

ONDERZOEK

HERINRICHTING VERVERSINGSKANAAL SCHEVENINGEN



EEN ONDERZOEK NAAR DE HAALBAARHEID VAN DE NIEUWE INRICHTING VAN HET
VERVERSINGSKANAAL ALS JACHTHAVEN

DATUM: 15 JUNI 2015

STUDENT

HAN DE JONG

4160738

STUDENT CIVIELE TECHNIEK, TU DELFT

BEGELEIDER

Ir. H.J Verhagen, Associate Professor in Hydraulic Engineering

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	7
2. Analyse	8
2.1 De Huidige Situatie	8
2.2 De Toekomst	8
2.3 Stakeholders.....	9
3. Probleemstelling en Doelstelling	9
3.1. Eisen	9
4. Oplossingen	10
4.1 Inleiding.....	10
4.2 De Kranenburgbrug	11
4.3 Mogelijke Varianten voor de Inrichting.....	12
5. Evaluatie	14
5.1 Waarde-Kosten Model.....	15
6. Aanbeveling	15
7. Aanpak technische aspecten	16
8. Beschrijving verschillende onderdelen	16
8.1 Kademuur.....	16
8.2 Stormvloedkering	16
8.3 Haveninfrastructuur	16
9. Kademuur	17
9.1 Inleiding	17
9.2 Eisen en Criteria	17
9.3 Opties voor de kademuur	18
9.4 Keuze en redenering.....	18
9.5 De kistdam	18
9.6 Omgevingsaspecten.....	19
9.7 Methodiek.....	19
9.8 Modellerings.....	20
9.9 Toetsing.....	21
9.10 Aanbeveling	21
10. Stormvloedkering	22
10.1 Inleiding.....	22
10.2 Omstandigheden.....	22
10.3 Deurkeuze.....	22

10.4 Dimensionering.....	23
10.5 Toetsing.....	23
11. Haveninfrastructuur.....	24
11.1 Inleiding.....	24
11.2 Maatgevende belasting op de steigerpaal.....	24
11.3 Dimensionering.....	24
11.4 Overzicht havenindeling.....	24
12. Conclusie	25
13. Literatuur.....	26
14. Bijlagen	29
Bijlage 1: Oplossingen voor de Uitbreiding.....	29
Bijlage 2: Geschiedenis van het Kanaal en het Havengebied	30
Bijlage 3: Relevante Problemen	31
Bijlage 4: Omgevingsanalyse	31
4.1 Gebieden	32
4.2 Netwerken.....	32
4.3 Objecten	33
Bijlage 5: Hoogtekaart.....	34
Bijlage 6: Zeewering.....	35
Bijlage 7: Indeling Jachthaven.....	36
Bijlage 8: Stakeholdersanalyse	36
8.1 Gemeente Den Haag	36
8.2 Jachtclub Scheveningen.....	36
8.3 Hoogheemraadschap van Delfland	36
8.4 Omwonenden BOH noord en BV Duindorp.....	36
8.5 Natura 2000.....	36
Bijlage 9: Stellingen	37
9.1 Aannames en Uitgangspunten	37
9.2 Afbakening van de Doelstelling.....	37
9.3 Randvoorwaarden	38
9.4 Wensen.....	38
Bijlage 10: Relevante Ontwikkelingen van het Gebied	39
10.1 Ontwikkelingen van het wegennetwerk.....	39
Bijlage 11: Intensiteitstabel Omliggende Wegen	42
Bijlage 12: Analyse omgeving en redenering ontwerp.....	43

Bijlage 13: Oplossing voor de Kranenburgbrug	44
Bijlage 14: Ontwerp Voetgangersbrug	45
Bijlage 15: Onrealistische Varianten	45
Bijlage 16: Simulatie	46
16.1 Inleiding.....	46
16.2 Variant 1.....	46
16.3 Variant 2.....	47
16.4 Variant 3.....	49
16.5 Variant 4.....	50
16.6 Variant 5.....	51
16.7 Variant 6.....	52
Bijlage 17: MCA	53
Bijlage 18: Notulen Vergadering Ronald Janssen Gemeente Den Haag.....	54
Bijlage 19: Notulen Vergadering Huub de Haer, Havenmanager	55
Bijlage 20: Notulen Vergadering Thalitha van Heijst, HHDelfland	57
Bijlage 21: Huidige en toekomstige situatie Houtrustweg.....	58
Bijlage 22: Opties voor de kademuur.....	59
22.1 Gewichtsconstructies.....	59
22.2 Wandsystemen	61
22.3 Verankeringsystemen.....	62
Bijlage 24: MCA damwanden.....	64
Bijlage 24: Leggerkaart zeekering Houtrustweg	65
Bijlage 25: Inpassing kistdam in ontwerp.....	65
Bijlage 26: Bezwijkmechanismen van een kistdam	66
Bijlage 27: Grondonderzoek.....	67
Bijlage 28: Bepaling waterstanden en kademuurhoogte.....	70
Bijlage 29: Blum's methode.....	71
Bijlage 30: Methode van de verend opgelegde ligger van Winkler	72
Bijlage 31: model voor externe Belastingen	74
BIJLAGE 32: Horizontale drukberekeningen van grond en waterspanningen.....	76
Bijlage 33: Berekening gereduceerde gronddruk in de kistdam.....	78
Bijlage 34: Drukwaardes	79
Bijlage 35: Functies van de verdeelde belastingen	81
35.1 MAPLE Functies	81
35.2 Plot van de totaalfuncties.....	82

Bijlage 36: Code voor verplaatsing via vergeet-me-nietjes	83
Bijlage 37: Aannames	84
Bijlage 38: Uitgangspunten	85
Bijlage 39: Analyse van de modellering.....	86
39.1 Procesanalyse.....	86
39.2 Foutanalyse.....	86
39.3 Mogelijke oplossingen	87
Bijlage 40: Toetsing met Plaxis.....	88
Bijlage 41: Procesbeschrijving.....	89
Bijlage 42: Waterstanden, Sluitingspeil en Frequentietabel.....	90
42.1 Waterstanden.....	91
42.1 Sluitingspeil	91
Bijlage 43: Berekening Opwaaing en Golfhoogte	92
43.1 Opwaaing.....	92
43.2 Golven.....	92
Bijlage 44: Deurkeuze.....	94
Bijlage 45: Dimensionering van de Stormvloedkering.....	95
45.1 Positionering van de liggers.....	96
45.2 Bepaling Belastingen.....	97
45.3 Dimensionering.....	103
Bijlage 46: Dimensionering van de fundering.....	108
Bijlage 47: Krachttabellen Stormvloedkering	111
Bijlage 48: Berekening steigerpaal	112
Bijlage 49: Afmetingen Opslagbassin en 2 ^e haven.....	117
Bijlage 50: Toetsen op knik volgens de eurocode.....	119
Bijlage 51: Nieuwe havenindeling.....	120

1. INLEIDING

Het havengebied van Scheveningen bestaat uit een grote zeehaven met 150 hectare water en grondgebied. Het grootste kenmerk van de haven is dat er een snelle, directe en diepe verbinding is met de open zee en daardoor is hij 24/7 toegankelijk. In het achterland bevinden zich veel bedrijven en kennisinstellingen. Veel verschillende functies en belangen komen dus samen in dit gebied. Het is een combinatie van werk en woonruimte en daarvoor moet de bereikbaarheid over land en water gegarandeerd worden. Veel nautische bedrijven maken gebruik van de haven. Ook de jachtclub van Scheveningen heeft een plaats in de haven gekregen. Veel mensen vertoeven hier tijdens hun vrije tijd en in hun vakanties omdat het een aantrekkingspunt is voor recreatie. Deze verschillende functies en belangen van de haven leveren op zichzelf al veel werkgelegenheid op. Het havengebied van Scheveningen is dan ook zeer belangrijk gebied voor de gemeente Den Haag. In het beleid van de gemeente over de ontwikkelingen in het havengebied staat het volgende: 'In het coalitieakkoord is er over Scheveningen haven afgesproken dat het accent meer op de economische functie van de haven wordt gelegd' (Klein, 2015). De doelstelling van de gemeente is om werkgelegenheid te creëren. De urgentie die de gemeente stelt is groot. Op dit moment zijn er namelijk al 20.000 banen verloren gegaan in Den Haag. De gemeente Den Haag wil banen creëren door meer maritieme bedrijvigheid toe te voegen aan de haven zodat de economie en de werkgelegenheid worden versterkt. Met als gevolg dat de huidige bewoners en de toekomstige generatie weer werk in Scheveningen kunnen vinden. In Figuur 8 van bijlage 9 is een overzicht van de haven te zien met alle huidige en toekomstige locaties, ontwikkelingen en functies van de haven.

Een onderdeel van deze ontwikkelingen is de jachthaven van Scheveningen. De jachtclub van Scheveningen is beheerder van deze haven en zijn het eens met de gemeente dat er ontwikkelingen plaats moeten vinden in het gebied. Ondanks de huidige capaciteit van 300 ligplaatsen en 50 passantplaatsen beschikt de jachthaven over een lange wachtlijst. De jachtclub heeft de gemeente benaderd om een uitbreiding te overwegen. Met de visie om meer accent te leggen op de economische functie van de haven hebben zij besloten te kijken naar uitbreidingsopties. De gemeente zal de focus van het project leggen op de passanten. De economische spin-off van passantplaatsen is namelijk groter dan die van reguliere plaatsen.

In bijlage 1 staat de overweging met potentiële gebieden voor een havenuitbreiding. Uiteindelijk is er gekozen voor het gebied aan de zuidkant van de haven: Het verversingskanaal. De mogelijkheid om hier boten op te slaan is aanwezig en kan een significante uitbreiding van de haven betekenen. Er moet echter veel gebeuren om het gebied te veranderen in een haven. Het waterpeil in het kanaal wordt op dit moment op een boezempeil gehouden door een gemaal aan het einde van het kanaal. Dit water wordt vervolgens in een tussenliggend bassin gepompt om daarna naar zee afgevoerd te worden d.m.v. een spuideur aan het einde van het bassin. Het water van de zee en het bassin fluctueren verschillend. De twee wateren zijn gescheiden door de spuideur en een vaste brug. Het geheel verhindert het doorvaren van schepen. In dit verslag zal er gekeken worden hoe dit gebied ingericht kan worden als haven.

In hoofdstuk 2 zal er een analyse van het gebied worden gemaakt. Aan de hand van deze analyse wordt er in hoofdstuk 3 een duidelijke probleem en doelstelling gevormd. De mogelijke oplossingen zullen in hoofdstuk 4 worden benoemd. In hoofdstuk 5 zal er kritisch naar elke oplossing worden gekeken door middel van een multi criteria analyse, resulterend in een waarde-kosten model. In hoofdstuk 6 zal er een aanbeveling worden gedaan aan de hand van de resultaten. In hoofdstuk 7 en 8 wordt er vervolgens dieper ingegaan op de technische aanpak van het ontwerp. In hoofdstuk 9 tot 11 zullen de verschillende onderdelen van het ontwerp worden gedimensioneerd en getoetst. Na een volledig ontwerp te hebben opgesteld zal er een conclusie worden getrokken in hoofdstuk 12.

2. ANALYSE

Om een passend ontwerp te bedenken is informatie over de huidige situatie, toekomstplannen en stakeholders van het gebied noodzakelijk. In de volgende paragrafen wordt dit geanalyseerd. Als achtergrondinformatie is de geschiedenis van het kanaal te vinden in bijlage 2.

2.1 DE HUIDIGE SITUATIE

De haven van Scheveningen is een zeehaven, dat wil zeggen dat het waterpeil fluctueert onder invloed van getijden (LW springtij: NAP -0,72 m, HW springtij: NAP + 1,26 m) en stormen tot NAP +4.15 m. Het verversingskanaal is een kanaal wat het regenwater uit de grachten van Den Haag en omstreken afvoert naar zee. In het verversingskanaal wordt het boezempeil op NAP - 0,43 m gehouden. Dit gebeurt door middel van een gemaal met een maximale capaciteit van 1170 m³/min. Het gehele afwateringssysteem is te zien in figuur 4 in bijlage 4. Tussen het kanaal en de haven ligt een opslagbassin. Hier wordt het water uit het verversingskanaal in gepompt als dit te hoog staat door zware regenval. Dit bassin wordt vervolgens geleegd in de haven door middel van een spuideur. De mogelijkheid om te spuien is alleen aanwezig als het water in de haven lager staat dan in het bassin. Het bassin vult zich volgens het waterschap onder invloed van het gemaal in minder dan een uur. Vandaar dat het is ingericht om een hoger waterpeil te kunnen houden dan de zee zodat er gespuid kan worden op elk moment. De spuideur gaat al open bij een verschil van 10-12 centimeter met de zee en fluctueert daarom ongeveer met dezelfde peilstanden. Achter de spuideur bevindt zich een oude sluis. Deze is in slechte staat en voldoet niet aan de eisen van een zeewering. De sluis is daarom buiten gebruik gesteld. De zeewering in Scheveningen volgt op dit moment de lijn te zien in figuur 6 in bijlage 6. Er is duidelijk te zien dat het volledige bassin buitendijks ligt ten opzichte van de zeewering. Volgens het waterschap is het bassin onvoldoende zeewerend ingericht en is de spuideur op dit moment een belangrijke schakel. Een uitgebreidere omgevingsanalyse met gebieden, objecten, netwerken en functies is te vinden in bijlage 4.

Op dit moment spelen er meerdere problemen in het havengebied en bij het waterschap. Een overzicht van de relevante problemen voor dit onderzoek staan in bijlage 3

2.2 DE TOEKOMST

2.2.1 HET HAVENGEBIED

De gemeente en de haven kwamen met het idee om de capaciteit te vergroten door de groep kleine vissersboten (tot 8 meter zonder mast) op te slaan in het verversingskanaal. Dit maakt de aanpassing van de brug onnodig. Hierbij zal de huidige indeling in zijn geheel naar achteren worden geplaatst zodat er ruimte aan de voorkant over is voor grotere boten. De huidige indeling van de jachthaven staat in bijlage 7. Los van het verversingskanaal is de gemeente Den Haag bezig met het inrichten van het gehele havengebied. Door deze ontwikkelingen hoopt de gemeente het havengebied compleet te veranderen naar een nieuw centrum. Uitgebreide informatie over deze ontwikkelingen is te vinden in bijlage 10.

2.2.2 DE JACHTHAVEN

De Haven van Scheveningen beweert dat gebaseerd op marktonderzoek er een toename van grotere boten zal komen. Hoewel de markt krimpt in het gebied is er volgens de havenmanager nog steeds een groeiende vraag naar ligplaatsen in de haven. Deze ligplaatsen zullen van grotere afmetingen moeten zijn om de grotere schepen te kunnen huizen. Er is wel een afname geconstateerd van kleine (vissers)bootjes. Op dit moment heeft de haven last van ongebruikte kleine plekken voor deze bootjes. Zij zouden die plekken graag gevuld willen zien met grote boten. De haven verwacht in de toekomst een significante afname in het aantal kleine (vissers)bootjes. Een nieuwe haven realiseren voor alleen kleine boten zal volgens hen maar voor 20 boten gelden.

2.3 STAKEHOLDERS

De stakeholders in dit onderzoek zijn al afgebakend. Een uitgebreide analyse van alle stakeholders en hun belangen is te vinden in bijlage 8. Alleen de volgende stakeholders zijn relevant voor dit onderzoek:

- Gemeente Den Haag (opdrachtgever).
- Jachtclub Scheveningen (grootste belanghebbende).
- Hoogheemraadschap van Delfland (betreffend waterschap).
- Natura 2000 (natuurbeheerder van omliggende gebieden).
- Omwonenden.

3. PROBLEEMSTELLING EN DOELSTELLING

Aan de hand van de inleiding, de geschiedenis en de analyse van het gebied is een duidelijke probleemstelling te formuleren:

Om de capaciteit van de haven te vergroten zal het verversingskanaal gebruikt moeten worden als jachthaven. Echter heeft het kanaal in de huidige situatie een spuifunctie. Het water van de zee en het bassin fluctueren verschillend zoals eerder beschreven. De twee wateren zijn gescheiden door een spuideur en een vaste brug. Het geheel verhindert het doorvaren van schepen op elk gewenst tijdstip van de dag. Het bassin is op dit moment niet ingericht als zeehaven. Het is ondiep en het talud limiteert de ruimte.

De hoofddoelstelling is vervolgens om uit te zoeken of het technisch en economisch gezien haalbaar is om in de toekomst het verversingskanaal in te richten als jachthaven. De secundaire doelstelling is dan om een ontwerp te maken van het gebied met bijbehorende voorzieningen zodat het bassin gebruikt kan worden als jachthaven voor boten en tegelijkertijd de afwatering van het regenwater via het verversingskanaal naar zee gewaarborgd wordt.

3.1. EISEN

De minimale eisen zijn opgesteld door de jachthaven, de gemeente Den Haag en het waterschap.

- De spuifunctie van het kanaal moet behouden worden onder alle omstandigheden.
- De nieuwe haven moet ligplaatsen bieden aan jachten. D.w.z. de haven moet voldoen aan de eisen voor een jachthaven.
- De nieuwe haven moet 24 uur per dag en 7 dagen per week in- en uit te varen zijn.
- De zeewering van het gebied moet voldoen aan de huidige eisen voor zeeweringen.
- Het uiteindelijke ontwerp zal technisch haalbaar moeten zijn en een oplossing kunnen bieden aan het huidige probleem.
- Het gehele project zal maximaal 3,5 miljoen euro mogen kosten.

Indien er een realistische en een wenselijke oplossing gezocht wordt, zal het ontwerp moeten voldoen aan de randvoorwaarden en de wensen van de stakeholders. Het onderzoek zal worden afgebakend en aannamen en uitgangspunten zullen worden gebruikt. Een overzicht met al deze stellingen is gegeven in bijlage 9.

4. OPLOSSINGEN

4.1 INLEIDING

Om het gestelde probleem op te lossen zijn er een aantal ontwerpen gemaakt. De ontwerpen passen binnen de eisen en de randvoorwaarden van het probleem en zullen technisch haalbaar zijn. Het inrichten van het bassin als jachthaven is een probleem op zich en zal bij elke variant noodzakelijk zijn om te voldoen aan de eisen. De nodige aanpassingen die gedaan moeten worden zijn:

- Het uitbaggeren van de haven tot alle dieptes voldoen aan de eisen.
- Het aanbrengen van (verankerde) dam of diepwanden in het talud om kades te creëren.
- Het verwijderen van het talud.
- Het aanbrengen van bodembescherming om erosie door grote spuistromen te voorkomen.
- Het aanbrengen van haveninfrastructuur.
 - Het aanbrengen van geleidingssystemen voor schepen.
 - Het aanbrengen van steigers en een aansluiting naar de kant.
 - De overige kade opnieuw inrichten zodat het geëxploiteerd kan worden.
- Optioneel: Het aanpassen/verwijderen van de brug over de verbinding.

De noodzakelijkheid van deze onderdelen dragen bij aan het gehele ontwerp. De kosten voor al deze onderdelen zullen in de eerste fase buiten beschouwing worden gelaten. Wel kunnen we stellen dat deze kosten waarschijnlijk een zeer groot deel van het uiteindelijke ontwerp vormen. Mede door deze grote kostenpost is het voordelig om maximaal rendement uit deze uitvoeringen te halen. Daarom kan er gesteld worden dat:

- De vrijgekomen ruimte optimaal benut moet worden door het plaatsen van zo veel mogelijk boten.
- De gekozen variant om de afwatering te waarborgen deze ruimte zo min mogelijk moet gebruiken. Dit zal dus ook worden opgenomen als een criterium.

Optioneel is het aanpassen/verwijderen van de brug. Dit zal gevolgen hebben voor het huidige wegennetwerk, maar er zijn mogelijkheden om dit op te lossen. Er zal een analyse gemaakt worden met de voor en nadelen van het aanpassen/verwijderen van de brug. Daarbij wordt gelet op de grotere economische potentie die dit zal bieden en deze wordt afgewogen tegen de extra kosten en de eventueel verminderde bereikbaarheid van het achterliggende gebied.

In dit hoofdstuk zullen dus twee verschillende onderwerpen worden beschreven:

- De gevolgen van het aanpassen, verwijderen of behouden van de kranenburgbrug over de verbinding. Ook wordt er een oplossing gegeven.
- Enkele varianten voor het oplossen van de verbinding tussen de haven en het bassin. Daarbij ligt de focus op het behouden van de spuifunctie. Een korte beschrijving zal gegeven worden van elke variant.

Een variant zal verschillende kosten met zich meebrengen. Om daar een schatting van te maken zullen de verschillende onderdelen worden beoordeeld en becijferd naar verhouding. De bedoeling is om zo een relatieve kostenschatting te maken. Het kostencijfer kan vervolgens vermenigvuldigt worden met een bepaald bedrag om de realistische kosten te verkrijgen. De becijfering gebeurt aan de hand van productie/ontwerpkosten, (de)installatiekosten, operationele- en onderhoudskosten om een zo nauwkeurig mogelijke schatting te maken.

4.2 DE KRANENBURGBRUG

Op dit moment wil de gemeente de nieuwe haven inrichten voor kleine bootjes, dit betekent dat de Kranenburgbrug behouden kan worden. Echter is er door de haven gesteld dat de nieuwe inrichting dan maar voor 20 kleine boten gerealiseerd zou worden. Terwijl er ruimte is voor meer dan 100 grote boten. Het geringe aantal kleine boten zal in de toekomst zelfs nog verder dalen. De hoofdvraag is dan of het überhaupt economisch haalbaar is om een nieuwe haven te maken voor alleen de kleine boten? Aangezien het een duurzaam, passend en gemakkelijk te exploiteren ontwerp moet zijn, zal dit door het behoud van de Kranenburgbrug economisch niet haalbaar zijn.

De Kranenburgbrug is dus het grootste obstakel in dit project en omdat er veel potentie zit in het uitbreiden van de haven om ook grote boten te plaatsen zullen er een aantal mogelijkheden worden gegeven om dit probleem aan te pakken. De eerste mogelijkheid is de aanpassing van de brug zodat het een ophaalbrug wordt. Echter is dit door de gemeente Den Haag uitgesloten. De enige mogelijkheid is dan het compleet verwijderen van de brug en een oplossing vinden voor de gereduceerde bereikbaarheid van het achterliggende gebied.



FIGUUR 1: PLATTEGROND RELEVANTE WEGEN

4.2.1 ANALYSE VAN HET WEGENNETWERK

In bijlage 10 is een relevant deel van het bestemmingsplan van de gemeente Den Haag te vinden. Aan de hand van dit plan is er te concluderen dat de inrichting van de Houtrustweg het belangrijkste aspect is. Deze weg zal veranderen in een 50 km/u ontsluitingsweg en zal daarmee een hoge capaciteit dragen. De Duindorpbrug zal vervolgens zo ingericht worden dat er een goede doorstroming vanuit de Westduinweg en de Houtrustweg wordt gerealiseerd. Het is duidelijk dat de Kranenburgweg geen belangrijke rol speelt in dit ontwerp. Ook is te concluderen uit de tabel in bijlage 11 dat de intensiteit van deze weg zeer laag is ten opzichte van de omliggende wegen.

4.2.2 DE OPLOSSING

Het is duidelijk dat de bereikbaarheid van het gebied voor autoverkeer behouden kan worden als het verwijderen van de Kranenburgbrug opgenomen wordt in het bestemmingsplan. Om een ontwerp te maken zal er rekening worden gehouden met alle relevante ontwikkelingen waar het gebied mee te maken zal krijgen. In bijlage 12 en 13 is de uitwerking van dit ontwerp te zien inclusief een redenering hoe dit tot stand is gekomen. Er is uiteindelijk gekozen om de brug te verwijderen en het wegennetwerk aan te passen. Het verkeer zal via de Houtrustweg het achterliggende gebied kunnen bereiken. Om er voor te zorgen dat de bereikbaarheid voor voetgangers en fietser van dit gebied behouden blijft, is er gekozen om een beweegbare voetgangersbrug te plaatsen over het verbindingskanaal. Door het verwijderen van de brug, zullen er gebieden vrijkomen voor exploitatie. Dit zal de aantrekkelijkheid van de nieuwe haven verbeteren. Ook de verbinding tussen recreatiegebieden van de twee havendelen zal beter worden gerealiseerd. De oude sluis kan ingericht worden als wachtruimte voor aankomende boten. Een mogelijk ontwerp voor de beweegbare voetgangersbrug is te vinden in bijlage 14.

Een kosten-baten analyse is lastig te maken voor dit ontwerp, echter kan er wel gesteld worden dat het een grote economische waarde zal toevoegen aan de havenuitbreiding en dat het zonder dit ontwerp waarschijnlijk niet economische haalbaar is.

4.3 MOGELIJKE VARIANTEN VOOR DE INRICHTING

In totaal zijn er zes verschillende oplossingen voor de inrichting van de verbinding en het behouden van de spuifunctie:

1. De spuideur verwijderen en het complete bassin zeewaterend inrichten. Het bassin wordt dus een getijdhaven. Het gemaal pompt direct in de haven om de afwatering te realiseren.



FIGUUR 2: VARIANT 1

2. De spuideur verwijderen en het relevante gedeelte van het bassin zeewaterend inrichten. Het relevante gedeelte wordt een getijdhaven. De afwatering wordt gerealiseerd door een buisleiding vanaf het gemaal naar de haven.



FIGUUR 3: VARIANT 2

3. De spuideur verplaatsen en het relevante gedeelte van het bassin zeewaterend inrichten. Het relevante gedeelte wordt een getijdhaven. De afwatering wordt gerealiseerd door het gereduceerde bassin en de verplaatste spuideur.



