meter bepaald. De strekkende meter is in de lengterichting van de constructie (en dus niet over de diepte). De gepresenteerde golfbelastingen (krachten, F_h) zijn een integratie van de berekende golfdrukken. Afhankelijk van de waterstand kan p4 boven of onder p1 zitten.

Let op: er zijn krachten bepaald waarbij de schematische weergave van de krachten afwijkt van de in Figuur 2-1 gegeven definitie. Bij de uitzonderingen wordt de aangehouden schematische weergave van de krachten gegeven.



Figuur 2-1: Definities golfdruk op de constructie

2.6.1.2 Voorgeschreven belasting schematische weergave

De voorgeschreven belastingen uit [D] worden weergegeven in consistentie met het originele document. Deze krachten en momenten hebben een 95% betrouwbaarheidswaarde voor de gemiddelde maximumkracht in een stormpiekduur van 1 uur ($F_{x,min}$, $F_{x,max}$, $F_{z,min}$, $F_{z,max}$ en M_y). F_x en F_z zijn de respectievelijke horizontale en verticale krachten op de constructie. M_y is het moment om de y-as.

2.6.2 Geometrie

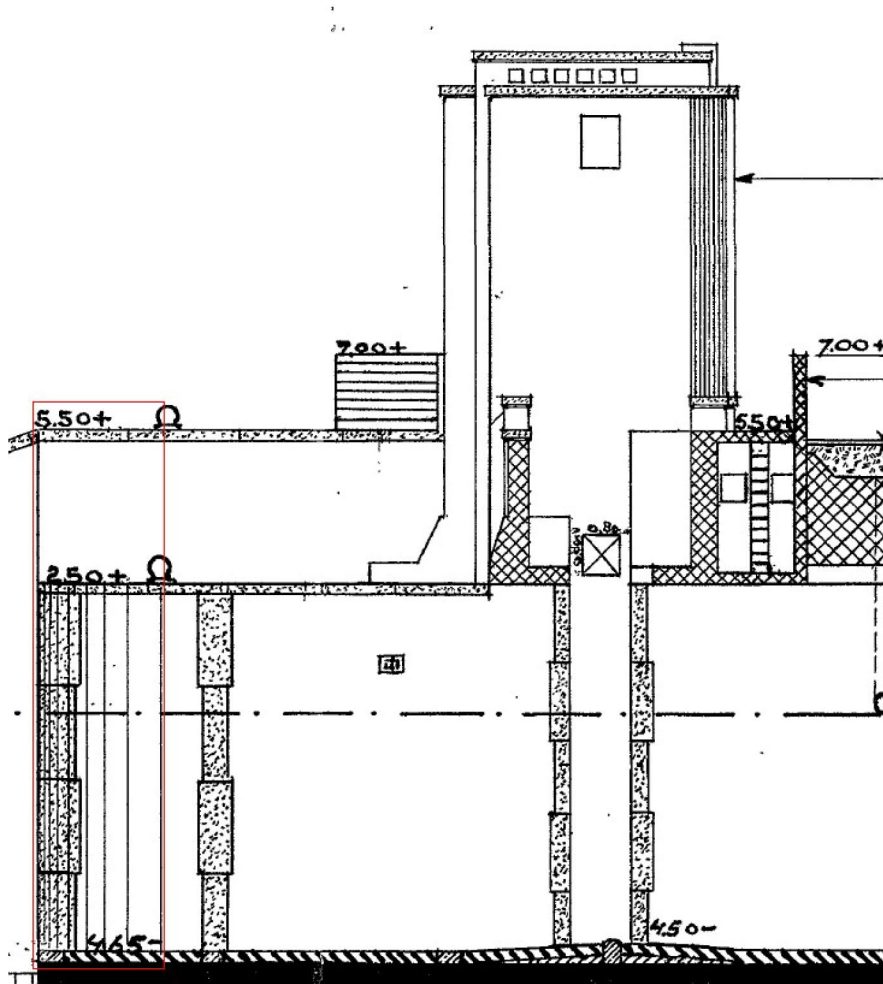
Voor de geometrie van de bestaande spuisluizen bij Den Oever zijn dezelfde waarden aangehouden voor de Waddenzeezijde en de IJsselmeerzijde, zie Tabel 2-5 en Figuur 2-2. De effecten van zakkingen op de belastingen is klein waardoor dit weinig tot geen effect heeft op de kracht, behalve voor de golfklappen. Hierbij kan de zakking wel veel invloed hebben. Voor de golfklappen is een zakking van 0,2 m gehanteerd (voor de gehele constructie). De geometrie die gehanteerd is voor de golfklappen is getoond in Figuur 2-3 en Figuur 2-4 en de spleetbreedtes zijn gegeven in Tabel 2-6. De afmetingen zijn bepaald op basis van tekeningen [3], [4] en [5]. In werkelijkheid is er niet alleen horizontaal ruimte naast de Zuiderschuif, maar ook verticaal boven de gesloten Zuiderschuif. Dit is niet meegenomen (conservatief). Voor de berekening van de golfklappen vanuit de IJsselmeerzijde is de geometrie uit Figuur 2-3 en Figuur 2-4 aangehouden. Vanuit de Waddenzeezijde is de bovenbalk blootgesteld aan golfklappen. De geometrie van de bovenbalk is nog niet vastgesteld, maar krijgt de vorm die weergegeven is in Figuur 2-5. De overhanglengte W is variabel en nog niet vastgesteld. Deze is gelijk aan de breedte van het horizontale stuk van de bovenbalk + de tussenafstand met de schuif welke (opgevulde afstand). Deze afmetingen zijn een ontwerpkeuze van constructeur en zal in desbetreffende ontwerp nota worden vastgesteld.

Tabel 2-5 Afmetingen gebruikte geometrie bestaande spuumiddelen, uit RWSMNN-1928-50038.

	Einheid	Waddenzeezijde	IJsselmeerzijde
Bodemniveau (onderkant schuif) *	m t.o.v. NAP	-4,65	-4,65
Niveau bovenkant schuif (onderkant constructie)	m t.o.v. NAP	2,50	2,50
Bovenkant Bovenbalk	m t.o.v. NAP	7,00	n.v.t
Niveau bovenkant heftorens	m t.o.v. NAP	13	13

Niveau onderkant heftoren	m t.o.v. NAP	2,5	2,5
Niveau bovenkant pijler	m t.o.v. NAP	2,5	2,5

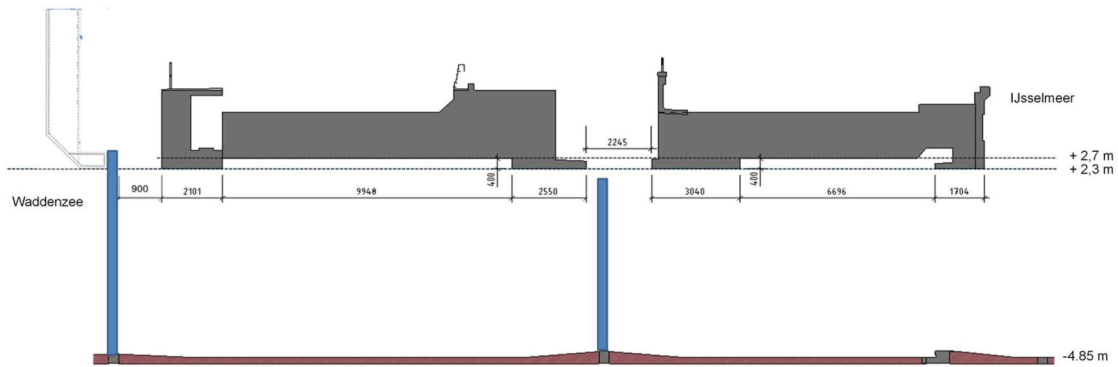
* in de berekening is de onderkant schuif gelijkgesteld aan het bodemniveau, dit is conservatief.



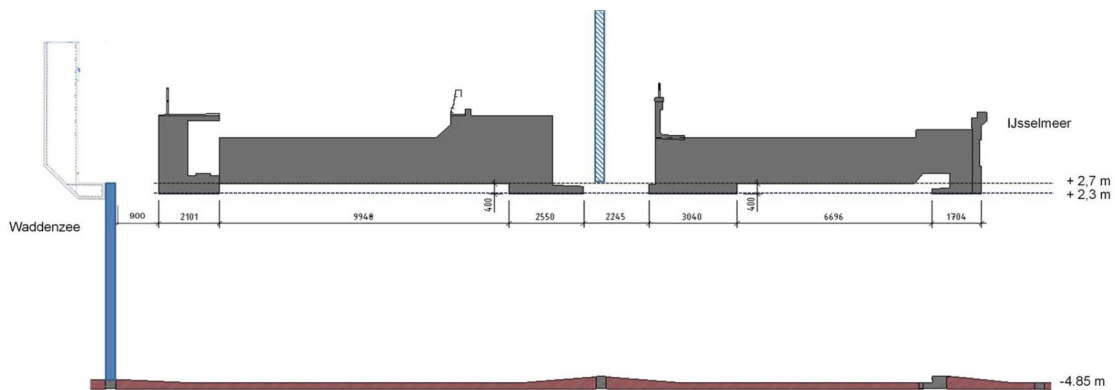
Figuur 2-2: Waddenzeezijde van dwarsdoorsnede van de bestaande spuumiddelen bij Den Oever. Bron: Dwarsdoorsnede A-B uit "RWSMNN-1928-50038 1 Overzicht sluis". Hoogtematen conform as-built.

Tabel 2-6 - Gehanteerde spleetbreedtes bij golfklapberekeningen vanuit het IJsselmeer

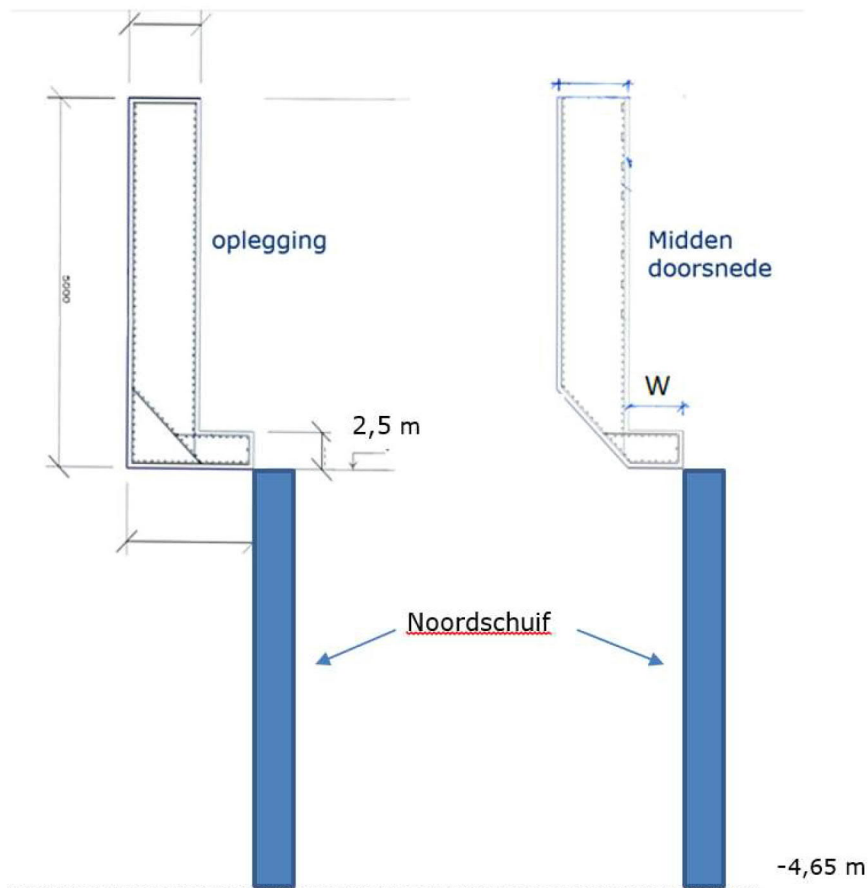
Spleet tussen objecten	Gehanteerde spleetbreedtes bij golfklappen vanuit IJsselmeer [m]
Noorderschuif en Kabelkoker	0,900
Zuiderschuif en Zuiderwegdek (Zuiderschuif gesloten)	1,056
Zuiderwegdek en Noorderwegdek (Zuiderschuif open)	2,245



Figuur 2-3: Geometrie die gehanteerd is om golfklappen op de Zuiderschuiф uit te rekenen, zie ook Tabel 2-6 voor spleetbreedtes. Beide schuiven zijn gesloten in deze schematische weergave. De weergave is niet op schaal. Afmetingen zijn gegeven in mm. Bron: tekeningen [3], [4] en [5]. Hierin is 0.2 m zetting meegenomen (hele constructie), o.b.v. gemeten zakking en conservatieve schatting toekomstige zetting.



Figuur 2-4: Geometrie die gehanteerd is om golfklappen op de Noorderschuiф uit te rekenen, zie ook Tabel 2-6 voor spleetbreedtes. De Zuiderschuiф is open en de Noorderschuiф gesloten in deze schematische weergave. De weergave is niet op schaal. Afmetingen zijn gegeven in mm. Bron: tekeningen [3], [4] en [5]. Hierin is 0.2 m zetting (hele constructie) meegenomen, o.b.v. gemeten zakking en conservatieve schatting toekomstige zetting.



Figuur 2-5: Geometrie die gehanteerd is voor het bepalen van de golfklappen op de bovenbalk vanuit de Waddenzeezijde. De overhanglengte W is variabel en is gelijk aan de breedte van het horizontale stuk van de bovenbalk + de tussenafstand met de schuif welke (opgevulde afstand). In de geometrie is geen zetting meegenomen (conservatief), behalve voor golfklap (0,2m) (conservatief).

2.6.3 Overige begrippen en uitgangspunten

In dit uitgangspuntenrapport zijn enkele uitgangspunten van toepassing en worden enkele begrippen gebruikt die toelichting nodig hebben. Doordat deze begrippen en uitgangspunten raakvlakken hebben worden ze in één lijst weergegeven. Deze punten zijn:

- [F] beschrijft het golfklap model op basis waarvan met stormverlopen uit ASD-MEM-0164 de vermoeiingsommen zijn uitgevoerd. In ASD-NOT-0793 (Beoordelingsmethodiek schuiven op vermoeiing door golfklapbelasting) wordt vervolgens uitgelegd hoe met deze vermoeiingsbelastingen gerekend kan worden voor de vermoeiing van de schuiven.
- De belastingen door golfklap op de constructie worden bepaald aan de hand van de theorie die is uitgelegd in [F].
- Met **quasi-statische belasting** wordt een belasting bedoeld die orde grootte 2 seconden duurt. Het is aangegeven in deze notitie (Tabel 6-1) wanneer een kracht deze belastingduur heeft;
- Met **golfklapbelasting** wordt een belasting bedoeld die orde grootte 0,1 seconden duurt. Het is aangegeven in deze notitie wanneer een kracht deze belastingduur heeft;
- Uiterste grenstoestand (UGT): dit zijn de belastingen met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000 per jaar. Hiervoor geldt het KNMI W+ scenario voor de bestaande spuisluizen. Het bijbehorende zichtjaar is 2050;

- Alle belastingen zijn bepaald met de golfcondities inclusief robuustheidsfactoren op de golfcondities;
- De golfbelastingen gaan uit van loodrecht invallende golven. De belastingen zijn niet gecompenseerd voor scheef invallende golven. Deze benadering is conservatief;
- De golfdrukken in dit uitgangspuntenrapport zijn exclusief de hydrostatische waterdruk. Deze moet aanvullend nog in rekening gebracht worden;
- De belastingen zijn representatieve waarden. Belastingfactoren moeten door de constructeurs bepaald worden.;
- **De golfbelastingen en de bijbehorende configuraties zijn bindend voorgeschreven in [D].** In dit document worden enkel de maatgevende belastingen en de bijbehorende configuratie(s) daarvan gepresenteerd;
- De belasting door quasi-statische golfdruk op de constructie worden bepaald aan de hand van Goda en Takahashi uit de Leidraad Kunstwerken (TAW, 2003);

2.7 Software

De gehanteerde software voor het afleiden van de hydraulische belastingen is MathCad, Excel, Matlab en Python.

3 Kenmerken van het ontwerp

3.1 Vormgeving

Niet van toepassing voor dit document.

3.2 Civiel

Niet van toepassing voor dit document.

3.3 Mechanische installaties

Niet van toepassing voor dit document.

3.4 Elektrische installaties

Niet van toepassing voor dit document.

3.5 RAM-aspecten (betrouwbaarheid, beschikbaarheid en onderhoudbaarheid)

Niet van toepassing voor dit document.

3.6 Veiligheid & Gezondheid

Niet van toepassing voor dit document.

3.7 Duurzaamheid

Niet van toepassing voor dit document.

3.8 Omgeving en milieu

Niet van toepassing voor dit document.

3.9 Bediening en Besturing

Niet van toepassing voor dit document.

3.10 Test- en keurconcept

Niet van toepassing voor dit document.

3.11 Uitvoeringsconcept

Niet van toepassing voor dit document.

3.12 Risico's en beheersmaatregelen

Niet van toepassing voor dit document.

3.13 Raakvlakken

Van invloed op de hydraulische belastingen tijdens stormcondities zijn de havendammen aan de Waddenzeezijde in Den Oever. Deze dammen worden versterkt zodat zij bestand zijn tegen de 1/10.000 jarige storm. Hierdoor kan uit de serie testen gekozen worden voor de testen met aanwezigheid van havendammen.

3.14 Toleranties en maatvoering

Deze nota hanteert de maatvoering voor de spuumiddelen Den Oever volgens de tekeningen [3], [4] en [5] en combineert deze met een maximaal gemeten en verwacht toekomstige zetting. Om niet per spuiwerker een separate golfbelasting af te leiden is gekozen voor de maximaal gemeten zakking, gecombineerd met restzetting tot ED en eventuele bouwtoeranties. De waarde die aangehouden wordt voor de golfklapberekeningen is 20 mm verlaging van de bodem.

4 Ontwerpscenario

In dit hoofdstuk worden de verschillende onderdelen van het ontwerpscenario beschreven. Allereerst wordt het klimaatscenario in paragraaf 4.1 besproken. Daarna komen onderdelen als de ontwerprequentie, zichtjaar en levensduur aan bod in paragraaf 4.2.

4.1 Klimaatscenario

Opdrachtgever heeft voor het constructief ontwerp van het BSM klimaatscenario 'KNMI W+' voorgeschreven [B], paragraaf 2.3. Over de periode 1990 – 2017 heeft volgens dit scenario een relatieve stijging van de Waddenzee plaatsgevonden van 0,07 m. De verschillen tussen 2017 en 2020 worden verwaarloosbaar geacht.

De toeslagen op de waterstanden aan de Waddenzeezijde zijn bepaald in Deltares, 2013 en ook genoemd in [B]. De toeslagen op de waterstanden zijn vermeld in Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Relatieve zeespiegelstijging en peilstijging ten opzichte van 1990 voor zichtjaren 2020 en 2050 op de Waddenzee en het IJsselmeer volgens KNMI-scenario W+

Zichtjaar	Scenario zeespiegelrijzing	Relatieve zeespiegelrijzing Waddenzee [m]	Peilstijging IJsselmeer [m]
2020	KNMI W+	+0,07	+0,00
2050	KNMI W+	+0,35	+0,00

Voor de te renoveren kunstwerken met zichtjaar 2050 geldt het KNMI W+ scenario voor de hoogte van de afsluitmiddelen en de vervangbare onderdelen. De waterstanden zoals vermeld in dit rapport in hoofdstuk 5 zijn inclusief de robuustheidstoelagen.

4.2 Zichtjaren, ontwerp levensduur en ontwerp frequenties

Tabel 4-2 geeft de zichtjaren, ontwerp levensduur en frequenties weer voor de onderdelen van de bestaande spuisluizen Den Oever, die relevant zijn voor het ontwerp.

Tabel 4-2 Frequenties, zichtjaren en levensduur kunstwerk (bestaand spuumiddel Den Oever)

Object	Frequentie	Zichtjaar	Scenario	Levensduur	Referentie
Bestaande spuisluizen incl. hoogtes	1/10.000 per jaar	2050	KNMI W+	50 jaar	[B, C]
Fundering, betonconstructie en afsluitmiddelen	1/10.000 per jaar	2050	KNMI W+	50 jaar	[B, C]

5 Ontwerpcondities: waterstanden, vervallen en golfcondities

5.1 Karakteristieke waterstanden

Karakteristieke waterstanden bij Den Oever zijn gegeven in Tabel 5-1.

Tabel 5-1 Karakteristieke waterstanden

Waterstand	Den Oever [m t.o.v. NAP]	Referentie
Gemiddeld springtij	+0,80/ -0,80	(III), pagina 34 en 35
Gemiddeld tij	+0,74/ -0,74	(III), pagina 34 en 35
LAT (laagste astronomische getij)	-1,15	(III), pagina 34 en 35
1x per jaar Waddenzee	+2,50/ zie Tabel 5-3	(III), pagina 34 en 35
Streefpeil IJsselmeer	-0,20 (zomer), -0,40 (winter)	(D), Tabel 5

5.2 Waterstanden bij ijsbelasting

De waterstanden waarbij de ijsbelasting kan plaats vinden worden in deze paragraaf gegeven. Dit is gedaan door de onder- en bovengrens aan te geven, lage en hoge waterstand. Alle waterstanden daartussen kunnen ook optreden tijdens ijsbelasting. De lage waterstand aan de IJsselmeerzijde is het streefpeil in de winter, -0,4 m +NAP. De hoogwaterstand aan de IJsselmeerzijde is afgeleid uit de randvoorwaarden uit [B] Bijlage E.1.3. bij een terugkeerfrequentie van 1/100 jaar, conform ISO19906-2010. De hoge waterstanden van de Waddenzeezijde zijn conform [B], Bijlage E.1.1. Aangenomen wordt dat de wind en opzet volledig afhankelijk zijn voor deze hoge waterstanden. Hiermee kan de opzet gereduceerd worden met een factor 0,9 voor de hoge waterstanden op de Waddenzee (conform ISO19906-2010). De lage waterstanden op de Waddenzee zijn gelijk gesteld aan LAT uit Rijkswaterstaat, 2013. De gepresenteerde waarden zijn inclusief robuustheidsfactoren. De volledige tabel met invoer en uitvoer van de waterstanden is gegeven in Tabel 6-36 en Tabel 6-37 in Bijlage 2

Een samenvatting van de resulterende waterstanden voor de bepaling van de ijsbelasting voor Den Oever is in Tabel 5-2 weergegeven.

Tabel 5-2 Overzicht maatgevende waterstanden voor ijsbelasting Waddenzeezijde en IJsselmeerzijde Den Oever.

Den Oever	2050	
Zijde	Lage ontwerp waterstand ijsbelasting [m+NAP]	Hoge ontwerp waterstand ijsbelasting [m+NAP]
Waddenzeezijde	-1,15	3,64
IJsselmeerzijde	-0,40	1,00

5.3 Vervallen

De vervallen Waddenzee - IJsselmeer en IJsselmeer - Waddenzee worden gegeven in [B], Bijlage E.2. De resultaten zijn hier gepresenteerd in Tabel 6-34 en Tabel 6-35 in Bijlage 2. Voor de locatie Den Oever zijn voor het verval van IJsselmeer naar Waddenzee twee vervaltabellen gegeven ("Den Oever – advies" en "Den Oever – regressie"). De bestaande spuiscuizen dienen de waterstanden en vervallen uit beide tabellen te kunnen weerstaan.

5.4 Lage laagwaterstanden

Voor het ontwerp van onder andere de keer-/damwanden zijn de laagste laag water (LLW) standen benodigd; laagwaterstanden die niet zijn gekoppeld aan, en ook niet gecombineerd hoeven te worden met andere belastingen zoals vervallen, golfbelastingen en ijsbelasting. De lage laagwaterstanden behorende bij bepaalde onderschrijdingsfrequenties (kans dat waterstand lager is) zijn gegeven in Tabel 5-3 voor het IJsselmeer en de Waddenzee in Den Oever. De waarden zijn gegeven voor het zichtjaar 2020, omdat voor andere zichtjaren niet gerekend mag worden met zeespiegel- en meerpeilstijging indien dit een gunstig effect heeft.

Tabel 5-3 Lage laagwaterstanden Den Oever. Bron: Bijlage G (van hydraulische randvoorwaarden v7.0) 11201202-004-HYE-0001-v0.2-r.

Zichtjaar	2020				
Onderschrijdingsfrequentie (1/x jaar)	1	10	100	1000	10000
Laagwaterstanden Waddenzeezijde Den Oever [m +NAP]	-1,65	-2,05	-2,50	-2,90	-3,35
Laagwaterstanden IJsselmeerzijde Den Oever [m +NAP]	-0,75	-1,10	-1,40	-1,70	-2,00

5.5 Combinatie van verval en golf

Conform [Hydraulische Randvoorwaarden Afsluitdijk versie 7.0] dient Opdrachtnemer ten behoeve van de gecombineerde belasting door verval en golven de waterstanden en golven uit bijlage E.1 te combineren met de vervallen met bijbehorende waterstand uit bijlage E.2 (voor hetzelfde zichtjaar en dezelfde overschrijdings-frequentie).

De combinatie van gelijktijdige belasting door verval en golven wordt uitgewerkt in de constructieve ontwerpnota's en maakt onderdeel uit van het opstellen van de op constructie van toepassing zijnde belastingcombinaties. Hierbij wordt rekening gehouden met de toe te passen veiligheidsfactoren.

5.6 Ontwerpgolfcondities

De ontwerpgolfcondities in dit uitgangspuntenrapport zijn gedefinieerd volgens de volgende parameters:

- H_{m0} = significante golfhoogte, gebaseerd op het spectrum = $4\sqrt{m_0}$;
- $T_{m-1,0}$ = spectrale golfperiode = m_{-1}/m_0 ;
- T_p = piekperiode;
- θ = golfrichting in graden t.o.v. noord.

5.6.1 Waddenzeezijde

De golfcondities voor het ontwerp zijn bindend voorgeschreven in [B], Bijlage E.1.1. Er zijn in totaal 30 uitvoerpunten beschikbaar waarvoor informatie over de golfcondities bekend is. Sectie 24

is gekozen als maatgevende uitvoerpunt voor de bestaande spuisluisen bij Den Oever (zie Figuur 5-1). Sectie 24 ligt aan de Waddenzeezijde.



Figuur 5-1 Uitvoerpunten golfmodellering [B]

Tabel 5-4 geeft de golfcondities voor de waterstanden, de verschillende zichtjaren en frequenties, uitgaande met Havendam configuratie A weer. De 1/1 per jaar frequentie vormt een uitzondering en gebruikt de huidige havendam configuratie. De tabel bevat enkel golfcondities met bijbehorende waterstanden. De waterstanden die belangrijk zijn voor vervallen zijn gegeven in Bijlage 2

Tabel 5-4 Ontwerpgolfcondities aan de Waddenzeezijde voor uitvoerlocatie 24, de bestaande spuisluisen bij Den Oever uitgaande van Havendam configuratie A

Hydraulische condities Den Oever uitvoerlocatie 24							
Frequentie 1/1 per jaar ²							
Scenario	Zichtjaar	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m +NAP]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
KNMI W+	2020	0,89	3,00	2,99	325	2,10	-
KNMI W+	2050	0,91	3,09	3,74	325	2,40	1/1
Frequentie 1/10 per jaar ³							
Scenario	Zichtjaar	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m +NAP]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
KNMI W+	2020	1,35	3,51	3,77	324	2,9	-
KNMI W+	2050	1,40	3,62	4,15	325	3,2	-
Frequentie 1/50 per jaar ⁴							
Scenario	Zichtjaar	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m +NAP]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
KNMI W+	2050	1,77	4,05	4,43	320	3,76	-
Frequentie 1/100 per jaar							
Scenario	Zichtjaar	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m +NAP]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
KNMI W+	2020	1,85	4,07	4,55	320	3,70	-
KNMI W+	2050	1,91	4,21	4,55	320	4,00	1/100
Frequentie 1/1.000 per jaar							
Scenario	Zichtjaar	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m t.o.v. NAP]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
KNMI W+	2020	2,29	4,50	5,02	320	4,40	-
KNMI W+	2050	2,37	4,63	5,02	320	4,60	1/1.000
Frequentie 1/5.000 per jaar ⁴							
Scenario	Zichtjaar	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m t.o.v. NAP]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
KNMI W+	2050	2,65	4,85	5,36	320	5,02	-
Frequentie 1/10.000 per jaar							
Scenario	Zichtjaar	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _p [s]	θ [graden]	h [m t.o.v. NAP]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
KNMI W+	2020	2,70	4,83	5,02	320	4,90	-
KNMI W+	2050	2,77	4,95	5,51	320	5,20	1/10.000

² waterstanden en golven op basis van extrapolatie voor herhalingsstijd van 1/1 per jaar met Havendam configuratie "huidig".