FIGUUR 4: VARIANT 3

4. De spuideur vervangen door een stormvloedkering. Het bassin wordt een getijdhaven en het zeeverend maken van het gebied is dan onnodig. Het gemaal pompt direct in de haven om de afwatering te realiseren



FIGUUR 5: VARIANT 4

5. De spuideur verwijderen en het opnieuw instellen van de achterliggende sluis. Het bassin wordt geen getijdhaven. De afwatering wordt gerealiseerd door de sluis in te richten als spuisluis.



FIGUUR 6: VARIANT 5

6. De spuideur behouden en een scheepslift naast de spuideur plaatsen. De afwatering wordt gerealiseerd zoals voorheen.



FIGUUR 7: VARIANT 6

Er zijn meerder varianten mogelijk, maar deze zullen economisch minder haalbaar zijn. Aangezien er een klein budget is, zal het niet relevant zijn om deze mee te nemen in het onderzoek. Een overzicht van deze overige varianten is te vinden in bijlage 15.

5. EVALUATIE

In dit hoofdstuk zal er kritisch worden gekeken naar elke variant. De varianten zijn eerst verder uitgewerkt en er is gekeken hoe deze ingepast worden in de omgeving. De uitgebreide simulatie van elke variant met de betreffende kosten staat in bijlage 16. De waarde zal nog berekend moeten worden. Dit wordt gedaan aan de hand van een Multi Criteria Analyse (MCA). De eerste stap van het MCA is het opstellen van de meest relevante criteria waar het ontwerp aan moet voldoen. Daarna worden deze tegen elkaar afgewogen om een waarde per variant te berekenen. De waarde heet de weefactor (WF). De weefactor is bepaald aan de hand van het belang van de stakeholders, echter zal deze kunnen afwijken bij een nader onderzoek naar het belangrijkste criterium. Na het berekenen van de weefactor wordt de variant beoordeeld op elk criterium. De beoordeling zal een cijfer zijn tussen de 1 en de 10, afhankelijk van hoe goed de variant aan het criterium voldoet. Vervolgens wordt deze score (SC) vermenigvuldigd met de weefactor (WF). De som van deze vermenigvuldigingen is de uiteindelijke waarde. De onderstaande criteria zijn in dit ontwerp het meest relevant en zijn afgewogen tegen elkaar. De tabel met deze afweging staat in bijlage 17.

- **Duurzaamheid (energiezuinig):** Dit is het grootste uitgangspunt van het waterschap en zij vinden dit een zeer belangrijke factor. Indien er meer energie nodig is dan er huidig wordt gebruikt, zullen zij niet achter het ontwerp staan. Gewogen waarde (WF): 8%
- **Duurzaam (Lange levensduur):** Ook dit is een groot uitgangspunt van het waterschap. Gewogen waarde (WF): 13,7 %
- **Mogelijkheid tot plaatsing grote boten:** In het vorige hoofdstuk is aangetoond dat door het verwijderen van de brug de economische potentie voor de haven veel groter wordt. Dit wordt dus opgenomen als criterium in deze MCA. Gewogen waarde (WF): 16,1%
- **Minimale stromingen:** Hieronder worden de stromingen verstaan die veroorzaakt worden door het direct spuien en het getij. Gewogen waarde (WF): 5,5%
- **Passend in de omgeving:** Hier wordt gerefereerd naar de esthetische waarde. Ook wordt er gerefereerd naar in inpassing binnen de toekomstige ontwikkelingen. Gewogen waarde (WF): 13,7 %
- **Minimale bedieningselementen:** Bedieningselementen zorgen voor een minder duurzaam ontwerp en zullen persoonlijk moeten worden aangestuurd. Gewogen waarde (WF): 11%
- **Aantrekkelijk voor booteigenaren:** Er wordt hier beoordeeld of de haven gemakkelijk in- en uit te varen is en of er geen hinder is door andere elementen. Ook de mening van de haven telt hier. Gewogen waarde (WF): 8,4 %
- **Gebruiksgemak:** Hier wordt gerefereerd naar het behoud van de huidige spuicapaciteit. Indien er capaciteit verloren gaat, zal het lastiger worden voor het waterschap om het gemaal te bedienen. Gewogen waarde (WF): 22%
- **Minimaal gebruik van nieuwe havencapaciteit:** Zoals eerder besproken is het optimaal gebruik maken van de beschikbare ruimte belangrijk. Een ontwerp dat deze ruimte reduceert voldoet dus minder. Gewogen waarde (WF): 1,5%

Met behulp van de weefactor en de score per variant kan de waarde berekend worden. De scores en waardes zijn in bijlage 17 te vinden. De uiteindelijk totale waarde per variant is daarmee berekend.

5.1 WAARDE-KOSTEN MODEL

Het waarde-kosten model is nu eenvoudig te bepalen met de waardes en de kosten die eerder berekend zijn.

Variant	Waarde	Kosten	Waarde/kosten	X100 afgerond
1	7,425	20	0,37125	37
2	7,205	23	0,31326087	31
3	6,75342466	22	0,306973848	31
4	<u>8,1781</u>	<u>16</u>	<u>0,51113125</u>	51
5	6,699	24	0,279125	28
6	6,06849315	28	0,216731898	22

TABEL 1: WAARDE-KOSTEN MODEL

Er is duidelijk te zien dat met een score van 51 variant vier de meeste potentie heeft. Dit is de variant met de stormvloedkering. De getalswaarde van de waarde en de kosten zijn geschat en zullen dus een afwijking vertonen als er nader onderzoek naar de reële kosten wordt gedaan. Met een afwijking van 2,0 zouden de kosten van variant vier steeds het laagste zijn. Ook wat betreft de waarde kan er geconcludeerd worden dat variant vier met een afwijking van 0,5 nog steeds de beste oplossing is.

6. AANBEVELING

Na grondig onderzoek van het gebied kan er geconcludeerd worden dat het economisch mogelijk is om het verversingskanaal in te richten als haven. Echter zullen hier een aantal aanpassing noodzakelijk zijn. Ten eerste is het economisch gezien veel voordeliger om de Kranenburgbrug te verwijderen. Het betreft een duurzaam project en als het bassin alleen ingericht wordt voor kleine boten zal de nodige aanpassing niet genoeg waarde bevatten om duurzaam te blijven gedurende de lange levensduur van het ontwerp. De toekomstige ontwikkelingen van de haven zullen dit wel zijn en daarom zou deze keuze economisch gezien noodzakelijk zijn. Bij het behouden van de brug blijft het technisch wel mogelijk om het bassin in te richten als haven. Hiervoor zijn meerdere varianten getoetst en variant vier is daar als meest waardige uitgekomen. Het betreft de vervanging van de spuideur door een stormvloedkering die bij alleen grote stormen gesloten zal worden. Het bassin zal een getijdhaven worden en de doorvaarhoogte onder de Kranenburgbrug is genoeg om zelfs bij een stormpeil van NAP + 3 meter de kleine boten doorgang te bieden. Het bassin zal geen zeeverende inrichting nodig hebben en het gemaal heeft genoeg capaciteit om de afwatering direct in zee te waarborgen. Het grootste voordeel is dat het gebied niet zeeverend ingericht hoeft te worden. De bassins zijn tot een zekere hoogte wel zeebestendig en de kering zorgt ervoor dat de huidige veiligheid tegen de zee volledig wordt behouden. Ten tweede is het mogelijk om continu in en uit te varen. Daarnaast zijn er minimale aanpassingen nodig aan de huidige situatie. Als derde worden de stromingen tot een minimum gebracht ten opzichte van andere varianten. Het is een technisch eenvoudig ontwerp en dit zorgt voor de zeer positieve uitkomst bij het waarde-kosten model. Er is gedacht aan alle criteria van de verschillende belangengroepen en bij deze variant is volgens het MCA iedereen tevreden gesteld.

In het resterende deel van dit onderzoek zal er gekeken worden naar de technische uitwerking van variant vier.

7. AANPAK TECHNISCHE ASPECTEN

In de volgende hoofdstukken zal er gekeken worden naar de technische aspecten van de verschillende onderdelen uit variant vier. Er wordt uitgegaan dat de Kranenburgbrug verwijderd zal worden om het project te kunnen realiseren. Het resteert dus om dieper in te gaan op de verschillende elementen in het nieuwe ontwerp. De belangrijkste elementen zijn de kademuur, de stormvloedkering en de haveninfrastructuur. In hoofdstuk 8 zullen de verschillende onderdelen kort worden geanalyseerd om de meest ingewikkelde technische aspecten van elk systeem aan te stippen. In hoofdstuk 9 zal er een kademuur worden ontworpen voor de haven. Deze zal gedimensioneerd worden aan de hand van een zelf opgesteld model. In hoofdstuk 10 zal er dieper worden ingegaan op de stormvloedkering met als hoofdonderdeel de dimensionering van de constructie. In hoofdstuk 11 zal het ontwerp van de jachthaven verder worden uitgewerkt. Uiteindelijk zal er in hoofdstuk 12 een conclusie worden getrokken van het onderzoek

8. BESCHRIJVING VERSCHILLENDE ONDERDELEN

Het volledige onderzoek is op te delen in verschillende onderdelen die afhankelijk van elkaar ontworpen kunnen worden de belangrijkste aspecten per onderdeel zullen kort worden vermeld.

8.1 KADEMUUR

Voor het realiseren van een haven in het gebied zullen er rondom het betreffende gedeelte kademuren aangelegd worden. Daarbij zal het talud worden verwijderd en het gebied worden uitgebaggerd tot een diepte waar schepen tot 18 meter kunnen varen. Het resultaat hiervan is een zeer groot hoogteverschil tussen het maaiveld en de havenbodem. Daarnaast spelen er verschillende belastingen een grote rol. Na realisatie van de toekomstige ontwikkelingen zal er een trambaan vlak langs het bassin lopen. De grondkerende constructie zal dus gedimensioneerd moeten worden met oog op de toekomstige inrichting.

8.2 STORMVLOEDKERING

Om het gebied zeeverend in te richten en de veiligheid van de zeekering te waarborgen is het nodig om een stormvloedkering te realiseren op de plek van de huidige spuideur. De deur is op dit moment al in gebruik als kering, echter mist deze de functie om schepen door te laten. Om deze functie wel tot stand te brengen, zal er een beweegbare kering ontworpen worden die bij een bepaald stormpeil zal sluiten om het waterpeil in de achterliggende haven te waarborgen. Wanneer deze kering gesloten is zal er echter geen mogelijkheid meer zijn om de afwatering vanuit het kanaal te waarborgen. De stormvloedkering zal dus ontworpen moeten worden met een systeem om het overtollige water uit het bassin te kunnen lozen in zee. De spuifunctie van het bassin zal niet verloren mogen gaan.

8.3 HAVENINFRASTRUCTUUR

Om een zo goed mogelijk ontwerp te maken zal het nieuwe gedeelte efficiënt ingedeeld moeten worden om een zo groot mogelijke waarde te creëren. In dit onderdeel ligt het belangrijkste aspect op het ontwerp van de steigerpalen en het positioneren van zoveel mogelijk schepen in de toekomstige jachthaven. Vanwege het gemaal zullen er spuistromen optreden in de haven. Deze stromen kunnen volgens de jachtclub de steigers geheel onderwater trekken. De steigerpalen zullen dus ontworpen moeten worden om deze stromingen te weerstaan en de boten op hun plaats te houden. Bij de inrichting van de jachthaven zal het belangrijkste aspect liggen op het inspelen op de vraag van de booteigenaren. Het is duidelijk dat er een vraag naar grotere plekken is. Hier zal dus rekening mee gehouden moeten worden.

9. KADEMUUR

9.1 INLEIDING

De kademuur is een cruciaal onderdeel van de haven. Door relevante gedeelte van het bassin te voorzien van een kademuur en het talud te verwijderen kan er een grote jachthaven worden gerealiseerd. Het hoogste maaiveld ligt aan de Houtrustweg. Voor deze maatgevende hoogte zal de kade dus worden ontworpen. Echter zal de kademuur gedimensioneerd moeten worden aan de hand van de toekomstige ontwikkelingen die plaats zullen vinden in het gebied. In bijlage 21 is de huidige situatie beschreven, daarnaast is er een mogelijke toekomstige situatie voor de Houtrustweg geconstrueerd aan de hand van het bestemmingsplan van de gemeente Den Haag. In dit plan wordt er namelijk onder andere gesproken over een eventuele tramlijn langs deze weg. De extra belasting die de tram uitvoert op de ondergrond zal dus worden opgenomen in het ontwerp. Ook is wordt het duidelijk dat de nieuwe haven de waarde van de omliggende nieuwbouwjijken niet mag verlagen. De kademuur is daarom het meest interessante onderdeel van dit onderzoek, omdat de wand in de omgeving moet passen met betrekking tot esthetische waarde en gebruiksgemak van de haven. Om een weloverwogen keuze te maken uit verschillende soorten kademuren zijn er in de volgende paragraaf een aantal eisen en criteria opgesteld. De verschillende soorten kademuren zullen in paragraaf 3 worden genoemd. In paragraaf 4 zal er een keuze worden gemaakt aan de hand van een multi criteria analyse en een uitgebreide redenering. In paragraaf 5 zal de gekozen variant verder toegelicht worden. Daarbij zullen de structurele eigenschappen van de constructie worden beschreven met als hoofdonderdeel de mogelijke faalmechanismes. In paragraaf 6 zullen de omgevingsaspecten geanalyseerd worden. In paragraaf 7 zal er een methode worden beschreven om de damwand te ontwerpen en te dimensioneren. Vervolgens zal er een model worden opgesteld om deze methode op uit te voeren. Tot slot zal er toetsing van het resultaat plaatsvinden met behulp van een eindige elementen methode.

9.2 EISEN EN CRITERIA

Met oog op de toekomstige ontwikkelingen zijn er een aantal criteria opgesteld. Hierin wordt direct de weegfactor per criterium vermeld. Deze weegfactor is bepaald aan de hand van de functionaliteit van de kademuur en is berekend in bijlage 24. De volgende technische eisen zijn vastgesteld om tot een duurzaam en technisch haalbaar ontwerp te komen:

9.2.1 EISEN

- De kademuur moet voldoende sterkte hebben om de gegeven belasting te kunnen dragen
- De kademuur zal een maximale verplaatsing mogen vertonen van 5 centimeter.
- De kademuur moet veilig zijn voor een periode van 100 jaar.

9.2.2 CRITERIA

- **Gebruiksgemak:** Hieronder valt het gemakkelijk in en uitlopen van de haven en de mogelijkheden om extra havenvoorzieningen in te passen. Weegfactor: 9,5 %
- **Esthetische waarde:** Hieronder valt de inpassing van het ontwerp in zijn geheel binnen de omgeving en de toekomstige ontwikkelingen. Weegfactor: 28%
- **Bouwgemak:** Hieronder vallen het aantal benodigde stappen voor de installatie. Het aanbrengen van ankers is bijvoorbeeld niet altijd mogelijk. Weegfactor: 20%
- **Minimale overlaster:** Hieronder valt de afzetting van wegen voor installatie en geluidshinder. Weegfactor: 4,5 %
- **Minimale kosten.** Weegfactor: 38%

9.3 OPTIES VOOR DE KADEMUUR

Er zijn drie opties voor de kademuur van de haven:

- Een gewichtsconstructie
- Een grond penetrerende constructie
- Een overbouwd talud

Een overzicht met een uitgebreide toelichting per mogelijkheid is gegeven in bijlage 22

9.4 KEUZE EN REDENERING

Het benodigde gewicht van een gewichtsconstructie zal, bij de gegeven grondkerende hoogte, erg groot zijn. Hier zitten hoge materiaalkosten aan verbonden. Ook zal deze constructie geïnstalleerd moeten worden op de bodem van de haven. Dit vereist een uitgraving door het toepassen van een tijdelijke grondkerende constructie. Vanwege de grote ruimte die vereist is bij het installatieproces van dit soort constructies en de hoge materiaalkosten die het in dit geval met zich mee neemt, valt deze optie per direct af. Een overbouwd talud is ook geen optie, omdat deze constructie permanent een zeer grote ruimte betreft. De grond penetrerende constructie blijft dus over. Door de grote grondkerende hoogte zal er verankering nodig zijn bij alle overige opties. Een overzicht met alle soorten ankersystemen is te vinden in bijlage 22.3. Om de overige constructie te beoordelen in de multi criteria analyse wordt er aangenomen dat al deze constructies kunnen voldoen aan de gestelde eisen. De overgebleven mogelijkheden zijn:

- Een enkelvoudige damwand met anker
- Een samengestelde damwand met anker
- Een diepwand met anker
- Een kistdam met anker

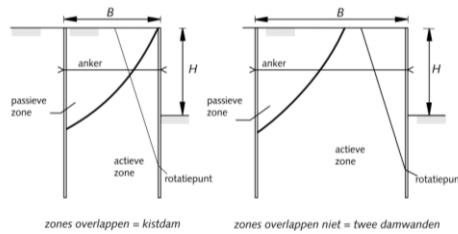
Uit de MCA in bijlage 24 blijkt de kistdam de beste mogelijkheid te zijn met een waarde van 7,6. Een nadere toelichting zal hieronder besproken worden.

Bij elke andere optie zal er een enkele wand geplaatst worden die een hoogte van ongeveer 14 meter zal moeten keren. Dit zal technisch gezien erg ingewikkeld worden. Er zullen meerdere ankersystemen moeten worden geplaatst om de verplaatsingen te minimaliseren. Het installeren van deze ankers is eventueel niet eens mogelijk, omdat de Houtrustweg er direct boven ligt. Vanwege het waterpeil van de zee dat bij eb op NAP - 0.72 meter ligt, zal er vanaf de steigers een hoogte van ongeveer 9 meter overbrugd moeten worden om de kade te bereiken. Dit is functioneel gezien niet wenselijk en het is ingewikkeld om deze verbinding te realiseren. Ook zal de nieuwe haven door zijn geringe breedte beoogt worden als een diepe put midden in een nieuwbouw wijk. Dit is onaantrekkelijk voor omwonenden en zal ook onaangenaam zijn voor booteigenaren. Door het gebruik van een kistdam is de grondkerende hoogte in twee stukken op te delen. Het tussenliggende plateau dat gecreëerd wordt biedt mogelijkheden voor recreatie en kan gebruikt worden voor havenfaciliteiten. Het technische voordeel is dat het tussenliggende grondmassief een grote stijfheid biedt aan de constructie. Binnen deze keuze kunnen de twee wanden alsnog worden geconstrueerd als één van de overige drie opties (bijv. twee samengestelde damwanden). In bijlage 25 is een afbeelding te zien hoe deze kistdam wordt aangelegd in dit ontwerp.

9.5 DE KISTDAM

Een kistdam maakt gebruik van een grondkerende damwand aan de waterzijde verbonden met een anker of gordingen aan een damwand aan de wegzijde. De damwand aan de wegzijde zal fungeren als anker voor de damwand aan de waterzijde. Er wordt gesproken van een kistdam wanneer het invloedsgebied van beide damwanden overlapt. Bij de wand aan de waterzijde zal een actieve zone ontwikkeld worden ten gevolge van de belastingen. Bij de wand aan de wegzijde zal er een passieve zone ontwikkeld worden. Indien de glijvlakken overlappen met gevolg dat de weerstand van de passieve zone verlaagd wordt betreft het een kistdam, zie figuur 8. Het

tussenliggende grondmassief kan gevuld worden met zeer stijf materiaal (verdicht zand) om de weerstand tegen vervormingen te vergroten.



FIGUUR 8: KISTDAM (LINKS), VERANKERDE DAMWAND (RECHTS).

In vergelijking met een normale damwand kan de actieve druk op de wand aan de waterzijde kleiner of groter worden, de passieve druk tegen de rivierwand zal echter altijd kleiner worden. Doordat de wanden functioneren als kerende ofwel verankeringswand werkt de ankerkracht uit de ene wand als een belasting op de andere wand. Een kistdam kan bezwijken op een aantal manieren. Alle mogelijke bezwijkmechanismen dienen te worden geanalyseerd en worden getoetst door middel van een berekening. Een overzicht van de bezwijkmechanismen is te vinden in bijlage 26.

9.6 OMGEVINGSASPECTEN

Om de kistdam te dimensioneren zijn eerst alle omgevingsaspecten geanalyseerd. Hierbij is de grondopbouw bepaald met de bijbehorende eigenschappen van de grondsoorten. Het grondwaterpeil is bepaald om de hydrostatische drukken te kunnen berekenen. Ook worden de belastingen op het maaiveld geanalyseerd om tot een volledig model te komen. De minimale hoogte van de eerste kademuur zal volgen uit statistieken van het waterpeil van de zee. Deze bepalingen zijn uitgevoerd in bijlage 27 en 28. De tramlijnen zijn opgenomen als verdeelde belastingen, net als de voet en fietspaden en de wegfundering. De ondergrond zal worden aangenomen als volledig los zand met de daarbij horende eigenschappen. Het grondwaterpeil staat op NAP + 1,0 meter. Het meest ongunstige havenpeil is bij LAT (lowest astronomical tide) en is dan NAP -0,72 meter.

9.7 METHODIEK

De kistdam kan nu aan de hand van het opgestelde model gedimensioneerd worden. In het onderstaande figuur zijn de beschikbare methodes weergegeven waarmee een kistdam te dimensioneren en te toetsen is.

Model	Algemeen (bij dijken)	Kistdam	Diepwand
Bishop	X	x	x
Drukstaaf (opdrijven)	X	x	x
PLAXIS (E.E.M)	X	x	x
Blum-damwand	-	x	x
Verend ondersteunde ligger	-	x	x
Terzaghi	-	x	-
Homberg	-	x	-
Horizontaal evenwicht	-	x	-
Bakker (PLAXIS)	X	x	x
Piping en heaving	X	x	x

FIGUUR 9 BESCHIKBARE MODELLEN VOOR DE TOETSING VAN EEN KISTDAM⁹

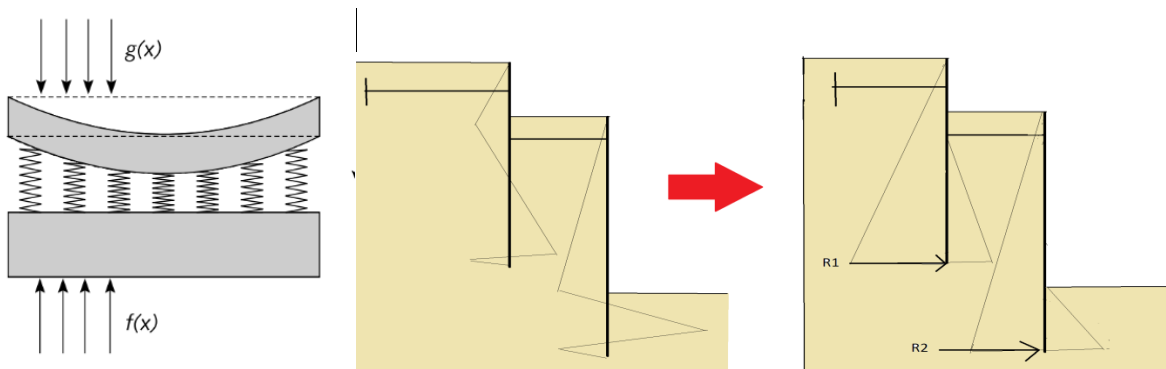
Er wordt gekozen om de damwand analytisch te dimensioneren met behulp van het Blum-damwand model en het verend ondersteunde ligger model. Vervolgens zullen de dimensies en profielen getoetst worden met het programma PLAXIS. Dit programma berekent aan de hand van een eindige elementen methode de echte verplaatsingen geeft een oordeel over de constructie.

9.7.1 HET ANALYTISCHE MODE VAN BLUM

Blum heeft een benaderend analytisch model gemaakt voor de berekening van verankerde wanden. In de modellen van Blum wordt er uitgegaan van een volledig plastische ontwikkeling van de grondweerstand en de gronddruk. Voor een verankerde damwand wordt de wand als flexibel gemodelleerd in tegenstelling tot het model voor een onverankerde damwand. Volgens de methode zal op basis van horizontaal evenwicht en momentevenwicht de inheidiepte te bepalen zijn. Hier wordt uitgegaan dat de wand in de bodem ingeklemd is en er een oplegging op het ankerpunt bevindt. Om te compenseren voor de spanning aan de onderkant van de damwand zal er een vervangende kracht worden geplaatst op het laagste punt in de wand. In figuur 10 is Blum's methode duidelijk weergegeven voor het model van de kistdam. Echter stelt Blum dat het model empirisch bepaald is en dat de inheidiepte met 20% vergroot moet worden om voor het model te compenseren en tot een werkelijke inheidiepte te komen. Een volledig overzicht van deze methode en de aanpak is te vinden in bijlage 29.

9.7.2 METHODE VAN DE VERENDE OPGELEGDE LIGGER VAN WINKLER

Er is echter een fout in de Blum's model. De afwijking wordt veroorzaakt doordat de actieve en passieve belastingen afhangen van de verplaatsing van de grond. Als er geen grondverplaatsing geconstateerd is zal er sprake zijn van een neutrale belasting en wordt er dus gebruik gemaakt van de neutrale coëfficiënt van de horizontale gronddruk K_0 . Om deze afwijking op te nemen zal Blum's model worden aangepast en wordt er gebruik gemaakt van het model van een verend ondersteunde ligger, zie figuur 10. De verende werking van de grond wordt in rekening gebracht door middel van horizontale beddingsconstanten. Deze beddingsconstanten zijn afhankelijk van de horizontale spanning-verplaatsings relatie van het beschouwde grondtype. De totale horizontale gronddruk is nu afhankelijk van de verplaatsing van de grond, die op zijn beurt weer afhankelijk is van de spanningen. Een volledig overzicht van deze methode en de aanpak is te vinden in bijlage 30.