³ waterstanden en golven op basis van Havendam configuratie "huidig" voor herhalingsstijd van 1/10 per jaar

⁴ waterstanden en golven op basis van interpolatie voor herhalingsstijd van 1/50 en 1/5000 per jaar met Havendam configuratie A.

5.6.2 IJsselmeerzijde

De maatgevende golfcondities aan de IJsselmeerzijde zijn gegeven in [B], Bijlage E.1.3 (Tabel Waterstanden en golven IJsselmeer bepaald met module golfklap). De resultaten zijn weergegeven in Tabel 5-5 voor zichtjaar 2020 en 2050. De golfcondities voor deze twee zichtjaren zijn gelijk aan elkaar. Uitvoerpunt VK1_070_IJM geeft de maatgevende hydraulische belasting vanuit het IJsselmeer op de bestaande spuisluizen bij Den Oever (zie Figuur 5-2). De maatgevende conditie heeft de hoogste faalkansbijdrage voor het faalmechanisme "Golfklap". De tabel bevat enkel golfcondities met bijbehorende waterstanden. De waterstanden die belangrijk zijn voor vervallen zijn gegeven in Bijlage 2



Figuur 5-2 Locatie van de maatgevende Hydra-Zoet uitvoerpunt bij Den Oever. Bron: hydraulische randvoorwaarden v7.0.

Tabel 5-5 Ontwerpgolfcondities aan de IJsselmeerzijde voor uitvoerlocatie VK1_070_IJM, de bestaande spuisluizen bij Den Oever voor zichtjaar 2020/2050. Bron: [B], Bijlage E.1.3.

Zichtjaar 2020/2050 (meerpeilstijging: 0,00 m)		Hydraulische condities Den Oever uitvoerlocatie VK1_070_IJM				
1/1 per jaar						
Zichtjaar	h [m t.o.v. NAP]	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _P [s]	θ [graden]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
2020/2050	0,00	0,75	3,00	3,30	155	1-a
2020/2050	0,20	0,75	3,00	3,30	155	1-b
2020/2050	0,40	0,75	3,00	3,30	155	1-c
2020/2050	0,60	0,52	2,00	2,20	99	1-d
1/10 per jaar						
Zichtjaar	h [m t.o.v. NAP]	H _{m0} [m]	T _{m-1,0} [s]	T _P [s]	θ [graden]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
2020/2050	0,00	0,96	3,00	3,30	30	n.v.t.

2020/2050	0,20	0,96	3,00	3,30	30	n.v.t.
2020/2050	0,40	0,96	3,00	3,30	30	n.v.t.
2020/2050	0,60	0,96	3,50	3,85	38	n.v.t.
2020/2050	0,80	0,76	3,00	3,30	41	n.v.t.
1/100 per jaar						
Zichtjaar	h [m t.o.v. NAP]	H _{m0} [m]	T _{m-} 1,0 [s]	T _p [s]	θ [graden]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
2020/2050	0,00	1,13	3,20	3,52	175	100-a
2020/2050	0,20	1,13	3,20	3,52	175	100-b
2020/2050	0,40	1,13	3,20	3,52	175	100-c
2020/2050	0,60	1,13	3,20	3,52	175	100-d
2020/2050	0,80	1,10	3,30	3,63	171	100-e
2020/2050	1,00	0,96	3,60	3,96	143	100-f
1/1.000 per jaar						
Zichtjaar	h [m t.o.v. NAP]	H _{m0} [m]	T _{m-} 1,0 [s]	T _p [s]	θ [graden]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
2020/2050	0,00	1,28	3,30	3,63	177	1000-a
2020/2050	0,20	1,29	3,40	3,74	174	1000-b
2020/2050	0,40	1,29	3,40	3,74	174	1000-c
2020/2050	0,60	1,29	3,40	3,74	174	1000-d
2020/2050	0,80	1,29	3,40	3,74	174	1000-e
2020/2050	1,00	1,25	3,60	3,96	146	1000-f
2020/2050	1,20	1,11	3,70	4,07	143	1000-g
1/10.000 per jaar						
Zichtjaar	h [m t.o.v. NAP]	H _{m0} [m]	T _{m-} 1,0 [s]	T _p [s]	θ [graden]	Naamgeving in golfklapberekeningen (Bijlage 3)
2020/2050	0,00	1,40	3,40	3,74	178	10000-a
2020/2050	0,20	1,45	3,50	3,85	177	10000-b
2020/2050	0,40	1,45	3,50	3,85	177	10000-c
2020/2050	0,60	1,45	3,50	3,85	177	10000-d
2020/2050	0,80	1,45	3,50	3,85	177	10000-e
2020/2050	1,00	1,44	3,60	3,96	174	10000-f
2020/2050	1,20	1,39	3,70	4,07	146	10000-g
2020/2050	1,40	1,20	3,90	4,29	144	10000-h
2020/2050	1,60	0,61	2,30	2,53	99	10000-i

6 Belastingen

In dit hoofdstuk zijn de belastingen gepresenteerd die relevant zijn voor de bestaande spuisluisen bij Den Oever. Een overzichtstabel van de belastingen is gegeven in Tabel 6-1.

Tabel 6-1 Overzicht hydraulische belastingen

Paragraaf	Onderdeel	Belasting	Berekening te vinden in
6.1.1.1	Schuiven	Hydrostatische drukken - UGT	[B], bijlage E2
6.1.1.2	Schuiven	Horizontale golfdruk - UGT	Waddenzee: [D] IJsselmeer: Goda (Bijlage 1), zie ook [L] bijlage 8.
6.1.1.3	Schuiven	Golfklap - UGT	Waddenzee: [D] IJsselmeer: paragraaf 6.1.1.3
6.1.1.4	Schuiven	Verticale golfbelasting - UGT	niet langer van toepassing
6.1.2.1	Schuiven	Hydrostatische drukken - Vermoeiing	[B], bijlage E2
6.1.2.2	Schuiven	Horizontale golfdruk - Vermoeiing	Methode: [F] Rekenresultaten: Bijlage 3 Zie ook [L], bijlage 3.
6.1.2.3	Schuiven	Golfklap - Vermoeiing	methode: [F] Rekenresultaten: Bijlage 3 Zie ook [L], bijlage 3.
6.1.2.4	Schuiven	Vervalbelasting bij openen en sluiten - Vermoeiing	[L], bijlage 4
6.1.3	Schuiven	Excitatie (Trillen door loslating stroming rond schuifhoofd)	[L], bijlage 5
6.1.4	Schuiven	Opdrijven schuiven door orbitaalsnelheid golven - UGT	[L], bijlage 7
6.1.5	Schuiven- afdichtrubber	Verticale belasting boven op schuif t.b.v. afdichtrubber - UGT	niet langer van toepassing
6.1.6	Schuiven	Operationele golfbelastingen	bijlage 4.2 en 4.3 van document [L].
6.1.7	Zuiderschuif	Bijzondere belasting	tekstuele toelichting in paragraaf zelf
6.2	Spuikoker/brug dek/weg (zie definitie in paragraaf 6.2)	Waddenzeezijde: Voorgescreven verticale belasting UGT IJsselmeerzijde: berekende golfklap op dek	Waddenzeezijde: [D] IJsselmeerzijde: [L], bijlage 3
6.3	Kabelkokerdek en flappen kabelkoker	UGT : Waddenzeezijde: Voorgescreven horizontale en verticale belasting en belasting door gewicht golf	Waddenzee: [D]. IJsselmeer: bijlage 3 document [L]

		IJsselmeerzijde: berekende belasting door golfklap	
6.4	Fietsbrug	Drag belasting horizontaal en verticaal belastingen en golfklapbelastingen - UGT	bijlage 3 document [L]
6.5	Heftorens	Horizontale golfdruk vanuit Waddenzee - UGT (1/50, 1/5.000, 1/10.000)	Methode: Goda (Bijlage 1), resultaten in paragraaf zelf, berekening in [L], bijlage 10
6.6	Spatscherm	Voorgescreven horizontale belastingen - UGT	niet langer van toepassing
6.7	Gehele constructie	Globale stabiliteit onder golfdruk - UGT	Methode: Goda (Bijlage 1), resultaten in paragraaf zelf, berekening in [L], bijlage 9
6.8	Droogzetschott en	Horizontale golfdruk voor 1/1 en 1/10 jaar storm	Methode: Goda (Bijlage 1), resultaten in paragraaf zelf, berekening in [L], bijlage 6
6.9	Bovenbalk	Verticale golfklap belasting UGT en horizontale quasi-statische Goda golfdruk UGT	[L], bijlage 3

6.1 Schuiven

In deze paragraaf worden de belastingen op de schuiven gegeven. Dit wordt gedaan voor verschillende mechanismen en situaties. Dit zijn 1) UGT, 2) vermoeiing, 3) excitatie van de schuif, 4) mogelijk opdrijven van de schuif, 5) de verticale belasting op het afdichtingsrubber, 6) operationele belastingen schuiven en 7) bijzondere belasting Zuiderschuiven.

Deze punten sluiten aan bij de verschillende scenario's waarbij de schuiven belastingen moeten opnemen. Dit zijn:

- **Gesloten**, schuif staat op de drempel en keert water. Hiervoor zijn relevant:
 1. De UGT belastingen (paragraaf 6.1.1);
 2. Vermoeiingsbelastingen (paragraaf 6.1.2);
 3. Opdrijfbelasting (paragraaf 6.1.4), schuif moet blijven staan;
 4. De verticale belasting op het afdichtingsrubber aan de onderzijde van de schuif (paragraaf 6.1.5);
 5. De bijzondere belastingen op de Zuiderschuiven (paragraaf 6.1.7);
- **Vismigratiestand**, schuif is geopend met een kleine spleet. Hiervoor zijn relevant:
 1. UGT belastingen (ondergeschikt aan UGT belastingen gesloten situatie);
 2. Vermoeiingsbelastingen (inbegrepen in vermoeiingsbelastingen paragraaf 6.1.2);
 3. Excitatie (paragraaf 6.1.3);
 4. Opdrijfbelasting, ongeveer gelijk of kleiner dan opdrijf belasting gesloten toestand in paragraaf 6.1.4;
 5. Operationele belasting (paragraaf 6.1.6)
- **Bewegend**, schuif is bezig met sluit of opening. Hiervoor is hetzelfde relevant als voor de vismigratiestand.
- **Geopend**, schuif is geopend, de onderzijde van de schuif hangt gelijk aan de onderzijde van de naastgelegen bruggen en bovenbalk (+2,5 m NAP o.b.v. oorspronkelijke aanleghoogte spuumiddel). In deze stand zal er regulier geen water bij de schuiven komen. Er wordt immers gesloten bij hoogwater. Dit betekent dat de schuif niet in deze toestand is, maar gesloten. In calamiteit situatie, niet sluiten van één van de schuiven, dan wordt de geheven schuif mogelijk met hydrostatische druk belast (afhankelijk van de waterstand). Golfklap is niet van toepassing, mits de schuif aan de onderkant de spitse vorm uit paragraaf 6.1.3 houdt. Hierdoor kan de golf makkelijk oplopen en zal geen golfklap belasting geven.
- **Onderhoudsstand**, schuif is iets verder geopend dan bij een reguliere opening t.b.v. inspectie en onderhoudswerkzaamheden (+3,1 m NAP o.b.v. oorspronkelijke aanleghoogte spuumiddel). Hierbij geldt wat belastingen betreft hetzelfde als voor de geopende schuif, punt hierboven.

6.1.1 Schuiven UGT

Voor de uiterste grenstoestand belasting op de schuiven van de bestaande spuumiddelen worden de extreme belastingen (overschrijdingsfrequentie 1/10.000 per jaar) beschouwd uit het KNMI W+ scenario. De golfcondities op de Waddenzee zijn gepresenteerd in Tabel 5-4 en die op het IJsselmeer in Tabel 5-5. Het zichtjaar 2050 is van toepassing.

In deze paragraaf komen vier verschillende belastingen op de schuiven aan bod: 1) Hydrostatische druk, 2) horizontale golfdruk, 3) golfklap en 4) verticale golfbelasting.

Belangrijk: De gegeven golfdrukken zijn quasi-statische golfdrukken (dat wil zeggen exclusief dynamische vergrotingsfactor). De hydrostatische druk moet nog apart in rekening gebracht

worden. Dit geldt ook voor de golfklappen. Een inschatting van deze hydrostatische druk kan worden gemaakt met de waterstanden in paragraaf 6.1.1.1.

6.1.1.1 Schuiven UGT - Hydrostatische druk

De hydrostatische druk kan worden berekend met de waterstanden in Tabel 6-2.

Tabel 6-2: Waterstanden behorende bij vervalbelasting met terugkeerfrequentie 1/10.000 jaar op Waddenzee en IJsselmeer voor UGT. Bron: [B], bijlage E2

Stormkant	Waterstand Waddenzee [m + NAP]	Waterstand IJsselmeer [m + NAP]
Waddenzeezijde	5,28	-1,21
IJsselmeerzijde	-1,83	1,21

6.1.1.2 Schuiven UGT - Horizontale golfdruk

De golfdruk wordt eerst gegeven voor de Waddenzeezijde en vervolgens voor de IJsselmeerzijde.

Waddenzeezijde

De belastingen vanuit de Waddenzee zijn voorgeschreven in [D]. Deze voorgeschreven belastingen komen uit schaalproeven. Daardoor zijn deze niet uit te splitsen naar golfdruk en golfklap, maar inclusief golfklap, en verschillen de belastingen voor de noorder- en zuiderschuif. De voorgeschreven belastingen zijn omgezet naar drukken op basis van de geometrie gegeven in Tabel 6-3. Deze geometrie wijkt licht af van de gegeven geometrie in Tabel 2-5. Bij de omzetting van voorgeschreven belastingen naar een drukprofiel is onderscheid gemaakt in de hoogte van beide schuiven. In de schaalproeven is de bovenkantschuif op 2,5 m+NAP, maar de bovenkant van de Noorderschuif is 2,80 m+NAP. Daarom zal bij de Noorderschuif de druk vermenigvuldigd worden met een factor om te compenseren voor deze extra hoogte. Deze factor is $(2.8--4.50)/(2.5--4,50) = 1.043$.

Tabel 6-3 Afmetingen gebruikte geometrie schuiven bestaande spuumiddelen voor omzetten krachten in drukken in deze paragraaf.

	Eenheid	Noorderschuif	Zuiderschuif
Bodemniveau (onderkant schuif)	m t.o.v. NAP	-4,50	-4,40
Niveau bovenkant schuif	m t.o.v. NAP	2,80	2,25

Noorderschuif

De maatgevende horizontale belastingen op de **Noorderschuif** van de bestaande spuumiddelen bij den Oever zijn in Tabel 6-4 gegeven voor twee configuraties. De voorgeschreven belasting kan geschematiseerd worden zoals gegeven in de tabel. De hydrostatische druk moet nog apart in rekening gebracht worden, zie Tabel 6-2 voor de waterstanden. De twee beschouwde configuraties zijn:

1. Hoge waterstand, golfbrekers, fietspad en het huidige spatscherm (niet verhoogd) - ID O1-2 [D];
2. Lage waterstand (2,6 m +NAP) - ID O3 [D].

Tabel 6-4 Maatgevende golfbelasting (excl. hydrostatische druk) vanuit Waddenzee voor de **Noordschuif** bestaande spuumiddelen Den Oever met het KNMI W+ scenario [D].

Belastingen	Parameter	Eenheid	Golfbelasting	
			ULS - 1 (ID O1-2)	ULS - 1 (ID O3) ¹
Totale horizontale golfbelasting	$F_{x,max}$	kN/m ¹	352	326
Arm	a	+m NAP	-1,30	-0,65
Type belasting			quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3	quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3
Druk bovenkant schuif	p1	kN/m ²	² 30,38*1.043=31.69	² 52,00*1.043=54.24
Aangrijppunt druk bovenkant schuif	p1,h	+m NAP	2,80	2,80
Druk onderkant schuif	p3	kN/m ²	² 66,05*1.043=68.89	² 37,32*1.043=38.92
Aangrijppunt druk onderkant schuif	p3,h	+m NAP	-4,50	-4,50

¹ De arm is aangepast in WOG HR7.0 [B] van -2,03 m +NAP naar de huidige waarde van -0,65 m +NAP.

² De druk is aangepast doordat de hoogte van de schuif hoger is dan in de schaalproeven [D].

Zuiderschuif

De maatgevende horizontale belasting op de **zuiderschuif** van de bestaande spuumiddelen bij den Oever zijn in Tabel 6-5 gegeven voor twee configuraties. De voorgeschreven belasting kan geschematiseerd worden zoals gegeven in de tabel. De hydrostatische druk moet nog apart in rekening gebracht worden, zie Tabel 6-2 voor de waterstanden. De twee beschouwde configuraties zijn:

1. Hoge waterstand en golfbrekers - ID O1-1 [D];
2. Lage waterstand (2,6 m +NAP) - ID O3 [D].

Tabel 6-5 Maatgevende golfbelasting (excl. hydrostatische druk) vanuit Waddenzee voor de **zuiderschuif** bestaande spuumiddelen Den Oever met het KNMI W+ scenario [D].

Belastingen	Parameter	Eenheid	Golfbelasting	
			ULS - 2 (ID O1-1)	ULS - 2 (ID O3)
Totale horizontale golfbelasting	$F_{x,max}$	kN/m ¹	146	633
Arm	a	+m NAP	-1,13	-0,66
Type belasting			quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3	golfklap, zie paragraaf 2.6.3
Druk bovenkant schuif	p1	kN/m ¹	20,87	130,83

Aangrijppunt druk bovenkant schuif	p1,h	+m NAP	2,25	2,25
Druk onderkant schuif	p3	kN/m ¹	23,04	59,55
Aangrijppunt druk onderkant schuif	p3,h	+m NAP	-4,40	-4,40

IJsselmeerzijde

De golfdrukkrachten vanuit de IJsselmeerzijde zijn gegeven in Tabel 6-6. De krachten zijn hetzelfde voor de noorder- en zuiderschuif van de bestaande spuumiddelen bij Den Oever. Het complete overzicht van de hydraulische belastingen (UGT) voor de IJsselmeerzijde is weergegeven in Bijlage 1 in Tabel 6-31. De definities van de belastingen zijn weergegeven in paragraaf 2.6.1. De volledige berekening is te vinden in bijlage 8 in [L].

Tabel 6-6 Maatgevende golfdruk vanuit IJsselmeerzijde (excl. hydrostatische druk) Noorder- en Zuiderschuif bestaande spuumiddelen Den Oever.

Belastingen	Parameter	Eenheid	Golfbelasting ULS
Golfdruk niveau waterlijn	P _{1,h}	m t.o.v. NAP	1,2
Golfdruk niveau totale constructie	P _{2,h}	m t.o.v. NAP	4,50
Golfdruk niveau bodem	P _{3,h}	m t.o.v. NAP	-4,65
Golfdruk niveau bovenkant schuif	P _{4,h}	m t.o.v. NAP	2,5
Druk op waterniveau	P ₁	kN/m ²	15,27
Druk op kruinniveau	P ₂	kN/m ²	1,14
Druk onderkant constructie	P ₃	kN/m ²	6,18
Druk op bovenkant deur	P ₄	kN/m ²	9,71
Horizontale golfbelasting - constructie	F _{h,constructie}	kN/m ¹	11,01
Horizontale golfbelasting - schuif	F _{h,schuif}	kN/m ¹	79,00
Type belasting			quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3

6.1.1.3 Schuiven UGT - Golfklap

Waddenzee

De golfbelasting vanuit de Waddenzee door golfklap is beproefd met schaalproeven waarbij de defensiebalk aanwezig was. In het huidige ontwerp is er een bovenbalk aanwezig met andere afmetingen. De schaalproeven met de defensiebalk geven belastingen die hoger zijn dan berekend worden met het golfklap model voor de bovenbalk. **De te hanteren, de maatgevende, belasting is opgenomen in de voorgeschreven golfdrukken uit paragraaf 6.1.1.2.** Deze volgen namelijk uit schaalproeven waarin dit fenomeen niet uitgesloten is. De gegeven drukken zijn

horizontale belastingen. Ter vergelijking worden in de rest van deze paragraaf de berekende golfklapbelastingen op de Noorderschuif vanuit de Waddenzee gegeven.

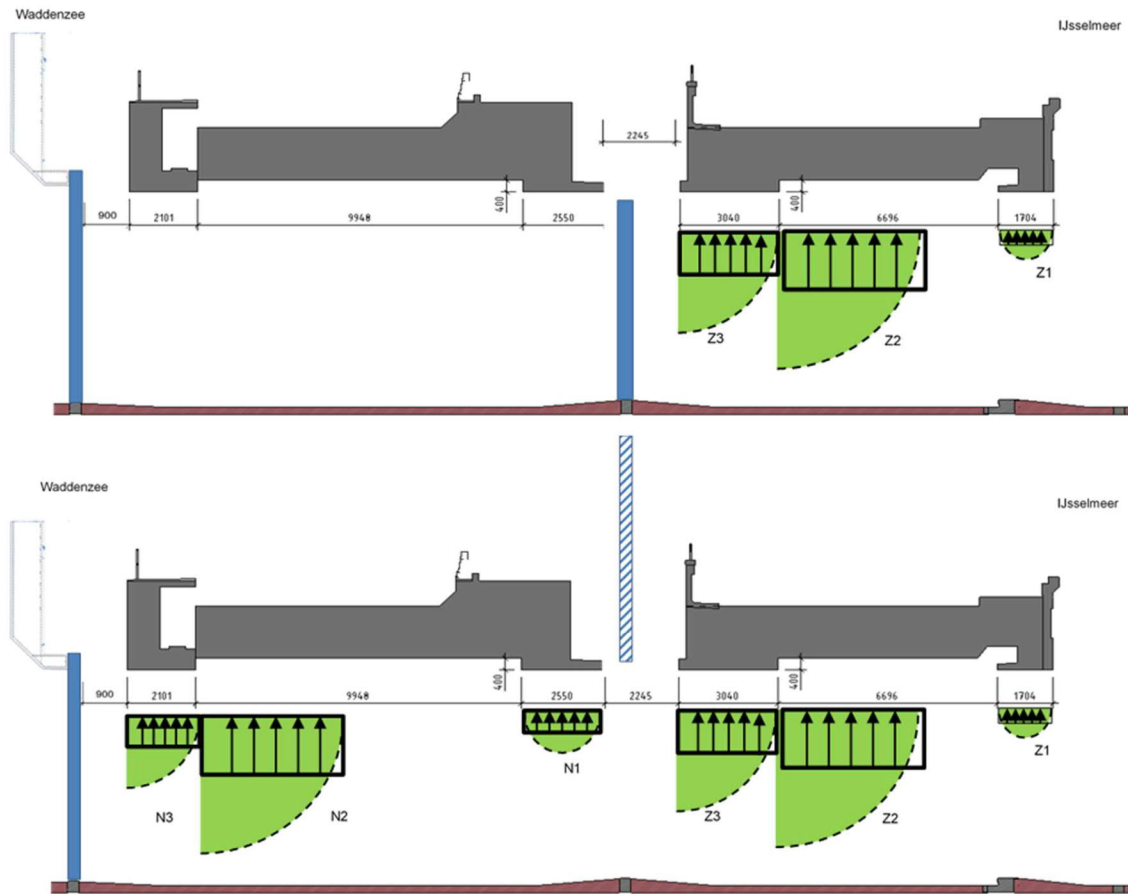
De golfklap vanuit de Waddenzee zal geen invloed hebben op de bovenste ligger van de Noorderschuif doordat de bovenbalk afsluit tegen de Waddenzeerand van de schuif, zie Figuur 2-5. Bij de zuiderschuif is een ontluichtingsopening aanwezig en sluit de schuif niet af. Daardoor wordt aangenomen dat deze belasting ook niet werkt op de bovenste ligger van de Zuiderschuif.

Enkel ter vergelijking:

Om een vergelijking te kunnen opstellen tussen de golfklappen die conform het ontwikkeld model in [F] zijn bepaald en de golfklappen die zijn voorgeschreven (in [D]), is in Bijlage 4 de golfklap op de bovenbalk volgens het model gepresenteerd. De voorgeschreven golfklappen zijn maatgevend en moeten gehanteerd worden.

IJsselmeer

Figuur 6-1 geeft een schematisering met alle mogelijke golfklappen die kunnen optreden voor de bestaande spuumiddelen in Den Oever. Document [F] bevat een uitgebreide model beschrijving voor de golfklappen. Tabel 6-7 geeft de numerieke waarden van deze golfklappen voor zowel de Zuider- en Noorderschuif. De maximale druk door golfklap vanuit het IJsselmeer is **respectievelijk 9,03 kN/m² en 5,35 kN/m² voor de Zuider- en Noorderschuif**. Deze zijn afgeleid uit de maximale belasting door golfklap (resp. 60,04 en 38,27 kN/m), bijlage 3 uit [L], te delen door de hoogte van de schuif. M.a.w. een **uniform drukprofiel** wordt aangenomen, zie paragraaf 2.6.3 en [F] voor onderbouwing. Voor de Zuiderschuif is dit een hoogte van 6,65 m en voor de Noorderschuif is een hoogte van 7,15 m gehanteerd.



Figuur 6-1: Schematisering van de golfklappen voor BSM DOV. De bovenste schematische weergave toont een gesloten Zuiderschuif, de onderste een open Zuiderschuif.

Tabel 6-7 Golfklappen op de BSM in DOV.

	Eenheid	Z1	Z2	Z3	N1	N2	N3
Onderdeel	[-]	Zuider brugdek	Zuider brugdek	Zuider brugdek	Noorder Brugdek	Noorder Brugdek	Kabel koker
Overhang lengte	[m]	1,70	6,70	3,04 m	2,55	9,95	2,10
Niveau bovenkant binnenkant buis	[m]	2,30	2,70	2,30	2,30	2,70	2,30
Golfhoogte beperking	[m]	(-)	(-)	2,70	2,70	2,70	2,70
Spleetgrootte	[m]	(-)	1,056 / 2,245 *	1,056 / 2,245 *	(-)	0,90	0,90
Bodemniveau	[m]	-4,85	-4,85	-4,85	-4,85	-4,85	-4,85
Effectieve overhanglengte	[m]	1,70	1,52	2,69	2,55	1,52	2,10
Horizontale Kracht Noordschuif	[kN/m]	(-)	0,14	0,29	(-)	9,11	38,27
Horizontale Kracht Zuidschuif	[kN/m]	(-)	15,09	60,04	(-)	(-)	(-)

* Als de Zuiderschuif open is dan is de grotere spleet gebruikt.

Let op: Tabel 6-6 (voorgeschreven golfdruk IJsselmeerzijde) en deze WOG UGT golfklapbelasting dienen niet met elkaar gecombineerd te worden. De, voor het beschouwde faalmechanisme, maatgevende waarde dient toegepast te worden. De golfklap dient ook niet gecombineerd te worden met ijsbelasting.

Let op: De gegeven druk is **exclusief hydrostatische druk**. De hydrostatische druk moet nog apart in rekening gebracht worden. De waterstanden die hiervoor gebruikt kunnen worden zijn vermeld in Tabel 6-2.

De bovenste ligger van de schuiven kan ook belast worden door golfklap. Deze steekt uit boven de huidplaat vanuit het IJsselmeer gezien. Deze belasting kan gelijk genomen worden aan de druk op de schuif, maar dan vanaf onder op de bovenste ligger in plaats van horizontaal.

6.1.1.4 Schuiven UGT - Verticale golfbelasting

Door de bovenbalk zal er geen water meer bovenop de Noorderschuif staan. Er hoeft dus niet langer rekening gehouden te worden een staande golfbelasting.

Bij niet sluiten van de Noorderschuif zal er een overlaat situatie op de Zuiderschuif ontstaan, zie paragraaf 6.1.6. Hierbij ontstaat een belasting bovenop de Zuiderschuif.

6.1.2 Schuiven vermoeiing

Er zijn een aantal onderdelen voorgeschreven in Belastingnota project Afsluitdijk [D] om de vermoeiingsberekening te doen voor de schuiven van de spuumiddelen. Deze onderdelen horen bij verschillende (golf)belastingen, te weten: 1) Hydrostatische druk, 2) horizontale golfdruk, 3) golfklap en 4) vervalbelastingen bij openen en sluiten van de schuiven (dit wil zeggen; vervalbelasting bij deels geopende deur). De verschillende onderdelen van de voorgeschreven vermoeiingsberekening worden opgesomd in Tabel 6-8. In de tabel staan ook de relevante belastingen. De belastingen worden per type belasting besproken in onderstaande paragrafen.

Bij onderdeel c, d, e en f ten behoeve van de horizontale golfdruk en golfklap berekeningen moet het volgende opgemerkt worden:

- Aangezien getij afwezig is op het IJsselmeer wordt voor de IJsselmeerszijde per storm scenario met een vast IJsselmeerpeil gerekend, zoals beschreven in Bijlage E1.3 van HR 7.0 [B]. De waterstand per herhaal periode leidend tot de meest conservatieve belastingen wordt meegenomen in de vermoeiingsberekening.
- Voor Waddenzeezijde is het getij verwerkt in de totale stormopzet, de opbouw van het storm verloop wordt beschreven in [I].

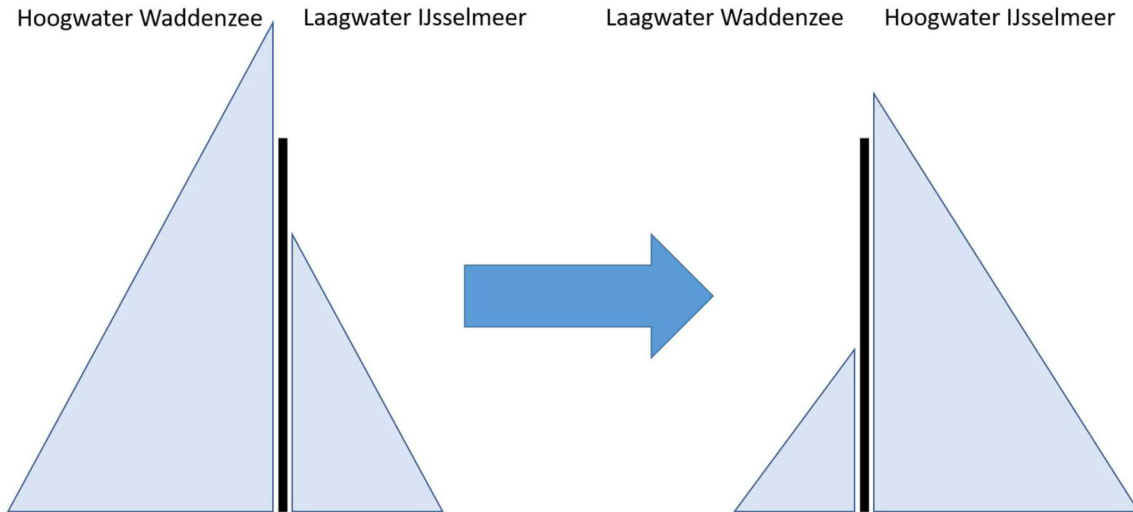
Tabel 6-8: Onderdelen vermoeiingsberekening voorgeschreven in [D].

Onderdeel vermoeiingsberekening	Type belastingen
a) dagelijks 1 keer openen en sluiten onder normaal verval	4) vervalbelasting bij deels geopende deur
b) dagelijks visintrekstand en visvriendelijk spuien	4) vervalbelasting bij deels geopende deur
c) dagelijks 2x van laag naar hoogwater met 1/1 jaar storm	1) hydrostatische druk, 2) horizontale golfdruk, 3) golfklap
d) jaarlijks 1/100 jaar storm	1) hydrostatische druk, 2) horizontale golfdruk en 3) golfklap
e) elke 10 jaar 1/1.000 jaar storm	1) hydrostatische druk, 2) horizontale golfdruk en 3) golfklap
f) één maal 1/10.000 jaar storm	1) hydrostatische druk, 2) horizontale golfdruk en 3) golfklap
g) windbelasting	Dit is geen hydraulische belasting
h) jaarlijks sluiten onder maximaal verval	4) vervalbelasting bij deels geopende deur
i) jaarlijks openen onder maximaal verval	4) vervalbelasting bij deels geopende deur

6.1.2.1 Schuiven vermoeiing - Hydrostatische druk

Bij onderdeel c, d, e, en f van de vermoeiingsberekening moet ook één lastwisseling per storm ten gevolge van waterstandswisselingen van laag naar hoogwater inrekening gebracht worden. Dit is geïnterpreteerd als van hoogwater Waddenzee en laagwater IJsselmeer naar laagwater Waddenzee en hoogwater IJsselmeer, afgebeeld in Figuur 6-2. De bijbehorende waterstanden zijn gegeven in Tabel 6-9 en komen uit [B], bijlage E2. Bijlage 2 bevat meer waterstanden behorende bij vervalbelastingen. Merk op: De waterstanden bij een vervalbelasting met terugkeerfrequentie 1/1 jaar zijn op basis van lineaire extrapolatie met de terugkeerfrequentie op logschaal. Het hanteren

van de waterstanden voor vervalbelasting aan beide zijden van de schuiven is conservatief. De kans dat eerst de maatgevende vervalbelasting van Waddenzee naar IJsselmeer optreedt en vervolgens andersom is kleiner dan de individuele overschrijdingsfrequentie van de vervalbelasting.



Figuur 6-2: Lastwisseling door hydrostatische druk

Tabel 6-9: Waterstanden behorende bij vervalbelasting met verschillende terugkeurfrequenties op Waddenzee en IJsselmeer voor vermoeiing. Bron: [B], bijlage E2. Zie ook Bijlage 2

Terugkeurfrequentie	Hoogwater Waddenzee [m +NAP]	Laagwater IJsselmeer [m +NAP]	Laagwater Waddenzee [m +NAP]	Hoogwater IJsselmeer [m +NAP]
1/1 jaar*	2,85	-0,61	-0,88	0,33
1/100 jaar	4,19	-0,94	-1,35	0,79
1/1.000 jaar	4,76	-1,09	-1,60	0,99
1/10.000 jaar	5,28	-1,21	-1,83	1,21

* De waterstanden bij een vervalbelasting met terugkeurfrequentie 1/1 jaar zijn op basis van lineaire extrapolatie met de terugkeurfrequentie op logschaal.

6.1.2.2 Schuiven vermoeiing - Horizontale golfdruk

De horizontale golfdruk wordt berekend bij de golfklap berekeningen t.b.v. vermoeiing, zie paragraaf 6.1.2.3 en Bijlage 3.

6.1.2.3 Schuiven vermoeiing - Golfklap

De bovenzijde van de koker van de spuumiddelen (Bovenkant Binnenkant Buis; BBB) bevindt zich bij lage waterstand voor een groot deel boven de waterspiegel. Golven die zich doorzetten tot onder de koker worden opgesloten en genereren kortstondige hoge belastingen. Deze belastingen treden op wanneer:

- 1) Een golfdal de koker in loopt, waarbij de waterstand hoger staat dan BBB. De druk neemt toe bij het binnenkomen van de golfpiek en de stoot (t.g.v. de orbitaalsnelheid en de massa van het water) wordt in korte tijd uitgeoefend op de constructie.

- 2) Een golfpiek het plafond raakt, waarbij de waterstand gelijk of lager is dan BBB. De druk neemt toe bij het binnenkomen van de golfpiek en de stoot wordt in korte tijd uitgeoefend op de constructie.

In [F] is de benaderingswijze gegeven welke toegepast is om de grootte van de kracht van de golfklap af te leiden en om het aantal golfklappen te bepalen. De gebruikte geometrie is getoond in Figuur 2-3, Figuur 2-4 en Figuur 2-5. Het resultaat is gegeven in Bijlage 3 en de berekening in bijlage 3 van [L]. Dit kan gebruikt worden om de onderdelen c, d, e en f van de vermoeiingsberekening te doen. In ASD-NOT-0793 (Beoordelingsmethodiek schuiven op vermoeiing door golfklapbelasting) wordt uitgelegd hoe met deze vermoeiingsbelastingen gerekend kan worden voor de vermoeiing van de schuiven. Bij deze berekening is van belang dat:

- De belasting door golfklap en golfdruk is geschematiseerd als uniforme druk op de schuiven.
- De golfbelasting vanuit de Waddenzee wordt uitgesloten in de vermoeiingsanalyse voor de Zuiderschuif. Dit is vastgelegd in het contractoverleg op 25 april 2019, 190425 afspraken RWS-Levvel over de WOG hydraulische randvoorwaarden kunstwerken IJsselmeerzijde. De Zuiderschuif wordt beschermd door de Noorderschuif tijdens storm condities. Enkel de Noorderschuif heeft een hoogwater kerende functie. Daardoor wordt deze altijd gesloten bij een voorspelde waterstand van +2,0 m NAP of hoger. Dit houdt in dat bij een 1/1 jaar storm situatie vanuit de Waddenzee (waterstand +2,4 m NAP) de Noorderschuif al gesloten is (sluiting vind in principe al op kentering tij plaats). Het belasten van de Zuiderschuif onder stormcondities aan de Waddenzee-zijde is te beschouwen als een calamiteit en om die reden hoeft de vermoeiingsbelasting voor die omstandigheid niet te worden beschouwd. Hiermee zijn er dus geen vermoeiingsscenario's waarbij golfklappen of golfdrukken vanuit de Waddenzee die bijdrage aan de vermoeiing van de Zuiderschuif. Hierbij moet opgemerkt worden dat vanuit het IJsselmeer wel de volledige beschouwing wordt gedaan voor vermoeiing. Dit is conservatief doordat in werkelijkheid de Zuiderschuif niet altijd dicht zal zijn, omdat de Noorderschuif hoogwater kerend is.
- De druk door golfklap vanuit het IJsselmeer op de bovenste ligger van de schuiven kan gelijk genomen worden aan de bovenste horizontale druk op de schuif. Deze belasting is vanaf onder voor stormen vanuit het IJsselmeer.
- De quasi statische golfbelasting (Lineaire golftheorie/ Goda, etc.) is opgenomen in de getoonde golfklappen. In paragraaf 6.1.1.2 werd al verwezen naar de berekeningen uit deze paragraaf. Deze berekeningen zijn conform Bijlage 1.

De lastwisselingen door golfklap en golfdruk tijdens stormen vanuit Waddenzee en IJsselmeer met verschillende terugkeerfrequenties zijn gegeven in Bijlage 3 en uitgerekend in bijlage 3 van [L]. **De periode waarvoor het aantal lastwisselingen gegeven is verschilt voor de verschillende terugkeerfrequenties en is:**

- **één storm voor terugkeerfrequenties van 1/100, 1/1000 en 1/10000;**
- **één jaar voor terugkeerfrequentie van 1/1 jaar.**

6.1.2.4 Schuiven vermoeiing - Vervalbelasting bij deels geopende deur

Deze paragraaf bevat een beschouwing van de dynamische belasting op schuiven ten gevolge van stromend water tijdens sluiten en openen van de schuiven. Bij openen en sluiten bij normaal verval zijn ook golfbelastingen van toepassing. Toelichting op deze golfbelastingen wordt verderop in deze paragraaf gegeven. De belastingen door stromend water tijdens sluiten en openen van de schuiven zijn **inclusief hydrostatische druk** en komen uit berekeningen die getoond zijn in [L], bijlage 4.1

of zijn hieruit afgeleid. Deze beschouwing is gelijk voor Noorder- en Zuiderschuiif. De volgende situaties worden beschouwd;

- Openen bij normaal verval, situatie 1 in Tabel 6-11, hoort bij element a voor vermoeiing in Tabel 6-8. De golfbelastingen die hierbij horen staan in Tabel 6-10
- Sluiten bij normaal verval, situatie 2 in Tabel 6-11, hoort bij element a voor vermoeiing in Tabel 6-8. De golfbelastingen die hierbij horen staan in Tabel 6-10
- Openen bij noodsluiting, situatie 5 in Tabel 6-11, hoort bij element i voor vermoeiing in Tabel 6-8
- Sluiten bij noodsluiting, situatie 8 in Tabel 6-11, hoort bij element h voor vermoeiing in Tabel 6-8. Dat een noodsluiting van 10 minuten gehanteerd kan worden is toegelicht in ASD-NOT-0386 (document J).

Het gegeven verval is het totaal verval als gevolg van het verval op het moment van sluitcommando, het verlopen van het getij gedurende het sluiten en traagheid van de stroming. Er is geen onderscheid in bovenstrooms en benedenstrooms gemaakt. Voor krachtenberekening is het extra verval aan de meest ongunstige zijde in rekening gebracht. Dit is een bovengrensbepaling.

Er moet rekening gehouden worden met golfbelasting tijdens openen en sluiten onder normaal verval, zie Tabel 6-10. Dit wordt gedaan op basis van de golfbelastingen die gegeven worden in paragraaf 6.1.6. Er wordt uitgegaan van een golf die maximaal 1% van de tijd in een jaar overschreden wordt om de belasting te bepalen (conservatief), zie Tabel 6-10 voor resultaat. In werkelijkheid zal deze belasting minder vaak voorkomen, omdat er maar geringe tijd van het jaar geopend/gesloten wordt met de schuiven. De opgegeven belasting kan uniform op de schuif worden toegepast. Het aantal wissels wordt conservatief ingeschat op basis van een bewegingsduur van 2 minuten en een golfperiode van 1 seconde, zie Tabel 6-10. Het gemiddelde van de gemiddelde golfperiodes ligt hoger, zie bijlage 4.2 en 4.3 van document [L], maar een lagere golfperiode geeft meer wissels.

Tabel 6-10 Operationele golfbelasting voor vermoeiing schuiven bij normaal verval

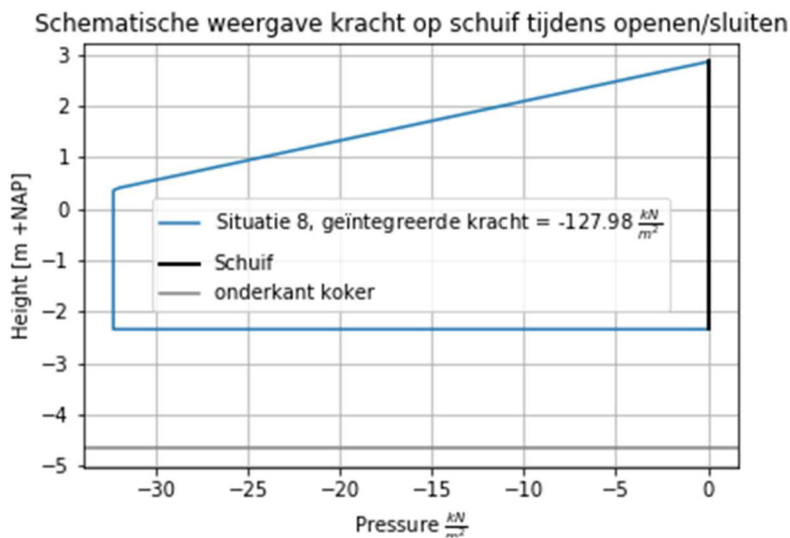
Aanvallende zijde	kracht max 1% van jaar [kN/m]	bijbehorende overschrijdingskans [-]	wissels per beweging
IJsselmeer	10	6,62E-03	120
Waddenzee	11	8,92E-03	120

Tabel 6-11 Toont de maximale totaal kracht op de schuif. Deze kracht treedt éénmaal op tijdens het openen of sluiten en werkt op de deels geopende schuif. Deze kracht is omgezet in een druk profiel zoals getoond in Figuur 6-3. Hierbij zijn de drukprofielen uit [L], bijlage 4.1 verschaald om geïntegreerd dezelfde kracht te geven als opgegeven. De aangegeven drukken en aangrijphoogtes zijn gegeven in Tabel 6-12.

Tabel 6-11: Rekenresultaat vervalbelasting bestaande spuinmiddelen Den Oever. Bron: [L], bijlage 4.1.

Bestaande spui; representatieve geometrie incl. schuif; 2 kokers open					
situatie	IJsselmeerpeil	Verval bij aanvang sluiten [positief is richting Waddenzee]	tijd sluiten	tijd openen	kracht op schuif
	[NAP +m]	[m]	[min]	[min]	[kN/m]

1) openen bij normaal verval	-0,2	0,22	2	2	9,04
2) sluiten bij normaal verval	-0,2	0,15	2	2	27,05
4 sluiten bij calamiteit, verlengde tijd (niet maatgevend)	-0,2	-0,9	5	2	53,48
5) openen bij calamiteit	0,55	0,61	2	2	28,41
8) sluiten bij calamiteit, verlengde tijd 2	0,55	-0,90	10	2	127,98



Figuur 6-3: Vervalbelasting bij situatie 8 geschematiseerd in een drukprofiel. Positieve druk/kracht is richting Waddenzee. Negatieve druk/kracht richting IJsselmeer.

Tabel 6-12: Vervalbelasting bij situaties 1, 2, 4, 5 en 8 geschematiseerd in een drukprofiel. Positieve druk/kracht is richting Waddenzee. Negatieve druk/kracht richting IJsselmeer. Kracht is gelijk voor Noorder- en Zuiderschuif.

Belastingen	Parameter	Eenheid	Situatie 4, niet maatgevend				
			Situatie 1	Situatie 2	Situatie 5	Situatie 8	
Totale horizontale druk door vervalbelasting	$F_{x,max}$	kN/m1	9,0	27,1	-53,5	28,4	-128,0
druk onderkant schuif	p_1	kN/m ²	2,2	8,0	-15,6	6,1	-32,3
aangrijphoogte druk onderkant schuif	$p_{1,h}$	m +NAP	-4.40	-3.43	-3,07	-4.40	-2.34
relatieve aangrijphoogte druk onderkant schuif	$p_{1,h,relatief}$	m t.o.v. onderkant deur (omhoog is positief)	0.00	0.00	0,0	0.00	0.00

druk bij knik in drukprofiel	p2	kN/m ²	2,2	8,0	-15,6	6,1	-32,3
aangrijphoogte druk bij knik in drukprofiel	p2,h	m +NAP	-0.45	-0.38	-0,27	-0.10	0.36
relatieve aangrijphoogte druk bij knik in drukprofiel	p2,h_relatief	m t.o.v. onderkant deur (omhoog is positief)	3.95	3.05	2,80	4.30	2.70
druk bovenkant schuif	p3	kN/m ²	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
aangrijphoogte druk bovenkant schuif	p3,h	m +NAP	-0.20	0.27	0,93	0.55	2.86
relatieve aangrijphoogte druk bovenkant	p3,h_relatief	m t.o.v. onderkant deur (omhoog is positief)	4.20	3.70	4,00	4.95	5.20

6.1.3 Schuiven excitatie - trillen door loslating rond schuif

Interactie van de hefschuiven met de stroming kan leiden tot trillingen van de schuiven, excitatie. In het uiterste geval kan zelfs schade ontstaan aan de schuiven of de bewegingswerken als gevolg. In deze paragraaf wordt eerst een kwalitatieve beschouwing hierop gedaan. Vervolgens is een aanvullende analyse gedaan voor de vismigratie stand omdat deze stand over langere tijd vastgehouden wordt.

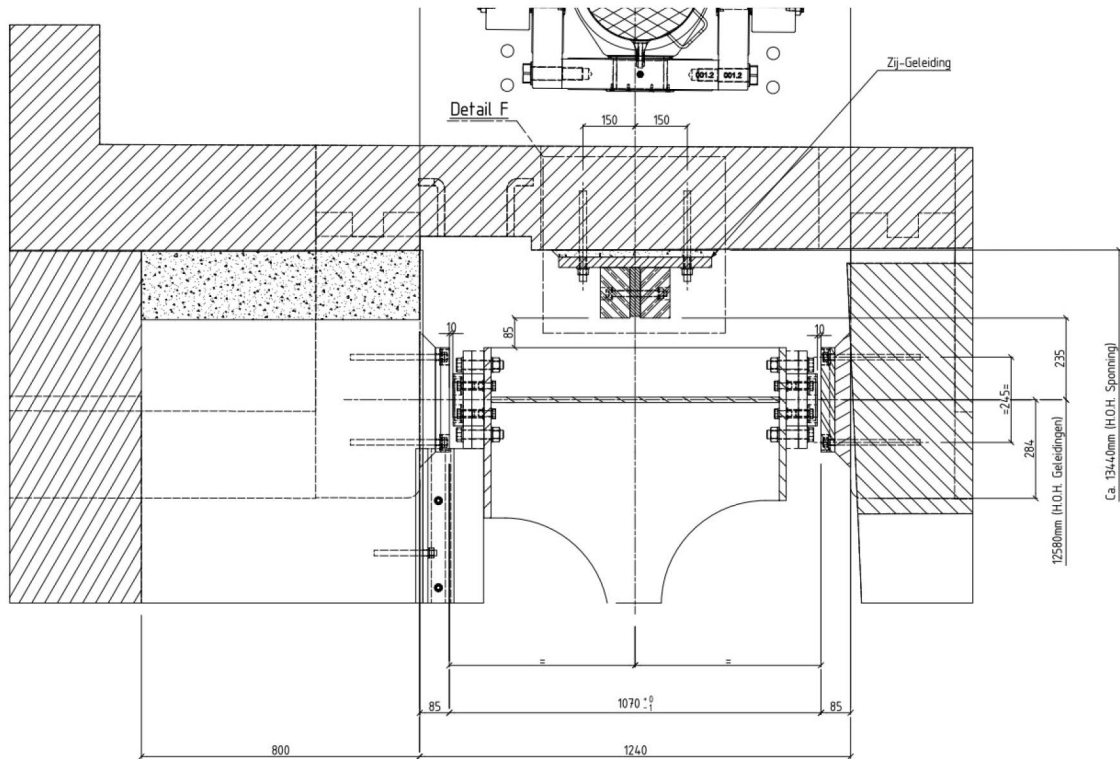
6.1.3.1 **Kwalitatieve** evaluatie dynamica hefschuiven bestaande spui Den Oever

De volgende ontwerpaspecten van de schuiven en het bewegingswerk hebben invloed op het optreden van trillingen:

- 1) De eigenfrequentie van het gecombineerde systeem van schuif en bewegingswerk
- 2) De vorm van de onderrand van de schuif
- 3) De detaillering van de afdichtingen langs de onderkant en zijkanten van de schuif

Punt 2 en 3 hebben betrekking tot het aanliggen van de stroming. Als het aanliggen van de stroming voorkomen wordt, dan kunnen de turbulente wervels geen excitatie van de schuif genereren. Punt 2 en 3 worden hieronder besproken. Bron van deze tekst: [L], bijlage 5.1.

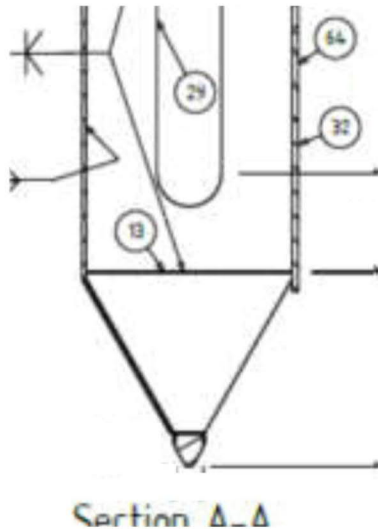
Figuur 6-4 laat zien hoe de verticale oplegging van de schuiven eruit ziet.



Figuur 6-4 Doorsnede in het verticale vlak van de verticale oplegging van de schuiven in spuigroep 1.2. Bron: tekening [6] .

Vorm van de onderrand van de schuif

Het huidige ontwerp van de onderrand van de hefschuiven, zie Figuur 6-5, voorkomt aanliggen en is daarmee juist vormgegeven tegen excitatie, [L], bijlage 5.1. Hierbij wordt uitgegaan van een hoek tussen horizontaal en schuif van 60 graden aan de aanstroomzijde en lijzijde. De aanstroomzijde moet deze hoek ook echt hebben. De lijzijde moet tenminste een hoek van meer dan 30 graden hebben.

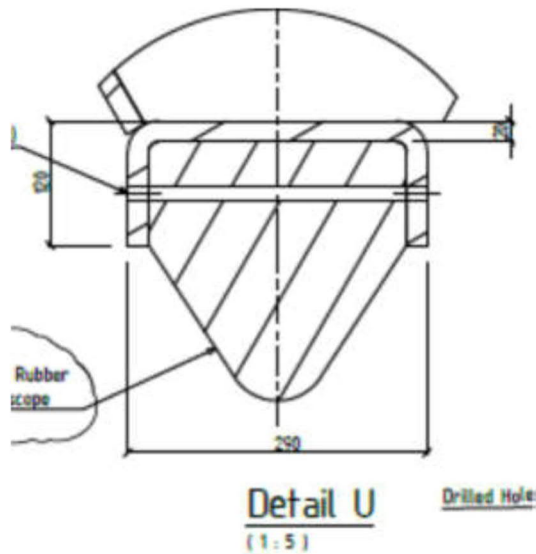


Figuur 6-5: onderkant doorsnede hefschuif bestaande spuisluis Den Oever (januari 2019); aanstroming van links

Detailering van de afdichtingen

De detailering van afdichting aan de onderrand maar ook de zijafdichtingen zijn van belang om excitatie te voorkomen. Op dit moment zijn deze twee punten nog niet definitief. De volgende punten zijn van belang bij de verdere detailering van de afdichtingen:

- De voorlopige vormgeving van de onderrand is gegeven in Figuur 6-6. Deze vorm is gunstig voor het voorkomen van dynamisch gedrag en moet daarom ook worden toegepast.
- Niet-vormvaste profielen kunnen in interactie treden met de stroming. Het resultaat daarvan is een wisselende doorstroomopening en een variërende afvoercoëfficiënt. Hierdoor kan de hele schuif in trilling komen als gevolg van het oscilleren van de hele stroming. De afdichting aan de onderrand uit Figuur 6-6 is ogenschijnlijk bedoeld als massief en vormvast. De vormgeving uit de figuur moet dus toegepast worden. Ook de afdichtingen aan de zijanten moeten vormvast zijn, om dezelfde reden.
- De afdichtingen mogen niet te kwetsbaar uitgevoerd worden. Als afdichtingen beschadigd raken tijdens het gebruik, dan kunnen soms alsnog trillingsproblemen ontstaan. Het is daarom van belang dat de afdichtingen niet te kwetsbaar worden uitgevoerd en dat het onderhoud erop gericht is de afdichtingen in goede conditie te houden. Beschadigingen kunnen ontstaan wanneer bijvoorbeeld een voorwerp klem komt te zitten onder de schuif.



Figuur 6-6: vorm onderrand schuiven bestaande spuimiddelen Den Oever (januari 2019)

6.1.3.2 **Kwantitatieve** evaluatie stationaire dynamica hefschuiven bestaande spui Den Oever

Bij een stationaire stroming is een analyse als aanvulling op bovenstaande kwalitatieve analyse nodig. Dit komt enkel voor tijdens visvriendelijk spuien, opening van 0,5 m. De excitatiefrequenties die verwacht kunnen worden bij deze stand zijn afhankelijk van het verval. De horizontale en verticale excitatiefrequenties als functie van het verval zijn uitgerekend in Bijlage 5.2 van [L] en gegeven in Tabel 6-13, Figuur 6-7 en Figuur 6-8.