FIGUUR 10: LINKS: WINKLERS MODEL, RECHTS: BLUM'S MODEL

9.8 MODELLERING

Het onzekere toekomstbeeld van de haven en een gebrek aan een goed grondonderzoek leidde ertoe dat er een model werd opgesteld waarin elke variabele veranderd kan worden. Zo kunnen de verdeelde belastingen op het maaiveld veranderen, maar het kan ook gebeuren dat de grondeigenschappen afwijken van de omgevingsanalyse. Beide methodes zullen worden gebruikt voor de dimensionering. Een extra toevoegde waarde zal worden bereikt als de lengte tussen de damwanden variabel gehouden wordt. Dit is om te kunnen analyseren wat dit voor effect heeft op de stijfheid van het inwendige grondlichaam. Er is namelijk op dit moment erg weinig bekend van de precieze werking van een kistdam. Het is een zeer interessant model en daarom is er voor gekozen om dit zo globaal mogelijk aan te pakken. Met de bedoeling dat het model eventueel ook in andere situatie gebruikt kan worden na een juiste uitkomst. Een afbeelding van beide modellen voor de kistdam is gegeven in bijlage 29 en 30.

9.8.1 DE HORIZONTALE GRONDDRUK

De horizontale gronddrukken worden bepaald aan de hand van de effectieve grondspanningen. Echter werken de spanningen in het ingesloten grondlichaam anders. Actieve en passieve gronddrukken in een bepaald punt worden gegenereerd door het bovenliggende grondlichaam dat zich naar boven verspreidt onder een bepaalde hoek. De gereduceerde effectieve gronddruk wordt bepaald door de relatief werkende oppervlakte van het bovenliggende grondlichaam te vermenigvuldigen met de effectieve spanning op dat punt. In bijlage 33 is een duidelijk schema te zien van deze aanname en de belastende werking van de grond op de damwand. De overige horizontale gronddrukken en hydrostatische drukken zijn bepaald en staan in bijlage 32 en 34. De horizontale gronddrukken kunnen vervolgens worden omgezet in een verdeelde belasting $Q(x)$. Vanwege de lineaire werking van de gronddruklijnen is er gemakkelijk een functie op te stellen voor alle aanwezige belastingen. In totaal zijn het 31 verschillende functies. De functies worden op de twee assen uitgezet en met behulp van de Heaviside functie van MAPLE gelimiteerd in hun werking over de volledige x-as. Door de functies bij elkaar op te tellen wordt een functie voor de algemene verdeelde belasting bepaald. Een volledig overzicht van alle functies is te vinden in bijlage 35.

9.8.2 DE DIFFERENTIAALVERGELIJKING

De functie van de belastingen is afhankelijk van beide wanddieptes, waarin h en l_1 de diepte van de damwanden zijn. Met twee variabelen kan er een partiële differentiaalvergelijking worden opgesteld. Maar dit vraagt dus om een oplossing te vinden voor een 4^e orde partiële differentiaalvergelijking. MAPLE zou dit theoretisch kunnen oplossen, echter is de aanpak van dat probleem te complex voor de geringe tijd van dit onderzoek. Een uitgebreide analyse van het gehele probleem bij de modelering is te vinden in bijlage 39

9.8.3 DE OPLOSSING

Vanwege tijdsgebrek zat er helaas niets anders op dan het afbreken van dit model. Zelfs door het omzeilen van de differentiaalvergelijking met behulp van gestandaardiseerde vergeet-me-nietjes is het probleem niet op te lossen. Het model zal met een eindige elementenmethode aan de hand van het model van de verend opgelegde ligger gedimensioneerd kunnen worden. Een overzicht van mogelijke oplossingen voor de verdere uitwerking van dit probleem staan in bijlage 39.

9.9 TOETSING

De verschillende faalmechanismes zouden direct kunnen worden getoetst aan de hand van de oplossing. Echter is dit zonder oplossing niet uit te voeren en dus irrelevant voor de rest van het onderzoek. Wel is er een model gebouwd in het programma PLAXIS om de toetsingen uit te voeren. Echter is er hier iteratief naar een oplossing gezocht en is de uitkomst daarom niet nauwkeurig genoeg. De inheidiepte werd hier bepaald op 9 meter voor de damwand aan de wegzijde en 6 meter voor de damwand aan de waterzijde. De eigenschappen van de wanden waren ingesteld aan de hand van standaard damwandprofielen. Het bleek dat er voor de wand aan de wegzijde een standaard profiel voldoende was. Voor de wand aan de waterzijde is een samengesteld profiel nodig. Een voorbeeld van een deze mogelijke uitkomst staat in bijlage 40.

9.10 AANBEVELING

Het opgestelde model klopt en er zal uiteindelijk een antwoord gevonden kunnen worden. Echter is dit door de geringe tijd van dit onderzoek verhinderd. Er is op dit moment al een groot deel van het model opgesteld. Het resteert om de differentiaalvergelijking op te lossen. Door een vervolgonderzoek naar deze oplossing door te zetten zou de damwand uiteindelijk gedimensioneerd kunnen worden.

10. STORMVLOEDKERING

10.1 INLEIDING

Voor het ontwerpen van een stormvloedkering wordt er eerst een analyse gemaakt van de condities over gedurende de komende 100 jaar. In paragraaf 2 zullen deze condities bepaald worden. Ook zal er bepaald worden op welk peil de stormvloedkering gesloten moet worden. Vervolgens zal er een deurconstructie worden gekozen in paragraaf 3. Deze constructie zal constructief eenvoudig te installeren en te bedienen moeten zijn. Om de spuicapaciteit te behouden zal de deurconstructie ook moeten worden voorzien van een systeem dat het water kan doorlaten op het moment dat het waterpeil in het bassin hoger staat dan in de haven. In paragraaf 4 zal de gekozen deurconstructie worden gedimensioneerd aan de hand van de maatgevende condities uit paragraaf 2. Het volledige ontwerp zal vervolgens getoetst worden op verschillende faalmechanismen in paragraaf 5.

10.2 OMSTANDIGHEDEN

In deze paragraaf wordt er gekeken bij welke condities de stormvloedkering in werking zal moeten treden en welke condities maatgevend zijn voor de dimensionering van de deurconstructie.

Om te beginnen wordt er een zeespiegel van 50 centimeter gedurende 100 jaar aangehouden. De stormvloedkering zal een ontworpen worden op een stormpeil dat eens in de 10.000 jaar voorkomt. Er kan met behulp van gemeten data van waterstanden bepaald worden hoe hoog het water dan op dit stormpeil zal staan. Uit de berekeningen volgde er een maatgevend stormpeil van NAP + 5,15. De kademuur van het achterliggende gebied ligt echter maar op NAP +4,7 meter. Om de afwatering van het verversingskanaal te waarborgen zal de stormvloedkering al gesloten worden bij een waterpeil van NAP + 3,0 meter. De redenering achter dit peil en het maatgevende stormpeil staat in bijlage 42. Een waterpeil van NAP + 3,0 meter komt in de huidige situatie eens in de 13,5 jaar voor. Over 100 jaar is dit gelijk aan eens in de drie jaar. De kans dat dit peil voor zal komen in de komende 100 jaar is 99.95 %. De kans dat het waterpeil van NAP + 5,15 meter wordt bereikt in de komende 100 jaar is 1%.

Er zal verder rekening gehouden moeten worden met opwaaiing van het water in de tweede haven. Omdat er uitgegaan wordt van een maatgevend stormpeil kan er worden aangenomen dat er ook een grote windkracht speelt in het gebied. De opwaaiing van het water over de Noordzee wordt hier buiten beschouwing gelaten. De berekening voor de opwaaiing is te vinden in bijlage 43. Er kan geconcludeerd worden dat het waterpeil met 1,05 cm zal toenemen bij een storm van windkracht 12. Deze toename zal dus in verdere berekeningen verwaarloosd worden. De golven in de tweede haven veroorzaakt door de wind zijn daarentegen niet te verwaarlozen. Deze golven zullen echter wel gereduceerd worden door de afgemeerde jachten. De berekening van de maatgevende golfhoogte staat ook in bijlage 43. De maatgevende golfhoogte is volgens de berekening 1,82 meter. Echter is dit een onrealistisch hoge golf voor een jachthaven. Een reductiefactor van 0,5 mag hier worden toegepast om het effect van de afgemeerde jachten de omliggende flatgebouwen mee te nemen.

10.3 DEURKEUZE

Er zijn verschillende soorten deuren, echter is het in dit geval het eenvoudigst om voor een puntdeur te kiezen. De krachtsafdracht van dit soort deuren is erg optimaal. Ze worden vaak toegepast is sluisen van ongeveer dezelfde breedte als het huidige doorvaarkanaal. De puntdeur zal worden ontworpen als sluisdeur met kleppen om ook het overtollige water te kunnen lozen als het gemaal in werking is en het waterpeil hoger staat dan in de haven. In bijlage 44 is de redenering hierachter volledig beschreven.

10.4 DIMENSIONERING

10.4.1 AFMETINGEN DEUR

De maatgevende hoogte voor de deur kan worden bepaald door de het maatgevende stormpeil over 100 jaar te nemen. Dit peil is NAP + 5,65 meter. De maatgevende golfhoogte wordt hier aan toegevoegd. Voor veiligheidsredenen wordt er in de meeste waterbouwkundige constructies 0,5 meter vrijboord aan toegevoegd. Verder zijn er restricties aan de hoeveelheid water die er gedurende een storm over de deur heen mag slaan per minuut. Echter is deze restrictie hier niet van toepassing, omdat er aan de andere kant van de kering ook water is. Er vindt dus geen hinder plaats door overspoelend water. De totale hoogte wordt nu 12.80 meter vanaf de bodem van de haven. De maatgevende breedte wordt berekend aan de hand van de hoek waarop de sluisdeuren staan ten opzichte van de kade. Deze hoek is voor technische en economische redenen vastgesteld op 1:3. De maatgevende breedte van één puntdeur wordt hierdoor 6,75 meter.

10.4.2 AFMETINGEN CONSTRUCTIEONDERDELEN

Er wordt gekozen om de deur van hout te fabriceren. Dit i.v.m. de snelle erosie van staal in zout water. De houtsoort die van toepassing zal zijn is gezaagd azobe hout met sterkteklasse D70. Dit is de meest gebruikelijke houtsoort voor zoutwaterdeuren. Echter is er nog wel een chemische behandeling nodig om de duurzaamheid in het zoute water te garanderen. Een sluisdeur bestaat uit verschillende onderdelen. Een overzicht van de verschillende deuronderdelen is te vinden in bijlage 45. Om de verschillende elementen in de deur te dimensioneren wordt er gebruik gemaakt van drie toetsingen: Drukcapaciteit, momentcapaciteit en knikcapaciteit. De volledige procedure van deze dimensionering is te vinden in bijlage 45. Ook de gevonden afmetingen van de liggers, de kolommen en het plaatmateriaal zijn te vinden in bijlage 45. De gevonden afmetingen zijn zeer realistisch en zijn gedimensioneerd op uiterste grenstoestand. De maatgevende ligger heeft een breedte van 300mm en een hoogte van 600mm. Dit is niet ongebruikelijk groot voor een sluisdeur. De gevonden afmetingen voor de gezaagde profielen vallen echter niet onder de prefab onderdelen en zullen deze apart besteld moeten worden. De kosten zijn dan hierdoor wel hoger. Er kan daarom ook gekozen worden om meerdere kleine liggers te plaatsen om zo belasting te verdelen en de afmetingen van de profielen te verkleinen. Echter is het noodzakelijk om gezaagd hout te gebruiken, vanwege de hogere sterkteklasse.

10.5 TOETSING

De volledige stormvloedkering zal getoetst worden op stabiliteit en afschuiving. Er hoeft geen rekening gehouden te worden met onderloopsheid. De rede hierachter is dat de deur maximaal een aantal dagen per jaar gesloten zal zijn. Er zal dus in bijna alle gevallen geen sprake zijn van een verschil in waterpeil. Om stabiliteit te garanderen worden beide deuren opgelegd in een U-vormige betonnen constructie zoals geschematiseerd in bijlage 46. De fundering van het huidige (ongebruikte) sluisstelsel kan niet gebruikt worden, omdat deze niet aan de eisen voldoet en te laag is om de puntdeur in op te leggen. De dimensionering van de U-vormige fundering is ook te vinden in bijlage 46. Voor de berekeningen zijn er afmetingen aangenomen om vervolgens met een enkele variabele itererend op een antwoord te komen. Deze variabele is in dit geval de dikte van het U-profiel. Volgens de berekening zal deze fundering een wanddikte van 0.85 meter hebben bij rotatiestabiliteit en een dikte van 2,48 meter bij afschuiving. Echter kan er door de gehele constructie in te bedden in de grond aangenomen worden dat deze toets niet meer maatgevend is omdat de horizontale kracht dan wordt opgenomen door de omliggende grond. In dit geval kunnen ook de spatkrachten van de sluisdeur beter worden afgedragen. De maatgevende wanddikte zal dus 0,85 meter bedragen. Echter is het verstandig om de afmetingen te vergroten omdat de krachtwerking van stromingen en golven niet is meegenomen. Deze vergroting zal in de orde van 1,2 tot 1,5 x de gevonden breedte zijn om volledige stabiliteit en veiligheid te garanderen.

11. HAVENINFRASTRUCTUUR

11.1 INLEIDING

Een jachthaven is altijd voorzien van steigers om boten te laten afmeren. Dit kunnen vaste of drijvende steigers zijn. De steigers worden op hun plaats gehouden door ingeheide steigerpalen. De palen zullen dus alle krachten vanuit de steigers moeten opnemen. De maatgevende belasting voor een steigerpaal zal in paragraaf 2 bepaald worden. De steigers zijn prefab onderdelen die los kunnen worden besteld en zijn dus geen deel van dit haalbaarheidsonderzoek. In paragraaf 3 zal er een steigerpaal worden gedimensioneerd aan de hand van een maatgevende belasting. Vervolgens zal er in paragraaf 3 een scheepsindeling worden bedacht om de haven zo efficiënt mogelijk in te richten.

11.2 MAATGEVENDE BELASTING OP DE STEIGERPAAL

De paal zal gedimensioneerd worden door een momentensom te nemen rond het diepste punt van de paal (methode van Blum). De maatgevende belasting zal dus een maatgevend moment moeten zijn. De maatgevende belasting volgt uit de maatgevende situatie. Het grootste moment treedt op bij het hoogste waterpeil. De arm van de maatgevende kracht is dan het grootst. De maatgevende situatie zal dus op een moment zijn dat de stormvloedkering wordt gesloten en het gemaal op volle capaciteit pompt. De maximale waterhoogte voordat de stormvloedkering zijn sluiswerking zal toepassen is NAP + 4,2 meter. De steigers zijn verbonden met de palen op een hoogte van 1,0 meter boven het water. De hoogte waar de kracht zal aangrijpen is dus NAP + 5,2 meter. De maatgevende kracht op de steigers is bepaald aan de hand van troskrachten en een aanname van een stroming door het bassin die op de steiger en de paal werkt. De hart op hart afstand van de palen wordt aangenomen op 30 m. Het maximale moment is vervolgens bepaald op $845 \cdot (10.7 \cdot d)$, waarin d de inheidiepte/1.2. Dit is dezelfde factor die gebruikt wordt bij Blum's damwand model. De handgeschreven uitwerking van deze bepaling is te vinden in bijlage 48.

11.3 DIMENSIONERING

Om de inheidiepte te bepalen wordt de methode van Blum toegepast. Blum beweert dat het op het diepste punt in de paal het moment gelijk is aan nul. Er kan dus een momentensom worden genomen met daarin het optredende moment en het weerstandsmoment van de grond om dit punt. De inheidiepte is vervolgens bepaald op 7,4 meter. Het maximale moment in de paal kan hiermee bepaald worden en blijkt gelijk te zijn aan 12.156 kNm. Dit is een zeer groot moment dat niet opgenomen kan worden door een houten paal. Er zal dus voor een stalen paal gekozen moeten worden of er kunnen meerdere houten palen geslagen worden om de belasting te verdelen. Aan de hand van het maatgevende moment zal uiteindelijk ook de hart op hart afstand van de palen berekend kunnen worden. De aannames en berekeningen zijn te vinden in bijlage 48.

11.4 OVERZICHT HAVENINDELING

Uiteindelijk is er een havenindeling bepaald. Deze volgt uit het gegeven dat een boot een minimale uitvaarlengte nodig heeft van 1,5 keer zijn eigen bootlengte. Om een zo efficiënt mogelijke indeling te maken wordt er als eerste voor gekozen om aan alle kanten steigers aan te leggen. De resterende vraag is dan of er in het midden ook nog een steiger aangelegd kan worden. Aan de hand van de gestelde afmetingen uit bijlage 49 is er te concluderen dat voor boten van boven de 10 meter er geen vier boten (in lengterichting) over de gehele breedte van het bassin kunnen liggen. Er wordt dus gekozen om aan beide kanten een steiger te plaatsen waar grote boten tot 15 meter kunnen liggen. Aan de kant van de Duindorpdam zijn er zes plaatsen voor schepen tot 18 meter. Aan de zeekant van de haven is het mogelijk om wel vier kleine schepen (in lengterichting) te plaatsen vanwege de iets gunstigere breedte in dit gedeelte. De totale capaciteit bij deze indeling is 99 schepen. Echter gaan er ongeveer 20 plaatsen verloren omdat er een aanvaarroute gerealiseerd moet worden door de huidige haven. De winst komt neer op 79 schepen, dit is een toename van 25% van de totale capaciteit. De nieuwe havenindeling is te vinden in bijlage 51.

12. CONCLUSIE

Het belangrijkste dat er geconcludeerd kan worden is dat er een mogelijkheid is om het verversingskanaal in te richten als jachthaven. Een economisch en technisch haalbaar ontwerp is na dit onderzoek naar voren gekomen. Om de volledige jachthaven te realiseren zal er met het waterschap en de gemeente Den Haag een plan gemaakt moeten worden om het bassin in te richten als getijdhaven. Uit een grondige analyse van het gebied blijkt dat dit een haalbare doelstelling is. Indien de gemeente Den Haag er voor kiest om dit project aan te pakken zal er nader onderzoek gedaan moeten worden naar de kosten. Er is na afronding van dit onderzoek geen duidelijke kostenanalyse naar voren gekomen, omdat de verschillende onderdelen van het gehele project erg uniek zijn. Er is wel aangetoond dat door de een volledige inrichting van het bassin als jachthaven de economische potentie van het gebied zal toenemen. Er is ruimte voor exploitatie gecreëerd op verschillende locaties en dat biedt werkgelegenheid. Er is dus voldaan aan de wens van de gemeente en de stelling uit het coalitieakkoord. Daarnaast is er aangetoond dat er duidelijk een beste oplossing is om deze havenuitbreiding te realiseren door het bassin in te richten als getijdhaven. Om de veiligheid van het achterliggende gebied te waarborgen zal er een stormvloedkering worden geplaatst op de plek van de huidige spuideur. Er wordt dan aan de eisen voor een zeekering voldaan. Op deze manier wordt de verhoging van de dijken op de zeeeringslijn en rond het bassin voorkomen. Om het bassin vervolgens in te richten voor zeiljachten bleek ook een mogelijkheid te zijn door het verwijderen van de Kranenburgbrug. Echter is aangetoond dat wanneer de Kranenburgbrug niet zal worden verwijderd er een haven gecreëerd wordt die economisch gezien niet haalbaar is voor de gehele levensduur van het ontwerp. Bij verwijdering van de Kranenburgbrug zal de in dit onderzoek ontworpen havenindeling uitgevoerd kunnen worden. Daarmee zal de haven een extra capaciteit bemachtigen van 79 zeiljachten. Betreffende de technische onderdelen van het ontwerp zijn er ook een aantal dingen geconcludeerd. De kademuur zal gerealiseerd kunnen worden met een kistdamconstructie. Vanwege de extra stijfheid die gecreëerd wordt in het tussenliggende grondmassief zal de constructie technisch gezien een hogere capaciteit hebben dan een enkelwandig systeem. Er zal een lagere inheidiepte vereist zijn om de benodigde grondkerende hoogte te behalen. Verder zal door deze constructie de esthetische waarde zo veel mogelijk behouden blijven, doordat het ontwerp beter in de omgeving past. De kistdam zal de grondkerende hoogte in twee delen opsplitsen, waardoor de haven een betere uitstraling zal krijgen. Ook zal dit voor de gebruikers van de haven functioneel gezien aantrekkelijker zijn. Voor de dimensionering van de kistdam zal echter een nader onderzoek noodzakelijk zijn. Vanwege de complexiteit van het model en de afhankelijkheid van de twee damwanden is de modellering zeer ingewikkeld. Een initieel onderzoek naar dit probleem is er al en daar zou op voortgebouwd kunnen worden. De stormvloedkering is daarentegen een zeer eenvoudig ontwerp en zou gemakkelijk uitgevoerd kunnen worden. Het betreft een standaard sluisdeur die zal sluiten bij een waterpeil van NAP + 3,0 meter om de veiligheid van het achterliggende gebied te waarborgen. Door het installeren van kleppen in de sluisdeur kan ook de spuifunctie van het bassin behouden blijven. Er is hiermee voldaan aan de eisen van het onderzoek. Het gevonden ontwerp biedt een oplossing voor het gestelde probleem en zal er daarnaast voor zorgen dat de jachthaven meer plaatsen zal kunnen bieden aan passanten en reguliere leden. Ook zal het probleem van de grote spuistromen verholpen worden doordat de uitstroom van het gemaal verspreid wordt over het bassin. In tegenstelling tot de zeer directe stroming die er op dit moment wordt waargenomen wanneer de spuideur open staat. Samenvattend komt het er op neer dat de gestelde doelstelling is behaald. De economische en technische haalbaarheid zijn in de vorm van dit ontwerp gepresenteerd. Het is nu aan de gemeente Den Haag om te bepalen of nader onderzoek een optie is.

13. LITERATUUR

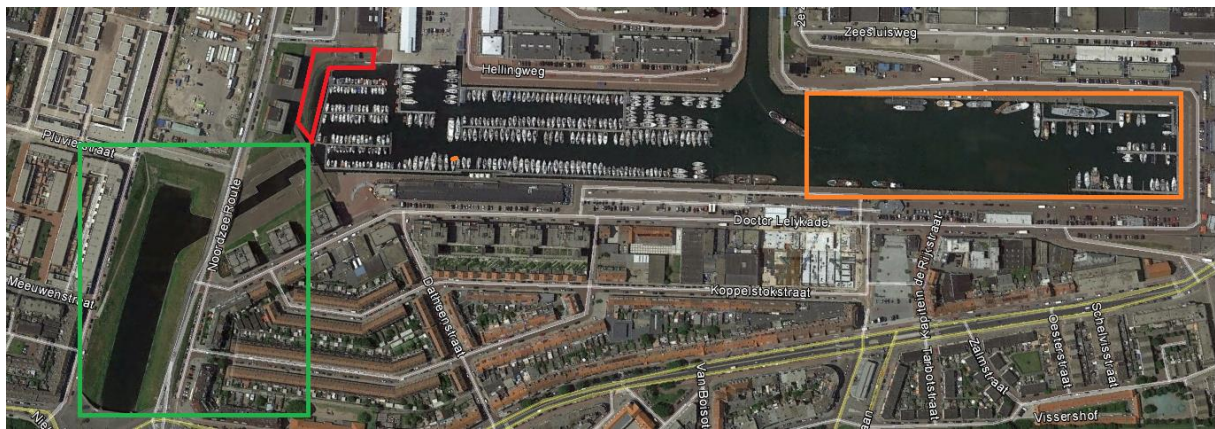
- Andrei D. Polyanin. (2012). *Handbook of Nonlinear Partial Differential Equations*. New York: Chapman & Hall/CRC Press.
- Anoniem. (2000). *Van overschrijdingskans naar overstromingskans*. Rijkswaterstaat, DWW.
- Atelier Groenblauw. (2013). *Proeftuin Scheveningen*. Den Haag: Atelier Groenblauw.
- Bewoners Den Haag*. (2015, Maart 25). Retrieved from DenHaag.nl:
<http://www.denhaag.nl/home/bewoners/gemeente/document/Scheveningen-Haven-is-en-blijft-haven.htm>
- Bouwdienst Rijkswaterstaat. (1991). *Schermen in waterkeringen, Rapportage 2e fase: Kistdam en Diepwand*. Rijkswaterstaat.
- Caroline Katsman en Hylke de Vries (KNMI). (2013). *Zeespiegelverandering in de toekomst*. Utrecht: Koninklijk Meteorologisch instituut.
- College van Dijkgraaf en Hoogheemraden. (2014). *Beleidsregel Medegebruik Zeewering*. Delft: Hoogheemraadschap van Delfland.
- Dinoloket. (2015). *Grondinformatie*. Retrieved from Dinoloket: <https://www.dinoloket.nl/>
- dr.ir. U. Backhausen & prof. dr. ir. A.E.C. van der Stoel. (2014). *Module - Geotechniek*. KIVI, Den Haag.
- Floatlands*. (2015). Retrieved from Floatlands: <http://www.floatlands.com/bouwen.html>
- G. Bos E. Calle H.L. Jansen M.T. Van de meer M.T.J.H. Smits. (2004). *Technisch rapport Kistdammen en diepwanden in waterkeringen*. Rijkswaterstaat, DWW.
- G. Hoffmans. (2007). *Addendum bij het technisch rapport waterkerende grondconstructies*. Rijkswaterstaat, DWW.
- Gemalen.nl. (n.d.). *Drs. P.H. Schoute, v/h Scheveningen*. Retrieved april 25, 2015, from Gemalen.nl:
http://www.gemalen.nl/gemaal_detail.asp?gem_id=1153
- Gemeente Den Haag. (2013). *Bestemmingsplan Scheveningen Haven, Achtergrondrapport Verkeer*. Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Gemeente Den Haag. (2013). *Bestemmingsplan Scheveningen Haven, Toelichting*. Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Gemeente Den Haag. (2015). *Bestemmingsplan Scheveningen Haven*. Den Haag: Gemeente Den Haag.
- H. Welleman. (2014, januari). *Het gebruik van Maple bij constructiemechanica*. Retrieved from icoz.tudelft: http://icozct.tudelft.nl/TUD_CT/extrainfo/files/werkenmetmaple.pdf
- Havenkantoor Scheveningen. (2015, April). *Jachtclub scheveningen*. Retrieved April 23, 2015, from Jachtclub.com: <http://www.jachtclub.com/index.php?D=2>
- Henk Bakker Joost Bredeveld en Hans Teunissen. (2011). *Analyse Macrostablieit Dijken met de Eindige Elementen Methode*. Delft: Rijkswaterstaat.