De Eigenfrequentie van het systeem moet 2 tot 3 keer zo hoog zijn als de excitatiefrequentie van de stroming voor een kleine kans op excitatie, volgens Kolkman en Jongeling. De verticale kracht uitgeoefend door verticale excitatie is in de orde grootte 1 à 2 procent (afh. van verval) van de horizontale kracht op de schuiven door verval, zie Bijlage 5.2 van [L]. Hierdoor zou bij een te lage Eigenfrequentie de opwaartse kracht gecompenseerd kunnen worden door wrijving.

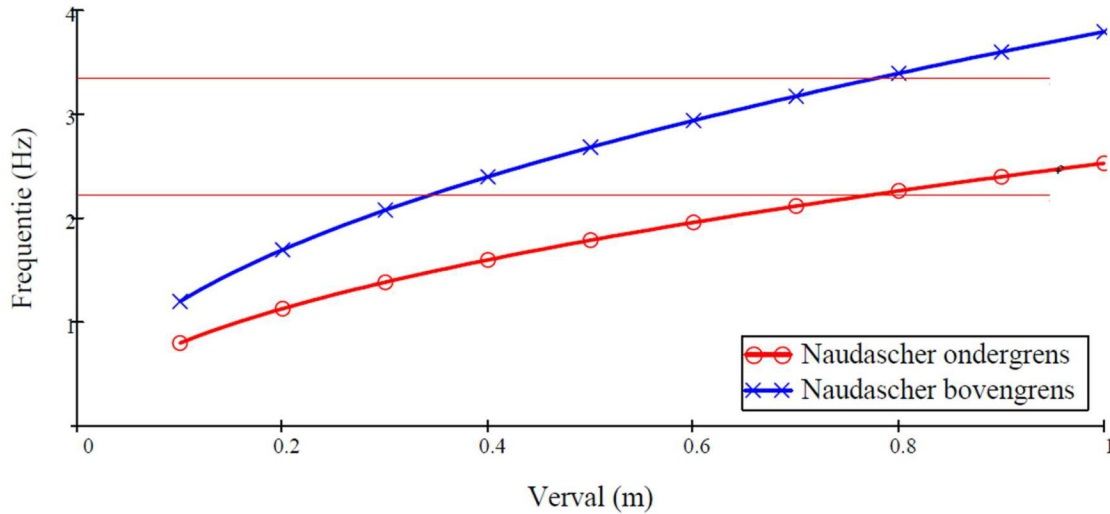
Let op:

- Aandachtspunten t.a.v. detaillering van de afdichtingen blijven onverkort geldig
- Methode Naudascher toegepast ver buiten geldigheidsgebied; andere methoden zijn niet bekend
- Breedte van de neus is vastgesteld op 50 mm

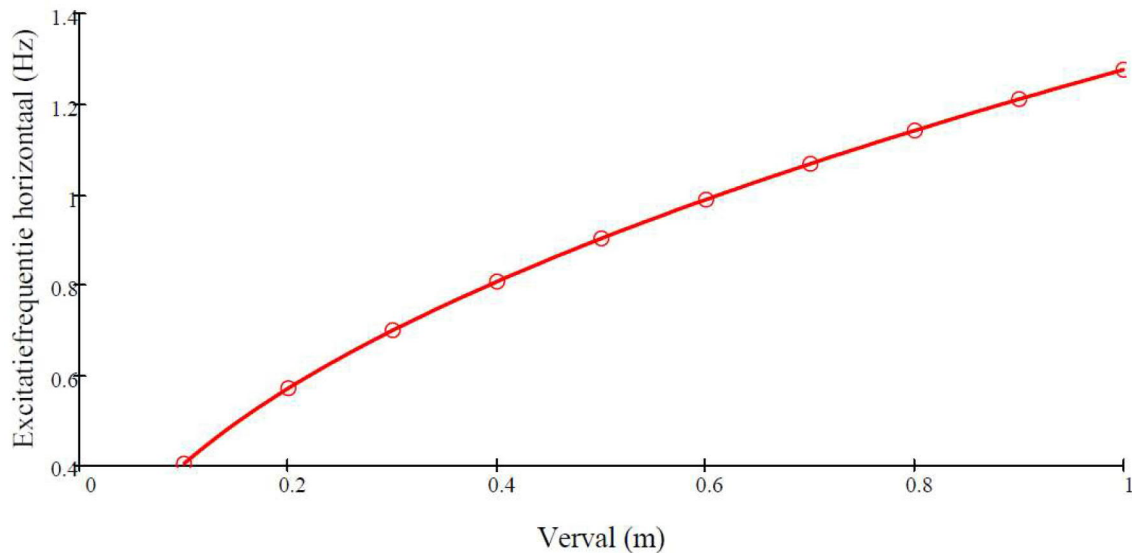
Tabel 6-13 Horizontale en verticale excitatiefrequenties als functie van verval bij een schuif die 0,5 m open staat.

Verval [m]	Excitatiefrequentie verticaal [Hz]	Excitatiefrequentie horizontaal [Hz]
0,1	0,8	0,4
0,2	1,1	0,6
0,3	1,4	0,7
0,4	1,6	0,8
0,5	1,8	0,9
0,6	2	1,0
0,7	2,1	1,1
0,8	2,3	1,1

0,9	2,4	1,2
1	2,5	1,3



Figuur 6-7 - Verticale excitatiefrequenties als functie van verval bij een schuif die 0,5 m open staat.

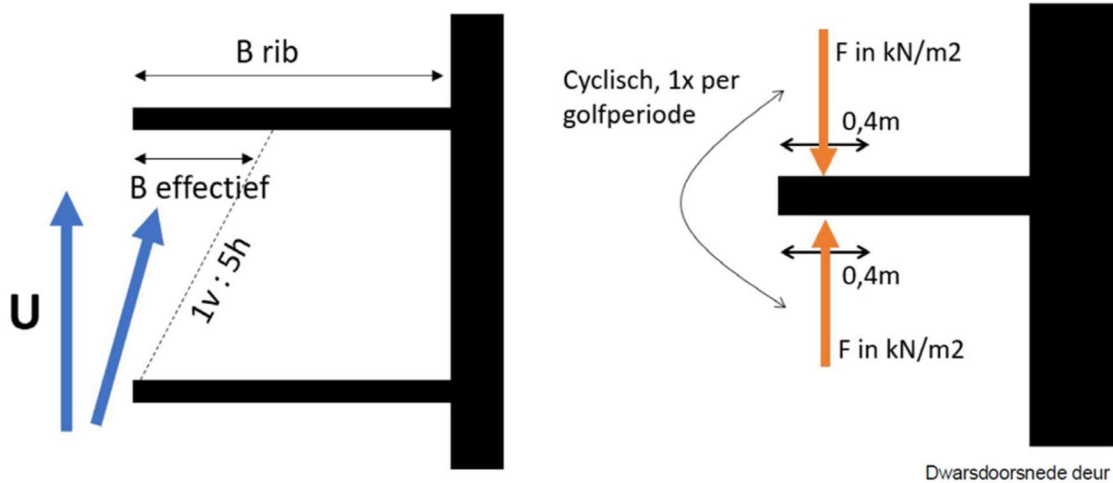


Figuur 6-8 - Horizontale excitatiefrequenties als functie van verval bij een schuif die 0,5 m open staat.

6.1.4 Schuiven opdrijven

De maximale som van de verticale kracht op alle liggers door het op en neer gaan van de golven is gegeven in deze paragraaf voor stormen vanuit het IJsselmeer met verschillende terugkeerfrequenties, zie Tabel 6-14. Deze kracht kan gebruikt worden om te bepalen of de schuiven onder de cyclische belasting van de golven omhoog kunnen komen of dat het eigengewicht meer is dan de opwaartse kracht.

De verticale kracht bestaat in deze berekening uit een stromingsbelasting (sleepkracht) en een kracht door versnelling (traagheid) van de waterdeeltjes. De berekening is een variant op de Morison methode en gegeven in [L], bijlage 7. Niet de volledige regel wordt aangestroomd, zie Figuur 6-9. De effectieve breedte is ongeveer 0,4 meter door de geometrie van de schuiven. Deze effectieve breedte is gebruikt om te komen tot de gesommeerde verticale golfkracht per meter schuif in Tabel 6-14. Eén keer per golf zal er een kracht naar beneden en naar boven optreden, zie rechter afbeelding Figuur 6-9 voor de definitie van de kracht.



Figuur 6-9: Linker figuur: schematische weergave van aanstroming van de regels. De figuur geeft het effectief aangestroomde gedeelte en de schaduwzone. Rechter figuur: Lastwisseling en kracht definitie.

Tabel 6-14: Som van maximale simultane verticale belasting op de Hoofdliggers. Deze belasting is per strekkende meter schuif en al gesommeerd over de 4 liggers.

Frequentie		Maximale simultane verticale belasting op de hoofdliggers Noordschuif [kN/m]		Maximale simultane verticale belasting op de hoofdliggers Zuidschuif [kN/m]
1/1 jaar	+/-	7,24	+/-	6,20
1/100 jaar	+/-	8,52	+/-	8,96
1/1.000 jaar	+/-	10,08	+/-	10,52
1/10.000 jaar	+/-	10,88	+/-	11,52

6.1.5 Schuiven verticale belasting afdichtrubber onderzijde

Door de bovenbalk zal er geen water meer bovenop de Noorderschuif staan. Er hoeft dus niet langer rekening gehouden te worden een staande golfbelasting op het afdichtrubber aan de onderzijde de schuiven.

6.1.6 Schuiven operationele golfbelastingen

Golfbelastingen zullen er ook buiten de UGT situaties om zijn, tijdens normale operatie van de schuiven. De frequentie waarbij een bepaalde kracht overschreden wordt per jaar wordt gegeven in Tabel 6-15 voor golven vanuit de Waddenzee en in Tabel 6-16 voor golven vanuit het IJsselmeer. Deze belastingen worden afgeleid in bijlage 4.2 en 4.3 van document [L].

Tabel 6-15 Kans op overschrijden per jaar van een bepaald belastingniveau voor de Waddenzeezijde van de Bestaande spuumiddelen in Den Oever.

Kracht (kN/m)	Kans op overschrijden (1/jr)
0	1.00E+00
1	8.70E-01
2	5.86E-01
3	3.33E-01
4	1.85E-01
5	1.13E-01
6	7.50E-02
7	5.00E-02
8	3.30E-02
9	2.10E-02
10	1.40E-02
11	8.92E-03
12	5.85E-03
13	3.85E-03
14	2.53E-03
15	1.64E-03
16	1.04E-03
17	6.48E-04
18	3.93E-04
19	2.33E-04
20	1.34E-04

Tabel 6-16 Kans op overschrijden per jaar van een bepaald belastingniveau voor de IJsselmeerzijde van de Bestaande spuumiddelen in Den Oever.

Kracht (kN/m)	Kans op overschrijden (1/jr)
0	9.80E-01
1	8.11E-01
2	4.88E-01
3	2.58E-01
4	1.48E-01
5	9.20E-02
6	5.60E-02
7	3.30E-02
8	1.90E-02
9	1.10E-02
10	6.62E-03
11	4.04E-03
12	2.50E-03
13	1.54E-03

6.1.7 Bijzondere belasting Zuiderschuiven

Er zijn twee bijzondere belastingen voor de Zuiderschuiven relevant volgens de belastingnota in document [D]. Dit zijn:

1. Overloop. De Zuiderschuiven dienen voldoende overloopcapaciteit te hebben en moeten de belasting hierbij kunnen dragen. Voldoende houdt in [D]: "De Zuiderschuiven dienen een overloopcapaciteit te hebben die groter of gelijk is aan het lekdebiet van de voorliggende Noorderschuif onder maatgevende omstandigheden, vermeerderd met het gedeelte van het

overslagdebiet onder maatgevende omstandigheden dat afstroomt naar het gedeelte van de spuiwerker tussen de Noorder- en de Zuiderschuiw." Voldoende overloopcapaciteit wordt gerealiseerd doordat er een verticale opening van 25 cm boven de Zuiderschuiwen aanwezig is en horizontaal ook nog een ruime opening. Hierdoor kan er meer water dan het lekdebiet en overslagdebiet langs de Zuiderschuiw stromen. Als de belasting bij de bijzondere belasting hieronder gekeerd kan worden, dan kan deze overloop situatie ook opgevangen worden

2. Calamiteiten situatie. Als de Noorderschuiw niet sluit, dan zal de Zuiderschuiw in een overloop situatie komen. Hiervoor is de een waterstand van +3,5 m +NAP maatgevend. De stroming over de schuiw zal weinig extra belastingen geven. Stroming over een overlaat veroorzaakt namelijk geen trillingen zoals behandeld in paragraaf 6.1.3. Er zal maximaal 1,25 m water bovenop de Zuiderschuiw komen te staan. Dit veroorzaakt een neerwaartse druk van ca 12,6 kN/m². De overige belastingen zijn te vergelijken met de hydrostatische conditie, maar lager doordat de Waddenzee waterstand lager is dan voorgeschreven in paragraaf 6.1.1.1.

6.2 Spuiwerker/Verkeersbruggen UGT

De verkeersbruggen kunnen vanaf de onderzijde belast worden vanuit de Waddenzee of het IJsselmeer. De onderkant van de weg kan ook beschouwd worden als de bovenkant van de spuiwerker of als verkeersbrug, afhankelijk van het perspectief van de discipline die er naar kijkt (vandaar de naam). De belasting die kan optreden vanuit de Waddenzeezijde wordt als eerst gegeven en is voorgeschreven in [D]. Vervolgens wordt de belasting vanuit het IJsselmeer gegeven. In paragraaf 6.2.3 worden de belastingcombinaties schematisch weergegeven.

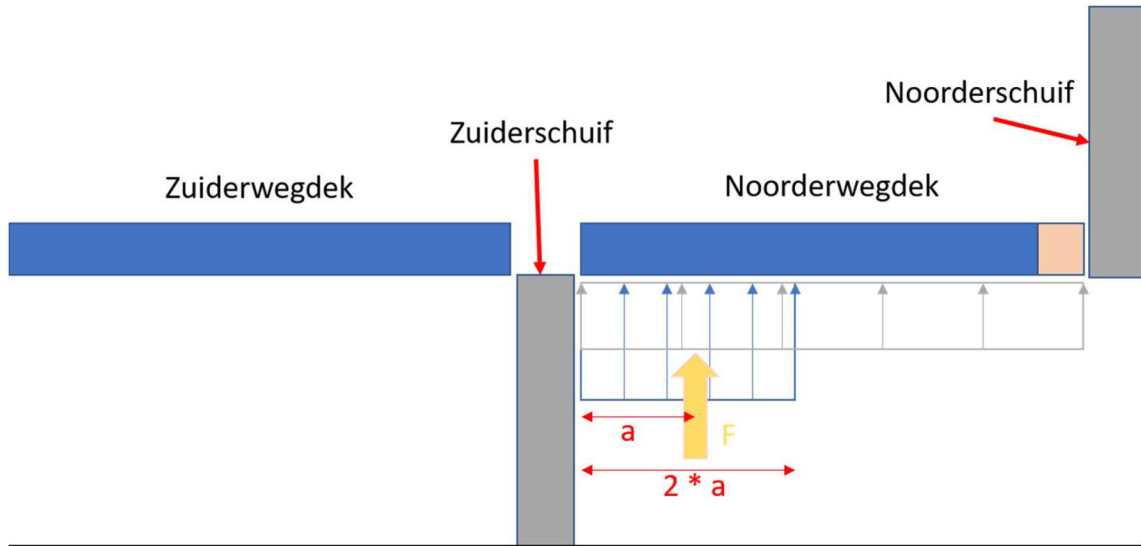
6.2.1 Waddenzeezijde

Vanuit de Waddenzee is een belasting op de onderkant van het wegdek/de bovenkant van de spuiwerker voorgeschreven in [D]. Deze kracht is afgeleid op basis van schaalproeven, beschreven in [H]. In de schaalproeven werd een spleetgrootte van ca 27 cm gemodelleerd. In het huidige ontwerp wordt een grootte van 25 cm beoogt. De voorgeschreven belastingen kunnen dus gehanteerd worden, de groottes liggen in dezelfde orde grootte.

De voorgeschreven belasting is geschematiseerd zoals weergegeven in Figuur 6-10 met het blauwe drukblok. De kracht is in een drukprofiel omgezet door de kracht te verdelen over een lengte gelijk aan 2 maal de arm tot de Zuiderschuiw. Bij het drukprofiel hoort een voorgeschreven arm die de locatie bepaalt. Echter kan de rest van het wegdek ook belast worden. Hiervoor wordt aangenomen dat de voorgeschreven kracht zich verdeelt over het gehele wegdek en kabelwerker, ca. 14,6 m (o.b.v. tekeningen [3], [4] en [5]), zie grijze blok in Figuur 6-10. De krachten en drukken zijn gegeven voor twee configuraties in Tabel 6-17. Deze twee configuraties zijn:

1. Hoge waterstand, golfbrekers, fietspad en het huidige spatscherm - ID O1-2 [D];
2. Lage waterstand - ID O3 [D].

Let op: De gegeven krachten zijn **exclusief hydrostatische druk**. De hydrostatische druk moet nog apart in rekening gebracht worden. De waterstand waar rekening mee gehouden moet worden is vermeld in Tabel 6-2. Voor de lage waterstand Waddenzee (ID O3) kan wel de lagere waterstand uit Tabel 6-17 aangehouden worden voor de Waddenzee.



Figuur 6-10: Schematische weergave van voorgeschreven belastingen op bovenkant koker/brugdek autoweg en kabelkoker vanuit de Waddenzee. In het blauw zijn de wegdekken weergegeven en in oranje de kabelkoker. Het grijze drukblok geeft voorgeschreven belasting wanneer deze op het gehele noordelijke wegdek plaatsvindt.

Tabel 6-17: Maatgevende golfbelasting voor de weg met het KNMI W+ scenario [D]. Exclusief hydrostatische druk.

Belastingen	Parameter	Eenheid	Golfbelasting ULS - 1 (ID O1- 2)	Golfbelasting ULS - 2 (ID O3)
Totale verticale golfbelasting (positief is omhoog)	$F_{z,max}$	kN/m ¹	223	517
Arm	a	m + schuif, zie Figuur 6-10	5,7	3,7
waterstand	h	m + NAP	5,2	2,6
Druk noord kant wegdek	p1	kN/m²	19,56	69,86
Aangrijppunt druk noord kant wegdek	v1	+m schuif	11,4	7,4
Druk zuid kant wegdek	p3	kN/m²	19,56	69,86
Aangrijppunt druk zuid kant wegdek	v3	+m schuif	0	0
<u>Druk overige deel wegdek (grijze blok in Figuur 6-10)</u>	p_algemeen	kN/m ²	15,27	35,41
Type belasting			quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3	golflap, zie paragraaf 2.6.3

6.2.2 IJsselmeerzijde

Vanuit IJsselmeerzijde treden golfklappen op de brugdekken op. De belastingduur van een golfklap is gegeven in paragraaf 2.6.3. De belastingen zijn uitgerekend in bijlage 3 van [L]. Hydrostatische druk is niet van toepassing vanuit het IJsselmeer, omdat de waterstand +1,2 of +1,4 m NAP is bij de gevonden golfklapbelasting en de bovenkant koker/onderkant wegdek op +2,5 m NAP ligt. Er moet een onderscheid gemaakt worden in 6 karakteristieke locaties waarin de klap verwacht kan worden. Figuur 6-11 en Figuur 6-12 geven een schematisering van de geometrie van de BSM en de golfklappen die optreden voor respectievelijk de Zuider- en Noorderschuif. De optredende krachten zijn:

1. Zuiderwegdek 1 (Z1)

De golfklap die hier optreedt is van het type 'halve maan', welke aangeeft dat de klap die druk levert op de plafond van de koker de vorm heeft van een halve cirkel. Deze klap is conform case 4 in [F]. De druk die maximaal uitgeoefend wordt door de golfklap is 30,78 kN/m² en werkt over een lengte van 1,7 m.

2. Zuiderwegdek 2 (Z2)

De golfklap die hier optreedt is van de type 'kwart maan', welke aangeeft dat de klap die druk levert op het plafond van de koker de vorm heeft van een kwart cirkel. Deze klap is conform case 1/3 in [F]. De druk die maximaal uitgeoefend wordt door de golfklap is 20,26 kN/m² en werkt over een lengte van 1,52 m.

3. Zuiderwegdek 3 (Z3)

De golfklap die hier optreedt is van dezelfde type als Zuiderwegdek 2. De druk die maximaal uitgeoefend wordt door de golfklap is 46,18 kN/m² en werkt over een lengte van 2,69 m.

4. Noorderwegdek 1 (N1)

De golfklap die hier optreedt is van dezelfde type als Zuiderwegdek 1. De druk die maximaal uitgeoefend wordt door de golfklap is 43,77 kN/m² en werkt over een lengte van 2,55 m.

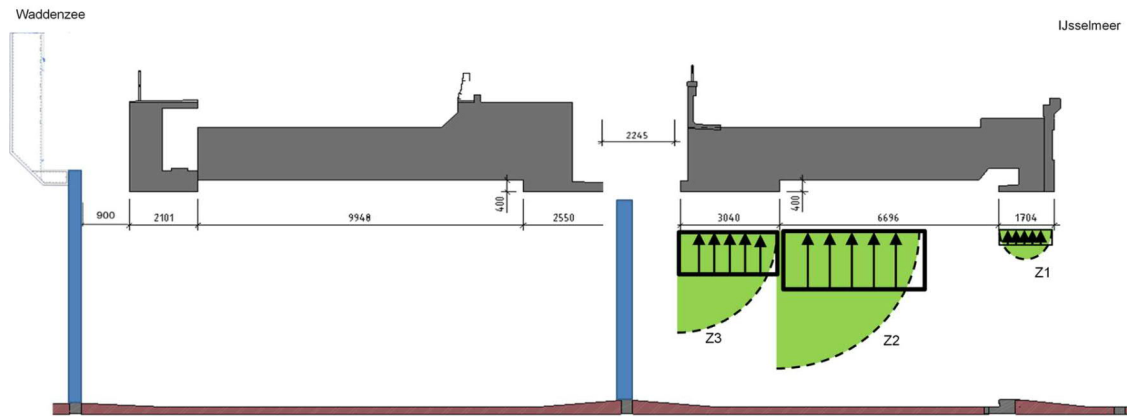
5. Noorderwegdek 2 (N2)

De golfklap die hier optreedt is van dezelfde type als Zuiderwegdek 2. De druk die maximaal uitgeoefend wordt door de golfklap is 20,26 kN/m² en werkt over een lengte van 1,52 m.

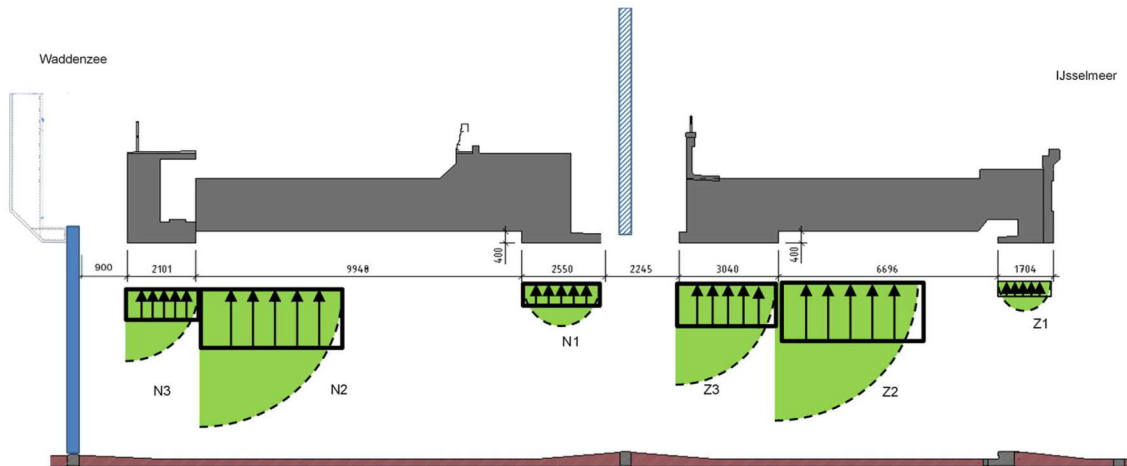
6. Noorderwegdek 3 (N3)

De golfklap die hier optreedt is van dezelfde type als Zuiderwegdek 2. De berekende druk die maximaal uitgeoefend wordt door de golfklap is 30,73 kN/m² en werkt over een lengte van 1,79 m.

Tabel 6-18 geeft een overzicht van invoerwaarden in het model en alle UGT-belastingen. De volledige samenvatting van alle condities hierboven worden genoemd zijn nog eens weergegeven in tabellen in bijlage 3 van [L].



Figuur 6-11 Schematische weergave van golfklapbelasting vanuit het IJsselmeer op Zuiderwegdek. De tekening is niet op schaal.



Figuur 6-12 Schematische weergave van golfklapbelasting vanuit het IJsselmeer op Noorderwegdek. De tekening is niet op schaal.

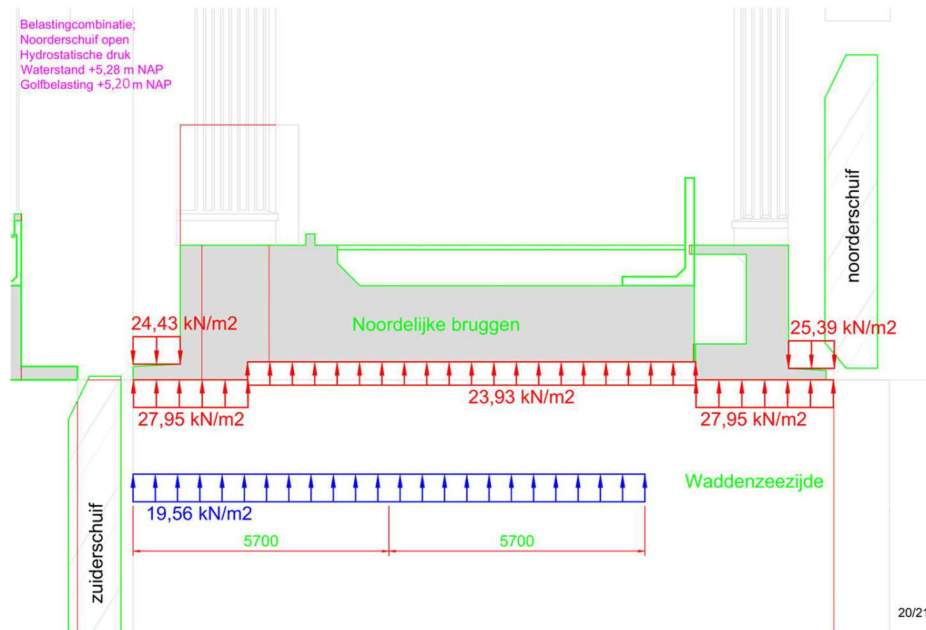
Tabel 6-18: Overzicht van alle invoer waarden en resultaten voor de verticale golfklappen op de spuikoker.

* Als de Zuiderschuif open is dan is de grotere spleet gebruikt.

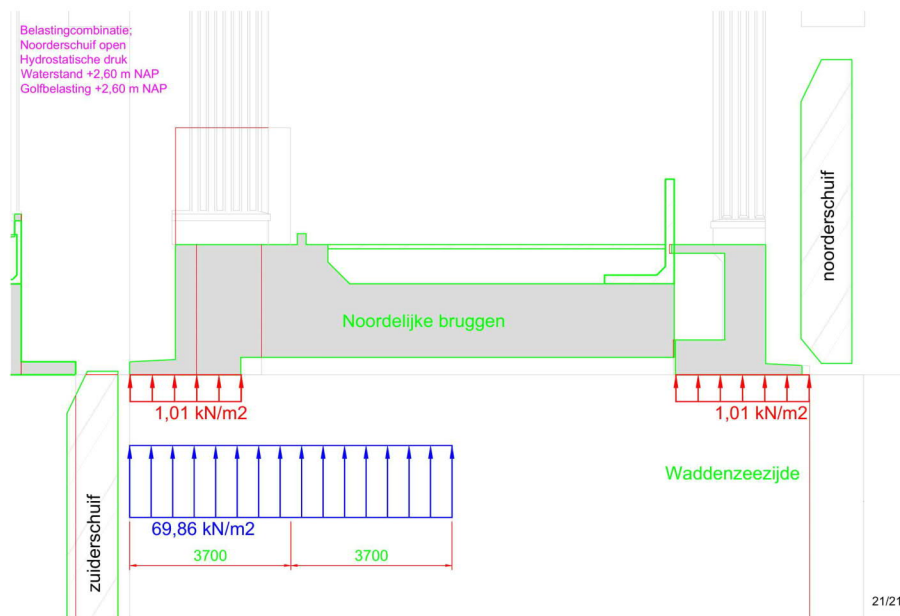
	Eenheid	Z1	Z2	Z3	N1	N2	N3
Onderdeel	[-]	Zuider brugdek	Zuider brugdek	Zuider brugdek	Noorder Brugdek	Noorder Brugdek	Kabel koker
Overhang lengte	[m]	1,70	6,70	3,04	2,55	9,95	2,10
Niveau bovenkant binnenkant buis	[m]	2,30	2,70	2,30	2,30	2,70	2,30
Golfhoogte beperking	[m]	(-)	(-)	2,70	2,70	2,70	2,70
Spleetgrootte	[m]	(-)	1,056 / 2,245 *	1,056 / 2,245 *	(-)	0,90	0,90
Bodemniveau	[m]	-4,85	-4,85	-4,85	-4,85	-4,85	-4,85
Effectieve overhanglengte	[m]	1,70	1,52	2,69	2,55	1,52	1,79
Verticale Kracht	[kN/m]	52,45	30,74	124,23	111,61	30,74	55,01
Verticale Druk	[kN/m ²]	30,78	20,26	46,18	43,77	20,26	30,73

6.2.3 Belastingcombinaties UGT

In deze paragraaf worden de belastingen uit de voorgaande paragraaf samengevat en gecombineerd tot belastingcombinaties voor de belastingen uit de Waddenzee. Alles is in UGT. Deze zijn visueel weergegeven in onderstaande figuren. De belastingen vanuit het IJsselmeer, enkel bestaand uit golfklappen, zijn al gevisualiseerd in Figuur 6-12. Deze belastingen treden niet tegelijk op en kunnen individueel beschouwd worden.



Figuur 6-13 Belastingcombinatie voor **Noordelijke** brugdekken bij ID O1-2 op **Waddenzeezijde**. Rood is hydrostatische druk en blauw is golfbelasting.



Figuur 6-14 Belastingcombinatie voor **Noordelijke** brugdekken bij ID O3 op **Waddenzeezijde**. Rood is hydrostatische druk en blauw is golfbelasting. Hierbij komt de golfbelasting uit een golfklap, zie paragraaf 2.6.3.

6.3 Kabelkoker UGT

De kabelkoker kan vanuit de Waddenzee en vanuit het IJsselmeer worden belast in de UGT. Eerst wordt de Waddenzeezijde besproken, daarna de IJsselmeerzijde. In paragraaf 6.3.3 worden de belastingcombinaties schematisch weergegeven.

6.3.1 Waddenzeezijde

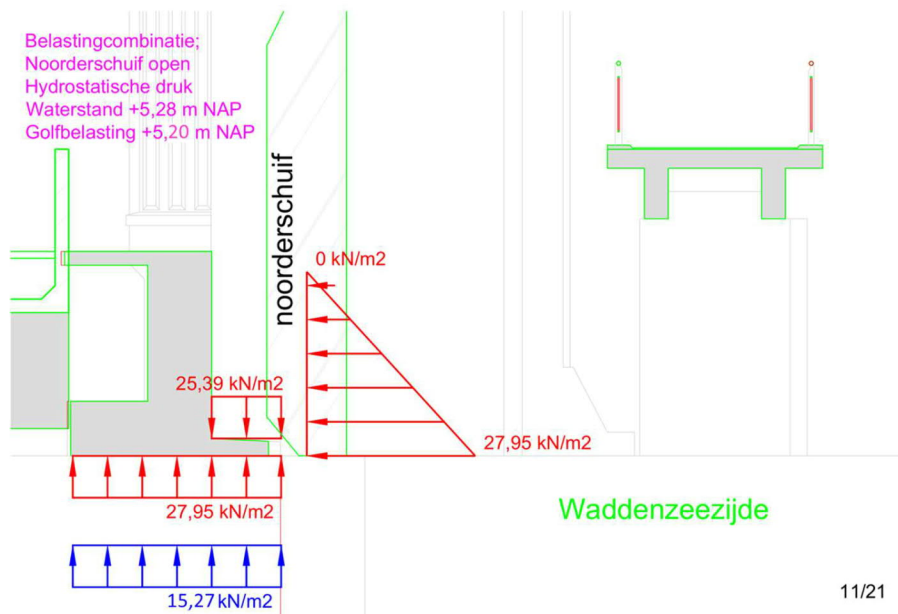
Door de bovenbalk zal er geen directe golfbelasting op de kabelkoker kunnen zijn als de noorderschuif gesloten is. Er hoeft dus niet langer rekening gehouden te worden met een golfbelasting vanuit het de Waddenzee op de kabelkoker bij gesloten noorderschuif. Als de noorderschuif open is, dan kan er wel een belasting optreden van onderaf. Deze is gelijk aan **15,27** en **35,41 kN/m²** bij respectievelijk ID O1-2 en ID O3, zie druk over overige deel wegdek Tabel 6-17. **Dit is een druk exclusief hydrostatische druk.** In ID O3 komt deze kracht voort uit golfklap, zie paragraaf 2.6.3. voor belastingsduur. Bij een geopende Noorderschuif is de verticale opwaartse kracht gelijk aan de druk op het overige deel van het noordelijke wegdek, zie Tabel 6-17. Deze belasting geldt zowel voor de kabelkoker als de flap die eraan zit. De belastingsituatie die bij deze belasting hoort is weergegeven in paragraaf 6.3.3.

6.3.2 IJsselmeerzijde

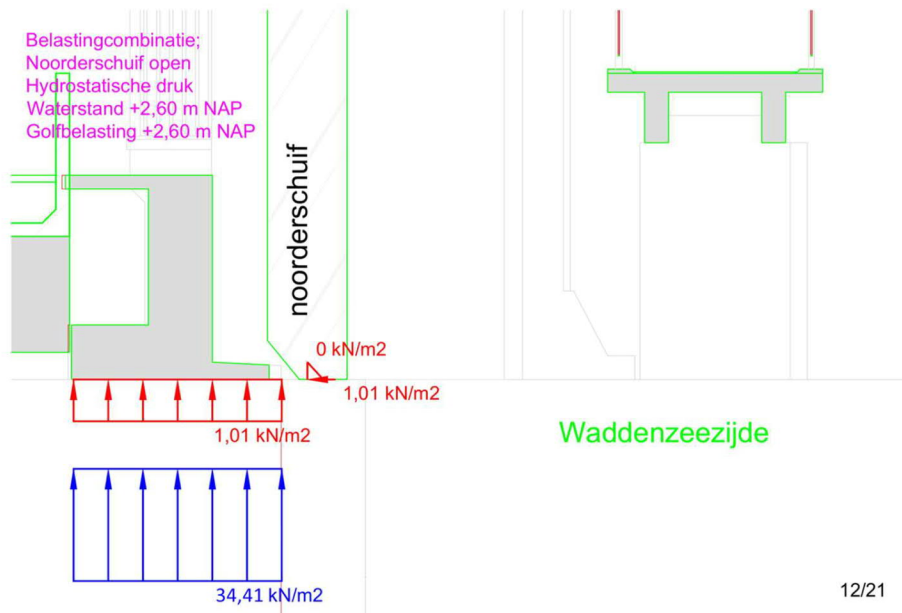
Vanuit het IJsselmeer zal er enkel een verticale kracht werken op de kabelkoker en de flap die eraan zit. De verticale kracht is gelijk aan de UGT belasting op Noorderwegdek onderdeel 3 (N3), welke benoemd is in paragraaf 6.2.2. Deze is **30,73 kN/m² en werkt over een afstand van 1,79 m vanaf de Noorderschuif** en is **opwaarts gericht**, zie paragraaf 6.2.2. Deze belasting is excl. hydrostatische druk, maar door de lage gemiddelde waterstand (+1,4 m NAP, paragraaf 6.2.2) is dit niet relevant.

6.3.3 Belastingcombinaties UGT

In deze paragraaf worden de belastingen uit de voorgaande paragraaf samengevat en gecombineerd tot belastingcombinaties voor de Waddenzee. Alles is in UGT. Deze zijn visueel weergegeven in onderstaande figuren. De golfkappen vanuit het IJsselmeer zijn al gevisualiseerd in Figuur 6-12. Deze belastingen treden niet tegelijk op en kunnen individueel beschouwd worden.



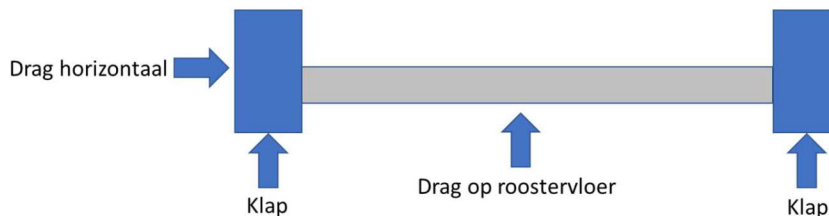
Figuur 6-15 Belasting combinatie bij **open** Noorderschuif en ID O1-2 op **Waddenzeezijde**. Rood is hydrostatische druk en blauw is golfbelasting.



Figuur 6-16 Belasting combinatie bij **open** Noorderschuif en ID O3 op **Waddenzeezijde**. Rood is hydrostatische druk en blauw is golfbelasting. Hierbij komt de golfbelasting uit een golfklap, zie paragraaf 2.6.3.

6.4 Fietsbrug UGT

De fietsbrug wordt vervangen door een variant met roostervloer. Hierdoor zullen de verticale golfkrachten lager worden dan voorgeschreven in [D], doordat de brug een open structuur krijgt. Figuur 6-17 geeft een schematische weergave van de fietsbrug met de aangegeven belastingen. De verticale belastingen zijn onder te verdelen in twee delen, namelijk de drag op de roostervloer en de golfklap op de uiteinden van de vloer. Horizontaal treedt er alleen een drag kracht op. Deze krachten worden in de volgende paragrafen besproken en zijn berekend in bijlage 3 van [L]. Ze worden bepaald voor de storm met 1/10.000 j terugkeerfrequentie, tenzij een storm met een grotere terugkeerfrequentie maatgevend is (bijv. 1/100 j storm door lagere waterstand). De verticale en horizontale krachten kunnen gedeeltelijk tegelijk optreden.



Figuur 6-17 Schematische weergave fietsbrug.

6.4.1 Verticale belasting

De verticale belasting bestaat uit twee type belastingen. De roostervloer zelf wordt belast door sleepkrachten (drag) door de roostervloer heen, zie paragraaf 6.4.1.1. De gesloten delen worden belast door een golfklap, zie paragraaf 6.4.1.2. Onder de roostervloer zijn ook gesloten delen,

dwarsdragers, aanwezig om de vloer op zijn plek te houden. Deze dwarsdragers worden daarom ook belast met golfklap.

6.4.1.1 Roostervloer

De golfkrachten op de roostervloer worden berekend met de Morison drag formule, zie formule hieronder. Deze berekening wordt gedaan met bijlage 3 van [L].

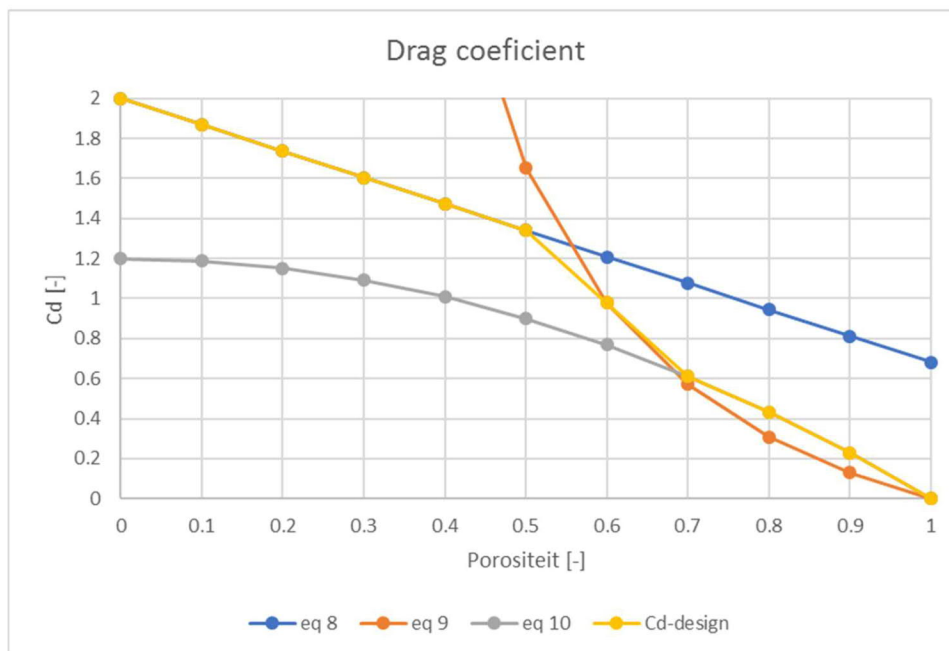
$$F_V = \frac{1}{2} * C_D * \rho_w * v_{imp}^2 * W$$

In de paper van Aalborg University in coastal engineering 2010 'Loads on Wind Turbines Access Platforms with Gratings' Ref. [V] zijn C_D coëfficiënten afhankelijk van porositeit gegeven. Voor drag op roosters zijn 3 verschillende vergelijkingen gegeven afhankelijk van porositeit (β), welke hieronder zijn weergegeven. In vergelijking 8 wordt β_e gebruikt, welke voor een rechthoekige rooster gelijk is aan $2/3 \beta$. De drag-kracht is afgeleid voor constante snelheid. Er wordt een factor 2 meegenomen in de drag-belasting om op een eenvoudige wijze het impact effect, door versnellend water in de golfbeweging, mee te nemen. De vertaling van porositeit naar drag coëfficiënt op basis van de 3 formules is weergegeven in Figuur 6-18.

$$\frac{C_D}{C_{D,solid}} = 1 - \beta_e \quad (8)$$

$$C_D = \frac{a \cdot (1 - \beta^2)}{\beta^2} \quad (9)$$

$$C_D = 1.2 \cdot (1 - \beta^2) \quad (10)$$



Figuur 6-18 Drag coëfficiënt voor poreuze platen (roosters) als functie van porositeit.

Tabel 6-19 hieronder geeft de resultaten weer voor een variërende hoogte van de onderkant van het rooster van de fietsbrug, h , voor een overhanglengte W gelijk aan 1,0 m. De waarden voor de verticale drag druk zijn onafhankelijk van W . De verticale drag kracht, per eenheid van lengte in richting van de dijk, kan bepaald worden door de druk waarde te vermenigvuldigen met W , zoals in

de formule hierboven is weergegeven. De belasting kan als quasi-statisch beschouwd worden, zie paragraaf 2.6.3 voor de definitie. Het verband tussen hoogte en dragkracht is niet lineair. Desondanks kan tussen de verschillende hoogtes geïnterpoleerd worden om een inschatting van de krachten te maken. Een verificatie of de belastingen juist zijn is vervolgens wel noodzakelijk.

Tabel 6-19: Verticale belastingen op de roostervloer van de fietsbrug o.b.v. de Morison drag formule. De genoemde hoogtes zijn excl. zakking. In de berekeningen is zakking, 0,2m meegenomen, dit is conservatief.

Porositeit	C_D incl, impact effect	h_{ws}	H_{max}	T_p	h 5,5 [m +NAP]	h 6,0 [m +NAP]	h 6,5 [m +NAP]	h 7,0 [m +NAP]
[-]	[-]	[m NAP+]	[m]	[s]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
0,1	3,73	5,2	4,74	5,45	46,33	45,44	43,27	39,83
0,2	3,47	5,2	4,74	5,45	43,02	42,19	40,18	36,99
0,3	3,2	5,2	4,74	5,45	39,71	38,95	37,09	34,14
0,4	2,93	5,2	4,74	5,45	36,4	35,7	34	31,3
0,5	2,67	5,2	4,74	5,45	33,09	32,46	30,91	28,45
0,6	1,95	5,2	4,74	5,45	24,14	23,68	22,55	20,76
0,7	1,22	5,2	4,74	5,45	15,19	14,9	14,19	13,06
0,8	0,86	5,2	4,74	5,45	10,72	10,52	10,01	9,22
0,9	0,46	5,2	4,74	5,45	5,66	5,55	5,29	4,87

6.4.1.2 Gesloten delen

De delen die gesloten zijn in Figuur 6-17 zijn blootgesteld aan golfklappen. De golfklappen die hier optreden zijn al eerder genoemd. De manier waarop de krachten bepaald worden is beschreven in Ref. [F] en zijn berekend in bijlage 3 van [L]. Hierbij wordt uitgegaan van onderdelen die rechthoekig van vorm zijn. Bij ronde delen kan de kracht conservatief ingeschat worden door de horizontaal geprojecteerde breedte te nemen. Tabel 6-20 geeft de resultaten voor de golfklappen op de gesloten delen. De druk ten gevolge van de golfklap schaal lineair met de overhanglengte, W . Dit betekent dat de kracht per eenheid van lengte in de richting van de dijk kwadratisch schaal met de overhanglengte, W . Deze wordt immers verkregen door de druk te vermenigvuldigen met de breedte waarover deze werkt, W . Wanneer de hoogte van de onderkant van de fietsbrug niet gevarieerd wordt, kunnen de golfklap waarden in Tabel 6-20 geschaald worden met de overhanglengte W . De golfklap belasting heeft een duur van ca. 0,10 s, zie paragraaf 2.6.3.

Voor zeer kleine overhanglengtes, breedtes, wordt de golfklap belasting erg klein. In deze gevallen zal de maatgevende belasting op de gesloten delen voortkomen uit een drag kracht, in plaats van golfklapkracht. Deze kan conservatief worden ingeschat met een dragcoëfficiënt van 2,5, zie tabel Tabel 6-21. Als deze coëfficiënt wordt aangehouden, dan is te zien dat de maatgevende belasting voortkomt uit een drag kracht bij overhanglengtes kleiner dan 0.685 m bij een hoogte van 5,5 m. Voor andere hoogtes verschilt de overgangsbreedte. Als een lagere dragcoëfficiënt van toepassing is voor de toegepaste onderdelen, dan kan de belasting lineair verschaald worden op basis de Morison drag formule, zie paragraaf 6.4.1.1. In dit geval zal ook de overgangsbreedte verschillen. De drag belasting kan als quasi-statisch beschouwd worden, zie paragraaf 2.6.3 voor de definitie.

Tabel 6-20: Belastingen op de fietsbrug o.b.v. de golfklap formule voor verschillende hoogtes van de onderkant van een element. De genoemde hoogtes zijn excl. zakking. In de berekeningen is zakking, 0,2m meegenomen, dit is conservatief.

Overhang glengte = Breedte	h_{ws}	H_{max}	T_p	$h = 5,5$ m	$h = 6,0$ m	$h = 6,5$ m	$h = 7,0$ m
[m]	[m NAP+]	[m]	[s]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
0,05	5,20	4,74	5,45	1,98	1,96	1,91	1,84
0,10	5,20	4,74	5,45	3,96	3,92	3,83	3,67
0,20	5,20	4,74	5,45	7,92	7,85	7,66	7,35
0,30	5,20	4,74	5,45	11,88	11,77	11,49	11,02
0,40	5,20	4,74	5,45	15,85	15,69	15,31	14,69
0,50	5,20	4,74	5,45	19,81	19,62	19,14	18,37
1,00	5,20	4,74	5,45	39,61	39,23	38,28	36,73
1,50	5,20	4,74	5,45	59,42	58,85	57,43	55,1
2,00	5,20	4,74	5,45	79,23	78,46	76,57	73,46
3,00	5,20	4,74	5,45	118,84	117,69	114,85	110,19

Tabel 6-21 Drag kracht op gesloten delen bij een drag coëfficiënt van 2,5 en verschillende hoogtes. Deze coëfficiënt is conservatief gekozen en onafhankelijk van de breedte. Bij grotere breedtes zal de golfklap maatgevend zijn. De genoemde hoogtes zijn excl. zakking. In de berekeningen is zakking, 0,2m meegenomen, dit is conservatief.

C_D	h_{ws}	H_{max}	T_p	$h = 5,5$ m	$h = 6,0$ m	$h = 6,5$ m	$h = 7,0$ m
[-]	[m NAP+]	[m]	[s]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
2,5	5,2	4,74	5,45	31,05	30,45	29,00	26,7

6.4.2 Horizontale belasting

Voor de horizontale belasting op de Fietsbrug wordt uitgegaan van een *slamming force for slender deck structures* bepaald volgens [VI], zie Figuur 6-19. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 6-22.

8.3.3.5 The wave-in-deck horizontal force on the deck is calculated by the following formula

$$F_h = \frac{1}{2} \rho C_h V^2 A$$

where ρ is the mass density of water and the horizontal force coefficient for a heavily equipped (solid) deck is given by

$$C_h = \begin{cases} 2.5 & \text{for end - on and broadside} \\ 1.9 & \text{for diagonal } (\theta_w = 45^\circ) \end{cases}$$

Figuur 6-19: Sectie uit of DNV-RP-C205 paragraaf 8.3.3.5.

Tabel 6-22: Horizontale drag belasting op de fietsbrug.

C_h	h_{ws}	H_{max}	T_p	$h = 5,5$ m	$h = 6,0$ m	$h = 6,5$ m	$h = 7,0$ m
[-]	[m NAP+]	[m]	[s]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
2.5	5,2	4,74	5,45	31,05	30,45	29,00	26,7

Voor het ontwerp van de pijlers van de fietsbrug kunnen de belastingen aangehouden worden die zijn afgeleid voor de heftorens.

6.5 Heftorens

De belasting op de heftorens is afgeleid zonder bovenbalk. Deze zal de Heftorens voor een deel afschermen van de golfbelasting. De hoogte waarover de bovenbalk aanwezig is moeten de genoemde golfdrukken niet in rekening gebracht worden. Afhankelijk van de bevestiging van de Bovenbalk kan deze wel afdragen op de Heftorens, zie paragraaf 6.9 voor de belasting op de Bovenbalk.

Deze paragraaf geeft de golfdrukken vanuit de Waddenzee op de heftorens met drie terugkeerfrequenties, 1/10.000, 1/50 en 1/5.000 per jaar. De 1/10.000 jaar terugkeerfrequentie is relevant, omdat de heftorens onderdeel zijn van de primaire waterkering. Vervolgens worden de golfdrukken tijdens twee stormen gegeven met een hogere terugkeer frequentie: 1/50 jaar en 1/5000 jaar. De 1/50 jaar terugkeerfrequentie is relevant wanneer de heftorens geen onderdeel uitmaken van de primaire waterkering.

Alle golfdrukken worden conform Goda, Bijlage 1, uitgerekend in [L], bijlage 10. Bij deze berekening is een loodrecht invallende golf gehanteerd. De gegeven drukken kunnen voor de voorkant en de zijkanten van de heftorens gebruikt worden. Voor de zijkanten van de heftorens zijn loodrecht invallende golven conservatief, in realiteit zullen deze golven altijd een hoek hebben. Het inschatten van deze hoek is echter lastig. De hoek wordt bepaald door de vooroever en de golfrichting in diep water, welke verschilt per storm. Voor de golfdruksommen is de geometrie in Tabel 2-5 gehanteerd.

Let op: De gegeven golfdrukken zijn quasi-statische golfdrukken. De hydrostatische druk moet nog apart in rekening gebracht worden. De waterstanden die hiervoor gebruikt kunnen worden zijn vermeld in Tabel 6-2.

De maatgevende belastingen voor het zichtjaar 2050 met een overschrijdingsfrequenties van 1/10.000, 1/50 en 1/5.000 per jaar voor het KNMI W+ scenario voor de heftorens van de bestaande spuisluizen bij Den Oever zijn gepresenteerd in Tabel 6-23. De berekening staat in [L], bijlage 10. De golfcondities voor 1/50 en 1/5000 jaar terugkeerfrequentie zijn afgeleid door lineaire interpolatie op logschaal.

Tabel 6-23: Belastingen op de **heftorens** met een overschrijdingsfrequentie van 1/10.000, 1/50 en 1/5.000 per jaar met zichtjaar 2050. **Exclusief hydrostatische druk. Zie opmerking over de invloed van de bovenbalk aan begin van de paragraaf.**

Belastingen	Parameter	Eenheid	1/10000 per jaar	1/50 per jaar	1/5000 per jaar
Golfdruk niveau waterlijn	$P_{1,h}$	m t.o.v. NAP	5,20	3,76	5,02
Golfdruk niveau kruin	$P_{2,h}$	m t.o.v. NAP	11,88	8,49	11,47
Golfdruk niveau onderkant heftorens	$P_{4,h}$	m t.o.v. NAP	2,50	2,50	2,50
Druk op waterniveau	P_1	kN/m ²	29,12	19,59	27,90
Druk op kruinniveau	P_2	kN/m ²	0,00	0,00	0,00
Druk op de onderkant heftorens	P_4	kN/m ²	24,67	17,59	23,73
Horizontale golfbelasting - heftorens	$F_{h,heftorens}$	kN/m ¹	169,89	69,74	155,09
Aangrijpingsniveau $F_{h,heftorens}$	r	m t.o.v. NAP	5,91	4,60	5,75
Type belasting			quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3	quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3	quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3

6.6 Spatscherm UGT

Door de bovenbalk zal er geen water meer bij het spatscherm kunnen komen. Hierdoor zullen er geen hydraulische krachten meer op het spatscherm komen.

6.7 Stabiliteit constructie UGT

De golfdrukken op de totale constructie, zie Tabel 6-26, worden bepaald door de berekende golfdrukken over de totale hoogte van de constructie te integreren. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de geometrie ter plaatse van de heftorens en ertussen, zie Tabel 6-24. Dit betekent dat de vleugelwanden niet meegenomen zijn in de berekening. De maatgevende horizontale golfdrukken zijn gegeven in Tabel 6-25. De totale som van de golfkrachten wordt vervolgens berekend door de kracht op de stukken tussen de heftorens maal 5 te doen en de kracht op de heftorens maal 6, zie Figuur 6-20 en Tabel 6-26. Door de totale som van de golfkrachten te delen door de breedte van de constructies wordt daarna de representatieve belasting per strekkende meter bepaald. De berekening staat in [L], bijlage 9.

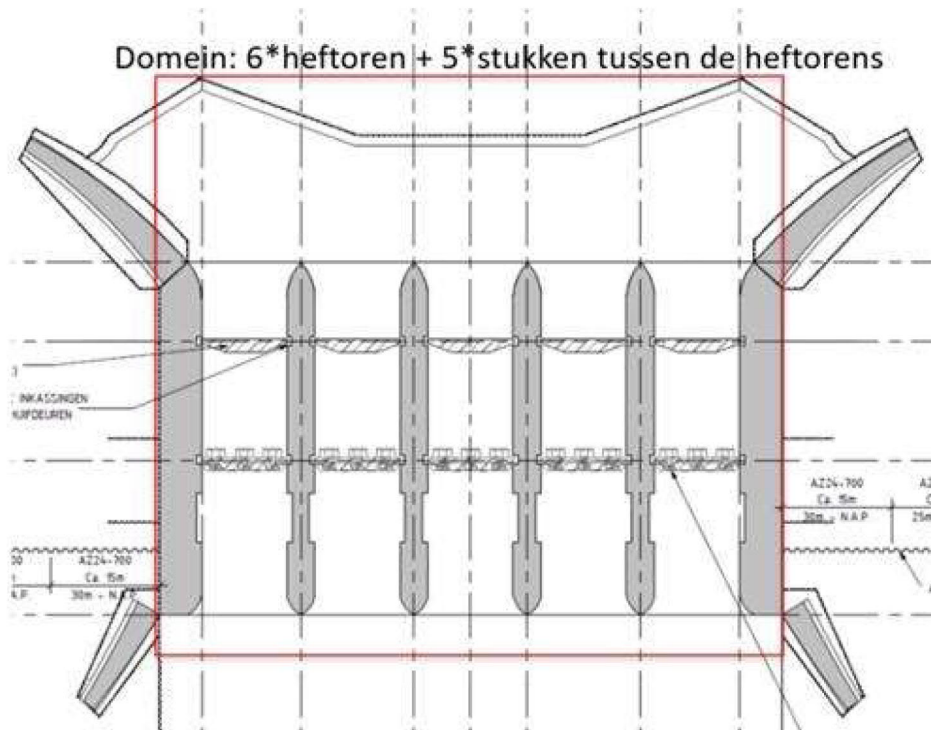
Let op: De gegeven golfdrukken zijn quasi-statische golfdrukken en zijn berekend conform Goda (Bijlage 1). De hydrostatische druk moet nog apart in rekening gebracht worden. De waterstanden die hiervoor gebruikt kunnen worden zijn vermeld in Tabel 6-2.