- Hoogheemraadschap van Delfland. (2012). *Tekst legger wateren*. Delft: Hoogheemraadschap van Delfland.
- Hoogheemraadschap van Delfland. (2014). *Leggerkaarten 2014*. Delft: Hoogheemraadschap van Delfland.
- Huub de Haer. (2015, april 30). Vergadering met de Havenmanager. (H. d. Jong, Interviewer)
- Ir. A. Lengkeek. (2008, januari). Kunstmatige Eilanden in de Kaspische zee. *Geotechniek*, p. 5.
- Ir. A. Lengkeek. (2013, februari). Ontwerprichtlijn Constructieve Dijkversterking. *Geotechniek*, p. 60.
- Ir. E.J. Huiden. (2006). Kistdam. *Vraag en Antwoord geotechniek*, 3.
- Ir. F.A.M. Soons. (2013). *Quick Reference*. Delft: TuDelft.
- Ir. J. van Malde. (2003). *Historische Stormvloed*. Poeldijk: Rijkswaterstaat.
- Isreal, R. (2010, november 26). *Analytical Solution to Fourth Order Partial Differential Equation*. Retrieved from mapleprimes: <http://www.mapleprimes.com/questions/99456-Analytical-Solution-To-Fourth-Order>
- J.T. de Vries. (1987). *Elementenmethode berekening van een kistdam*. Utrecht: Rijkswaterstaat.
- Klein, K. (2015). *Scheveningen haven is en blijft een haven*. Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Laboratorium van Grondmechanica,. (1995). *Betreffende het Dimensioneren van Kistdammen*. Bibliotheek Directie Sluizen.
- Maplehelp*. (2015). Retrieved from Maplesoft: <http://www.maplesoft.com/support/help/maple/view.aspx?path=Student%2FCalculus1%2FPointInterpolation>
- Marnix Norder. (2007). *Nota van Uitgangspunten en Voorlopig Ontwerp Boulevard*. Den Haag: Gemeente Den Haag.
- Overheid. (2015, Mei 3). Wet bodembescherming. Den Haag.
- Patrick de Gier. (2009). *Kademuur Brammenterminal*. gouda: BAM infraconsult.
- PLAXIS. (2015). *Scientific Manual*. Retrieved from Plaxis: <http://www.plaxis.nl/files/files/2D-4-Scientific.pdf>
- PLAXIS. (n.d.). *Material Model Manual*. Retrieved from PLAXIS: <http://www.plaxis.nl/files/files/2D-3-Material-Models.pdf>
- PLAXIS. (n.d.). *Reference Manual Plaxis 2d*. Retrieved from PLAXIS: <http://www.plaxis.nl/files/files/2D-2-Reference.pdf>
- prof.dr.ir. Frans B.J. Barends. (2004). *Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken*.
- R.B.J. Brinkgreve. (2015). *Plaxis 2015 General*. Retrieved from PLAXIS: <http://www.plaxis.nl/files/files/2D-0-Gen-Info.pdf>

- R.H.J. Kremer M.T. Van der Meer J. Niemeijer. (2001). *Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies; Geotechnische aspecten van dijken, dammen en boezemkaden*. Rijkswaterstaat, DWW.
- Rijkswaterstaat. (2014). *Getijvoorspellingen* . Retrieved april 22, 2015, from Rijkswaterstaat.nl: http://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterdata_waterberichtgeving/watergegevens/getijvoorspellingen/index.aspx
- Ronald Janssen. (2015, april 22). Mogelijkheden tot Inrichting Verversingskanaal Scheveningen. (Han de Jong, Interviewer)
- T. Toetsing. (2012). *Soilsoft*. Softsoildamwand.
- T.V. Huijstee. (1995). *Berekeningen op knik volgens Eurocode 5*. Amsterdam.
- Thalitha van Heijst. (2015, mei 6). Mogelijkheden voor inrichting Verversingskanaal. (Han de Jong, Interviewer)
- Vrijling, P. i. (2015). *Manual Hydraulic Structures* . Delft: TuDelft.
- W.A.D. van de Ven. (1995). *Programma Kistdam*. Delft.

14. BIJLAGEN

BIJLAGE 1: OPLOSSINGEN VOOR DE UITBREIDING



FIGUUR 1: VERSCHILLENDE UITBREIDINGSMOGELIJKHEDEN

De jachtclub heeft meerdere opties voor de uitbreiding van de haven geopperd. Een overzicht van de mogelijke gebieden is te zien in figuur 1.

Het gebied aan de oostkant van de haven (oranje) wordt gebruikt door verschillende bedrijven. Deze zijn gelegen aan de zuidkant van het gebied. Ook is er een kleine jachthaven aan de oostkant. Om een uitbreiding te realiseren zou de noordkant van dit gebied opnieuw moeten worden ingericht. Echter vanwege slechte bereikbaarheid zou dit een scheiding in recreatiegebieden opleveren voor de jachthaven. Voor passanten is dit gebied dus niet aantrekkelijk.

Het gebied aan de westkant van de haven (rood) bevat een stenen talud. Dit talud had vroeger een functie als zeewering tegen golven, echter door ontwikkelingen in de haven zijn deze golven niet meer aanwezig. Het plaatsen van damwanden en uitbaggeren van het gebied zou er voor zorgen dat het geheel westelijk gelegen gebied gebruikt zou kunnen worden als opslag voor grotere boten. Hoewel dit een kant en klare oplossing is, zal dit te weinig capaciteit toevoegen en is daarom geen optie voor de toekomstige plannen van de gemeente.

Het gebied aan de zuidkant van de haven (groen) bevat een kanaal met een spuifunctie. Dit kanaal heet het verversingskanaal. De mogelijkheid om hier boten op te slaan is aanwezig en kan een significante uitbreiding van de haven betekenen. Er moet echter wel veel gebeuren om het gebied te veranderen in een haven. Het gemakkelijk kunnen in en uitvaren van boten is daarbij een belangrijk aspect. Ook de spuifunctie zal behouden moeten worden.

Uiteindelijk is de gemeente ingegaan op de laatste optie. De herinrichting van het verversingskanaal van Scheveningen. In dit masterplan zal worden beschreven hoe dit aangepakt gaat worden. Verschillende onderzoeken zullen daarna worden gedaan om te kijken of er een haalbare oplossing voor te vinden is

BIJLAGE 2: GESCHIEDENIS VAN HET KANAAL EN HET HAVENGEBIED

Het verversingskanaal is in 1889 uitgegraven om een afwatering te bieden van water uit de grachten van Den Haag. Het kanaal mondde toen nog uit in zee, zie figuur 2. Tot halverwege de 19^e eeuw beperkte de Scheveningse visserij zich tot kustvisserij met behulp van bomschuiten die op het strand getrokken werden. Pas in 1898 werd besloten dat er een haven aangelegd moest worden. De eerste haven werd geopend in 1904 en in 1931 werd er een tweede haven als uitbreiding aan toegevoegd. De eerste haven is altijd het terrein geweest van de visserij in Scheveningen. De tweede haven werd na 1965 ingericht voor recreatieve en kleiner commerciële doeleinden. In 1972 zijn de havenhoofden van de buitenhaven verlengd en werd de aanleg van de derde haven gerealiseerd. De derde haven werd gegraven ten behoeve van het transportbedrijf NorfolkLine. Daarbij werd de kop van het verversingskanaal gedempt en de afwatering gerealiseerd met een gemaal, een bassin en een spuideur aansluitend aan de tweede haven. De jachthaven werd officieel geopend rond deze tijd. Na het vertrek van de NorfolkLine in 2006 was de derde haven leeg en werden er plannen gemaakt voor een nieuwe functie. Echter wordt het water van het kanaal nog steeds via de spuideur naar de haven gebracht.



FIGUUR 2: DE OUDE HAVEN EN HET VERVERSINGSKANAAL¹

² <http://www.schoenendoos.eu/digikaart-108.htm>

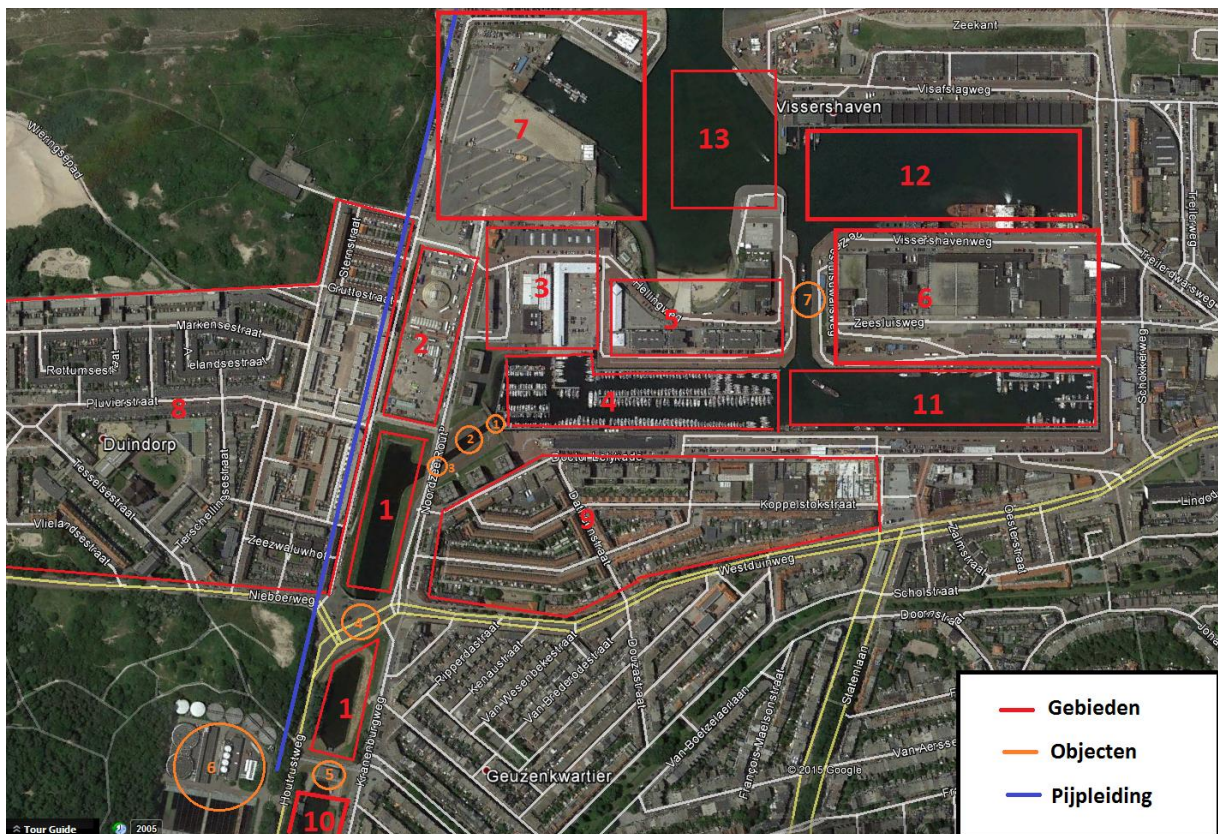
BIJLAGE 3: RELEVANTE PROBLEMEN

De jachthaven - Tijdens het spuien staat de spuideur open. Dit zorgt voor grote stromingen door de hele haven. Door deze stromingen raken boten en haveninfrastructuur beschadigd. De stromingen zijn merkbaar tot aan de andere kant van de haven. Ook de beroepsvaart heeft hier last van. Voor onbekende passanten is dit natuurlijk zeer ongewenst. Er is op dit moment geen andere mogelijkheid om te spuien. De spuifunctie is, zoals in het voorgaande hoofdstuk genoemd, eerder geplaatst dan de jachthaven.

Het waterschap - Op dit moment heeft het Hoogheemraadschap van Delfland een peilprobleem in Den Haag. De bedoeling is om de intensiteit van het water door het gemaal te reduceren door een tweede gemaal te installeren om zo het peil op alle plaatsen gelijk te houden. Dit tweede gemaal zal volgens de huidige plannen waarschijnlijk gerealiseerd worden. Een gereduceerde intensiteit vergroot de mogelijkheden voor de uitbreiding van de haven naar het verversingskanaal en dit zal dus indirect bijdragen aan de waarde van het project.

BIJLAGE 4: OMGEVINGSANALYSE

De omgevingsanalyse is opgedeeld in gebieden, netwerken en objecten. Overige nodige informatie wordt later toegevoegd. In Figuur 3 is een overzicht van alles te zien. Vervolgens wordt het onderdeel op nummer beschreven.



FIGUUR 3: GEBIEDEN, NETWERKEN EN OBJECTEN

4.1 GEBIEDEN

1. **Opslagbassin:** Het bassin waar water in wordt opgeslagen uit het kanaal om vervolgens gespuid te worden in zee. Het bassin bestaat uit twee delen met in het midden een belangrijke verbindingsbrug. De twee delen bevatten stenen talud met daarop gras en bieden een groene strook voor recreatie. Op dit moment wordt het gebruikt om honden uit te laten. Een lange brede duiker zorgt ervoor dat het water verbonden is met elkaar onder deze brug.
2. **Norfolk terrein:** Het verlaten terrein van het containerbedrijf Norfolk.
3. **Havenbedrijven:** Hier zitten alle jachthaven gerelateerde bedrijven zoals zeilmakers en bootwinkels.
4. **Jachthaven van Scheveningen:** Dit is het gedeelte waar recreatieve vaarders kunnen aanmeren.
5. **Nieuwbouw jachthaven:** Dit is het eerste appartementencomplex dat aan de andere kant van de jachthaven is geplaatst en daarmee het eerste deel van de nieuwe ontwikkelingen.
6. **Vissers- en ander soort bedrijven**
7. **Nieuw havengebied:** Het nieuwe havengebied wordt in de komende jaren ontwikkeld tot een werk- woon- en recreatiegebied.
8. **Duindorp:** Een wijk gelegen ten zuiden van het opslagbassin. Met bewonersvereniging Duindorp.
9. **Woonwijk havengebied:** Dit is de wijk direct achter de haven met bewonersvereniging BOH Noord.
10. **Verversingskanaal:** Het kanaal dat de het water uit de grachten van Den Haag afvoert naar zee.
11. **2^e Haven:** Dit is een haven voor recreatievaarders en een aantal kleine commerciële bedrijfjes.
12. **2^e Haven:** Dit is een haven voor de grote vissersbedrijven.
13. **De kom/3^e Haven:** Dit is een voorhaven, hier kunnen o.a. boten op trailers te water gelaten worden.

4.2 NETWERKEN

BELANGRIJKE WEGEN

- **De Houtrustweg:** Dit is een weg gelegen langs het zuiden van het kanaal. Toekomstige plannen zijn om hier een grote verbindingsweg van te maken voor verkeer tussen de vogelwijk en het nieuwe havengebied.
- **De Westduinweg:** Dit is de verbindingsweg tussen het havengebied en het gebied ten zuiden daarvan.
- **De Kranenburgweg:** Dit is een weg gelegen langs het noorden van het kanaal, op een punt kruist deze weg met de verbinding tussen het kanaal en de haven.

PIJPLEIDINGEN

- Er is sprake van een grote pijpleiding van de waterzuiveringsinstallatie naar zee, gepositioneerd onder de Houtrustweg.

4.3 OBJECTEN

1. **De spuideur:** Dit is een zeer grote solide stalen deur aan het einde van het bassin. Deze deur rust in grote betonnen ballastblokken. Een overhangende kraan hijst de deur op als er gespuid moet worden.
2. **Oude schutsluis:** Dit is een sluis in slechte staat en niet meer zeewerend genoeg. Deze is dan ook niet meer in gebruik.
3. **Kranenburgbrug:** Dit is een brug over de sluis en verbindt de stad met het nieuwe havengebied.
4. **De Duindorpbrug:** Deze scheidt het bassin in twee delen en is een zeer belangrijke drukke verbinding tussen het havengebied en gebied ten zuiden hiervan.
5. **Het gemaal:** Deze is aan het begin van het bassin geplaatst en is onderdeel van het hoogheemraadschap van Delfland. Zij beheren het waterpeil in het kanaal en behouden het met behulp van dit gemaal op NAP - 0,43 m.
6. **Waterzuiveringsinstallatie:** Gepositioneerd aan de Houtrustweg.

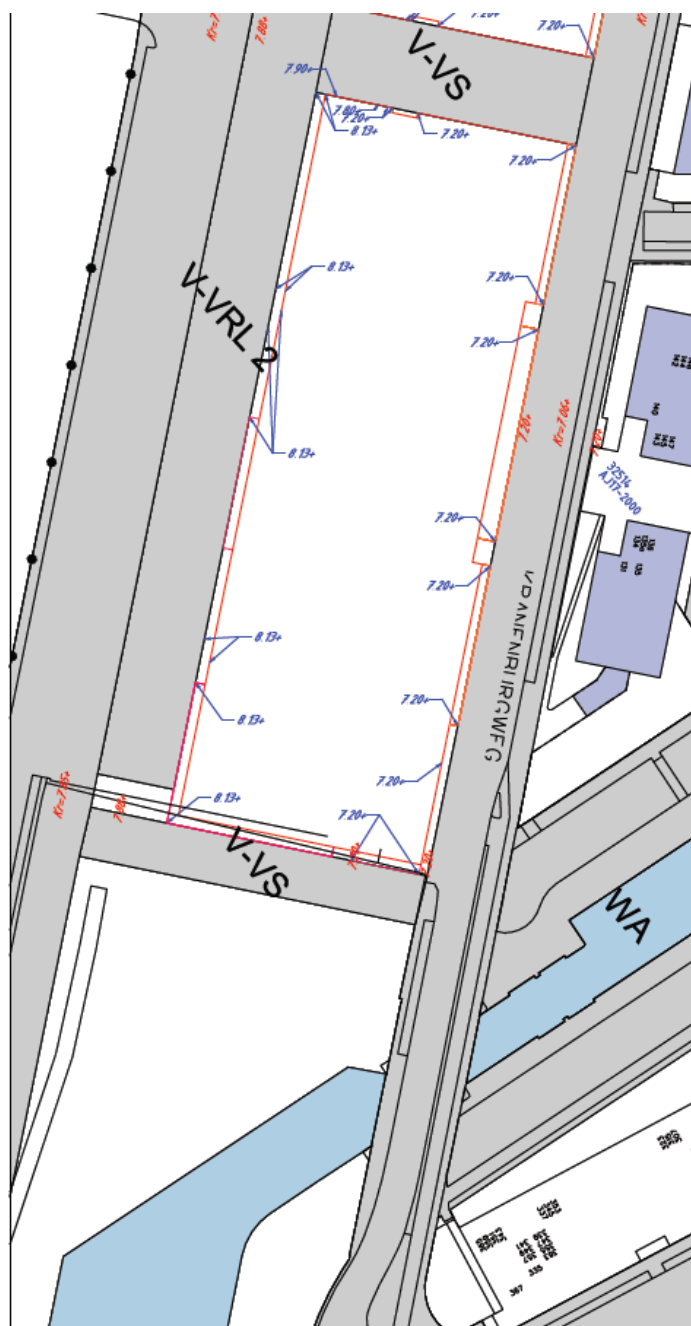
Het gehele afwateringssysteem is te zien in figuur 4



FIGUUR 4: HET AFWATERINGSSYSTEEM VAN SCHEVENINGEN

- Het gemaal is geel gemarkeerd.
- Het bassin is rood gemarkeerd.
- De verbinding met de bijbehorende spuideur is groen gemarkeerd.

BIJLAGE 5: HOOGTEKAART



FIGUUR 5: HOOGTEKAART GEBIED²

Aan de constante hoogtes aan beide kanten van de wegen kan gezien worden dat deze wegen hetzelfde blijven doorlopen. Er kan aangenomen worden dat dezelfde hoogte wordt behouden richting het zuiden.

² <http://www.denhaag.nl/home/bewoners/stadsdelen-en-wijken/scheveningen/to/Scheveningen-Haven-vastgesteld-d.d.-28112013.htm>

BIJLAGE 7: INDELING JACHTHAVEN



FIGUUR 7: INDELING VAN DE JACHTHAVEN

In figuur 7 is de indeling van de jachthaven te zien. De kleine vissersboten liggen achteraan (groen). De passanten liggen vooraan (rood). De grote zeiljachten liggen er tussenin.

BIJLAGE 8: STAKEHOLDERSANALYSE

8.1 GEMEENTE DEN HAAG

- Opdrachtgever van het onderzoek.
- Eigenaar van de tweede haven en het water.
- Uitvoerder van ontwikkelingen binnen en rondom het havengebied.

8.2 JACHTCLUB SCHEVENINGEN

- De jachtclub is een vereniging voor booteigenaren.
- Ze verhuren ligplaatsen aan booteigenaren.
- Ze onderhouden de jachthaven.
- Ze zijn de grootste belanghebbende van dit onderzoek.
- Ze pachten het water van de gemeente.
- Zij stellen een groot deel van de problemen.

8.3 HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND

- Beheert de opslag van water in het bassin.
- Beheert de waterstanden.
- Beheert de spuifunctie.
- Beheert het gemaal.
- Stelt eisen aan de waterstanden.

8.4 OMWONENDEN BOH NOORD EN BV DUINDORP

- Zij zullen te maken krijgen met de ontwikkelingen van het gebied.
- De mening van deze groepen zal echter geen invloed hebben op het ontwerp.

8.5 NATURA 2000

- Beheert verschillende natuurgebieden om het havengebied.
- Stellen eventueel eisen aan de verandering van het grondwater.

BIJLAGE 9: STELLINGEN

9.1 AANNAMES EN UITGANGSPUNTEN

- De vraag naar ligplaatsen zal constant blijven of toenemen, maar niet afnemen.
- De boten in de haven zullen in de toekomst gemiddeld steeds groter worden.
- De inrichting van het bassin als haven zal ontworpen worden voor 20 kleine boten (tot 8 meter zonder mast), of voor een maximaal passend aantal grote boten (tot 12 meter, met mast).
- Het aantal klein (visser)bootjes zal afnemen in de komende jaren en daarmee de vraag naar kleine ligplaatsen.
- Door de ontwikkelingen in de haven zal de vraag naar recreatie groter worden: door het bouwen van een woon- en werkgebied rondom het bassin is dit een realistische aanname.
- De maximale capaciteit van het gemaal is 1170 m³/min. Dit kan aangenomen worden als de maximale intensiteit, echter wordt door de realisatie van het tweede gemaal deze intensiteit met 50% gereduceerd in de toekomst.
- Het stormpeil is NAP + 4.15 meter.
- Duindorp ligt op NAP + 8.13 meter.
- De Kranenburgweg ligt op NAP + 7,2 meter (zie hoogtekaart in bijlage 5).
- De onderkant van de Kranenburgbrug ligt dan op NAP + 6.5 m (gemeten). Dikte brug is 0,7 m.
- Een algemene zeespiegelstijging in de komende 100 jaar van 0.5 meter.
- Met hoog water (NAP +1.26 m + 0.5 meter zeespiegelstijging) zal de doorvaarhoogte onder de brug 2.9 meter zijn. Met stormpeil zal dit 1.85 meter zijn.
- Het ontwerp heeft een lange levensduur (>100 jaar).

9.2 AFBAKENING VAN DE DOELSTELLING

- De opdrachtgever is de gemeente Den Haag. Zij bepalen de eisen voor het ontwerp. Echter zal er buiten de eisen om gekeken worden naar het meest economisch haalbare ontwerp. Hierin zullen deze eisen als wensen worden opgenomen.
- De wensen van de jachtclub en de gemeente zullen de maatstaaf zijn.
- Het waterschap zal benaderd worden voor informatie en kunnen geen eisen meer leveren, echter kunnen zij wel wensen en randvoorwaarden geven.
- De wensen van de bewoners zullen buiten beschouwing worden gelaten.
- Het gehele havengebied en de meeste ontwikkelingen die plaatsvinden zullen buiten beschouwing worden gelaten in het technisch ontwerp. De relevante ontwikkelingen, zoals eerder genoemd, worden meegenomen in het economische onderzoek.
- Het is onmogelijk om een volledige kosten-baten analyse te maken. Echter een ruige schatting van de kosten zullen dienen als argumenten voor de toetsing van de criteria van het economische ontwerp.
- De technische haalbaarheid zal volgen uit onderzoek naar waterbouwkundige oplossingen voor het probleem. De uiteindelijke technische oplossing zal niet gelimiteerd zijn door het budget, maar er wordt wel op kosten gelet.
- De economische haalbaarheid zal aan de hand van potentie van de gebieden worden geschat. Daarin wordt de ontwikkeling van de haven gebruikt als gebied met veel economische potentie.
- Er zal geen rekening worden gehouden met archeologische en milieu eisen.
- De volgende actoren zullen geen invloed hebben op het ontwerp: De provincie zuid- Holland, ministerie van infrastructuur en milieu, Dunea en Rijkswaterstaat.
- Bevoegdheden zullen buiten beschouwing worden gelaten.
- Een technisch haalbaar ontwerp zal waarschijnlijk altijd mogelijk zijn. Daarom wordt de nadruk in de eerste evaluatie op de economische haalbaarheid gelegd.