Tabel 6-24: Geometrie van de bestaande spuumiddelen van Den Oever ten behoeve van de golfdruk integratie over de totale constructie.

Parameter	Eenheid	Bestaande spuumiddelen DO
Bodemniveau	m t.o.v. NAP	-4,65
Niveau tussen heftorens (Bovenbalk)	m t.o.v. NAP	+7,00
Niveau heftoren	m t.o.v. NAP	+13,00
Afstand tussen heftorens	m	12
Breedte heftorens	m	2,65
Aantal heftorens		6

Tabel 6-25: Maatgevende golfdruk (excl. hydrostatische druk) voor de bestaande spuumiddelen van Den Oever. Golfdruk P2 is gelijk aan 0 kN/m², waarbij de maximale golfuitwijking t.o.v. NAP gelijk is aan het bijbehorende drukk niveau. **Exclusief hydrostatische druk.** Bron: [L], bijlage 9.

Parameter	Eenheid	Bestaande spuumiddelen ULS
Zichtjaar		2050
Scenario		W+
P_{1,h}	m t.o.v. NAP	5,20
P_{2,h}	m t.o.v. NAP	11,88
P_{3,h}	m t.o.v. NAP	-4,65
P₁	kN/m ²	29,12
P₂	kN/m ²	0
P₃	kN/m ²	12,88



Figuur 6-20: Bovenaanzicht bestaande spui Den Oever. Bron: Doorsnede Spuisluis DoV, Level 2018

De golfdrukken die gebruikt zijn om de totale kracht (p.e.v. breedte) op de constructie te berekenen zijn gegeven in Tabel 6-25. De totale kracht op de verschillende delen en de totale constructie zijn gegeven in Tabel 6-26.

Tabel 6-26: Totale horizontale golfdrukken op verschillende onderdelen Bestaande spuisluitingen en op de totale constructie (sommatie van verschillende delen). **Exclusief hydrostatische druk.** Bron: [L], bijlage 9.

Belasting	Eenheid	Tussen heftorens	Op heftorens	Totale constructie bij gesloten schuiven	Totale constructie bij geopende schuiven
Totale horizontale kracht door golfdruk	[kN/m]	252,24	304,14	263,1 (volgt uit verhouding 2 stukken)	157,0 (volgt uit verhouding 2 stukken zonder de schuiven)
Arm bij totale horizontale kracht	[m +NAP]	1,83	2,99	2,12	4,02
Type belasting		quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3	quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3	quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3	quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3

De waarden hieronder zijn gebruikt om de verhouding tussen en op de heftorens te bepalen. De waarden hieronder moeten niet gebruikt worden voor de stabiliteitsberekening. Gebruik de gemiddelde horizontale kracht en de bijbehorende arm hierboven.					
Breedte	[m]	12	2,65	75,9	75,9
Aantal stukken	[m]	5	6	n.v.t.	n.v.t.
Totale belasting (aandeel)	[kN]	15134,4	4835,9	19970,3	11914,8
Totale zonder belasting op schuiven (aandeel)	[kN]	7078,9	niet relevant, zie hierboven	niet relevant, zie hierboven	niet relevant, zie hierboven
Moment (aandeel)	[kNm t.o.v. bodem]	98141,2	36963,9	135105,1	103293,3
Moment zonder moment door belasting op schuiven (aandeel)	[kNm t.o.v. bodem]	66329,4	niet relevant, zie hierboven	niet relevant, zie hierboven	niet relevant, zie hierboven

6.8 Droogzetten

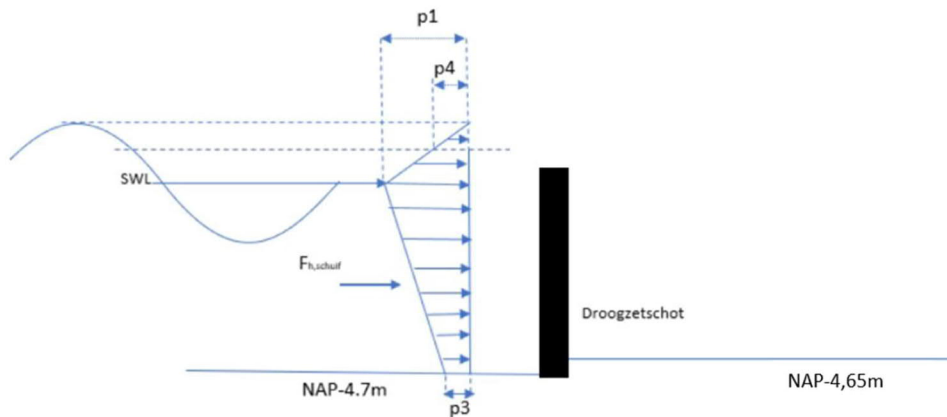
In deze paragraaf staan golfbelastingen op de droogzetschotten en waterstanden die gehanteerd kunnen worden tijdens het droogzetten (bedoelt voor opdrijfkrachten).

6.8.1 Droogzetschotten - Horizontale golfdruk

Tijdens het renoveren van de kokers worden er droogzetschotten geplaatst. De droogzetschotten worden o.a. belast door windgolven. De golfdrukbelasting tijdens stormen met een frequentie van 1/1 en 1/10 jaar is bepaald in [L], bijlage 6 conform Goda. Om deze berekening te maken is uitgegaan van de situatie die geschetst is in Figuur 6-21. Voor de bovenkant van het schot is een hoogte van +2,5 m NAP aangehouden.

Let op de volgende punten:

1. De gegeven drukken zijn voor stormcondities. De laag laagwater conditie zal een minder hoge druk geven. Hierdoor zal de tegendruk op de afgestempelde droogzetschotten dus aanzienlijk minder zijn. Om dit te bepalen zijn lage laagwaterstanden afgegeven met een bepaalde onderschrijdingsfrequentie, zie Tabel 5-3.
2. De gegeven golfdrukken zijn quasi-statische golfdrukken. De hydrostatische druk moet nog apart in rekening gebracht worden. De waterstand waar rekening mee gehouden is bij de golfdrukken kan ook gebruikt worden voor de hydrostatische druk.



Figuur 6-21: Schematische weergave van gehanteerde situatie in berekening windgolfbelasting op droogzetschotten.

Tabel 6-27 toont de maatgevende golfdruk belasting op de droogzetschotten door windgolven tijdens stormen aan de Waddenzeezijde met verschillende terugkeer frequenties. Let op: hoogwater bij de storm met frequentie 1/10 jaar is eigenlijk 2,9 +m NAP, omdat de bovenkant van het droogzetschot op 2,5 +m NAP staat is de hoogwaterstand verlaagd.

Tabel 6-27: Golfbelastingen windgolven **Waddenzeezijde**, zichtjaar 2020. **Exclusief hydrostatische druk.**

Belastingen	Parameter	Eenheid	Golfbelasting tijdens 1/1 jaar storm	golfbelasting tijdens 1/10 jaar storm
Golfdruk niveau waterlijn	$P_{1,h}$	m t.o.v. NAP	2,1	2,5
Golfdruk niveau bodem	$P_{3,h}$	m t.o.v. NAP	-4,7	-4,7
Golfdruk niveau bovenkant droogzetschot	$P_{4,h}$	m t.o.v. NAP	2,5	2,5
Druk op waterniveau	P_1	kN/m ²	9,67	14,89
Druk onderkant droogzetschot	P_3	kN/m ²	0,91	3,64
Druk op bovenkant droogzetschot	P_4	kN/m ²	8,06	14,89
Horizontale golfbelasting - droogzetschot	$F_{h,schuif}$	kN/m ¹	39,51	66,73
Type belasting			quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3	quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3

Tabel 6-28 toont de maatgevende belasting op de droogzetschotten door windgolven tijdens stormen aan de IJsselmeerzijde met verschillende terugkeer frequenties. Er zijn verschillende

waterstanden met golfcondities, zie paragraaf 5.6.2, doorgerekend. Degene met de grootste totale kracht is als maatgevend aangemerkt.

Tabel 6-28: Maatgevende golfbelastingen windgolven IJsselmeerzijde, zichtjaar 2020. **Exclusief hydrostatische druk.**

Belastingen	Parameter	Eenheid	Golfbelasting tijdens 1/1 jaar storm	golfbelasting tijdens 1/10 jaar storm
Golfdruk niveau waterlijn	$P_{1,h}$	m t.o.v. NAP	0,4	0,6
Golfdruk niveau bodem	$P_{3,h}$	m t.o.v. NAP	-4,7	-4,7
Golfdruk niveau bovenkant droogzetschot/maximale hoogte tot waar druk uitgeoefend wordt	$P_{4,h}$	m t.o.v. NAP	2,42	2,5
Druk op waterniveau	P_1	kN/m ²	8,09	10,78
Druk onderkant droogzetschot	P_3	kN/m ²	2,27	4,35
Druk op bovenkant droogzetschot	P_4	kN/m ²	0	2,85
Horizontale golfbelasting - droogzetschot	$F_{h,schuif}$	kN/m ¹	34,58	53,05
Type belasting			quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3	quasi-statisch, zie paragraaf 2.6.3

6.8.2 Waterstanden tijdens droogzetten

Voor de waterstanden tijdens droogzetten kan worden gekeken naar de vervalbelastingen. Voor hoog water op de Waddenzee kan de vervalbelasting met terugkeerfrequentie 1/1 jaar worden gehanteerd. Bij een lagere terugkeerfrequentie zullen de droogzetschotten overstromd worden. Daarom is het niet relevant om naar lagere terugkeerfrequenties te kijken. Voor hoog water op het IJsselmeer kan de vervalbelasting met terugkeerfrequentie 1/10 jaar worden gehanteerd. De droogzetschotten worden ook op deze terugkeerfrequentie ontworpen. De verachting is dat bij hoogwater Waddenzee en hoogwater IJsselmeer de meeste belasting op de vloer oplevert tijdens droogzetting. Wellicht is het voor andere situaties relevant om te kijken naar de individuele verval belastingen (hoog Waddenzee met laag IJsselmeer en vice versa).

6.9 Bovenbalk UGT

De bovenbalk wordt gedimensioneerd op basis van golfkrachten die erop werken. De voorlopige geometrie van de bovenbalk is gegeven Figuur 2-5. De golfkrachten die erop werken zijn te onderscheiden in twee onderdelen: de verticale golfklap zoals bepaald volgens de model beschreven in [F] en de horizontale Goda kracht. Deze twee belastingen worden in de volgende paragrafen besproken.

6.9.1 Verticale belasting

Aangezien de geometrie nog niet vast ligt op moment van schrijven is voor de bovenbalk de overhanglengte gevarieerd van 0,0 m naar 1,0 m in stappen van 0,2 m. De overhanglengte W is gelijk aan de breedte van het horizontale stuk van de bovenbalk + de tussenafstand met de schuif welke (opgevulde afstand). De berekeningen zijn opgenomen in bijlage 3 van [L]. Er zijn twee situaties die maatgevend kunnen zijn:

1. situatie waarin de golfklapbelasting maximaal is. De maatgevende golfklappen bij de verschillende overhanglengtes zijn weergegeven in Tabel 6-29. De hydrostatische druk tijdens deze golfklappen is gelijk aan 0. Het topje van de golf raakt net de constructie. Alle stormverlopen van stormen met terugkeerfrequentie 1/1, 1/10, 1/100, 1/1000 en 1/10000 zijn beschouwd om de maatgevende golfklap te vinden. De UGT belastingen, bij de maximale golf, zijn bepaald voor iedere trede van het stormverloop.
2. situatie waarin de hydrostatische belasting maatgevend is, zie Tabel 6-2 voor de waterstanden die hierbij horen. Tijdens deze hydrostatische druk kan er ook Goda golfdruk onder de constructie zijn. Deze kan afgelezen worden uit Tabel 6-30, zie hoogte van 2,5 m +NAP.

De golfklapbelastingen zijn dus exclusief hydrostatische druk. De waarden in de tabellen kunnen worden gebruikt om een ontwerp te maken. Bij afwijkende overhanglengtes kan geïnterpoleerd worden.

De druk op het afdichtrubber die veroorzaakt wordt door golfklappen is $\frac{4}{\pi}$ keer de druk op de bovenbalk uit Tabel 6-29 of de hydrostatische en Goda druk, afhankelijk van maatgevende situatie. Dit volgt uit het niet uniforme drukverloop uit document [F]. Doordat het afdichtrubber aangehecht zal worden aan de bovenbalk is het onderscheid in gebied met hogere en gebied met lagere druk relevant, in tegenstelling tot betonnen delen uit één stuk. Als het afdichtrubber niet op hetzelfde niveau wordt aangebracht als de onderkant van de bovenbalk, dan zal er door de druk op het afdichtrubber ook een horizontale belasting op de bovenbalk plaats vinden. Om deze horizontale kracht uit te rekenen kan dezelfde druk aangehouden worden als op het afdichtrubber. De hydrostatische belasting op het afdichtrubber is gelijk aan die op de bovenbalk.

Tabel 6-29: Maatgevende verticale golfklappen (situatie 1) voor de bovenbalk met variërende overhanglengte W. De overhanglengte W is gelijk aan de breedte van het horizontale stuk van de bovenbalk + de tussenafstand met de schuif welke (opgevulde afstand). In deze berekening is zetting van 0,2 m meegenomen (conservatief).

Overhanglengte, zie Figuur 2-5.	h_{ws}	H_{max}	T_p	W_{rep}	F_V	F_V/W_{rep}
[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[kN/m]	[kN/m ²]
0	-	-	-	-	-	-
0,2	3,66	4,24	5,23	0,2	2,81	14,05
0,4	3,66	4,24	5,23	0,4	11,24	28,11
0,6	3,66	4,24	5,23	0,6	25,3	42,16
0,8	3,66	4,24	5,23	0,8	44,98	56,22
1,0	3,66	4,24	5,23	1	70,27	70,27

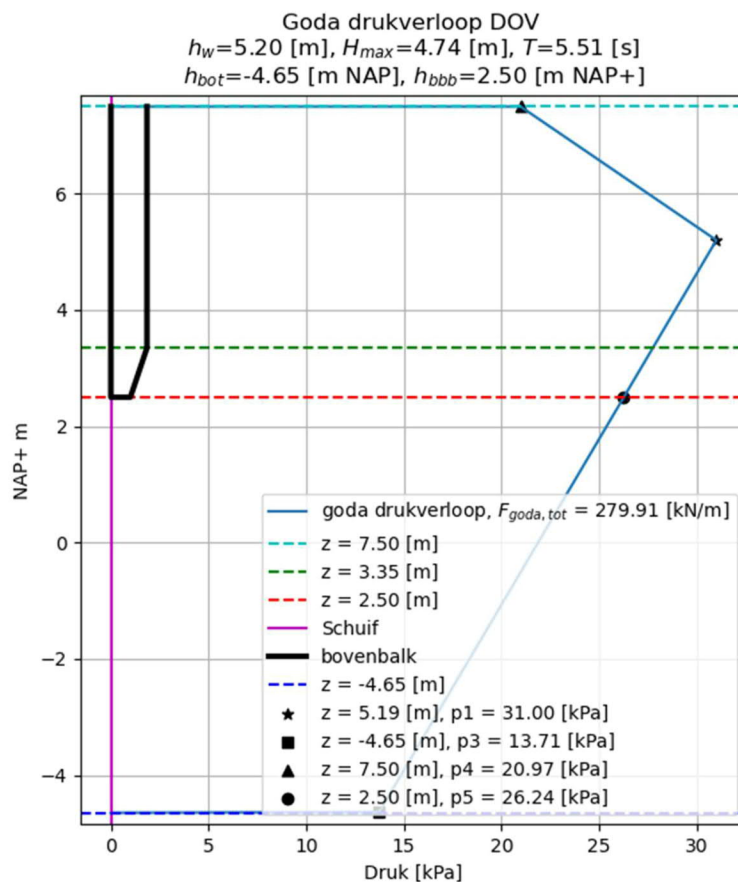
6.9.2 Horizontale belasting

De maatgevende Goda drukken komen voor bij de 1/10000 jaar storm met zichtjaar 2050. Hierbij wordt een maximale golfhoogte van 4,74 m gevonden, zie paragraaf 6.4. De maatgevende Goda drukken zijn gegeven in Tabel 6-30. Zie Figuur 6-22 voor de Goda verloop. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage 3 van [L]. Als de bovenbalk hoger wordt dan 7,5 m +NAP, dan kan de

drukfiguur linear doorgetrokken worden van 5.2 m +NAP, door 7,5 m +NAP, naar de desbetreffende hoogte.

Tabel 6-30: Maatgevende Goda drukken bij de 1/10000 jaar storm met zichtjaar 2050. **Exclusief hydrostatische druk**, zie Tabel 6-2 voor de te hanteren waterstanden.

Hoogte [m NAP+]	Goda druk [kN/m ²]
7,5	20,97
5,2	31,00
2,5	26,24
-4,65	13,71



Figuur 6-22: Schematische weergave van de maatgevende Goda drukverloop voor de bovenbalk voor golven vanuit de Waddenzeezijde. **Exclusief hydrostatische druk**, zie Tabel 6-2 voor de te hanteren waterstanden.

Bijlage 1. Golfdrukken

Tabel 6-31: Uitvoer berekening golfdrukken bestaande spuumiddelen Den Oever IJsselmeerzijde voor UGT situatie. **Exclusief hydrostatische druk.**

Input	Parameter	Eenheid	UGT-1	UGT-2	UGT-3	UGT-4	UGT-5	UGT-6	UGT-7	UGT-8	UGT-9
Havendam scenario			n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t	n.v.t
Overschrijdingsfrequentie		[jaar ⁻¹]	1/10.000	1/10.000	1/10.000	1/10.000	1/10.000	1/10.000	1/10.000	1/10.000	1/10.000
Significante golfhoogte	H _s	[m]	1,40	1,45	1,45	1,45	1,45	1,44	1,39	1,20	0,61
Verhouding H_{max}/H_s	H _{max} /H _s	[-]	1,51	1,55	1,59	1,59	1,64	1,64	1,72	1,82	1,82
Piek golfperiode	T _p	[s]	3,74	3,85	3,85	3,85	3,85	3,96	4,07	4,29	2,53
Hoek van inval op dijk uit HR-documenten	β	[°]	0 (loodrecht)	0 (loodrecht)	0 (loodrecht)	0 (loodrecht)	0 (loodrecht)	0 (loodrecht)	0 (loodrecht)	0 (loodrecht)	0 (loodrecht)
Waterstand	DWL	[m t.o.v. NAP]	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Bovenkant schuif	h _{schuif,crest}	[m t.o.v. NAP]	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Bovenkant kruin	h _{crest}	[m t.o.v. NAP]	4,5	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Bermhoogte (drempel) incl. bodemdaling	h _{berm}	[m t.o.v. NAP]	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65
Bodem voor berm/drempel	h _b	[m t.o.v. NAP]	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65
Bodemhoogte op 5*Hd	h _{bodem,SHd}	[m t.o.v. NAP]	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65
Bermbreedte	B _m	[m]	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Waterdiepte voor constructie	h	[m]	4,65	4,85	5,05	5,25	5,45	5,65	5,85	6,05	6,25
Waterdiepte boven berm/drempel	D	[m]	4,65	4,85	5,05	5,25	5,45	5,65	5,85	6,05	6,25
Waterdiepte boven funderingsvlak van de constructie	h'	[m]	4,65	4,85	5,05	5,25	5,45	5,65	5,85	6,05	6,25
Kruinhoogte boven waterlijn (freeboard)	R _c	[m]	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9
Waterdiepte op 5 Hd van de wand	h _b	[m]	4,65	4,85	5,05	5,25	5,45	5,65	5,85	6,05	6,25
Tussenresultaten											
Golfengte	L	[m]	19,70	20,80	20,99	21,18	21,34	22,49	23,65	25,85	9,99
λ ₁	-	-	1,00	1	1	1	1	1	1	1	1
λ ₂	-	-	1,00	1	1	1	1	1	1	1	1
α ₁	-	-	0,647	0,649	0,643	0,638	0,634	0,636	0,639	0,649	0,600
α ₃	-	-	0,432	0,439	0,421	0,403	0,386	0,396	0,405	0,437	0,039
α*	-	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
α ₁	-	-	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,000
α ₁₀	-	-	0,454	0,463	0,457	0,441	0,436	0,417	0,407	0,361	0,176
α ₁₁	-	-	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
δ ₁	-	-	-6,552	-6,552	-6,552	-6,552	-6,552	-6,552	-6,552	-6,552	-6,552
δ ₁₁	-	-	-0,328	-0,328	-0,328	-0,328	-0,328	-0,328	-0,328	-0,328	-0,328
δ ₂	-	-	-2,523	-2,523	-2,523	-2,523	-2,523	-2,523	-2,523	-2,523	-2,523
δ ₂₂	-	-	-0,515	-0,515	-0,515	-0,515	-0,515	-0,515	-0,515	-0,515	-0,515
U _{Fh}	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H _{design}	-	[m]	2,112	2,245	2,306	2,315	2,376	2,358	2,378	2,186	1,100
η*	-	[m]	3,17	3,37	3,46	3,47	3,56	3,54	3,57	3,28	1,65
Dichtheid water	ρ _w	[kg/m ³]	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025	1025
Zwaartekracht	g	[m/s ²]	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Golfdrukken											
Golfdruk niveau waterlijn	P _{1,h}	[m t.o.v. NAP]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Golfdruk niveau totale constructie	P _{2,h}	[m t.o.v. NAP]	3,17	3,57	3,86	4,07	4,36	4,50	4,50	4,50	3,25
Golfdruk niveau onderkant deur / bodem	P _{3,h}	[m t.o.v. NAP]	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65	-4,65
Golfdruk niveau bovenkant schuif	P _{4,h}	[m t.o.v. NAP]	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Druk op waterniveau	p ₁	[kN/m ²]	13,74	14,65	14,92	14,86	15,14	15,08	15,27	14,25	6,64
Druk op kruinniveau (of maximale golfuitwijking)	p ₂	[kN/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	1,14	0,78	0,00
Druk onderkant constructie	p ₃	[kN/m ²]	5,93	6,43	6,28	5,99	5,85	5,97	6,18	6,22	0,26
Druk op bovenkant schuif	p ₄	[kN/m ²]	2,89	4,64	5,86	6,73	7,92	8,68	9,71	9,47	3,02
Horizontale kracht op constructie	F _{h,constructie}	[kN/m ¹]	0,97	2,48	3,99	5,29	7,38	8,84	11,01	10,31	1,13
Horizontale kracht op schuif	F _{h,schuif}	[kN/m ¹]	66,5	73,31	75,36	75,24	76,81	77,29	79,00	74,98	25,91

In beginsel zijn de krachten de horizontale golfdrukken tot waterniveau (P_1), horizontale drukken tot kruinniveau (P_2) en de totale horizontale golfbelasting ($F_{\text{horizontaal}}$) de relevante belastingen op de constructie:

$$p_1 = 0,5 * (1 + \cos(\beta)) * (\lambda_1 \alpha_1 + \lambda_2 \alpha_* * \cos(\beta)^2) * \rho_w * g * H_{\text{design}}$$

$$p_2 = \begin{cases} \left(1 - \frac{R_c}{\eta^*}\right) * p_1, & \eta^* > R_c \\ 0, & \eta^* \leq R_c \end{cases}$$

$$p_3 = \alpha_3 * p_1$$

$$F_{\text{horizontaal}} = U_{F_h} * ((p_1 + p_2)R_c + \frac{1}{2} * (p_1 + p_3) * h')$$

De parameters in de golfdrukken zijn als volgt berekend:

- $\lambda_{1,2} = \text{modificatie factoren; verticale constructie} = 1,00$;
- $\alpha_1 = \text{modificatie factor; verticale constructie} = 0,6 + 0,5 * \left(\frac{\frac{4\pi h_s}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi h_s}{L}\right)}\right)^2$;
- $\alpha_2 = \text{modificatie factor; verticale constructie} = \min \left\{ \frac{h_b - d}{3h_b} \left(\frac{H_{\text{design}}}{d}\right)^2, \frac{2d}{H_{\text{design}}}\right\}$;
- $\alpha_3 = \text{modificatie factor; verticale constructie} = 1 - \frac{R_c}{h_s} * \left(1 - \frac{1}{\cosh\left(\frac{2\pi h_s}{L}\right)}\right)$;
- $\alpha_* = \text{modificatie factor voor golfdruk } p_1 = \max\{\alpha_2, \alpha_1\}$;
- $\alpha_l = \alpha_{l0} * \alpha_{l1}$;
- $\alpha_{l0} = \begin{cases} \frac{H_{\text{design}}}{d}, & \frac{H_{\text{design}}}{d} \leq 2 \\ 2,0, & \frac{H_{\text{design}}}{d} > 2 \end{cases}$;
- $\alpha_{l1} = \begin{cases} \frac{\cos(\delta_2)}{\cosh(\delta_1)}, & \delta_2 \leq 0 \\ \frac{1}{\cosh(\delta_1) * \cosh(\delta_2)^{\frac{1}{2}}}, & \delta_2 > 0 \end{cases}$;
- $\delta_1 = \begin{cases} 20 * \delta_{11}, & \delta_{11} \leq 0 \\ 15 * \delta_{11}, & \delta_{11} > 0 \end{cases}$;
- $\delta_{11} = 0,93 \left(\frac{B_m}{L} - 0,12\right) + 0,36 * \left(\frac{h_s - d}{h_s} - 0,6\right)$;
- $\delta_2 = \begin{cases} 4,9 * \delta_{22}, & \delta_{22} \leq 0 \\ 3 * \delta_{22}, & \delta_{22} > 0 \end{cases}$;
- $\delta_{22} = -0,36 * \left(\frac{B_m}{L} - 0,12\right) + 0,93 * \left(\frac{h_s - d}{h_s} - 0,6\right)$;
- $H_{\text{design}} = \text{design wave height; } = \frac{H_{0,1\%}}{H_s}$ (Battjes & Groenendijk, 2000)
- $\eta^* = \text{oppervlakteuitwijking vlakbij de vertical constructie; } = 0,75 * (1 + \cos(\beta)) * \lambda_1 * H_{\text{design}}$;
- $U_{F_h} = \text{veiligheidsfactor voor de horizontale golfbelasting}$

De verhouding $H_{0,1\%} / H_s$ is als volgt bepaald aan de hand van Battjes & Groenendijk, 2000:

Tabel 6-32 Berekening van de ontwerpgolfhoogte met invoer, tussenresultaten en eindresultaten (Battjes & Groenendijk, 2000).

Input	Parameter	Eenheid	Waddenzeezijde Realisatiefase
Overschrijdingsfrequentie	-	[jaar ⁻¹]	1/10.000
Significante golfhoogte	H_s	[m]	2,7
Piek golfperiode	T_p	[s]	5,02
Waterstand	DWL	[m]	9,65
Helling	α	°	1:10000 (flat bed)
Tussenresultaten			
Eerste order moment energiespectrum	m_0	[m ²]	0,68
Golfhoogte - Root Mean Square	H_{rms}	[m]	1,97
Transitie golfhoogte	H_{tr}	[m]	3,378
Genormaliseerde transitie golfhoogte	H_{tr}'	-	1,72
Genormaliseerde golfhoogte met 0,1% overschrijdingskans (opzoeken in tabel)	$H_{0,1\%}'$	-	2,20
Eindresultaten			
Golfhoogte met 0,1% overschrijdingskans	$H_{0,1\%}$	[m]	4,33
Verhouding $H_{0,1\%} / H_s$	$H_{0,1\%} / H_s$	-	1,60

Tabel 6-33 Berekening van de ontwerpgolfhoogte met invoer, tussenresultaten en eindresultaten IJsselmeerzijde BSM UGT Den Oever (Battjes & Groenendijk, 2000)

Input	Parameter	Eenheid	UGT-1	UGT-2	UGT-3	UGT-4	UGT-5	UGT-6	UGT-7	UGT-8	UGT-9
Overschrijdingsfrequentie	-	[jaar ⁻¹]	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Significante golfhoogte	H_s	[m]	1,40	1,45	1,45	1,45	1,45	1,44	1,39	1,20	0,61
Piek golfperiode	T_p	[s]	3,74	3,85	3,85	3,85	3,85	3,96	4,07	4,29	2,53
Waterstand	DWL	[m]	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Helling	α	°	1:10000 (flat bed)	1:10000 (flat bed)	1:10000 (flat bed)	1:10000 (flat bed)	1:10000 (flat bed)	1:10000 (flat bed)	1:10000 (flat bed)	1:10000 (flat bed)	1:10000 (flat bed)
Scenario	-	-	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Eerste order moment energiespectrum	m_0	[m ²]	0,35	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35	0,30	0,15
Golfhoogte - Root Mean Square	H_{rms}	[m]	1,02	1,06	1,06	1,06	1,05	1,04	1,00	0,85	0,42
Transitie golfhoogte	H_{tr}	[m]	1,628	1,698	1,768	1,838	1,908	1,978	2,048	2,118	2,188
Genormaliseerde transitie golfhoogte	H_{tr}'	-	1,59	1,59	1,67	1,74	1,81	1,90	2,05	2,48	5,23
Genormaliseerde golfhoogte met 0,1% overschrijdingskans (opzoeken in tabel)	$H_{0,1\%}'$	-	2,11	2,11	2,17	2,19	2,25	2,26	2,38	2,56	2,63
Golfhoogte met 0,1% overschrijdingskans	$H_{0,1\%}$	[m]	2,11	2,24	2,31	2,31	2,38	2,36	2,38	2,19	1,10
Verhouding $H_{0,1\%} / H_s$	$H_{0,1\%} / H_s$	-	1,511	1,546	1,588	1,594	1,636	1,636	1,716	1,823	1,819

De parameters zijn als volgt berekend:

- $m_0 = \left(\frac{H_s}{4}\right)^2$;
- $H_{rms} = \left(2,69 + 3,24 \frac{\sqrt{m_0}}{DWL}\right) \sqrt{m_0}$;
- $H_{tr} = (0,35 + 5,8 \tan(\alpha)) * DWL$;

- $H'_{tr} = \frac{H_{tr}}{H_{rms}};$

Bijlage 2. Waterstanden en vervallen

Tabel 6-34 Waterstanden en vervallen voor hoogwater Waddenzee - laagwater IJsselmeer. Bron: tabel E2 uit [B].

Hoogwater Waddenzee - laagwater IJsselmeer										
Zichtjaar (scenario)	2020 (KNMI W+)					2050 (KNMI W+)				
Peilstijging Waddenzee [m]	0,07					0,35				
Peilstijging IJsselmeer [m]	0,00					0,00				
Den Oever	Zichtjaar 2020 (KNMI W+)					zichtjaar 2050 (KNMI W+)				
Overschrijdingsfrequentie [jaar ⁻¹]	1/1	1/10	1/100	1/1.000	1/10.000	1/1	1/10	1/100	1/1.000	1/10.000
Waterstand Waddenzee [m t.o.v. NAP]	2,57	3,24	3,91	4,48	5,00	2,85	3,52	4,19	4,76	5,28
Waterstand IJsselmeer [m t.o.v. NAP]	-0,62	-0,78	-0,94	-1,09	-1,21	-0,61	-0,78	-0,94	-1,09	-1,21
Verval [m]	3,19	4,02	4,85	5,57	6,21	3,46	4,30	5,13	5,85	6,49

Tabel 6-35 Waterstanden en vervallen voor hoogwater IJsselmeer - laagwater Waddenzee. Bron: tabel E2 uit [B].

Hoogwater IJsselmeer - laagwater Waddenzee										
Zichtjaar (scenario)	2020 (KNMI W+)					2050 (KNMI W+)				
Peilstijging Waddenzee [m]	0,07					0,35				
Peilstijging IJsselmeer [m]	0,00					0,00				
Den Oever (regressie)	Zichtjaar 2020 (KNMI W+)					zichtjaar 2050 (KNMI W+)				
Overschrijdingsfrequentie [jaar ⁻¹]	1/1	1/10	1/100	1/1.000	1/10.000	1/1	1/10	1/100	1/1.000	1/10.000
Waterstand IJsselmeer [m t.o.v. NAP]	-0,30	-0,22	-0,14	-0,07	0,01	-0,30	-0,22	-0,14	-0,07	0,01
Waterstand Waddenzee [m t.o.v. NAP]	-1,50	-1,89	-2,28	-2,66	-3,03	-1,50	-1,89	-2,28	-2,66	-3,03
Verval [m]	1,20	1,67	2,14	2,59	3,04	1,20	1,67	2,14	2,59	3,04
Den Oever (advies)	Zichtjaar 2020 (KNMI W+)					zichtjaar 2050 (KNMI W+)				
Overschrijdingsfrequentie [jaar ⁻¹]	1/1	1/10	1/100	1/1.000	1/10.000	1/1	1/10	1/100	1/1.000	1/10.000
Waterstand IJsselmeer [m t.o.v. NAP]	0,33	0,56	0,79	0,99	1,21	0,33	0,56	0,79	0,99	1,21
Waterstand Waddenzee [m t.o.v. NAP]	-0,88	-1,11	-1,35	-1,60	-1,83	-0,88	-1,11	-1,35	-1,60	-1,83
Verval [m]	1,21	1,67	2,14	2,59	3,04	1,21	1,67	2,14	2,59	3,04

Tabel 6-36 Maatgevende waterstanden voor ijsbelasting IJsselmeerzijde. Deze waarden komen uit [B], Bijlage E.1.3 voor uitvoerlocatie VK1_070_IJM voor het faalmechanisme "Golfklap".

IJsselmeerzijde		2050			2120			
Locatie	lage of hoge waterstand	Frequentie	waterstand incl. robuustheidstoeslag en meerpeilstijging	Meerpeil stijging	Ontwerp Waterstand IJsbelasting	waterstand incl. robuustheidstoeslag en meerpeilstijging	Meerpeil stijging	Ontwerp Waterstand IJsbelasting
		[1/jaar]	[m+NAP]	[m]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m]	[m+NAP]
Den Oever	lage waterstand	n.v.t.	-0,4	0	-0,4	-0,4	0	-0,4
	hoge waterstand	100	1,0	0	1,0	1,6	0,6	1,6
VMR	lage waterstand	n.v.t.	-0,4	0	-0,4	-0,4	0	-0,4
	hoge waterstand	100	1,4	0	1,4	1,8	0,6	1,8

Tabel 6-37 Maatgevende waterstanden voor ijsbelasting Waddenzeezijde. De hoge waterstanden komen uit tabel E1.1 uit [B] en de lage waterstanden zijn gelijk aan LAT uit Rijkswaterstaat, 2013, pagina 34 en 35. Ook de gemiddelde waterstand SWL komt uit Rijkswaterstaat, 2013, pagina 34 en 35.

Waddenzeezijde		2020					2050			2120 W+		2120 Veerman			
Locatie	lage of hoge waterstand	Frequentie	waterstand incl. surge	SWL	Surge	gereduceerde surge	Zeespiegel rijzing	waterstand incl. surge	Ontwerp Waterstand IJsbelasting	Zeespiegel rijzing	waterstand incl. surge	Ontwerp Waterstand IJsbelasting	Zeespiegel rijzing	waterstand incl. surge	Ontwerp Waterstand IJsbelasting
		[1/jaar]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m]	[m]	[m]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m]	[m+NAP]	[m+NAP]	[m]	[m+NAP]	[m+NAP]
Den Oever	lage waterstand	n.v.t.	-1,15	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0	n.v.t.	-1,15	0	n.v.t.	-1,15	0	n.v.t.	-1,15
	hoge waterstand	100	3,70	0,11	3,59	3,23	0,28	4,00	3,64	0,98	4,7	4,34	1,47	5,1	4,74
VMR	lage waterstand	n.v.t.	-1,27	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	0	n.v.t.	-1,27	0	n.v.t.	-1,27	0	n.v.t.	-1,27
	hoge waterstand	100	4,1	0,07	4,03	3,63	0,28	4,3	3,9	0,98	5,0	4,6	1,47	5,6	5,2

Bijlage 3. Golfklap en golfdruk histogrammen

In deze bijlage worden eerst de golfklap en golfdruk krachtwisselingen gegeven voor de Zuiderschuif van de bestaande spuumiddelen Den Oever en daarna voor de Noorderschuif. Zie Figuur 2-3, Figuur 2-4 en Figuur 2-5 voor de geometrie die gehanteerd is. De berekeningen zijn terug te vinden in [L], bijlage 3.

De periode waarvoor het aantal lastwisselingen gegeven is verschilt voor de verschillende terugkeerfrequenties en is:

- één storm voor terugkeerfrequenties van 1/100, 1/1000 en 1/10000;
- één jaar voor terugkeerfrequentie van 1/1 jaar.

Voor het type vermoeiingsbelastingen geldt:

- Vanuit het IJsselmeer zijn op beide schuiven en alle stormen enkel quasi-statische belastingen relevant
- Vanuit de Waddenzee zijn verschillend per overhanglengte W welke belastingen de lastwisselingen veroorzaken:
 - Bij 0, 0,2, 0,4 en 0,6 m overhanglengte W worden alle lastwisselingen veroorzaakt door quasi-statische belastingen
 - Bij 0,8 en 1,0 m overhanglengte W worden de lastwisselingen veroorzaakt door een combinatie van quasi-statische belastingen en golfklappen

Zuiderschuif vanuit IJsselmeer

Tabel 6-38: Belastingen op **Zuiderschuif** bestaande spuumiddelen Den Oever uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **1/1 jaar storm vanuit IJsselmeerzijde**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	1-a	1-b	1-c	1-d
5	8923464	8865623	8806944	14583514
15	3359816	3364846	3369876	4040498
25	1124130	1150117	1173589	460214
35	373033	388961	406565	838
45	106461	115682	124065	0
55	29340	31016	32693	0
65	2515	4191	5868	0
75	0	0	0	0

Tabel 6-39: Belastingen op **Zuiderschuif** bestaande **spuimiddelen Den Oever** uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **1/100 jaar storm vanuit IJsselmeerzijde**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	100-a	100-b	100-c	100-d	100-e	100-f
5	22931	22823	22712	22606	21740	19385
15	8998	8983	8969	8952	8611	7873
25	4181	4198	4212	4223	4054	3711
35	2313	2342	2374	2400	2382	2093
45	1404	1423	1437	1455	1383	1153
55	733	757	793	826	821	611
65	471	459	457	461	423	314
75	228	256	272	289	259	138
85	56	70	83	97	124	61
95	9	12	14	15	25	23
105	0	0	0	0	2	6
115	0	0	0	0	0	0

Tabel 6-40: Belastingen op **Zuiderschuijf** bestaande spuimiddelen Den Oever uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **1/1.000 jaar storm vanuit IJsselmeerzijde**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	1000-a	1000-b	1000-c	1000-d	1000-e	1000-f	1000-g
5	27381	26363	26261	26153	26048	24281	23324
15	10724	10291	10265	10251	10235	9475	9278
25	5121	4891	4909	4911	4917	4676	4583
35	3081	3124	3147	3172	3188	3007	2835
45	2008	1972	1990	2011	2034	1975	1807
55	1348	1397	1410	1419	1426	1333	1148
65	828	810	833	865	920	915	699
75	608	586	575	574	565	563	397
85	277	402	419	430	439	324	205
95	95	169	186	206	219	238	107
105	20	49	57	58	61	122	54
115	3	11	12	14	12	30	14
125	0	0	0	0	0	6	1
135	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 6-41: Belastingen op **Zuiderschuijf** bestaande spuimiddelen Den Oever uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **1/10.000 jaar storm vanuit IJsselmeerzijde**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	10000-a	10000-b	10000-c	10000-d	10000-e	10000-f	10000-g	10000-h	10000-i
5	32214	31022	30913	30809	30699	29665	28660	26624	51500
15	12566	12051	12035	12014	11999	11528	11066	10509	18612
25	5934	5700	5706	5713	5715	5561	5477	5294	4715
35	3905	3892	3916	3932	3954	3827	3661	3436	1037
45	2511	2526	2540	2562	2577	2564	2569	2361	22
55	1973	1945	1929	1909	1890	1888	1866	1642	0
65	1168	1375	1423	1475	1551	1494	1368	1097	0
75	992	892	863	904	945	1016	1016	699	0
85	671	802	810	791	772	643	613	421	0
95	317	525	567	573	579	570	434	228	0
105	116	247	264	279	284	362	313	129	0
115	35	93	102	106	106	140	156	73	0
125	7	25	27	27	25	44	45	29	0
135	0	5	5	5	5	10	12	5	0
145	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Noorderschuif vanuit IJsselmeer

Tabel 6-42: Belastingen op **Noorderschuif** bestaande spuimiddelen Den Oever uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **1/1 jaar storm vanuit IJsselmeerzijde**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	1-a	1-b	1-c	1-d	
5	8923464	8865623	8806944	14583514	
15	3359816	3364846	3369876	4040498	
25	1124130	1150117	1173589	460214	
35	373033	388961	406565	838	
45	106461	115682	124065	0	
55	29340	31016	32693	0	
65	2515	4191	5868	0	
75	0	0	0	0	

Tabel 6-43: Belastingen op **Noorderschuif** bestaande spuimiddelen Den Oever uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **1/100 jaar storm vanuit IJsselmeerzijde**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	100-a	100-b	100-c	100-d	100-e	100-f
5	22931	22823	22712	22606	21740	19385
15	8998	8983	8969	8952	8611	7873
25	4181	4198	4212	4223	4054	3711
35	2313	2342	2374	2400	2382	2093
45	1404	1423	1437	1455	1383	1153
55	733	757	793	826	821	611
65	471	459	457	461	423	314
75	228	256	272	289	259	138
85	56	70	83	97	124	61
95	9	12	14	15	25	23
105	0	0	0	0	2	6
115	0	0	0	0	0	0

Tabel 6-44: Belastingen op **Noorderschuif** bestaande spuimiddelen Den Oever uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **1/1.000 jaar storm vanuit IJsselmeerzijde**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	1000-a	1000-b	1000-c	1000-d	1000-e	1000-f	1000-g
5	27381	26363	26261	26153	26048	24281	23324
15	10724	10291	10265	10251	10235	9475	9278
25	5121	4891	4909	4911	4917	4676	4583
35	3081	3124	3147	3172	3188	3007	2835
45	2008	1972	1990	2011	2034	1975	1807
55	1348	1397	1410	1419	1426	1333	1148
65	828	810	833	865	920	915	699
75	608	586	575	574	565	563	397
85	277	402	419	430	439	324	205
95	95	169	186	206	219	238	107
105	20	49	57	58	61	122	54
115	3	11	12	14	12	30	14
125	0	0	0	0	0	6	1
135	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 6-45: Belastingen op **Noorderschuif** bestaande spuimiddelen Den Oever uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **1/10.000 jaar storm vanuit IJsselmeerzijde**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	10000-a	10000-b	10000-c	10000-d	10000-e	10000-f	10000-g	10000-h	10000-i
5	32214	31022	30913	30809	30699	29665	28660	26624	51500
15	12566	12051	12035	12014	11999	11528	11066	10509	18612
25	5934	5700	5706	5713	5715	5561	5477	5294	4715
35	3905	3892	3916	3932	3954	3827	3661	3436	1037
45	2511	2526	2540	2562	2577	2564	2569	2361	22
55	1973	1945	1929	1909	1890	1888	1866	1642	0
65	1168	1375	1423	1475	1551	1494	1368	1097	0
75	992	892	863	904	945	1016	1016	699	0
85	671	802	810	791	772	643	613	421	0
95	317	525	567	573	579	570	434	228	0
105	116	247	264	279	284	362	313	129	0
115	35	93	102	106	106	140	156	73	0
125	7	25	27	27	25	44	45	29	0
135	0	5	5	5	5	10	12	5	0
145	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Noorderschuif vanuit Waddenzee

Tabel 6-46: Belastingen op **Noorderschuif bestaande spuimiddelen Den Oever voor een bovenbalk overhanglengte van $W=0,2m$** uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **stormen vanuit Waddenzee met verschillende terugkeerfrequenties**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	1/1, lastwisselingen per jaar	1/100	1/1.000	1/10.000
5	7260633	13649	16789	18146
15	3263691	8159	7573	8512
25	1609766	4278	4855	4985
35	889350.5	3004	3500	3598
45	435432.6	2353	2613	2865
55	185880.4	1987	2201	2213
65	61104.34	1666	1891	1964
75	13350.53	1307	1663	1705
85	0	995	1392	1588
95	0	775	1141	1296
105	0	634	983	1103
115	0	457	845	989
125	0	346	773	897
135	0	212	661	819
145	0	85	467	833
155	0	31	487	646
165	0	5	311	491
175	0	0	176	567
185	0	0	88	427
195	0	0	41	293
205	0	0	17	185
215	0	0	3	112
225	0	0	0	63
235	0	0	0	34
245	0	0	0	12
255	0	0	0	3
265	0	0	0	0

Tabel 6-47: Belastingen op **Noorderschuif bestaande spuimiddelen Den Oever voor een bovenbalk overhanglengte van $W=0,4m$** uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **stormen vanuit Waddenzee met verschillende terugkeerfrequenties**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	1/1, lastwisselingen per jaar	1/100	1/1.000	1/10.000
5	7260633	13649	16789	18146
15	3263691	8159	7573	8512
25	1609766	4278	4855	4985
35	889351	3004	3500	3598
45	435433	2353	2613	2865
55	185880	1987	2201	2213
65	61104	1666	1891	1964
75	13351	1307	1663	1705
85	0	995	1392	1588
95	0	775	1141	1296
105	0	634	983	1103
115	0	457	845	989
125	0	346	773	897
135	0	212	661	819
145	0	85	467	833
155	0	31	487	646
165	0	5	311	491
175	0	0	176	567
185	0	0	88	427
195	0	0	41	293
205	0	0	17	185
215	0	0	3	112
225	0	0	0	63
235	0	0	0	34
245	0	0	0	12
255	0	0	0	3
265	0	0	0	0

Tabel 6-48: Belastingen op **Noorderschuif bestaande spuimiddelen Den Oever voor een bovenbalk overhanglengte van $W=0,6m$** uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **stormen vanuit Waddenzee met verschillende terugkeerfrequenties**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	1/1, lastwisselingen per jaar	1/100	1/1.000	1/10.000
5	7260633	13649	16789	18146
15	3263691	8159	7573	8512
25	1609766	4278	4855	4985
35	889351	3004	3500	3598
45	435433	2353	2613	2865
55	185880	1987	2201	2213
65	61104	1666	1891	1964
75	13351	1307	1663	1705
85	0	995	1392	1588
95	0	775	1141	1296
105	0	634	983	1103
115	0	457	845	989
125	0	346	773	897
135	0	212	661	819
145	0	85	467	833
155	0	31	487	646
165	0	5	311	491
175	0	0	176	567
185	0	0	88	427
195	0	0	41	293
205	0	0	17	185
215	0	0	3	112
225	0	0	0	63
235	0	0	0	34
245	0	0	0	12
255	0	0	0	3
265	0	0	0	0

Tabel 6-49: Belastingen op **Noorderschuif bestaande spuimiddelen Den Oever voor een bovenbalk overhanglengte van $W=0,8$ m** uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **stormen vanuit Waddenzee met verschillende terugkeerfrequenties**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

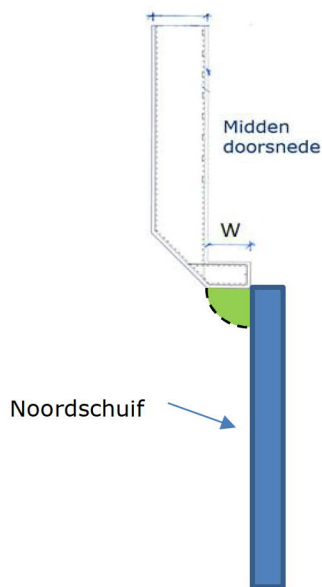
Midden van bin belasting [kN/m]	1/1, lastwisselingen per jaar	1/100	1/1.000	1/10.000
5	7260120	13649	16758	18146
15	3228260	8159	7444	8512
25	1583578	4278	4718	4985
35	881135	3004	3418	3598
45	425163	2353	2613	2865
55	214122	1987	2267	2213
65	84211	1666	1981	1908
75	38511	1307	1694	1692
85	5135	995	1517	1579
95	0	775	1200	1347
105	0	634	991	1129
115	0	457	845	989
125	0	346	773	897
135	0	212	661	819
145	0	85	467	833
155	0	31	487	646
165	0	5	311	491
175	0	0	176	567
185	0	0	88	427
195	0	0	41	293
205	0	0	17	185
215	0	0	3	112
225	0	0	0	63
235	0	0	0	34
245	0	0	0	12
255	0	0	0	3
265	0	0	0	0

Tabel 6-50: Belastingen op **Noorderschuif bestaande spuimiddelen Den Oever voor een bovenbalk overhanglengte van $W=1,0m$** uit golfklapberekeningen inclusief golfdrukken op basis van Goda voor **stormen vanuit Waddenzee met verschillende terugkeerfrequenties**. Hierbij is rekening gehouden met 0,2 m zetting.

Midden van bin belasting [kN/m]	1/1, lastwisselingen per jaar	1/100	1/1.000	1/10.000
5	7235472	13649	16617	18146
15	3163562	8159	7073	8512
25	1521960	4278	4269	4985
35	626961	3004	3062	3051
45	454431	2353	2399	2375
55	307062	1987	2228	1936
65	186394	1623	2125	1913
75	113479	1143	1936	1827
85	61618	871	1695	1693
95	33890	729	1447	1521
105	13864	591	1254	1355
115	1027	512	1035	1285
125	0	406	789	1020
135	0	308	687	847
145	0	194	576	795
155	0	86	564	726
165	0	36	359	560
175	0	13	195	612
185	0	0	98	459
195	0	0	41	311
205	0	0	20	192
215	0	0	3	112
225	0	0	0	63
235	0	0	0	34
245	0	0	0	12
255	0	0	0	3
265	0	0	0	0

Bijlage 4. Nooderschuif UGT belasting Waddenzee, enkel ter vergelijking:

Om een vergelijking te kunnen opstellen tussen de golfklappen die conform het ontwikkeld model in [F] zijn bepaald en de golfklappen die zijn voorgeschreven, is hieronder de golfklap op de bovenbalk volgens het model gepresenteerd. De berekening is vastgelegd in bijlage 3 in document [L]. Vanuit de Waddenzee treden er alleen op de bovenbalk golfklappen op. Aangezien de overhanglengte W van de bovenbalk nog niet vastligt op het moment van schrijven, is de golfklap bepaald voor een overhangen met van lengte 0,0 m naar 1,0 m met stappen van 0,2 m. Overhanglengte W is gelijk aan de breedte van het horizontale stuk van de bovenbalk + de tussenafstand met de schuif welke (opgevlude afstand)



Figuur 6-23: Schematisering van de golfklap op de Noordschuif vanuit de Waddenzeezijde. Overhanglengte W is gelijk aan de breedte van het horizontale stuk van de bovenbalk + de tussenafstand met de schuif welke (opgevlude afstand)

De maximale horizontale golfklap vanuit de Waddenzee volgens het ontwikkelde model in [F] is gegeven met:

$$F_H = 2 * C_l(H/W_{rep}) * 1025 * v_{imp} * W_{rep}^2 / 0,1$$

waar $v_{imp} = 3,78$ m/s voor golfklap met een waterstand van 3,66 m NAP, een golfhoogte van 3,80 m en een golfperiode van 5,23 s. De C_l wordt gebruikt om de verticale klap te vertalen naar een horizontale en is afhankelijk van de verhouding van hoogte van de koker (H) en de overhanglengte. Voor de maatgevende golf is H gelijk aan 7,15 m. Tabel 6-51 hieronder geeft de resultaten weer voor een overhanglengte dat gevarieerd wordt met stappen van 0,2 m.

Tabel 6-51 Golfklappen bovenbalk Waddenzee met variërende overhanglengte. **Deze belastingen zijn enkel ter referentie. De te hanteren belasting is gegeven in paragraaf 6.1.1.2.**

Overhanglengte	h_{ws}	H_{max}	T_p	W_{rep}	F_H
[m]	[m]	[m]	[s]	[m]	[kN/m]

0	-	-	-	-	-
0,2	3,66	3,8	5,23	0,2	4,53
0,4	3,66	3,8	5,23	0,4	18,01
0,6	3,66	3,8	5,23	0,6	40,73
0,8	3,66	3,8	5,23	0,8	72,41
1,0	3,66	3,8	5,23	1,0	113,15

**Bijlage 5. ASD-NOT-1701 - Nadere toelichting en uitwerking
hydraulische belasting voor BSM KWZ ASD-UNO-0028 (extra
toelichting)**

Memo

Aan [REDACTED]
Kopie aan [REDACTED]
Van [REDACTED]

Datum 16-sep-2020
Documentnr. ASD-NOT-1701
Blad 1 van 7

Onderwerp Nadere toelichting en uitwerking hydraulische belasting voor BSM KWZ ASD-UNO-0028

Introductie

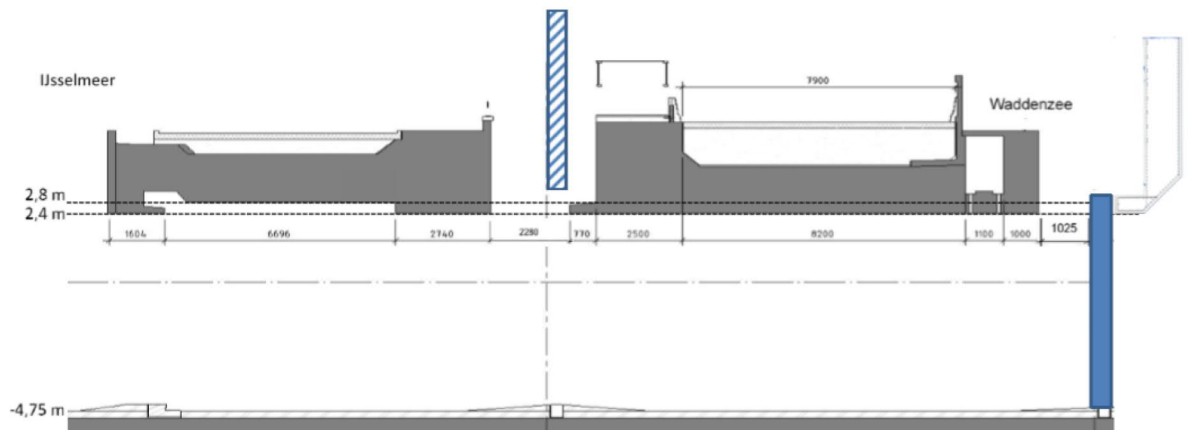
De memo beschrijft twee toelichtingen en uitwerkingen van belasting zoals beschreven in ASD-UNO-0028 voor bestaand spuumiddel Kornwerderzand.