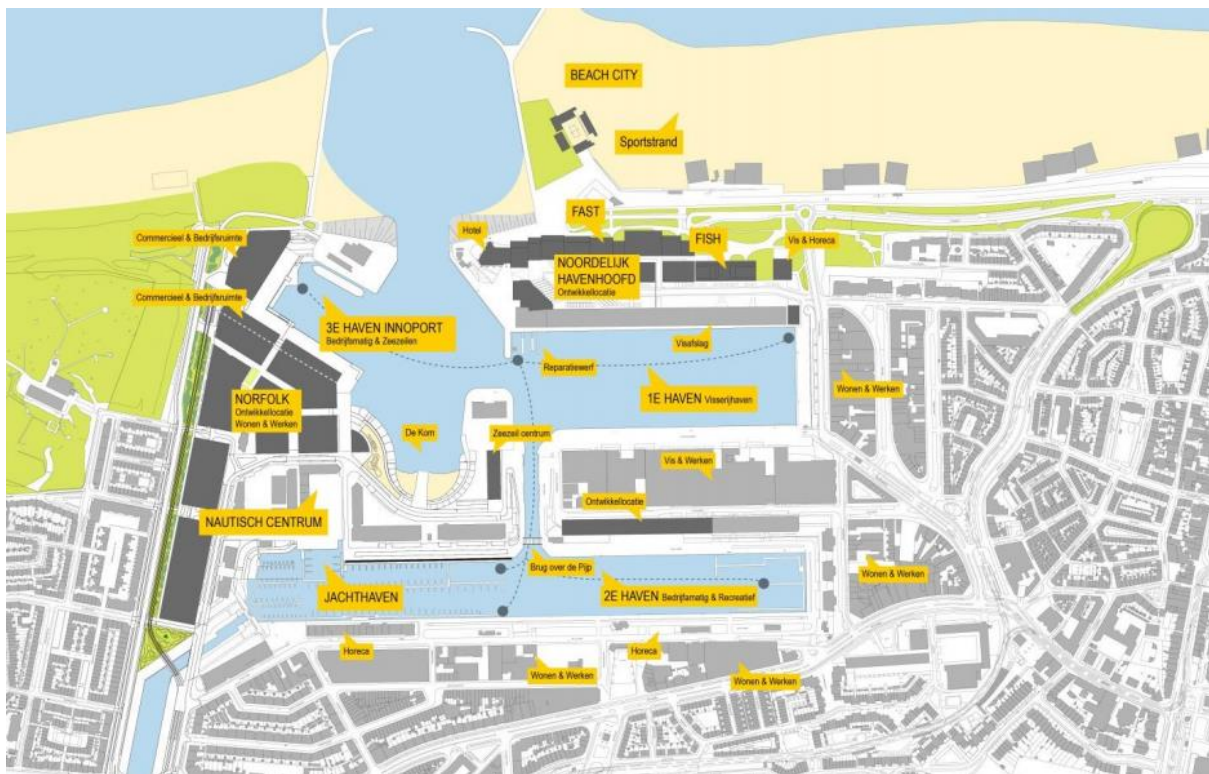
9.3 RANDVOORWAARDEN

- Geen ophaalbrug in het ontwerp.
- Het ontwerp mag maximaal 3,5 miljoen euro kosten.
- Het ontwerp moet passen in de huidige ontwikkelingsplannen van de gemeente
- Het boezempeil van het kanaal moet behouden worden.
- Het ontwerp richt zich op de verbinding, het bassin, het gemaal en de omliggende wegenstructuur
- De bereikbaarheid van het gebied moet gewaarborgd blijven.
- Alle functies van de huidige infrastructuur (wegen, pijpleidingen etc.) moeten behouden blijven.
- De nieuwe haven moet een veilige ligplaats geven aan jachten (stormen, vandalisme)
- Stromingen door spuien mogen geen gevaar opleveren.
- Het ontwerp mag de grondgesteldheid niet aantasten
- De verbinding en de haven moeten diep genoeg zijn voor de betreffende jachten.
- Jachten moeten minimaal 1,5 keer hun bootlengte uit elkaar liggen.
- De minimale doorvaarhoogte onder de brug is 2,5 meter.
- De waterbouwkundige oplossingen moeten voldoen aan de veiligheidseisen.
- Vismigratie moet mogelijk blijven.

9.4 WENSEN

- Het ontwerp moet voor een lange tijd te exploiteren zijn.
- De stromingen door spuien moeten beperkt blijven of zelfs compleet verdwijnen.
- Een opsplitsing van recreatiegebieden is ongewenst, de aansluiting met de oude haven moet gewaarborgd blijven.
- De nieuwe haven moet aantrekkelijk zijn om in te liggen.
- De bediening van een waterbouwkundige oplossing zoals een sluis of een lift is ongewenst
- Het ontwerp moet de esthetische waarde van het gebied behouden.
- De nieuwe haven alleen bevaarbaar maken voor kleine boten (tot 8 meter) zonder mast (behoud van de brug over de verbinding).
- Het nieuwe gedeelte ook bevaarbaar maken voor grote boten (tot 12 meter) met mast gezien het groeiende aantal grote boten.
- Het ontwerp moet duurzaam zijn.
- Het gebied zal aantrekkelijk moeten zijn voor recreatieve doeleinden.
- Het ontwerp moet waarde toevoegen aan het gebied: exploitatiemogelijkheden moeten aanwezig zijn.

BIJLAGE 10: RELEVANTE ONTWIKKELINGEN VAN HET GEBIED



FIGUUR 8: BELANGRIJKE LOCATIES, ONTWIKKELINGEN EN FUNCTIES VAN DE HAVEN VAN SCHEVENINGEN⁴

10.1 ONTWIKKELINGEN VAN HET WEGENNETWERK

In dit deel zal er worden gekeken naar de huidige plannen van de gemeente Den Haag wat betreft de afwikkeling van het verkeer. Door de hoge intensiteiten van het strandverkeer is duidelijk te zien dat de intensiteit op de kranenburgweg zeer laag is.



FIGUUR 9: HOGE INTENSITEITEN VAN HET STRANDVERKEER⁵

Om een goed beeld te geven van de huidige plannen van de verkeersafwikkeling is in het onderstaande hoofdstuk een relevant gedeelte van het bestemmingsplan van de gemeente geciteerd.

⁴ <http://www.denhaag.nl/home/bewoners/gemeente/document/Scheveningen-Haven-is-en-blijft-haven.htm>

⁵ <http://www.denhaag.nl/home/bewoners/stadsdelen-en-wijken/scheveningen/to/Scheveningen-Haven-vastgesteld-d.d.-28112013.htm>

“Duindorpdam

De brug over het verversingskanaal tussen de Westduinweg en Nieboerweg wordt Duindorpdam genoemd. Momenteel is deze verbinding uitgevoerd als een uitgerekte rotonde ingericht volgens het ‘Largas’-principe (langzaam rijden gaat sneller). Deze vormgeving heeft te maken met de voormalige functie van het Norfolk-terrein en de geleiding van het (vracht)verkeer via de Houtrustweg. De ovonde, zoals de uitgerekte rotonde ook wel genoemd wordt, is vanuit verkeersveiligheidsperspectief een goede oplossing.

Voor het huidige en nieuw te ontwikkelen programma wordt een andere vormgeving voorgesteld. In de huidige situatie wordt vooral langzaam maar zeker afgewikkeld, waarbij in de nieuwe situatie (uitgaande van de bestaande inrichting en de realisatie van het voorgestelde programma) de wachtrijen op de Houtrustweg flink kunnen oplopen. Daarom is voor de ontsluiting van het nieuw te ontwikkelen programma een nieuw ontwerp van deze kruising gemaakt. In dit ontwerp wordt de bestaande ovonde vervangen door een grotere (Houtrustweg) en een kleinere (Kranenburgweg) rotonde.

In het verkeerskundig onderzoek is naar voren gekomen dat de voorgestelde oplossing in het stedenbouwkundig plan goed werkt om wachtrijen op de Houtrustweg te voorkomen. Deze oplossing zorgt er echter ook voor dat verkeer in plaats van de voorkeursroute over de Houtrustweg tussen Nieboerweg en Segbroeklaan alternatieve routes gaat gebruiken om Scheveningen Haven in en uit te rijden. Vanuit het verkeersbeleid is het niet wenselijk dat op deze alternatieve routes het verkeer harder groeit dan op de voorkeursroutes. Dit ‘sluipverkeer’ is ongewenst vanwege de woonfuncties aan deze alternatieve routes en uit het oogpunt van de verkeersveiligheid (deze alternatieve routes zijn niet ontworpen voor grote hoeveelheden verkeer).

Om de hiervoor genoemde redenen is in de modelberekeningen in afwijking van het stedenbouwkundig plan het ontwerp van de Duindorpdam ongewijzigd ten opzichte van de huidige situatie verondersteld in het voorkeursalternatief en de varianten. Dit geeft de meest realistische verdeling van intensiteiten over de diverse wegen in de studie. In de eerstkomende jaren, tot circa 2017, voldoet de huidige inrichting van de Duindorpdam voor de ontsluiting van Scheveningen Haven. Hierna zal deze kruising aangepast moeten worden. Hiervoor dienen ontwerpen gemaakt en getoetst te worden. Het uitgangspunt bij dit proces is dat de doorstroming moet verbeteren, maar dit niet mag leiden tot verplaatsingen van verkeerstromen vanaf de hoofdroutes naar andere wegen. De ontwerp- en toetsfase vinden in de zomer en het najaar van 2013 plaats.

Houtrustweg

De Houtrustweg tussen de Duindorpdam en de kust is in de referentiesituatie als een erftoegangsweg met een maximumsnelheid van 30 km/uur vormgegeven, zie ook figuur 10. Als de voorgenomen activiteiten van het Voorkeursalternatief, al dan niet in combinatie met één of meerdere varianten, gerealiseerd worden, is de huidige vormgeving van de Houtrustweg tussen de Duindorpdam en de kust niet meer afdoende. Deze weg wordt opgewaardeerd tot een gebiedsontsluitingsweg met in achtneming van de principes van Duurzaam Veilig. Dit betekent dat de weg een maximumsnelheid krijgt van 50 km/uur, een vrij liggend fietspad en een voorrangsregeling op de Houtrustweg ten opzichte van de aanwezige uitritten. Tevens wordt de bestaande klinkerbestrating vervangen door asfalt.



FIGUUR 10: HUIDIGE VORMGEVING HOUSTRUSTWEG TUSSEN DE DUINDORPDAM EN HET STRAND

Invoer netwerk

Ten opzichte van de referentiesituatie is de Houtrustweg tussen de Duindorpdam en de kust als 50 km/uur-weg vormgegeven (huidige situatie is 30 km/uur, zie figuur 10). De Kranenburgweg is tussen Duindorpdam en kust juist als 30 km/uur weg vormgegeven; op dit moment is dat een 50 km/uur weg. De Duindorpdam zelf is niet aangepast. Het netwerk voor het wegverkeer is buiten het plangebied niet gewijzigd ten opzichte van de referentie. Ontsluiting van de woningen in het nieuwe programma vindt voornamelijk via de Kranenburgweg plaats. Ook wordt een deel van het nieuwe programma via de Houtrustweg en via de Zeesluisweg/ Schokkerweg en Vissershavenweg (en Strandweg) ontsloten.

Variant een tramlijn naar het Norfolk-terrein

De aanleg van het tramtracé zal effect hebben op de vormgeving van de Duindorpdam en de Kranenburgweg tussen de Westduinweg en de Van Boetzelaerlaan. Op dit moment is nog onvoldoende duidelijk hoe het tracé er uit gaat zien. Er wordt daarom vanuit gegaan dat:

- het verkeer tussen Scheveningen Haven en de rest van de stad en Haaglanden via de hoofdroutes wordt afgewikkeld;
- de Kranenburgweg tussen Van Boetzelaerlaan (nabij Pres. Kennedylaan) en Westduinweg verminderd toegankelijk wordt voor het autoverkeer. Dit verkeer maakt in deze variant gebruik van de Houtrustweg (tussen de Nieboerweg en de Segbroeklaan) en de Van Boetzelaerlaan tussen de Kranenburgweg (nabij pres. Kennedylaan) en de Statenlaan (nabij Westduinweg).

In het ontwerp van de Duindorpdam in het stedenbouwkundig plan is geen rekening gehouden met de mogelijkheid om een tramtracé langs de Kranenburgweg te realiseren. Een tramlijn langs de Kranenburgweg is niet mogelijk in combinatie met de minirotonde zoals opgenomen in het stedenbouwkundig plan. Indien gekozen wordt het tramtracé op te nemen in het bestemmingsplan dient in de nadere uitwerking voor de verlenging van tramlijn 11 het ontwerp van deze kruising aanpast te worden. In het verkeersmodel is uitgegaan van een conflictvrije kruising voor de tram (zodat geen extra vertragingen optreden). "Einde citaat (gemeente Den Haag, 2013)

Bron: <http://www.denhaag.nl/home/bewoners/stadsdelen-en-wijken/scheveningen/to/Scheveningen-Haven-vastgesteld-d.d.-28112013.html>

BIJLAGE 11: INTENSITEITSTABEL OMLIGGENDE WEGEN

Wegen	Wegvakken	Intensiteiten (mvt/ uur) Huidige situatie (2013)
Houtrustweg	tussen Nieboerweg en strand	125
Houtrustweg	tussen Nieboerweg en P.Kennedylaan	900
Dr. Lelykade	tussen Kranenburgweg en Westduinweg	225
Westduinweg	tussen Kranenburgweg en Douzastraat	1.175
Westduinweg	tussen Statenlaan en Schokkerweg	1.575
Statenlaan	tussen Westduinweg en Van Boetzelaerlaan	425
Kranenburgweg	tussen Dr.Lelykade en Westduinweg	275
Nieboerweg	tussen Houtrustweg en Tesselsestraat	775
Kranenburgweg	tussen Westduinweg en van Boetzelaerlaan	275
van Boetzelaerlaan	tussen Willem de Zwijgerlaan en Kranenburgweg	475
Scheveningseweg	tussen Duinstraat en van Dorpstraat	650
Schokkerweg	tussen Westduinweg en Vissershavenweg	275
Vissershavenweg	Vissershavenweg	325
Zeesluisweg	tussen Schokkerweg en Westduinweg	350
Duinstraat	tussen Doornstraat en Scheveningseweg	1.175
Segbroeklaan	tussen Ieplaan en Houtrustweg	2.025
pres. Kennedylaan	tussen Stadhouderslaan en Johan de Wittlaan	1.950
Zwolsestraat	tussen Gentsestraat en Harstenhoekweg	1.300

TABEL 1: AVONDSPITSUURINTENSITEITEN IN DE HUIDIGE SITUATIE (MVT/UUR) OP DIVERSE WEGEN⁶

⁶ <http://www.denhaag.nl/home/bewoners/stadsdelen-en-wijken/scheveningen/to/Scheveningen-Haven-vestiged-d.d.-28112013.htm>

BIJLAGE 12: ANALYSE OMGEVING EN REDENERING ONTWERP

Vanwege de nieuwe ontwikkelingen zal het bassin omringd worden door net opgeleverde appartementencomplexen. Ook de wegenstructuur zal aangepast worden. Uit het bestemmingsplan in bijlage 10 is het duidelijk dat de bereikbaarheid van het gebied voor autoverkeer behouden kan worden als het verwijderen van de Kranenburgbrug opgenomen wordt in het bestemmingsplan. Er zullen geen grote maatregelen getroffen moeten worden om dit in te passen. Om een ontwerp te maken zal er rekening worden gehouden met alle ontwikkelingen die het gebied zal krijgen.

Een belangrijke ontwikkeling is de wandelroute om de haven. Er komt een beweegbare voetgangersbrug over de pijp (verbinding tussen de eerste en de tweede haven) om de wandelaars een snellere route te geven van de ene naar de andere kant van de haven (Figuur 8 in bijlage 10). Echter is dat wel een goede oplossing? De mogelijke routes zijn in Figuur 11 weergegeven. De route via de pijp zal onaantrekkelijk zijn voor wandelaars. De twee schiereilanden staan vol met vissers- en havenbedrijven, dit zal niet veranderen in de toekomst. De route om de haven heen bevat daarentegen veel horecagelegenheden en nieuwe woningbouw. Om het maximale uit het gebied te halen is het beter om de voetgangers de langere route te laten nemen. Om toch de bereikbaarheid voor voetgangers te waarborgen zal er een beweegbare voetgangersbrug over de verbinding bij het verversingskanaal gemaakt worden. De kosten hiervan zullen dan buiten het project vallen aangezien de brug er waarschijnlijk al zou komen. Een andere belangrijke ontwikkeling is de watertaxi (Figuur 8 in bijlage 10). Het instellen van een watertaxi zal een positieve bijdrage leveren aan het ontwerp. Ook is de toeristentour door de jachthaven een makkelijke exploitatiemogelijkheid geworden.



FIGUUR 11: WANDELROUTES OM DE HAVEN

BIJLAGE 13: OPLOSSING VOOR DE KRANENBURGBRUG

In deze bijlage is een oplossing gegeven voor het gebied. Het verkeer zal worden omgeleid via de Houtrustweg. De tramlijn die eerst over de Kranenburgweg zou komen te lopen, zal ook omgeleid worden via de Houtrustweg. De plannen voor de tramlijn zijn nog onduidelijk en volgens de gemeente is het mogelijk om het traject te veranderen indien er een oplossing is voor de havenuitbreiding. Om toch de bereikbaarheid voor voetgangers te waarborgen zal er een beweegbare voetgangersbrug over de verbinding bij het verversingskanaal gemaakt worden. De kosten hiervan zullen dan buiten het project vallen aangezien de brug er waarschijnlijk al zou komen.

De vrijgekomen gebieden kunnen op den duur gebruikt worden als extra exploitatiegebied. Ook zal de verbinding tussen de twee havens behouden blijven. Door het huidige wandelroute rond de haven zal via deze beweegbare brug lopen. De intensiteit over de brug zal dus erg hoog zijn en daarmee wordt het nieuwe havengebied nog gemakkelijker te exploiteren



FIGUUR 12: OPLOSSING VERWIJDEREN KRANENBURGBRUG

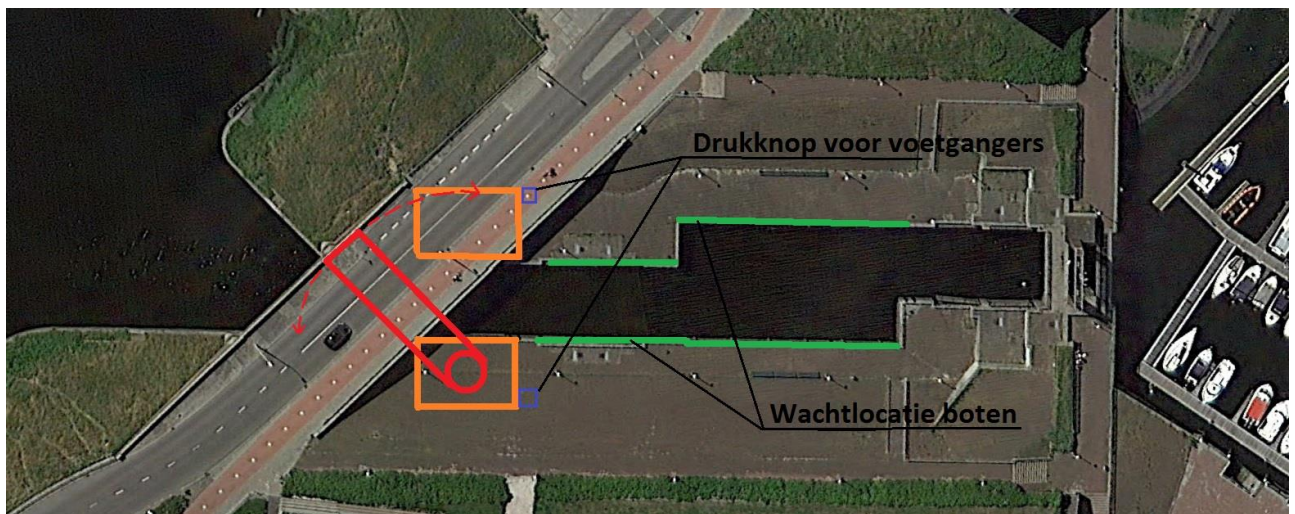
VOORDELEN

- De mogelijkheid om het nieuwe havengebied in te richten voor grote boten.
- Zeer duurzaam, vanwege lange ontwerplevensduur.
- Mogelijkheden tot exploitatie van het vrijgekomen gebied.
- Betere verbinding tussen de twee havengebieden.
- Een eenvoudig te exploiteren looproute voor voetgangers.
- Eenvoudige inpassing in de huidige ontwikkelingsplannen.
- Het creëren van een prestigieuze stadsjachthaven voor zeilboten.

NADELEN

- Slechtere bereikbaarheid voor auto's.
- Hogere kosten door het verwijderen van de brug.

BIJLAGE 14: ONTWERP VOETGANGERSBRUG



FIGUUR 13: ONTWERP VOETGANGERSBRUG

BIJLAGE 15: ONREALISTISCHE VARIANTEN



FIGUUR 14: VARIANT 7

Variante 7: Verwijderen van de spuider en het relevante gedeelte zeeverend maken. De afwatering wordt (vanuit het gemaal) via een buisleiding naar zee gerealiseerd. De energie die hier voor nodig is zal veel meer betrekken dan de capaciteit van het gemaal.

Variante 8: Het realiseren van een grote scheepslift. Deze lift zou zo geplaatst worden dat hij over de Kranenburgbrug zou lopen. Dit zou meteen het hele probleem met de brug oplossen, echter is dit een niet realistische oplossing vanwege de hoogte die overwonnen moet worden en het gebruiksongemak wat het met zich meebrengt.

BIJLAGE 16: SIMULATIE

16.1 INLEIDING

In deze bijlage zijn alle varianten verder uitgewerkt. Hier wordt er kritisch gekeken hoe het systeem zal functioneren in de omgeving. Ook zullen de voor- en nadelen beschouwd worden. Een variant zal daarnaast verschillende kosten met zich meebrengen. Om daar een schatting van te maken zullen de verschillende onderdelen worden beoordeeld en becijferd naar verhouding. De bedoeling is om zo een relatieve kostenschatting te maken. Het kostencijfer kan vervolgens vermenigvuldigd worden met een bepaald bedrag om de realistische kosten te verkrijgen. De becijfering gebeurt aan de hand van productie/ontwerpkosten, (de)installatiekosten, operationele- en onderhoudskosten om een zo nauwkeurig mogelijke schatting te maken.

16.2 VARIANT 1



FIGUUR 15: VARIANT 1

In deze variant wordt de spuideur verwijderd en het hele bassin zeewerend ingericht als getijdhaven. Daarmee zal ook de Duindorpbrug beschermd moeten worden. Dit brengt zeer hoge eisen met zich mee. De specifieke eisen hiervoor zullen in de vorm van minimale dijkhoogtes en stormbestendigheid zijn. Echter, omdat het een bijna afgesloten gebied is dient er geen rekening gehouden te worden met golfbrekers. In overleg met het waterschap kunnen de specifieke eisen van de nodige zeewering besproken worden. De kosten hiervan zijn lastig te schatten, maar er wordt aangenomen dat het een significant deel is aan de hand van het specifieke ontwerp en de hoge eisen. In de tabel 2 zijn de kosten van de verschillende onderdelen geschat. Om de afwatering te realiseren zal het gemaal direct in de haven moeten pompen. De maximale capaciteit van het gemaal is $1170 \text{ m}^3/\text{min}$ met een opvoerhoogte van 2,5 m. Met een boezempeil van NAP - 0,43 m en een springtijniveau van NAP + 1.26 m plus een zeespiegelstijging van 0,5 m is de opvoerhoogte dus voldoende. Tijdens een storm is de opvoerhoogte onvoldoende, echter wordt er op dit moment ook mee omgegaan. Het bassin zal namelijk onder invloed van het gemaal in minder dan een uur deze maximale hoogte bereiken hebben en dan kan er ook niet gespuid worden. De pomp zal waarschijnlijk werken met een lagere capaciteit om een grotere opvoerhoogte te behalen. Onder invloed van het getij en zeespiegelstijging zal de doorvaarhoogte onder de Kranenburgbrug gereduceerd worden. De benodigde doorvaarhoogte is 2,5 meter. Hier wordt met de genoemde invloeden nog aan voldaan. Om grote stromingen in verbinding te voorkomen tijdens het spuien of onder invloed van het getij, zal deze tot een grote diepte moeten worden uitgebaggerd en installatie van bodembescherming is daarna noodzakelijk. De kosten hiervan zijn verwaarloosbaar tegenover de rest van het ontwerp, vanwege de algemeen noodzakelijke uitbaggering van het gebied.

Onderdeel\Kosten	Productie/ Ontwerp	(De)installatie	Operationeel/ Onderhoud	Totaal
Zeewering Bassin	3	6	2	11
Zeewering Brug	2	3	2	7
Verwijderen spuideur	0	2	0	2
Totaal				20

TABEL 2: RELATIEVE KOSTENSCHATTING VARIANT 1

VOORDELEN

- De stromingen door het spuien worden geminimaliseerd in het bassin en in de haven.
- Het ontwerp is zeer duurzaam.
- Er is geen kering nodig.
- Het ontwerp bevat geen elementen die extra energie vragen of bediend moeten worden.
- Gemakkelijk in- en uitvaren.

NADELEN

- De kans op een overstroming is groter.
- Er zijn hogere risico's voor een goede functionering van het gemaal.
- Een irrelevant deel van het bassin wordt zeewerend gemaakt.
- Eventuele milieu effecten van de zoet/zout water verandering.
- Stroming door getijden.
- Het ontwerp past vanwege eventuele hoge kademuren minder goed in de omgeving.

16.3 VARIANT 2



FIGUUR 16: VARIANT 2

In deze variant zal de spuideur verwijderd worden. Het relevante gedeelte van het bassin wordt een getijd haven met een volledig zeewerende inrichting. Het bassin wordt volledig afgesloten d.m.v. een damwand aan de kant van de Duindorpbrug. Om de stabiliteit van deze damwand te waarborgen zal de onderkant van de brug met zand gevuld moeten worden. Er zal een pijpleiding worden getrokken van het gemaal naar het bassin om de spuifunctie te behouden. Om complete afwatering te realiseren, zal deze leiding berekend moeten worden op capaciteit en energieverlies. Aan het eind van deze buisleiding zal een stroomverdeler geplaatst worden om gevaar door grote stromingen te minimaliseren. Een stroomverdeler is een systeem dat wordt toegepast in schutsluizen om het toegevoerde water zo te verdelen dat grote stromingen vermeden worden. Omdat de buisleiding en de stroomverdeler energieverliezen genereren zal de

huidige capaciteit van het gemaal te klein zijn. Er kan wel gesteld worden dat na de realisatie van een tweede gemaal deze capaciteit groot genoeg zal zijn. De kosten zijn te vinden in tabel 3.

Onderdeel\Kosten	Productie/ Ontwerp	(De)installatie	Operationeel/ Onderhoud	Totaal
Pijpleiding	1	2	1	4
Stroomverdeler	2	2	1	5
Zeewering bassin	2	4	2	8
Afsluiting brugzijde	2	1	1	4
Verwijderen spuideur	0	2	0	2
Totaal				23

TABEL 3: RELATIEVE KOSTINGSCHATTING VARIANT 2

VOORDELEN

- De directe stromingen door het spuien worden geminimaliseerd in het bassin en de haven.
- Het ontwerp bevat geen elementen die bediend moeten worden.
- Het gebied hoeft niet geheel zeewerend ingericht te worden.
- Er hoeft geen rekening gehouden te worden met de zeewering van de Duindorpbrug.
- Gemakkelijk in- en uitvaren.
- Het ontwerp kan voor een zeer lange tijd geëxploiteerd worden.

NADELEN

- Het is een ingewikkeld technisch ontwerp.
- Het ontwerp is alleen mogelijk bij realisering van het tweede gemaal.
- Er is meer energie nodig door de energieverliezen in de buisleiding en de stroomverdeler, dus is het ontwerp minder duurzaam.
- De buisleiding zal waarschijnlijk in het zichtveld lopen.
- Het gebied moet voor een deel zeewerend ingericht worden.
- Het buissysteem verkleint de havencapaciteit.
- Eventuele milieu effecten van de zoet/zout water verandering.
- Stroming door getijden.
- Vismigratie kan gehinderd worden.

16.4 VARIANT 3



FIGUUR 17: VARIANT 3

In deze variant zal de spuideur worden verplaatst. Het relevante gedeelte van het bassin wordt zeewerend ingericht en zal een getijdhaven worden. De afwatering wordt gerealiseerd door het gereduceerde bassin en de verplaatste spuideur. De spuideur kan in deze situatie hergebruikt worden indien deze nog aan de eisen voldoet. Het bassin is gereduceerd en dat betekent dat de spuideur vaker geopend zal moeten worden. Ook bij deze variant zal het gebied tot onder de brug zeewerend gemaakt moeten worden. Het is belangrijk dat de afsluiting tussen de twee wateren gewaarborgd blijft en dat ondoorloopsheid voorkomen wordt. Er kan gekozen worden voor de plaatsing van de spuideur aan de andere kant van de brug. Dit brengt echter directere stromingen met zich mee, maar de brug zal dan wel binnen de zeewering vallen. Deze afweging kan nog gemaakt worden in het verdere ontwerp. De kosten voor deze variant staan in tabel 4.

Onderdeel\Kosten	Productie/ ontwerp	(De)installatie	Operationeel/ Onderhoud	Totaal
Verplaatsen spuideur	1	3	1	5
Zeewering brug	2	2	1	5
Zeewering bassin	2	4	2	8
Afsluiting tussen wateren	2	1	1	4
Totaal				22

TABEL 4: RELATIEVE KOSTENSCHATTING VARIANT 3

VOORDELEN

- De directe stromingen door het spuien worden geminimaliseerd in het bassin en de haven.
- De spuideur kan hergebruikt worden .
- Het gebied hoeft niet geheel zeewerend ingericht te worden.
- Het ontwerp bevat geen elementen die extra energie vragen worden.
- Er is nog steeds sprake van een klein bassin als buffer.
- Gemakkelijk in- en uitvaren

NADELEN

- De Duindorpbrug moet zeewerend ingericht worden.
- De spuideur moet bediend worden.
- Het ontwerp kan niet voor een lange tijd geëxploiteerd worden. De spuideur is daar te oud voor.
- Eventuele milieu effecten van de zoet/zout water verandering.
- Stroming door getijden.

16.5 VARIANT 4



FIGUUR 18: VARIANT 4

In deze variant zal de spuideur worden vervangen door een stormvloedkering. Het achterliggende gebied hoeft nu niet zeewerend ingericht te worden. De bassins hebben voldoende zeewerende capaciteit onder normale omstandigheden. Echter om de huidige veiligheid te behouden zal deze kering nodig zijn. De afwatering wordt gerealiseerd door direct via het gemaal het water in de haven te pompen. De kering zal gesloten worden bij hevige stormen. Echter maakt dit de afwatering onmogelijk. Het is dus nodig om de kering te voorzien van een spui functie. Het installeren van een deur met een sluiswerking kan hier een oplossing voor zijn. Indien het water in het bassin hoger staat dan het water in de zee kunnen de kleppen van de sluis geopend worden. De kosten voor het ontwerp zijn weergegeven in de tabel 5.

Onderdeel\Kosten	Productie/ ontwerp	(De)installatie	Operationeel/ Onderhoud	Totaal
Stormkering	5	5	4	14
Verwijderen spuideur	0	2	0	2
Totaal				16

TABEL 5: RELATIEVE KOSTENSCHATTING VARIANT 4

VOORDELEN

- Geen zeewering nodig.
- Het is een technisch simpel ontwerp.
- Door de lagere kademuren past het goed in de omgeving en zal de haven aantrekkelijker zijn voor boten.
- De stromingen door het spuien worden geminimaliseerd in het bassin en in de haven.
- Gemakkelijk in- en uitvaren.
- Een goede bescherming tegen de zee en daarmee een betere veiligheid van het gebied.
- Het ontwerp kan voor een zeer lange tijd geëxploiteerd worden.

NADELEN

- In- en uitvaren is beperkter, maar dat geldt maar voor een zeer geringe tijd.
- Het ontwerp bevat een element dat bediend moet worden, echter is dit geen intensief bedieningselement.
- Er zijn hogere risico's voor een goede functionering van de afwatering.
- Bij het sluiten van de kering kan er geen afwatering plaatsvinden.

16.6 VARIANT 5



FIGUUR 19: VARIANT 5

In deze variant zal de achterliggende sluis opnieuw gebruikt worden. Om de afwatering te realiseren zal deze ingericht worden als spuisluis. Het waterschap zal dan, in samenwerking met de haven, controle hebben over de bediening. Het bassin wordt behouden en het de huidige werking wordt bijna niet veranderd. Vanwege de slechte staat waarin de sluis zich bekeerd zullen er eerst maatregelen voor getroffen moeten worden. De kademuren en de deuren zijn te laag en voldoen niet aan de eisen. Deze kademuren zullen moeten reiken tot de bovenkant van de spuideur. Dit is ongeveer vier meter hoger. Vanwege de slechte staat van de kademuren is aanbouw zeer waarschijnlijk niet mogelijk. Er zal in dat geval een geheel nieuwe sluis ontworpen en geconstrueerd moeten worden. De kosten hiervan zijn beduidend groot. Ook de afwatering tijdens een storm kan niet gewaarborgd worden omdat de sluisdeuren gesloten zijn. Net als bij de kering kan hier een release systeem toegepast worden. De kosten van de variant staan in tabel 6.

Onderdeel\Kosten	Productie/ Ontwerp	Installatie	Operationeel/ Onderhoud	Totaal
Nieuwe sluis	8	8	4	20
Geleidingsinfrastructuur	0	1	1	2
Verwijderen spuideur	0	2	0	2
Totaal				24

TABEL 6: RELATIEVE KOSTENSCHATTING VARIANT 5

VOORDELEN

- De afwatering wordt op een veilige en zeer gecontroleerde manier uitgevoerd.
- Door de lagere kademuren past het goed in de omgeving en zal de haven aantrekkelijker zijn.
- De stromingen door het spuien worden geminimaliseerd in het bassin.
- Een goede bescherming tegen de zee en daarmee een betere veiligheid van het gebied.
- Het ontwerp kan voor een zeer lange tijd geëxploiteerd worden.

NADELEN

- In- en uitvaren wordt beperkt.
- Het ontwerp bevat een element dat continu en op twee manieren bediend moet worden
- Bij het sluiten van de sluisen door een storm is er geen afwatering mogelijk.
- Directe spuistromen door de haven.
- Het is een technisch ingewikkeld ontwerp.

16.7 VARIANT 6



FIGUUR 20: VARIANT 6

In deze variant wordt de huidige situatie zo veel mogelijk behouden en zal er een scheepslift worden geïnstalleerd naast de spuideur. Deze scheepslift heeft een ingewikkeld ontwerp om boten van beide kanten heen en weer te kunnen brengen. Twee scheepsliften zijn dus minimaal nodig. Eén aan elke kant van de spuideur. Een scheepslift is alleen bedoeld voor kleine boten zonder mast. Een grotere scheepslift zal te veel ruimte in gebruik nemen en te ingewikkeld zijn als technisch ontwerp. De kosten van dit kunstwerk zijn zeer hoog niet alleen in de productiefase, maar het zal ook veel energie kosten tijdens de operationele fase. De kostenschatting is te vinden in tabel 7.

Onderdeel\Kosten	Productie/ ontwerp	(De)installatie	Operationeel/ Onderhoud	Totaal
Scheepslift	10	10	8	28
Totaal				28

TABEL 7: RELATIEVE KOSTENSCHATTING VARIANT 6

VOORDELEN

- Geen zeewering nodig
- De afwatering wordt op een gecontroleerde manier uitgevoerd.
- Door de lagere kademuren past het goed in de omgeving en zal de haven aantrekkelijker zijn voor boten.
- Geen spuistromen in het bassin
- De huidige veiligheid wordt behouden.
- Het ontwerp kan voor een zeer lange tijd geëxploiteerd worden.

NADELEN

- In- en uitvaren wordt zeer beperkt.
- Het is geen duurzaam ontwerp. Het energiegebruik ligt erg hoog.
- Booteigenaren zullen niet graag gebruik willen maken van het ontwerp.
- Het ontwerp bevat twee elementen die continu bediend moeten worden.
- Behoud van de directe spuistromen door de haven.
- Het omvat een zeer ingewikkeld technisch ontwerp.

BIJLAGE 17: MCA

In de tabel 8 is de weegfactor bepaald voor elk criterium.

Criteria	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Totaal	Totaal x2	WF
A Duurzaam (Energiezuinig)	x	0	0	1	0	1	0	0	1	3	6	0,082191781
B Duurzaam (Lange levensduur)	1	x	0	1	1	0	1	0	1	5	10	0,136986301
C Mogelijkheid tot plaatsing grote boten	1	1	x	1	0	1	1	0	1	6	12	0,164383562
D Minimale stromingen	0	0	0	x	0	0	1	0	1	2	4	0,054794521
E Passend in de omgeving	1	0	1	1	x	1	0	0	1	5	10	0,136986301
F Minimale bedieningselementen	0	1	0	1	0	x	1	0	1	4	8	0,109589041
G Aantrekkelijk voor booteigenaren	1	0	0	0	1	0	x	0	1	3	6	0,082191781
H Behoud van veiligheid	1	1	1	1	1	1	1	x	1	8	16	0,219178082
I Minimaal gebruik van nieuwe havencapaciteit	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	1	0,01369863
Totaal											73	1

TABEL 8: BEPALING WEEGFACTOR

Er wordt een waarde aan elk criterium gegeven door hem af te wegen tegen een ander criterium. Als het rijcriterium wint van een kolomcriterium wordt er een 1 geplaatst in het gezamenlijke hokje van het rijcriterium. Bij het kolomcriterium wordt er een 0 geplaatst in het gezamenlijke hokje.

Variant	Stormkering (4)		Verplaatsen <u>Spuideur</u> (3)		Sluis (5)		Scheepslift (6)		Buisleiding (2)		Geheel <u>zeewerend</u> (1)	
	SC	SC*WF	SC	SC*WF	SC	SC*WF	SC	SC*WF	SC	SC*WF	SC	SC*WF
0,082191781	8	0,65753	8	0,657534247	6	0,4932	3	0,246575342	5	0,411	8	0,6575
0,136986301	8	1,09589	4	0,547945205	8	1,0959	8	1,095890411	8	1,0959	8	1,0959
0,164383562	10	1,64384	10	1,643835616	8	1,3151	3	0,493150685	10	1,6438	8	1,3151
0,054794521	9	0,49315	6	0,328767123	6	0,3288	6	0,328767123	8	0,4384	9	0,4932
0,136986301	8	1,09589	6	0,821917808	8	1,0959	8	1,095890411	6	0,8219	9	1,2329
0,109589041	6	0,65753	4	0,438356164	3	0,3288	3	0,328767123	7	0,7671	9	0,9863
0,082191781	8	0,65753	8	0,657534247	2	0,1644	2	0,164383562	8	0,6575	8	0,6575
0,219178082	8	1,75342	7	1,534246575	8	1,7534	10	2,191780822	6	1,3151	4	0,8767
0,01369863	9	0,12329	9	0,123287671	9	0,1233	9	0,123287671	4	0,0548	8	0,1096
Totale waarde		8,1781		6,75342466		6,699		6,06849315		7,205		7,425

TABEL 9: BEPALING WAARDE

BIJLAGE 18: NOTULEN VERGADERING RONALD JANSSEN GEMEENTE DEN HAAG

Extra informatie betreffende het onderzoek

Interview (notulen) Ronald Janssen (gemeente Den Haag) woensdag 22 april 2015

- Uit opdracht van de gemeente Den Haag.
- Dubbele functie moet behouden blijven.
- Afgebakend door het feit dat alleen kleine bootje dit gedeelte hoeven te gebruiken. Een variant voor ook grote boten kan ook bedacht worden maar is waarschijnlijk niet interessant voor de grote boten.
- Goedkoop. Maximaal 3.5 miljoen euro!
- Dit is de beperkende factor voor de gemeente, maar niet voor de varianten.
- Geen beweegbare autobrug!
- Tramlijn die eroverheen komt (maar deze kan verlegd worden).
- Omwonenden zijn een zeer belangrijke factor (zorg dat je niet aankomt in opdracht van de gemeente, maar met het feit dat je een bachelor eindwerk hier over doet)
- Verdwijnen van het talud is bijna onvermijdbaar.
- Rekening houden met het servituut (gebied is in principe van iemand anders (een of andere prins) en zij zullen er op zien dat het gebied groen blijft) dit gebied is begrenst door de brug.
- Leg de focus op de technische aspecten van het ontwerp. Ga niet te veel in op wat de mensen er van vinden. Indien er een goedkope optie is zal de gemeente hier verder onderzoek naar doen.
- Het gebied valt niet in de natura 2000, maar zou eventueel door verandering van grondwater het omliggende gebied kunnen aantasten.
- Bevoegdheid kan ik aan Ronald vragen indien ik iets wil weten of het mogelijk is om dat te kunnen doen in het gebied.
- Bekijk de Bestemmingsplannen van de Gemeente (hier staat het duidelijk in wat er precies met het havengebied gaat gebeuren).
- Arcade bouwt het nieuwe woongedeelte.
- Bevoegdheid van waterstaatswerk Noordzee is niet belangrijk. (Rijkswaterstaat tot 1^e haven, Gemeente in de 2^e haven).

Interview (notulen) Huub de Haer (Havenmanager Scheveningen jachthaven) 30 april 2015

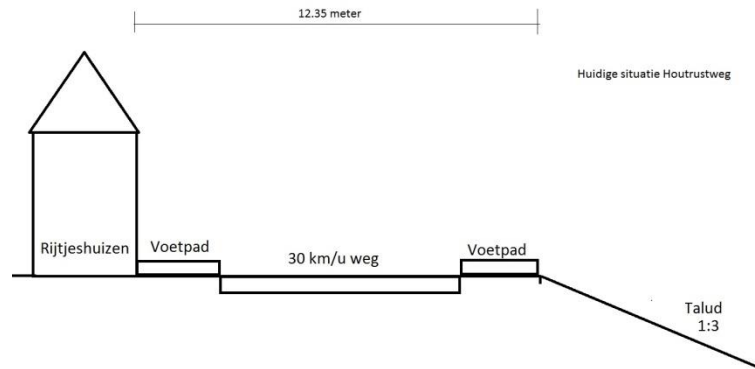
- Het marktaanbod krimpt
- Het is een feit dat op dit moment de schepen steeds groter worden. Er is een vraag naar grote plekken.
- Het havenkantoor is een vereniging. Ze maken dus geen winst.
- Ze pachten het water van de gemeente Den Haag. Er is een vraag naar meer ruimte in de haven. Ongeacht passanten, hoewel de gemeente dit wel ziet als een winstgroep.
- Er zijn op dit moment relatief veel kleine ligplaatsen in de haven, dus het moet zo ingericht worden dat er meer capaciteit is voor grote schepen.
- Het draait erom dat het nieuwe gebied wordt ingericht voor kleine schepen (de vissers), maar is dit wel zo handig als we naar de toekomst kijken?
- Als we naar de diepgang kijken is het verversingskanaal geen optie voor grote schepen. Bij laag water is de diepgang van het kanaal onvoldoende om grote schepen door te laten.
- De andere kant van de haven is ook een mogelijkheid, maar dit wordt uitgesloten door bereikbaarheid.
- Huidige situatie is dat de haven 100% bezet is en dat er een wachtlijst is. De vraag naar passantenplekken is in de zomer groot. De getallen lopen op tot 60 a 70 boten met in het piekseizoen 113 boten!
- Gemiddeld zijn de schepen zo'n 40-50 voet. Dit is ongeveer 10-15 meter.
- De grote stromingen wanneer er gespuid worden vormen een groot probleem voor de haven. Deze stromingen zijn het grootst wanneer het hard geregend heeft en het bassin gelegegd moet worden. Deze grote stromingen reiken tot het einde van de haven. Om problemen te voorkomen is er dan ook een groot licht geplaatst bovenop de spuideur om binnenvarende schepen te waarschuwen als ze willen aanleggen.
- De gemeente beweerd dat vooral de passanten economische voordelen zullen geven. De haven denkt hier anders over. Zij zijn een vereniging en focussen zich meer op het hebben van vaste leden. Een middenweg kan waarschijnlijk gevonden worden.
- De haven zal liggeld krijgen van de passanten en leden, maar ze pachten het water ook tegen een prijs. Deze prijs/liggeld verhouding moet onderzocht worden.
- Nieuwe boten zijn rond de 16 – 23 meter. Dit is een verwachting van de toekomst.
- Passanten zijn vooral in de zomer aanwezig. Echter dit is maar een aantal maanden per jaar. Is dit wel waar de focus op moet liggen?
- De vissersbootjes aan het eind van de haven zijn de doelgroep die verplaatst moeten worden, zij zullen echter 365 dagen per jaar moeten kunnen invaren en uitvaren. Dit is dus een grote eis aan het ontwerp.
- Houd rekening met de brug over de pijp.
- Ontwikkelingen in het gebied zijn grote winkelstraten aan de overkant. Horecagelegenheden etc...
- Isoport ondernemingen in de derde haven. (O&M voor offshore)
- Huidige situatie. Kades zijn te slecht om iets op te bouwen.
- Stroming zorgen voor erosie aan de bodem, er moet constant zand bijgeplaatst worden.
- Eisen aan de haven. Boten zullen meer dan 1.5 keer hun lengte uit elkaar moeten liggen om ze genoeg ruimte te geven om uit te kunnen varen. Onder kleine boten verstaan we tot 8 meter. Aantal vissersbootjes is 20.
- In principe is er geen optie voor grote boten om dit extra havengebied te gebruiken. Hoewel dit voor de toekomst bijna noodzakelijk is.
- Wat moet er nou eigenlijk minimaal gebeuren om het mogelijk te maken?

- De vraag is ook of mensen er wel willen liggen met hun boot. Beveiliging zou een belangrijk onderdeel worden ivm duindorp.
- De andere kant is geen optie voor de haven, de gemeente beweerd van wel, maar dit is niet mogelijk omdat het een splitsing in recreatiegebieden veroorzaakt. In het geval van het nieuwe havengebied zou deze splitsing gereduceerd worden.
- De beroepsvaart zou het hinderlijk vinden om extra havencapaciteit af te staan aan de kleine boten. Ook zouden zij er baat bij hebben als de stromingen door het havengebied geen rol meer zouden spelen.
- Al deze maatregelen zijn in de trent: hoe vergroten we de capaciteit van de haven van Scheveningen.
- De gemiddelde omzet van passanten voor de haven is jaarlijks 150.000 euro. Dit is een gering bedrag. Meebetalen aan de uitbreiding van de haven is dus geen optie.
- Diepte van een groot schip is geschat op 2.5 meter. Dit is een eis indien er gedacht wordt aan een variant waar grote schepen een mogelijkheid zijn.
- Eventuele potentie van het water voor grote evenementen. Echter is dit geen permanente oplossing van het probleem en zal de uitbreiding eventueel ongebruikt blijven.
- Grote schepen zijn maximaal 6 meter breed en passen prima door de huidige sluis heen.
- De diepte is onnauwkeurig. Dieptes zullen moeten worden gecheckt alvorens een uitwerking te maken. Er moet namelijk wel aan de eisen voldaan worden.
- Het grootste probleem blijft toch de spuifunctie van het bassin. Dit is een doorn in de ogen van de haven. Eventueel zelfs een onnodige. De grote vraag is. Hoe lossen we de problemen met de stromingen op?
- De oude zeesluis was de zeekering. Echter stond deze tot het randje onderwater bij grote stormen. In deze situatie zou heel den haag onder kunnen lopen.
- De fundamenteën van de haven zijn slecht?
- In-chamber Longitudinal Culvert System (ILCS), is de oplossing op grote stromingen te voorkomen.
- Het waterschap is een belangrijke factor. Zei beheren de peilen en de spuifunctie
- Zie het feit dat de gemeente passanten in de haven willen als een voordeel! Zij zijn de mensen die het meeste last hebben van de grote stromingen.
- Het waterschap heeft laatst verkiezingen gedaan en is een politieke partij geworden. Zij zullen daarom een rol moeten spelen in de verbetering van de haven. Kijk of je hier iets over kunt vinden. Voor een feit heeft tessa oosterhof verklaard dat er meer wateraanbod is en dat er dus ook meer afgevoerd moet worden .
- Kijk even naar hoe de situatie vroeger werd geregeld in dit gebied.
- Voor de toekomst zal de pijp dus ook een interessante oplossing zijn voor de spuifunctie. Er zijn nu al enorme stromingen gaande in de haven bij hevige regenval. Ook is het bassin soms gevuld tot de top om al dit regenwater kwijt te kunnen en te wachten tot het weer eb is om het te kunnen spuien.
- Potentie van de roeivereniging om dit water te gebruiken. Op dit moment gebruiken ze de haven en dat kost de vereniging capaciteit. Omdat het lange boten zijn. Roeivereniging is groeiend.
- Het afval is ook een groot probleem in het verversingskanaal.
- In de grachten loopt valt het afval en dat beland allemaal in het bassin. Vanwege de daling van het water blijft het vaak hangen op het talud. Anders stroomt het de haven in. De haven moet zijn ondergrond afstaan aan een behandelaar omdat dit water zo vervuild is.
- Kijk het verkiezingsprogramma van het waterschap.