De twee onderwerpen zijn:

1. Aangepaste vorm ontluichtingspleet noord schuif voor golfklap vanuit IJsselmeer
2. Toelichting of combineren van golfbelasting op fietsbrug en bovenbalk

Aanpassing vorm ontluichtingspleet bij noord schuif voor golfklap vanuit IJsselmeer

Bij de berekening van de golfklappen vanuit het IJsselmeer is rekening gehouden met de geometrie zoals weergegeven in Figuur 1. Hierbij wordt rekening gehouden met een spleet van 1025 mm direct voor de noord schuif. Deze spleet is gebaseerd op een dikte van de noord schuif van 1200 mm.



Figuur 1: geometrie voor de golfklap berekening zoals gebruikt in ASD-UNO-0028

Bij het uitwerken van de noord schuif is gebleken de dikte van 1200 mm niet voldoende is met betrekking tot de sterkte van de schuif. Om te voldoen aan de sterkte dient de schuif verdikt te worden tot 1400 mm. Dit zou betekenen dat de ontluichtingspleet verkleint tot 825 mm en dat de belasting ten gevolge golfklap vanuit het IJsselmeer zal toenemen. De oplossing die nu gekozen is, is om de bovenste ligger te voorzien met gaten waarmee de ontluichtingsopening op het niveau blijft zoals meegenomen in de berekeningen van de golfklap zoals beschreven in ASD-UNO-0028.

Bij een kleiner spleet dien het gereduceerde oppervlak van de spleet gecompenseerd wordt door open oppervlak in de schuif zelf. Vanwege het minder effectief zijn van veel kleine openingen dienen de gaten zo groot mogelijk gemaakt te worden en een oppervlak hebben 110% van het gereduceerde spleet oppervlak. In Figuur 2 is een goed voorbeeld gegeven van het toepassen van grote openingen in de boven regel. Zoals in het rekenvoorbeeld hieronder leveren deze gaten een effectieve spleet breedte van 20 cm.

Rekenvoorbeeld:

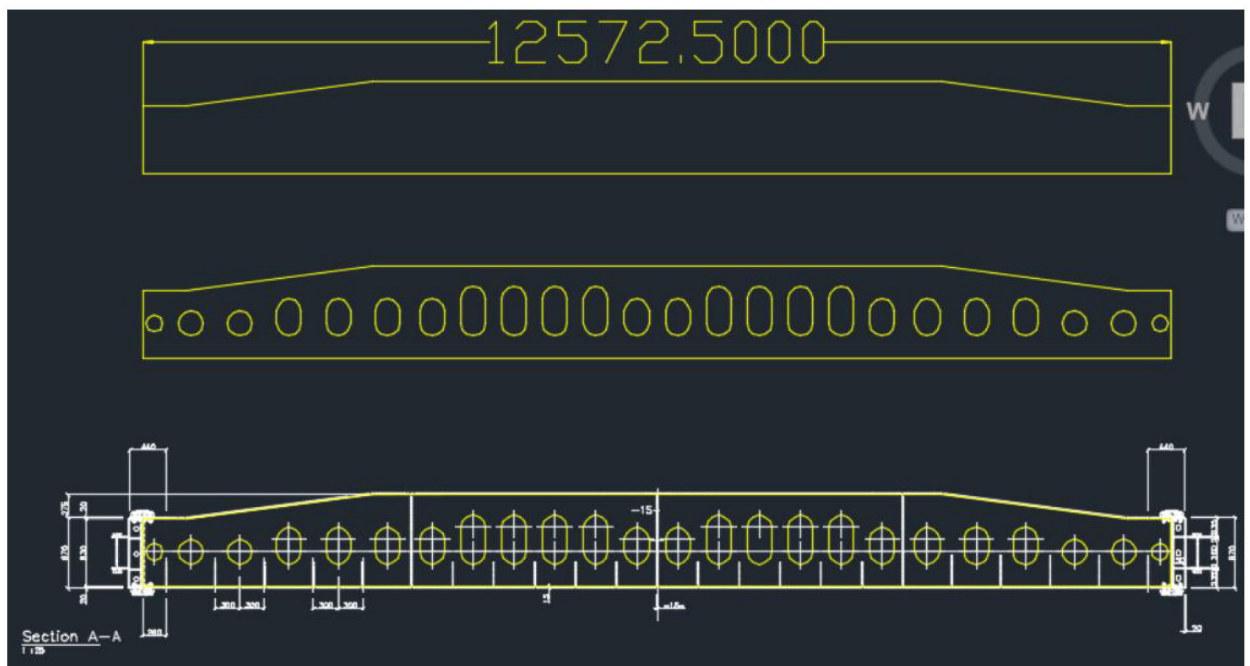
Dicht lijf= 13,2 m²

Lijf met gaten =10,4 m²

Oppervlak gaten = 2,8 m²

Gemiddelde breedte gaten = $(13,2-10,4)/12,571 = 0,223$ m

Effectieve spleet breedte gaten is $0,223/1,1 = 20$ cm

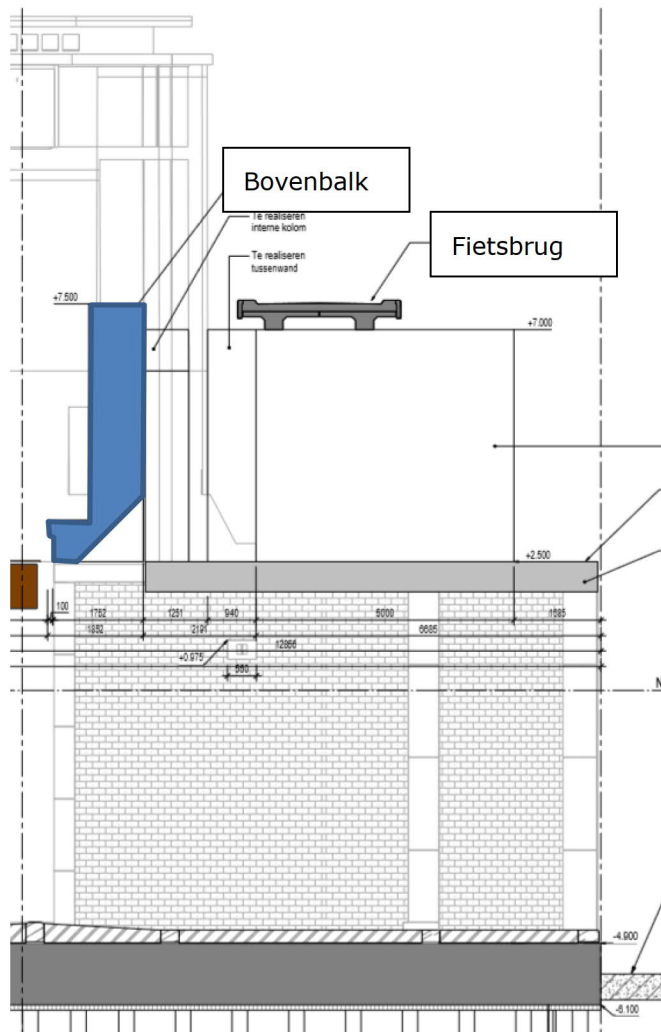


Figuur 2: Goed voorbeeld van openingen in de bovenregel

Met een gat-patroon en oppervlak zoals weergegeven in Figuur 2 kan de schuif in dikte toenemen van 1200 mm → 1400 mm met behoud van de golfklapbelasting zoals gegeven in ASD-UNO-0028.

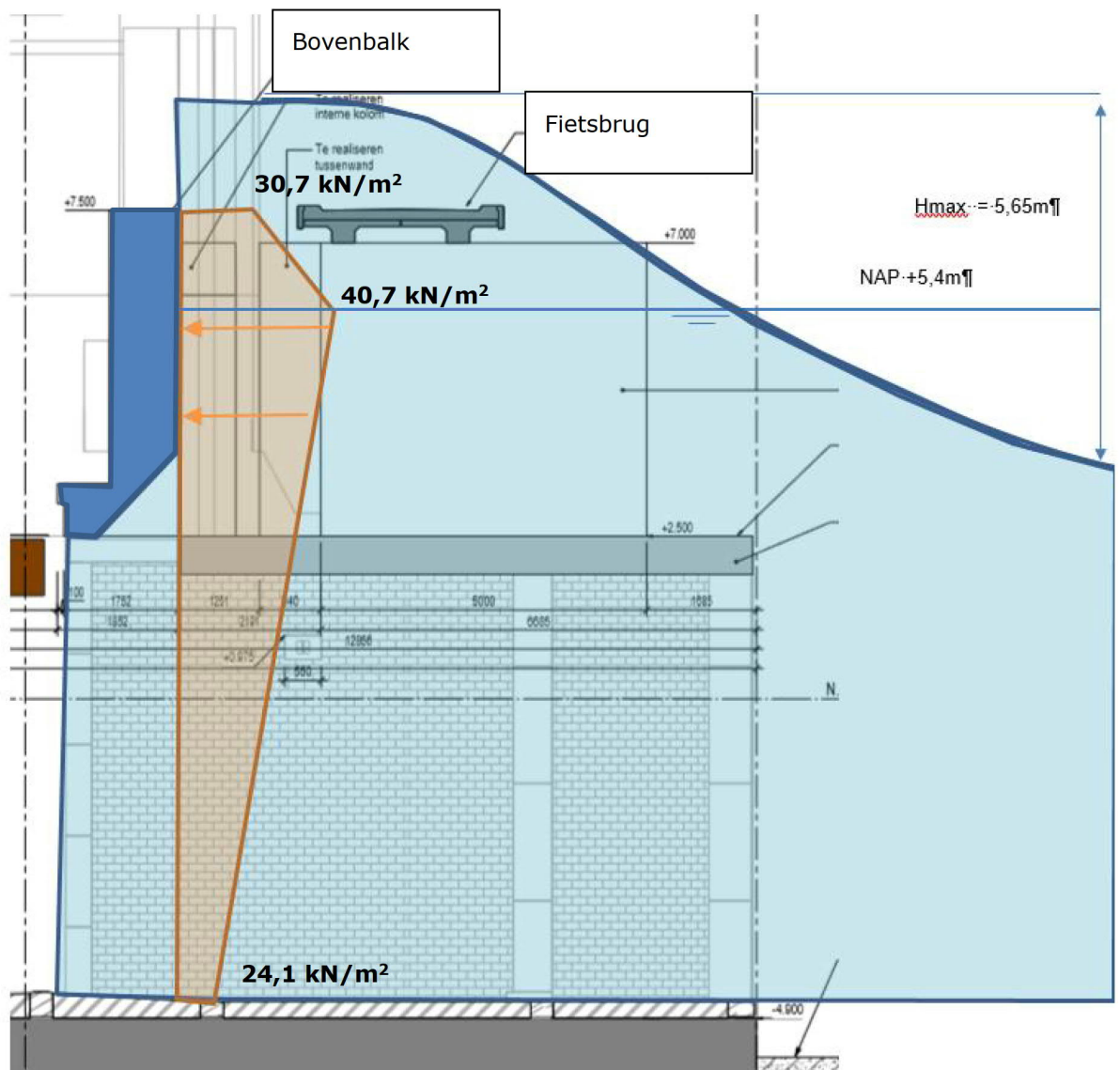
Toelichting of combineren van golfbelasting op fietsbrug en bovenbalk

Voor de stabiliteit van de heftoren en de pijler kwam de vraag hoe de golf belasting op de fietsbrug en de bovenbalk zoals vermeld in ASD-UNO-0028 gecombineerd moet worden. In Figuur 4 is een dwarsdoorsnede van de bovenbalk en fietsbrug gegeven.



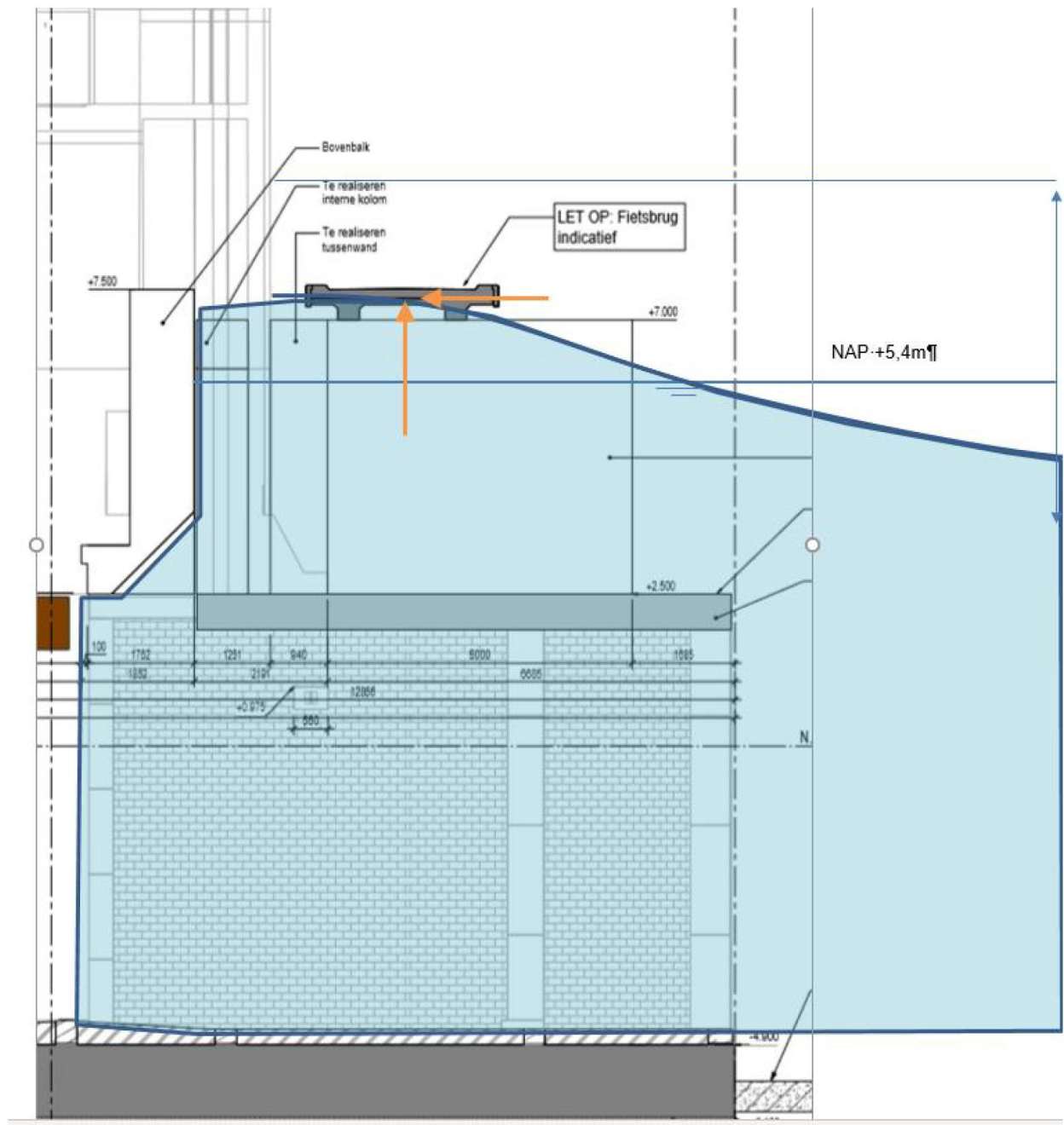
Figuur 3: dwarsdoorsnede Bovenbalk en Fietsbrug

De maximale belasting op de bovenbalk is ten gevolge van een gereflecteerde golf en de quasi statische golfdruk (Goda), deze is maximaal wanneer de golf zijn hoogste niveau bereikt, De golf en de maximale belasting zijn ingetekend in Figuur 5



Figuur 5: maximale belasting bovenbalk

De fietsbrug met zijn open roostervloer en slanke balken beïnvloedt de waterbeweging in de golf (slank object) en wordt niet alleen belast doorgolf druk zoals de bovenbalk en de schuiven. Daarom wordt de belasting op de fietsbrug door middel van een sleepkracht/impulskracht uitgerekend (drag force met verhoogde C_d om de impuls te verrekenen). Dit betekent dat de kracht afhankelijk is van de orbitaalsnelheid ter plaatse van de fietsbrug. De orbitaalsnelheid is maximaal op stil water niveau en loopt terug naar 0 bij het maximale niveau van het golfoppervlak. Voor de fietsbrug is de watersnelheid het hoogst wanneer het golfoppervlak de fietsbrug passeert (neemt af naar boven toe). De impulskracht (verhoogde C_d) treedt feitelijk alleen op wanneer het wateroppervlak de brug raakt en daarna neemt de kracht af naar de gebruikelijke drag-kracht met een ongecorrigeerde C_d (halveert). De fase waarin de maximale kracht op de fietsbrug wordt gevonden is weergegeven in Figuur 6.



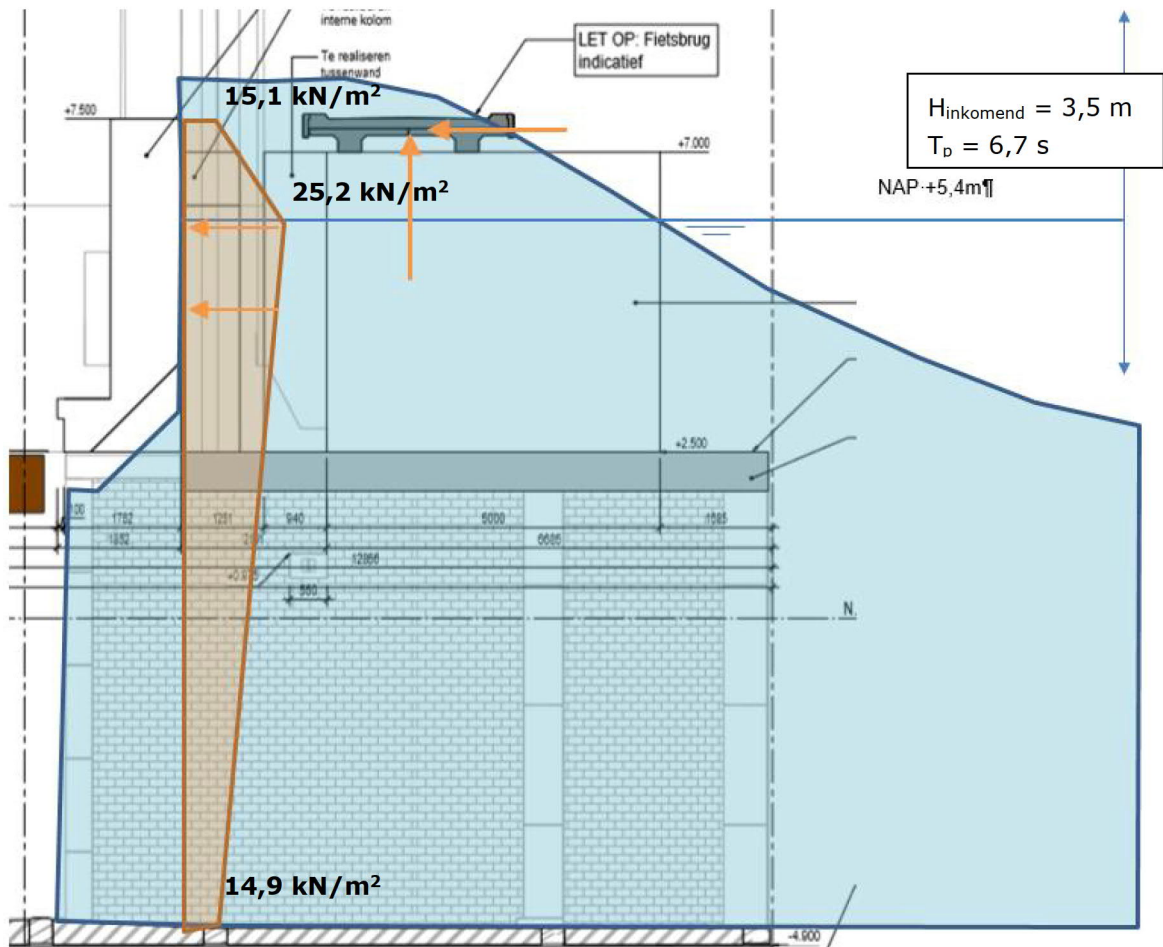
Figuur 6: moment van maximale golfkracht op fietsbrug

Belasting combinaties

In het geval van een volledig gereflecteerde golf op de bovenbalk staat het water bij de maximale belasting op de bovenbalk rond de fietsbrug nagenoeg stil. In de praktijk slaat een deel van de golf over de bovenbalk heen en staat het water niet geheel stil en zal er nog wel een kleine belasting op de fietsbrug optreden. Echter de afgeleide belasting op de bovenbalk is gedaan met volledige reflectie. Hierdoor is de belasting op de bovenbalk overschat. Deze overschatting dekt de belasting van de fietsbrug en daarmee kan de fietsbrug worden verwaarloosd in geval van maximale belasting op de bovenbalk.

In het geval van de maximale kracht op de fietsbrug is er wel een kracht op de bovenbalk alleen kleiner dan de maximaal zoals afgegeven in ASD-UNO-0028. De verwachting is dat het gelijktijdige niveau van het golfoppervlak gelijk is aan de bovenkant van de bovenbalk, zie Figuur 6 .

Om conservatief te zijn is besloten om de golfbelasting af te leiden op de bovenbalk voor de fase van de maximale golf waarin het golfoppervlak 1,5 m boven de bovenbalk uitsteekt en deze te combineren met de maximale kracht op fietsbrug. Omdat in Goda geen fasehoek is meegenomen, is besloten om de inkomende golfhoogte te reduceren waarbij het bijbehorende niveau van het golfoppervlak 1,5 m boven de bovenbalk uitsteekt (representatief voor een eerdere fase van een inkomende golf van 5,65m), daarom is in het bijbehorende drukfiguur de inkomende golf terug gebracht naar 3,5m. De golfperiode is gelijk gehouden om de drukverdeling over de waterdiepte hetzelfde te houden. De drukken op de bovenbalk welke meegenomen worden simultaan met de maximale belasting op de fietsbrug zijn gegeven in Figuur 7. Deze beschouwing is voor Kornwerderzand gedaan maar de complementaire golf op de bovenbalk bij de maximale kracht op de fietsbrug kan ook conservatief voor Den Oever worden toegepast omdat de waterstand en golfhoogte in Den Oever lager zijn. De belasting van 15,1 kN/m² is dan van toepassing op bovenkant bovenbalk (NAP+7,0 m) en de 25,2 kN/m² is van toepassing op stil waterstand (NAP +5,2 m).



Figuur 7: golfkracht op bovenbalk te combineren met maximale kracht fietsbrug

Bijlage 6. TIS-formulier



Toetsingsformulier ingediende documenten			N-00226-CTG	
Project Afsluitdijk				
Project onderdeel :	Uitgangspuntenrapporten Hydraulische belastingen			
Document nr.		TF nr :	JOW/012-N	
Toetser :		Datum :	4 mei 2020	

Overzicht getoetste documenten

Document ID	versie	titel	status	datum
ASD-ONO-0028	B.04	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen – bestaande spuisluizen Kornwerderzand	GC/TK	04/12/2019
ASD-UNO-0023	E	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen – bestaande spuisluizen Den Oever	GC/TK	04/05/2020
ASD-UNO-0024	E	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen – spuigroepen 1.6 en 1.7	GC/TK	11/03/2020
ASD-UNO-0025	E.02	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen – pompgroepen Den Oever	GC/TK	03/03/2020
ASD-UNO-0026	F.01	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen – Keersluis Den Oever	GC/TK	17/04/2020
ASD-UNO-0101	A.07	Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen : keersluis KWZ	GC/TK	06/11/2019
ASD-BER-0286	C.01	Berekening Hydraulische belastingen Keersluis Den Oever	GC/TK	17/04/2020
ASD-BER-0287	B	Berekening Hydraulische belastingen BSM Den Oever	GC/TK	25/10/2019
ASD-BER-0288	A	Rapportage hydraulische belastingen NSM Spuigroepen Den Oever	GC/TK	04/02/2020
ASD-BER-0289	A	Rapportage hydraulische belastingen pompgroepen Den Oever	GC/TK	19/11/2019
ASD-BER-0290	0.02	Rapportage DO Keersluis KWZ Hydraulische belastingen	GC/TK	06/11/2019
ASD-BER-0291	0.02	Berekening Hydraulische belastingen BSM Kornwerderzand	GC/TK	04/12/2019

Overzicht getoetste tekeningen

Document ID	versie	titel	status	datum

- Status :
- OO** Openstaande Opmerking // bevinding
 - NT** Nadere Toelichting gevraagd
 - AP** AandachtsPunt voor vervolgtraject
 - GC** Geen Commentaar // opmerkingen opgelost
 - TK** Ter Kennisname // geen scope van toetsing



Toetsingsformulier ingediende documenten		N-00226-CTG	
Project onderdeel :	Uitgangspuntenrapporten Hydraulische belastingen		
Document nr.		TF nr :	JOW/012-N
Toetser :		Datum :	4 mei 2020

Inhoud van de toetsing :

- Validatie van de invoerwaarden
 - Materiaaleigenschappen
 - Belastingaannames
 - Grondparameters
- Validatie van de duurzaamheid
 - Betondekking
 - Betonsamenstelling/milieuklasse
 - Scheurwijdtebepaling
 - Andere : corrosie damwanden
- Validatie van de eindresultaten d.m.v.
 - Vereenvoudigd schaduwmodel door gebruik makend van software : damwandberekening dmv programma Sheet (intern ontwikkeld programma op basis van verenmodel)
 - Uitgebreid schaduwmodel door gebruik makend van software :
 - Handmatige verificatie
 - Verificatie t.o.v. referentiemodel nr.

Detail van het schaduwmodel of handmatige validatie :

- In rekening gebrachte belastingen
 - Eigengewicht
 - Gebruiksbelasting :
 - Verkeersbelasting volgens NEN-EN 1991
 - Spoor- en treinbelasting volgens NEN-EN 1991 + NB + OVS
 - Windbelasting volgens ...
 - Sneeuwbelasting volgens ...
 - Uitzonderlijke belasting volgens ...
 - Overige belastingen : ...
- Belastingcombinaties volgens NEN-EN 1990 + NB
- Uiterste grenstoestand / bezwijkgrenstoestand
- Gebruiksgrenstoestand
- Parameterstudie :

Bijkomende inlichtingen :

- Inhoudelijke toetsing betreffende hydraulische belastingen bij de bestaande spuisluizen Kornwerderzand
- [Toetsing revisie document op aanpassingen en uitbreidingen ten aanzien van voorgaande versie, waarop geen bijkomende bijzondere tekortkomingen worden vastgesteld.](#)



Toetsingsformulier ingediende documenten		N-00226-CTG	
Project onderdeel :	Uitgangspuntenrapporten Hydraulische belastingen		
Document nr.		TF nr :	JOW/012-N
Toetser :		Datum :	4 mei 2020

Ref : ASD-ONO-0028-v.B.04 : Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen–bestaande spuisluizen Kornwerderzand
ASD-UNO-0023-v.E : Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen–bestaande spuisluizen Den Oever
ASD-UNO-0024-v.E : Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen–spuigroepen 1.6 en 1.7
ASD-UNO-0025-v.E.02 : Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen–pompgroepen Den Oever
ASD-UNO-0026-v.F.01 : Uitgangspuntenrapport Hydraulische belastingen–Keersluis Den Oever
ASD-UNO-0101-v.A.07 : Uitgangspunten rapport Hydraulische belastingen : keersluis Kornwederzand
ASD-BER-0286-v.C.01 : Berekening Hydraulische belastingen – keersluis Den Oever
ASD-BER-0287-v.B : Berekening Hydraulische belastingen – BSM Den Oever
ASD-BER-0288-v.A : Rapportage Hydraulische belastingen NSM spuigroepen Den Oever
ASD-BER-0289-v.A : Rapportage Hydraulische belastingen pompgroepen BSM Den Oever
ASD-BER-0290-v.02 : Rapportage DO keersluis Kornwederzand, hydraulische belastingen
ASD-BER-0291-v.0.02 : Berekening Hydraulische belastingen – BSM Kornwerderzand

Opmerking :

Datum: 04/05/2020

Op bovenstaand document zijn er geen inhoudelijke technische tekortkomingen vast te stellen, voor deze fase van het ontwerp. Is hoofdzakelijk input voor het vervolgproces.

Commentaar LEVVEL :

Datum:

Commentaar Seconded :

Datum: 04/05/2020

afgerond