Interview (notulen) Thalitha van Heijst, Hoogheemraadschap van Delfland, 6 mei 2015

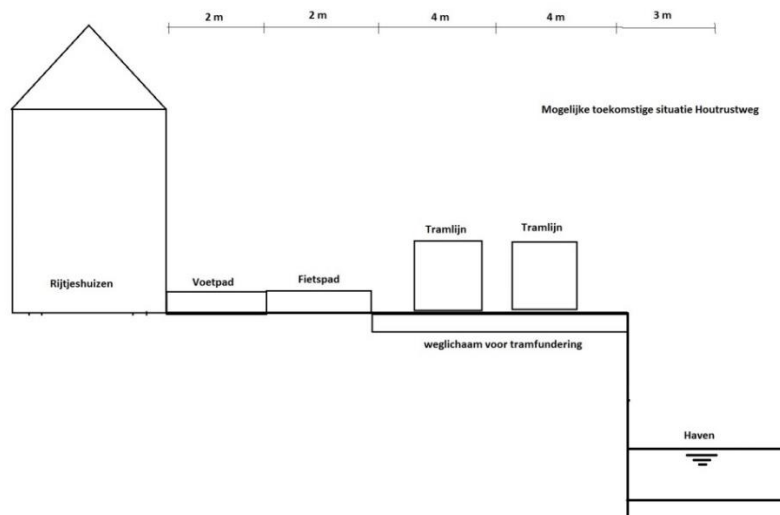
- Het water uit het gemaal is schoon
- De bassins zijn onvoldoende zeeverend ingericht
- Delfland moet te allen tijde kunnen spuien
- Delfland hanteert het stand-still beginsel: wijzigingen in het watersysteem mogen geen negatief effect hebben, maar op zijn minst vergelijkbaar effect hebben als in de huidige situatie. dit betreft de Spuicapaciteit, veiligheid, lengte zeekering etc.
- De wens is dat de wijzigingen een verbetering opleveren.
- Delfland is duurzaam. Dat wil zeggen energiezuinig en bouwend aan de toekomst.
- Vismigratie moet mogelijk blijven.
- Delfland beheert de spuifunctie hoe dan ook.
- Er is sprake van een wisselend peil in Den Haag, Delfland is op dit moment in overleg of hier een oplossing voor gevonden kan worden. Het betreft de eventuele installatie van een nieuwe gemaal ten zuiden of noorden van de haven om het afwateringsgebied van het schoutte gemaal te verkleinen.
- De spuideur gaat al open bij een verschil van 10-12 centimeter met de zee en fluctueert daarom ongeveer met dezelfde peilstanden.
- Het bassin vult zich onder invloed van het gemaal in minder dan een uur.

BIJLAGE 21: HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE SITUATIE HOUTRUSTWEG



FIGUUR 21: HUIDIGE SITUATIE HOUTRUSTWEG

Op dit moment bestaat de Houtrustweg uit een 30 km/u weg met twee voetpaden aan beide kanten. Het talud van het bassin loopt volgens het waterschap onder een hoek van 1:3. De breedte tussen het bassin en de rijtuishuizen is ongeveer 12 meter. Zie bijlage 24 voor de leggerkaart van dit gebied.



FIGUUR 22: MOGELIJKE TOEKOMSTIGE SITUATIE HOUTRUSTWEG

In de toekomst zullen er veel dingen veranderen rond de haven. Uit het bestemmingsplan van de gemeente blijkt dat de Houtrustweg een gebiedsontsluitingsweg zal worden. Ook wordt er gesproken over een mogelijke tramlijn. De breedte van de weg is onvoldoende om een tramlijn en een weg aan te leggen, echter zou de tram ook over de weg kunnen worden aangelegd. Dit is op meerdere plekken in Den Haag gedaan. Het overlappende gebied betreft een lengte van 250-300 meter. Indien hier geen halte wordt geplaatst zou dit een goede oplossing zijn om zowel een autoweg als een tramlijn te realiseren over de Houtrustweg. In het ontwerp voor de kademuur zal er dus ook rekening worden gehouden met deze extra belasting. De afmetingen van de weg zijn overgenomen uit het verlengde van de Houtrustweg richting Den Haag. Deze weg is namelijk al ingericht als gebiedsontsluitingsweg.

BIJLAGE 22: OPTIES VOOR DE KADEMUUR

Er zijn een aantal verschillende typen kademuren waaruit een keuze gemaakt kan worden.

GEWICHTSCONSTRUCTIE

In een gewichtsconstructie wordt het eigen gewicht gebruikt om de grondkerende functie te vervullen. Het is gebruikelijk dat de gewichtsconstructie op staal gefundeerd is, dus een hoge draagkracht van de ondergrond is vereist. De elementen zijn vaak in prefab uitgevoerd. Dit leidt tot een hoge bouwsnelheid, maar ook hoge kosten. In bijlage 22.1 staan een aantal opties beschreven voor een gewichtsconstructie.

GROND PENETRERENDE CONSTRUCTIE

Bij deze constructies wordt de grondkerende functie vervuld door de inklemming in de ondergrond. Vaak worden deze voorzien van een grondanker. Het anker zal door zijn schuifweerstand een bijdrage leveren aan de grondkerende functie. Deze constructie wordt vaak gebruikt bij een tekort aan draagkracht van de grond. Ook zal de grond gemakkelijk te penetreren moeten zijn. De wand bestaat uit meerdere onderdelen die met een slotverbinding aan elkaar gemaakt worden om een waterdicht systeem te ontwikkelen. In bijlage 22.2 staan de mogelijkheden beschreven. In bijlage 22.3 worden de verankeringsystemen benoemd.

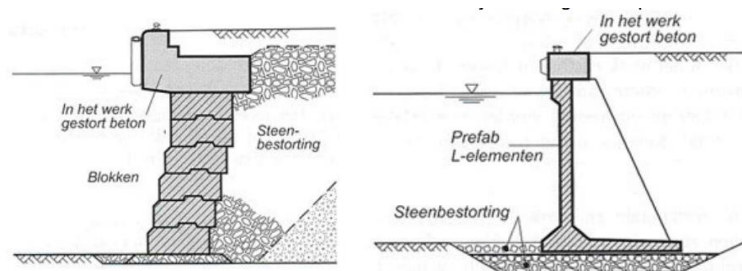
OVERBOUWD TALUD

In deze constructie wordt de grondkerende functie vervuld door het aanbrengen van een talud. Echter is in deze situatie al direct te concluderen dat hier geen ruimte voor is.

22.1 GEWICHTSCONSTRUCTIES

BLOKKENMUUR

Dit is de meest eenvoudige variant van de gewichtsconstructies, het zijn op elkaar gestapelde blokken van natuursteen of beton. Deze constructie wordt in den natte uitgevoerd en de blokken staan gefundeerd op een bestorting van grind of steenslag. Met deze constructie zijn grote kerende hoogtes mogelijk, mits de draagkracht van de grond voldoende is. Doordat het meerdere elementen zijn, zitten er voegen tussen de elementen. Deze hebben voor de landzijde een drainerende werking maar men moet wel een filterconstructie toepassen zodat het aan de waterzijde niet mogelijk is dat grond uitspoelt.



FIGUUR 23: BLOKKENMUUR (RECHTS), L-MUUR (LINKS)⁷

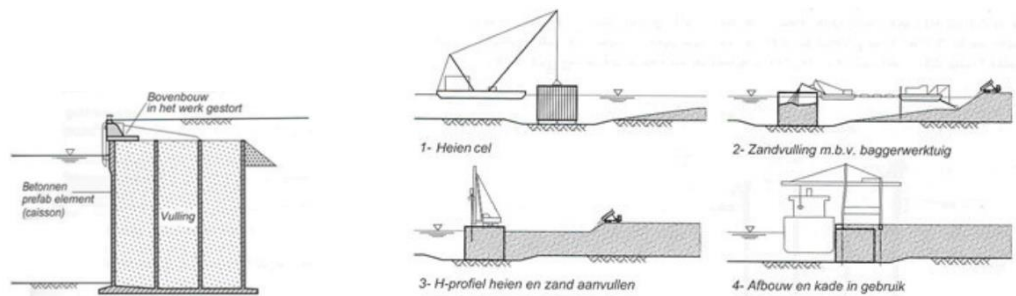
L-MUUR

De stabiliteit bij een L-muur wordt gemobiliseerd doordat het gewicht van de betonconstructie samen met de op de L-muur rustende grond zorgen voor een tegenwerkend moment ten opzichte van de horizontale gronddruk. Dit tegenwerkend moment wordt veroorzaakt door de schuifspanningen van de L-muur met de ondergrond. Deze constructie kan zowel in den natte als in den droge worden uitgevoerd. Bij uitvoering in den droge is wel een omvangrijke bouwput

nodig. Bij uitvoering in den natte kunnen de elementen geprefabriceerd worden en op de locatie op de plaats worden gezet. Ook bij deze elementen zijn de voegen een punt van aandacht.

CAISSONWAND

Caissons zijn grote holle betonnen elementen en worden op het droge gefabriceerd. Vervolgens worden ze naar de locatie vervoerd om afgezonken te worden op de draagkrachtige grond. Hierna wordt het caisson gevuld met zand of een ander vulmateriaal waarmee voldoende tegenwerkend moment wordt gecreëerd voor de horizontale gronddrukken. De bovenkant van deze caissons worden vaak boven het hoogste waterpeil gelegen zodat de uitvoering van de bovenbouw in den droge kan plaats vinden.



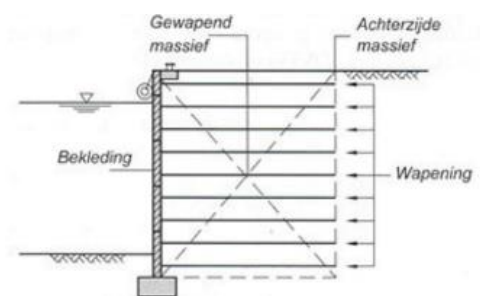
=

CELLENWAND

Een cellenwand bestaat uit meerdere vlakke damwanden die tot een cirkel zijn gevormd, deze cellen worden onderling verbonden. Omdat deze cellenwanden geen penetratie hebben in de bodem worden ze tot gewichtsconstructies gerekend. De op locatie geplaatste cellen worden gevuld met zand of een ander vulmateriaal. De wanden van deze constructie zijn dun, bij een aanvaring is de kans daarom groot dat deze kapot gaan en het zand eruit vloeit waardoor de constructie instabiel wordt.

TERRE-ARMÉE WAND

Terre Armée betekent gewapende grond. Een Terre Armée wand bestaat uit prefab elementen die dienen als wand en worden laagsgewijs opgebouwd. Deze elementen zijn verankerd door middel van trekelementen. Deze trekelementen kunnen stalen strips of pennen zijn maar ook andere oplossingen zoals geogrids of geotextiel. De trekkracht wordt ontleend aan de wrijving tussen de trekelementen en de ondergrond. Ook bij deze constructie zijn de voegen een kritisch punt.

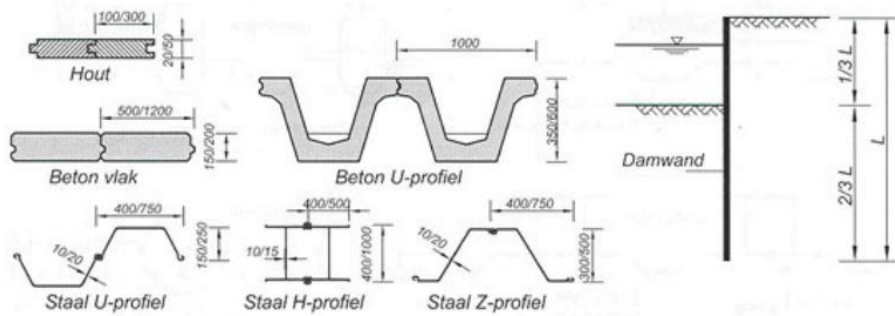


FIGUUR 25: TERRE-ARMÉE WAND⁷

22.2 WANDSYSTEMEN

ENKELVOUDIGE DAMWAND

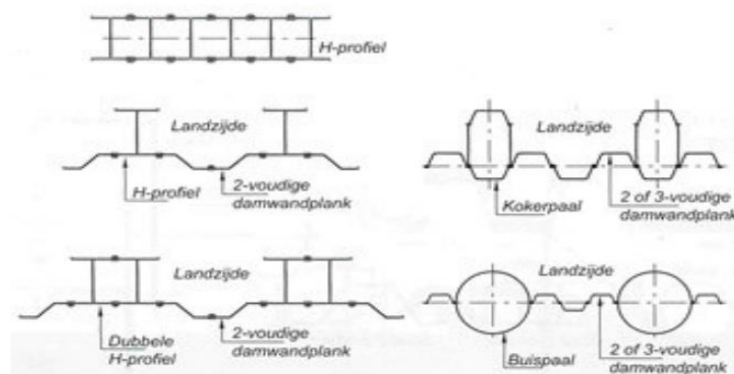
Er zijn twee hoofdsoorten enkelvoudige damwanden, de vlakke damwand en de profielvormige damwand. De vlakke damwand is uitgevoerd in hout, beton of staal. De profielen zijn gemaakt van beton of staal. De vlakke damwanden worden gebruikt als de kerende hoogte gering is terwijl de profielen geschikt zijn voor grote kerende hoogte vanwege het hogere weerstandsmoment. De stalen damwandprofielen worden vaak als dubbele of drievoudige plank geleverd, de aanwezige slotconstructie wordt dan dicht geponst of door middel van een kettinglas met elkaar verbonden.



FIGUUR 26: ENKELVOUDIGE DAMWANDEN⁷

SAMENGESTELDE WANDSYSTEMEN

Voor grote kerende hoogtes met boven belastingen zijn zwaardere constructies nodig dan een enkelvoudige damwand. Deze constructies kunnen bestaan uit samengestelde wanden, deze wanden bestaan uit primaire en secundaire elementen welke aan elkaar worden verbonden door middel van een slotconstructie. De primaire elementen zijn zwaarder en worden op een vaste afstand van elkaar geïnstalleerd en zorgen voor de overdracht van de krachten naar de ondergrond. Tussen deze primaire elementen komen de tussenplanken, welke zorgen voor de wandconstructie. Omdat de horizontale gronddrukken door middel van gewelfwerking op de primaire elementen komen, kunnen deze tussenplanken minder zwaar worden gedimensioneerd dan de primaire elementen. Het meest voorkomende voorbeeld van een samengestelde wand is de combiwand. De combiwand bestaat uit open stalen buispalen met daartussen damwandprofielen. Op de stalen buispalen worden slotconstructies gelast waar de tussenplanken op aangesloten kunnen worden.



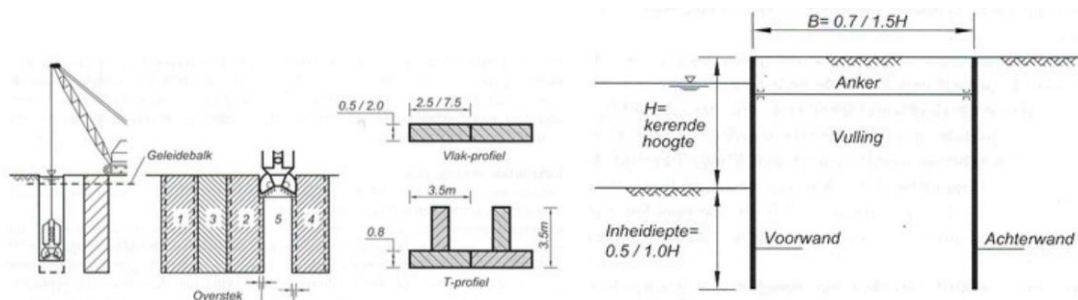
FIGUUR 27: SAMENGESTELDE DAMWANDEN⁷

DIEPWANDEN

Een diepwand is een in de grond gevormde, grond verwijderende wand. De constructie bestaat uit een smalle sleuf welke ontstaat door het uitgraven van de grond en wordt volgestort met beton. Om instorten van de gegraven wand te voorkomen wordt deze tijdens het graven gevuld met een mengsel van bentoniet. Bentoniet is een kleiachtig materiaal met plastische en waterdichte eigenschappen en heeft een volumiek gewicht dat zwaarder is dan de meeste grondsoorten en water. Ook zal de wand vanwege de gewelfwerking van de grond niet instorten. Als de gewenste diepte is bereikt wordt de wapening erin afgehangen en de wand van onderaf gevuld met beton, tegelijkertijd zal aan de bovenkant de bentoniet afgepompt worden, deze kan na behandeling worden hergebruikt. De diepwand bestaat uit verschillende panelen. De dikte van de wand kan variëren van 0,5m tot 2,0m met een paneelbreedte van 2,5m tot 7,5m. Omdat de diepwand uit panelen bestaat, is de aansluiting tussen de panelen een kritisch punt. Door het feit dat de beton van onderaf wordt gestort en deze niet verdicht kan worden is er een beperking van de wapeningshoeveelheid, ook de dekking van deze wapening vormt een kritisch punt. Voordeel van een diepwand is dat deze een grote draagkracht heeft en ook zeer stijf is waardoor vervormingen gering zijn.

KISTDAMMEN

Een kistdam bestaat uit twee damwanden waartussen een grondmassief is opgesloten. Dit grondmassief zorgt voor de horizontale en verticale overdracht van de krachten naar de ondergrond. Deze twee wanden zitten met elkaar verbonden door middel van één of meerdere ankers. De kerende functie wordt ontleend aan de schuifweerstand van het grondmassief met de ondergrond. Er is pas sprake van een kistdam als de wanden zo dicht bij elkaar worden geplaatst dat de actieve zone van de voorwand de passieve zone van de achterwand overlapt.



FIGUUR 28: DIEPWAND (LINKS), KISTDAM (RECHTS)⁷

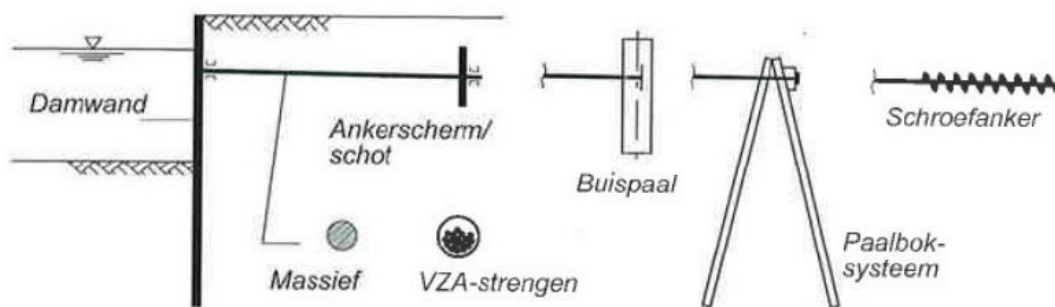
22.3 VERANKERINGSSYSTEMEN

INLEIDING

De genoemde constructies in de voorgaande bijlagen kunnen onverankerd en verankerd uitgevoerd worden. Bij een onverankerde constructie werkt deze als een uitkragende, ingeklemde ligger. De steundruk wordt aan de onderzijde van de damwand verleend door de passieve druk op de damwand. Deze vorm wordt meestal toegepast als de kerende hoogte beperkt is. Een verankerde constructie wordt toegepast wanneer er een grotere kerende hoogte is. Er wordt dan een anker toegepast om de horizontale krachten in de bovenzijde op te nemen, hiervoor kunnen verschillende ankerconstructies worden toegepast. Door deze verankering is de wand te schematiseren tot een ligger op twee steunpunten waarbij de onderzijde zowel vrij opgelegd als ingeklemd kan zijn. De verankering dient als bovensteunpunt en dient om de kracht over te brengen op de grond achter de damwand. Voor deze verankering zijn ook weer een aantal hoofdvormen.

HORizontALE VERANKERING

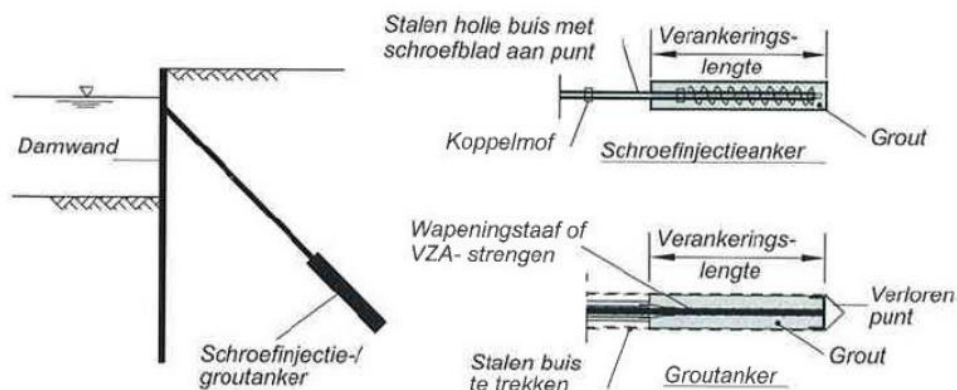
Deze ankers bestaan uit een verankeringselement welke is verbonden door middel van een ankerstang aan de constructie. Het verankeringselement kan een ankerschot zijn maar dit kunnen ook paaljukken of buispaalen zijn. Horizontale schroefankers behoren ook tot deze groep. Het ankerlichaam moet wel voldoende ver van de wand geïnstalleerd worden zodat de actieve druk van de wand en de passieve druk van het lichaam elkaar niet beïnvloeden. De ankerstang kan ook op verschillende manier worden uitgevoerd, als staafanker, kabelanker of schroefanker. Een staafanker is een massieve staaf die ervoor zorgt dat het ankerschot wordt verbonden met de wand. Een kabelanker doet hetzelfde, alleen is het geen massief maar zijn het een aantal gebundelde (voorspan)kabels. Een schroefanker is een staaf waarop een schroefblad is gelast en wordt met een boormotor geïnstalleerd. Een schroefanker is ook de enige variant waarbij geen of weinig grondwerk achter de wand hoeft te worden verricht. Bij een grote kerende hoogte is dit grondwerk een nadeel.



FIGUUR 29: ANKERCONSTRUCTIES⁷

ANKERS MET EEN GROUTLICHAAM

Er zijn ook in de grond gevormde ankersystemen met cementgrout zoals groutankers en schroefinjectieankers. Groutankers zijn staven of strengen die zijn voorzien van een groutlichaam. Het aanbrengen van dit groutlichaam gebeurt onder hoge druk. Groutankers dienen voorgespannen te worden omdat anders de vervormingen in de damwand te groot worden. Deze ankers zijn van staal en dienen daarom corrosiebestendig te zijn. Een schroefinjectieanker is een buis waar het groutmengsel doorheen wordt geperst en zo een groutlichaam wordt gevormd.



FIGUUR 30: ANKERS MET GROUTLICHAAM⁷

⁷ http://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgd/damwand_73_kademuur_vanbelen_2009_www_geonet_nl.pdf

BIJLAGE 24: MCA DAMWANDEN

In deze bijlage is er een MCA uitgevoerd voor de verschillende soorten damwanden. In het algemeen zullen damwanden gekozen worden op technisch draagvermogen en naar schatting welke soort het beste toegepast kan worden in een situatie. In deze situatie zullen er echter meerdere belangen een rol spelen. De nieuwe haven zal in een woonwijk komen te staan en daarom zullen de verschillende types worden afgewogen aan de hand van criteria. In tabel 10 is een overzicht te zien hoe de weegfactor is bepaald. De weegfactor zal voor verschillende stakeholders een andere waarde hebben. Hier is er voor gekozen om zo veel mogelijk de functionele aspecten te beoordelen. Dit is in het opzicht van de constructeur eventueel niet de beste keuze. Ook voor de aannemer zal dit ongunstig uitpakken. Voor de gebruikers, de omwonenden en de haven zal dit echter voordelig zijn.

Criteria	letter	a	b	c	d	e	<u>totaal</u>	<u>totaal x2</u>	<u>weegfactor</u>
Gebruiksgemak	a	x	0	0	1	0	1	2	0,095238
Esthetische waarde	b	1	x	1	1	0	3	6	0,285714
Bouwgemak	c	1	0	x	1	0	2	4	0,190476
Minimale overlast	d	0	0	0	x	0	0	1	0,047619
Minimale kosten	e	1	1	1	1	x	4	8	0,380952
Totaal							10	21	1

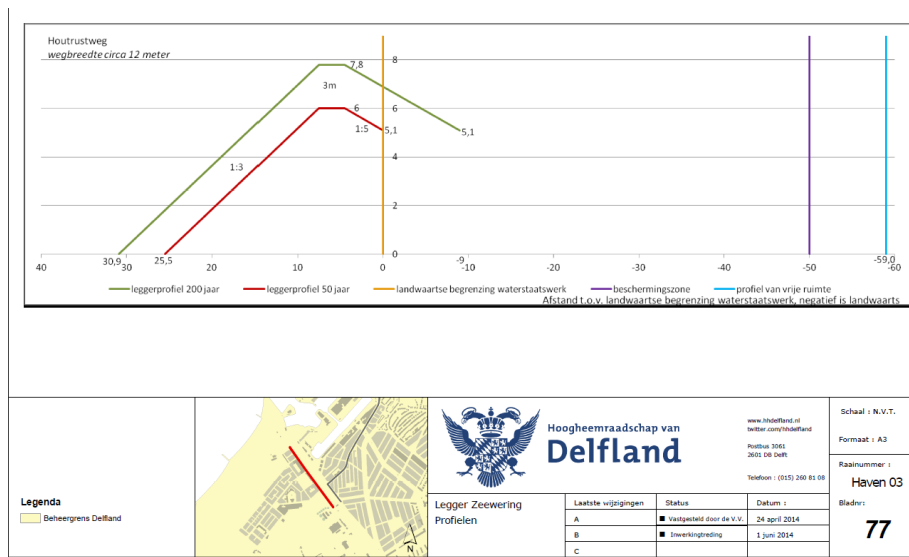
TABEL 10: BEPALEN VAN DE WEEGFACTOR

Varianten		Enkele damwand		samengestelde damwand		Diepwand		Kistdam	
Criteria	WF	score	WF*score	score	WF*score	score	WF*score	Score	WF*score
Gebruiksgemak	0,095238	5	0,47619	5	0,47619	5	0,47619	8	0,761904
Esthetische waarde	0,285714	5	1,42857	5	1,42857	7	1,999998	8	2,285712
Bouwgemak	0,19047	8	1,52376	8	1,52376	3	0,57141	7	1,33329
Minimale overlast	0,0476	8	0,3808	8	0,3808	5	0,238	5	0,238
Minimale kosten	0,380952	7	2,666664	8	3,047616	5	1,90476	8	3,047616
Totaal		1	6,475984		6,856936		5,190358		7,666522

TABEL 11: BEPALEN VAN DE WAARDE

Uit de MCA kan geconcludeerd worden dat een kistdam het beste ontwerp is voor deze situatie. Met een waarde van 7,6 zit deze ver boven de rest. Dit komt mede doordat er functionele voordelen zitten aan een kistdam. De grondkerende hoogte kan in twee delen worden opgesplitst zodat de haven makkelijker te bereiken is vanaf het maaiveld. Ook is het aanzicht esthetisch gezien veel vriendelijker dan een enkele damwand.

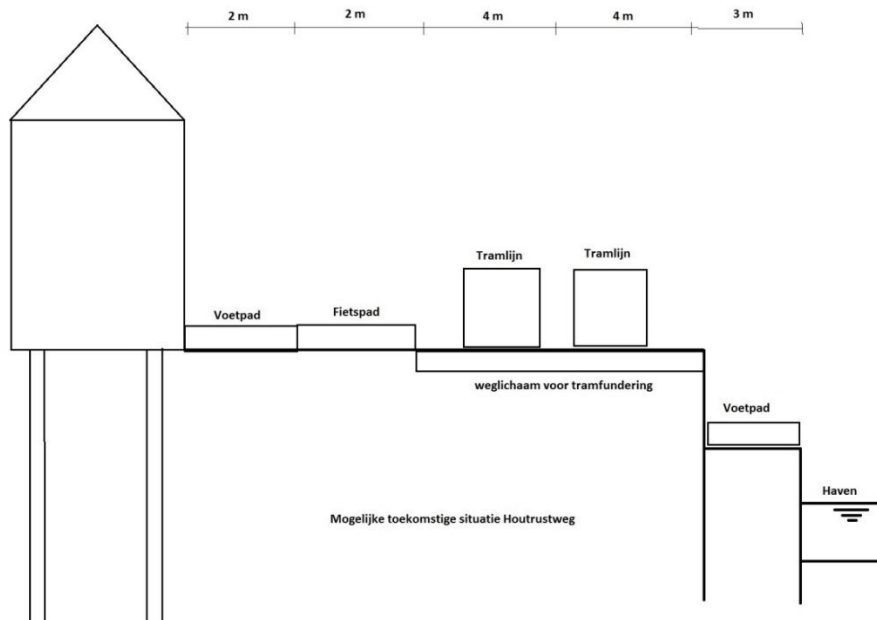
BIJLAGE 24: LEGGERKAART ZEEWERING HOUTRUSTWEG



FIGUUR 31: LEGGERKAART VAN DE HOUTRUSTWEG⁸

BIJLAGE 25: INPASSING KISTDAM IN ONTWERP

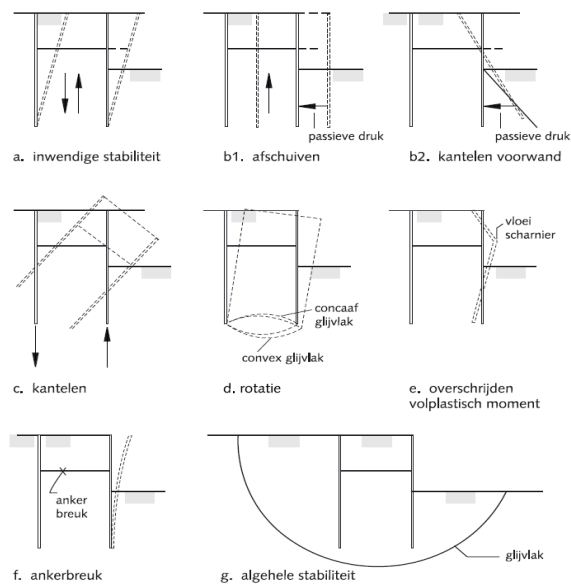
In figuur 32 is duidelijk te zien dat de grondkerende hoogte gesplitst is. Er is ruimte voor een voetpad rond de nieuwe haven. Het voetpad zal ongeveer 3,5 meter onder het maaiveld liggen om een gemakkelijke verbinding tussen de steiger en het voetpad te maken. De extra benodigde ruimte zal echter geen effect hebben op de havencapaciteit. Vanwege de afmetingen van het bassin is er geen mogelijkheid om een extra steiger in het midden van het water te plaatsen. De redenering hierachter is te vinden in bijlage 51.



FIGUUR 32: INPASSING KISTDAM AAN DE HOUTRUSTWEG

⁸ <https://www.hhdelfland.nl/overheid/beleid-en-regelgeving/documenten-leggerkaart-zeevering>

BIJLAGE 26: BEZWIJKMECHANISMEN VAN EEN KISTDAM



FIGUUR 33: BEZWIJKMECHANISMEN KISTDAM⁹

Een kistdam kan op veel manieren bezwijken, afhankelijk van het ontwerp en de belastingstoestand. Alle mogelijke bezwijkmechanismen dienen te worden geanalyseerd en door middel van berekening te worden gecontroleerd.

Onvoldoende inwendige stabiliteit (a)

Door overschrijden van de maximaal opneembare schuifspanning in de grond binnen de twee damwanden van de kistdam is deze niet vormvast en gaat het dwarsprofiel vervormen tot een parallellogram.

Grondbreuk ter plaatse van de polderwand (b1, b2)

De passieve kracht tegen de polderwand is te gering om de aanwezige belasting op te nemen. Hierdoor zal de kistdam afschuiven of zal de wand aan de waterzijde kantelen

Kantelen of rotatie van de kistdam (c, d)

Kantelen treedt op als de som van de aandrijvende momenten groter is dan de som van de weerstandsbiedende momenten ten opzichte van een punt onder of in de kistdamvulling langs een gekromd glijvlak dat concaaf of convex door de onderkanten van de wanden verloopt.

Bereiken van het volplastisch moment van de damwand (e)

Hierdoor zal er plaatselijk in de damwand vloeï optreden.

Ankerbreuk (f)

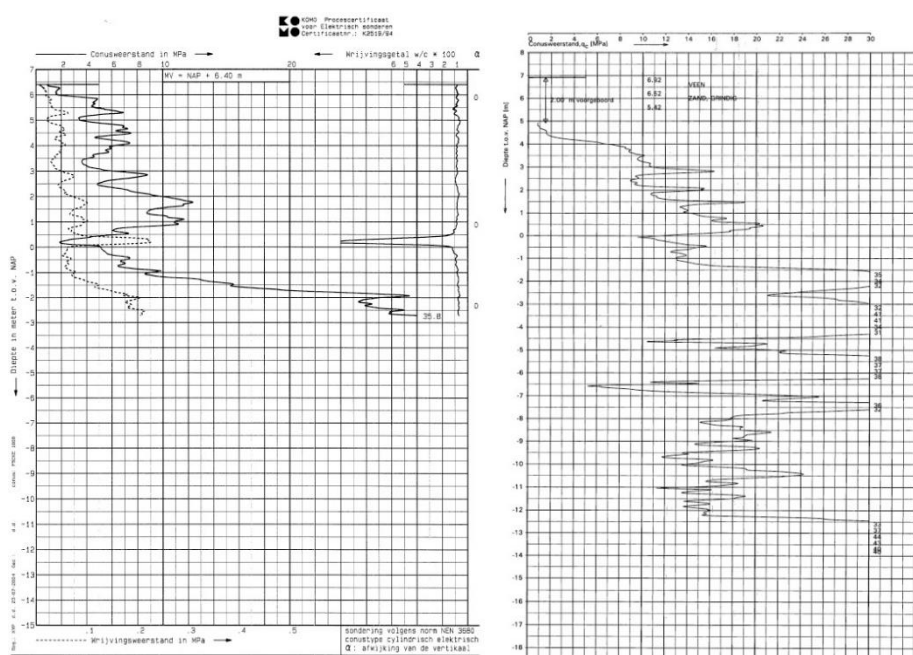
De ankerkracht is groter dan de maximaal opneembare kracht, waardoor het anker zal vloeien en/of breken en de samenwerking tussen de twee damwanden verloren gaat.

Onvoldoende uitwendige stabiliteit (g)

De kistdam wordt als een vast lichaam opgevat. Stabiliteitsverlies kan ontstaan door instabiliteit van het talud door een diep (recht of cirkelvormig) glijvlak.

⁹ <http://repository.tudelft.nl/view/hydro/uuid%3Ac47bb825-7ef9-4446-8b13-76afa66d112d/>

BIJLAGE 27: GRONDONDERZOEK



FIGUUR 34: LINKS: SONDERING DUINDORP, RECHTS: SONDERINGEN HOUTRUSTWEG¹⁰

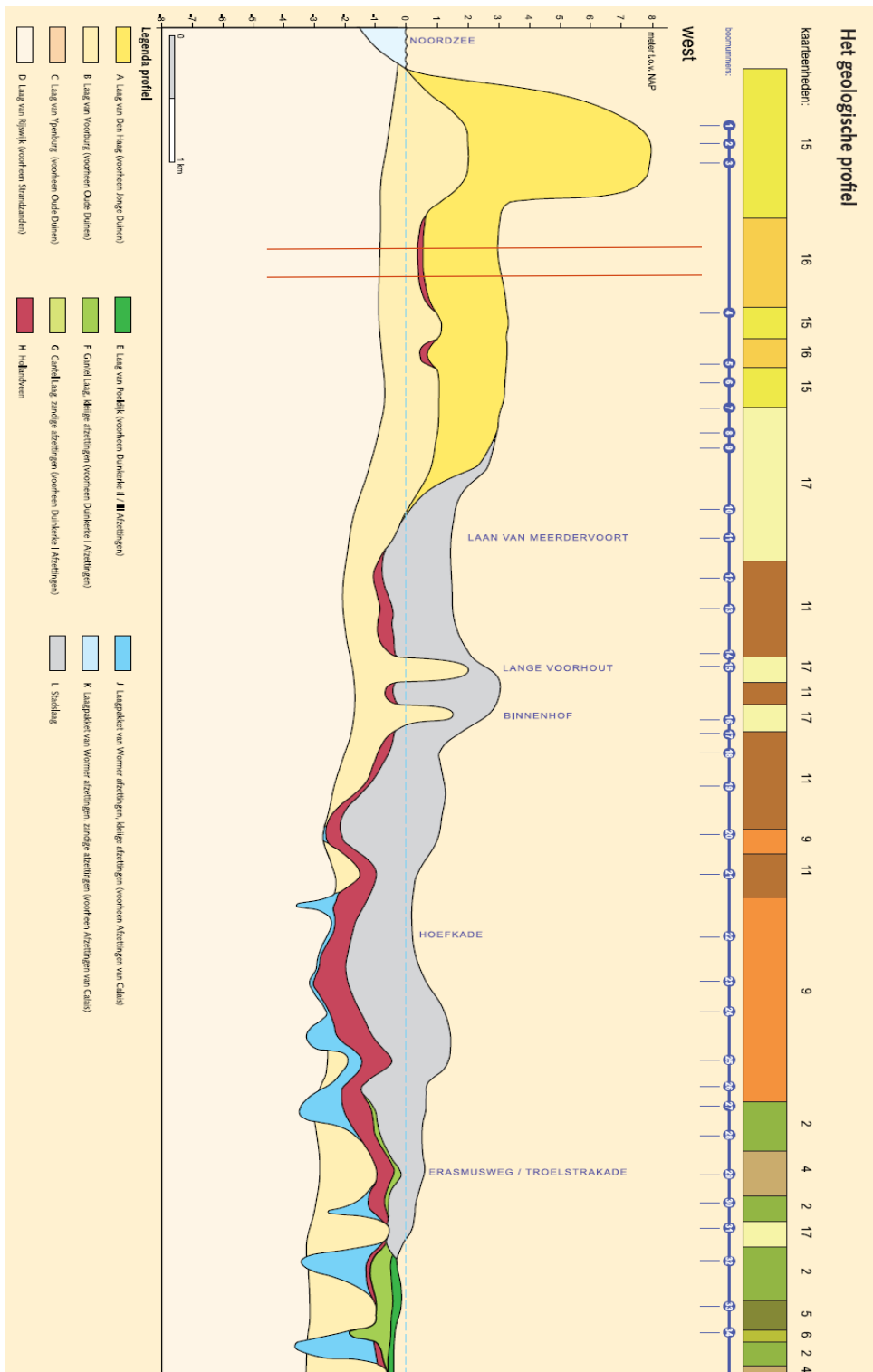
Er zijn twee sonderingen bekend van de omgeving. De rechter is van een punt op de Houtrustweg en de linker is van een locatie in Duindorp. Echter is er in de sondering van de Houtrustweg geen kleeftgetal gemeten. Dit is noodzakelijk om te bepalen welke grondsoort het betreft. Er is wel duidelijk te zien dat de draagkracht van de lagen afneemt rond NAP -8,0 meter. De sondering van Duindorp geeft wel een kleeftgetal en daar kan het wrijvingsgetal mee bepaald worden. Er is te zien dat er tot een diepte van NAP -3 meter een zandlaag zit. De sprong op NAP is wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een dunne laag klei of veen. Omdat er geen duidelijke conclusies kunnen worden getrokken uit de sonderingen zal bij de uitvoering eerst een grondonderzoek plaatst moeten vinden. Er wordt voor nu aangenomen dat het volledige bed uit zand bestaat.



FIGUUR 35: MAATGEVENDE ZANDLAAG IN HET GEBIED⁸.

Voor een betere classificatie van de zandsoort is er gekeken naar de laagopbouw van de zandlagen in Den Haag en Rijswijk, zie figuur 35. Het blijkt dat de zandlaag die in het bassin voorkomt grotendeels bestaat uit de Rijswijkse zandlaag. Na meer onderzoek konden er geen technische eigenschappen worden verworven over deze lagen. Echter kan er wel geconcludeerd worden dat het zand niet egaal is. Dit kan gesteld worden aan de hand van figuur 36. Hier is duidelijk op te zien dat de laag van Haags zand tot een diepte van NAP +1,0 meter strekt. Vervolgens is er sprake van een dunne laag Hollands veen (dit verklaard meteen de piek in de sondering van Duindorp). Hieronder strekt zich de laag van Voorburg uit tot een diepte van NAP -1,0 m. Vanaf deze diepte is de grond egaal met zand uit de Rijswijkse laag.

¹⁰ <https://www.dinoloket.nl/>



FIGUUR 36: ZANDLAAGOPBOUW DEN HAAG¹¹

¹¹ <http://www.denhaag.nl/home/bewoners/to/Geologische-kaart.htm>

Omdat de technische eigenschappen van deze lagen niet gevonden konden worden, zal er worden aangenomen dat het onderliggende grondmateriaal volledig homogeen zand is.

Voor zand zijn globale eigenschappen bekend en staan weergegeven in de tabel 12

Soil type			Representative value ^{a)} of the soil property													
Main type	mix	consistency ^{b)}	γ ^{c)}	γ_{sat}	q_u ^{d)}	C_p	C_c	$C_c / (1+e_0)$ ^{e)}	C_α ^{f)}	$C_{sw} / (1+e_0)$ ^{g)}	E_{100} ^{h)}	ϕ ⁱ⁾	c'	$c_u (= f_{und})$		
			kN/m ³	kN/m ³	Mpa	-	-	-	-	-	Mpa	°	kPa	kPa		
gravel	slightly silty	loose	17	19	15	500	∞	0,0046	0	0,0015	45	32,5	0	-		
		moderate	18	20	25	1000	∞	0,0023	0	0,0008	75	35	0	-		
		solid	19	20	21	22	30	1200 1400	∞	0,0019	0,0016	0	0,0006 0,0005	90	37,5 40	0
	greatly silty	loose	18	20	10	400	∞	0,0058	0	0,0019	30	30	0	-		
		moderate	19	21	15	600	∞	0,0038	0	0,0013	45	32,5	0	-		
		solid	20	21	22	22,5	25	1000 1500	∞	0,0023	0,0015	0	0,0008 0,0005	75 110	35 40	0
sand	clean	loose	17	19	5	200	∞	0,0115	0	0,0038	15	30	0	-		
		moderate	18	20	15	600	∞	0,0038	0	0,0013	45	32,5	0	-		
		solid	19	20	21	22	25	1000 1500	∞	0,0023	0,0015	0	0,0008 0,0005	75 110	35 40	0
	slightly silty clayey	loose	18	19	20	21	12	450 650	∞	0,0051	0,0035	0	0,0017 0,0012	35 50	27 32,5	0
		moderate	19	20	21	22	15	600	∞	0,0038	0,0023	0	0,0013	45	32,5	0
		solid	20	21	22	22,5	25	1000 1500	∞	0,0023	0,0015	0	0,0008 0,0005	75 110	35 40	0
greatly silty clayey	loose	18	19	20	21	8	200 400	∞	0,0115	0,0058	0	0,0038 0,0019	15 30	25 30	0	
	moderate	19	20	21	22	15	600	∞	0,0038	0,0023	0	0,0013	45	32,5	0	
	solid	20	21	22	22,5	25	1000 1500	∞	0,0023	0,0015	0	0,0008 0,0005	75 110	35 40	0	

TABEL 12: ALGEMENE GRONDEIGENSCHAPPEN¹²

Omdat de eigenschappen van het zand op locatie niet bekend zijn, wordt er gekozen voor de meest ongunstige situatie voor de modelering. Dit impliceert het gebruik van los zand met een droog en nat volumiek gewicht van respectievelijk 17 kN/m³ en 19 kN/m³. Voor de hoek van inwendige wrijving geldt $\phi = 30$ graden.

Voor het damwandmodel van zijn echter meerder eigenschappen nodig. De wandwrijvingshoek is bijvoorbeeld nodig om de het uitwendige glijkvak te bepalen, zie tabel 13. Voor het gemak wordt er een half ruwe wand aangenomen. De wandwrijvingshoek wordt dan $\delta = 2/3 \phi$.

Qualitative description wall surface	More specific definition Roughness wall surface	Wall friction angle δ	
		Straight slip surface	Curved slip surface
Toothed	$> 10 d_{50}$	$2/3 \phi'_k$	$\leq \phi'_k$
Rough	$0.5 d_{50} - 10 d_{50}$	$2/3 \phi'_k$	$\leq \phi'_k - 2.5^\circ$ with a maximum of 27.5°
Half rough	$0.1 d_{50} - 0.5 d_{50}$	$2/3 \phi'_k$	$2/3 \phi'_k$
Smooth	$0.1 < d_{50}$	0°	0°

TABEL 13: WRIJVINGSHOEK DAMWAND¹²

Voor het PLAXIS model is het nodig om de doorlatingscoefficient te weten. Ook hier wordt gekozen voor een ongunstige situatie en zal de coefficient k dus een waarde krijgen van 10^{-3} m/s.

Soil type	k [m/s]
Gravel	10^{-2}
Coarse sand	10^{-3}
Moderately coarse to moderately fine sand	10^{-3} to 10^{-4}
Fine sand	10^{-4} to 10^{-5}
Clay	10^{-9} to 10^{-11}

TABEL 14: DOORLATINGSCOEFFICIENTEN¹²

Voor het model van de verend opgelegde ligger zijn de beddingsconstanten van het zandmateriaal vereist In tabel 15 staan deze gegeven voor zand. Er wordt uigegaan van los zand. Voor een ontwerpfase wordt standaard k_{low} gebruikt.

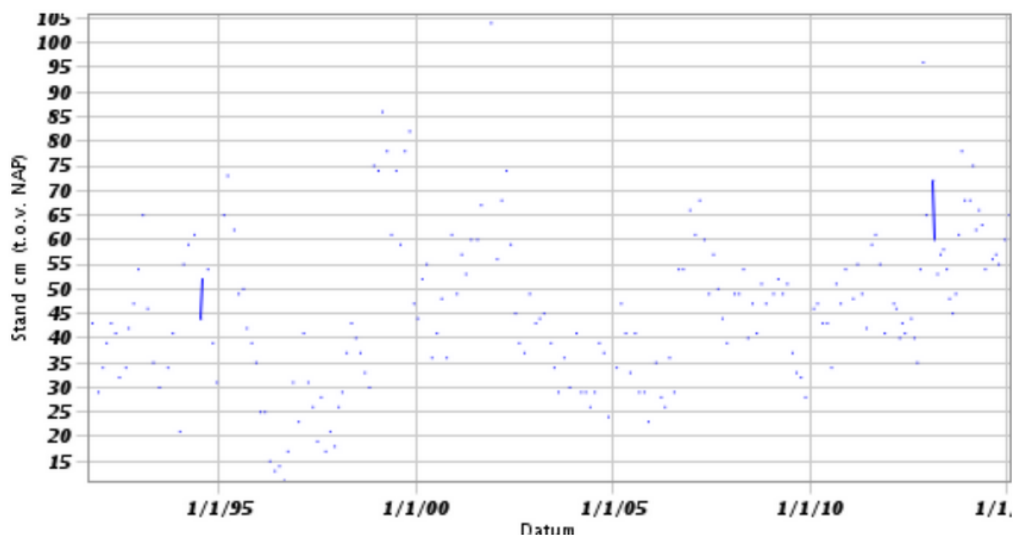
	q_c [MPa]	k_1 [kN/m ³]		k_2 [kN/m ³]		k_3 [kN/m ³]	
		k_{low}	k_{high}	k_{low}	k_{high}	k_{low}	k_{high}
sand							
loose	5	12000	27000	3270	7360	1000	2250
moderate	15	20000	45000	5460	12270	1670	3750
firm	25	40000	90000	10900	24550	3330	7500

TABEL 15: BEDDINGSCONSTANTEN¹²

BIJLAGE 28: BEPALING WATERSTANDEN EN KADEMUURHOOGTE

GRONDWATERSTAND

In figuur 37 zijn peilmetingen af te lezen uit de afgelopen 25 jaar van een locatie op de Houtrustweg. De gemiddelde grondwaterstand ligt volgens deze grafiek op NAP + 0,4 meter. De hoogst gemeten grondwaterstand is NAP + 1,05 meter. Voor het ontwerpen van de damwanden heeft een hoog grondwaterpeil een negatieve werking op de constructie. Om aan de veilige kant te zitten wordt er dus aangenomen dat het grondwaterpeil op NAP + 1,0 meter staat.



FIGUUR 37: PEILMETINGEN HOUTRUSTWEG VAN DE AFGELOPEN 25 JAAR TEN OPZICHTE VAN NAP

HAVENWATERSTAND EN KADEMUURHOOGTE

Het waterpeil in de gaan haven zal fluctueren met het getij. Dat wil zeggen dat het laagste waterpeil (LAT) in de haven is NAP -0,72 m. Dit waterpeil is maatgevend wanneer de damwandberekeningen worden uitgevoerd, omdat deze waterdruk een positief effect heeft op de stabiliteit.

Het hoogste stormpeil is NAP + 5,15 meter. Aangenomen dat het stormpeil dat eens in de 10000 jaar voorkomt zal worden gehaald. De stormvloedkering zal dan in werking treden, echter kan het voorkomen dat het gemaal het bassin tot boven dit peil zal volpompen om de achterliggende stad te beschermen. De vraag is dan op welke hoogte wordt de eerste kademuur van de haven geplaatst? Volgens een verslag van atelier groenblauw omtrent de bouw rond de haven zijn de huidige kademuren geplaatst op NAP +4,5 m. De nieuwe kademuren in de derde haven zullen volgens hen ontwikkeld worden op deze hoogte. Echter, volgens de frequentietabel in bijlage 42 zal een hoogte van 4,5 meter op dit moment eens in de 1250 jaar voorkomen en dit zal over 100 jaar eens in de 300 jaar zijn. Omdat er toch minstens aan de eis van eens in de 500 jaar voldaan moet worden volgens dit verslag zal de eerste kademuur op een hoogte van 4,7 meter worden geplaatst. Dit biedt voldoende veiligheid en er mag volgens het beleid 'waterrobuust bouwen' van de gemeente Den Haag en Hoogheemraadschap van Delfland ook gebouwd worden op deze hoogte zolang het geen woningbouw is.

BIJLAGE 29: BLUM'S METHODE

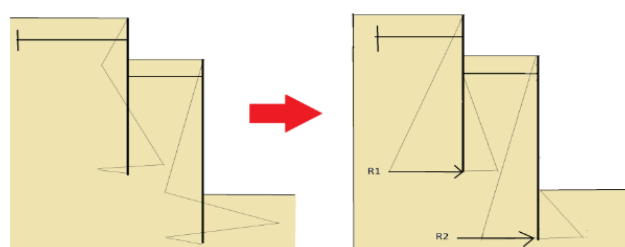
Blum heeft een benaderend analytisch model gemaakt voor de berekening van verankerde wanden. In de modellen van Blum wordt er uitgegaan van een volledige plastische ontwikkeling van de grondweerstand en de gronddruk. Voor een verankerde damwand wordt de wand als flexibel gemodelleerd in tegenstelling tot het model voor een onverankerde damwand. Volgens de methode zal op basis van horizontaal evenwicht en momentevenwicht de inheidiepte te bepalen zijn. Hier wordt uitgegaan dat de wand in de bodem ingeklemd is en er een oplegging op het ankerpunt bevindt. Om te compenseren voor de spanning aan de onderkant van de damwand zal er een vervangende kracht worden geplaatst op het laagste punt in de wand. In figuur 38 is het model van Blum's methode duidelijk weergegeven voor het model van de kistdam. Echter stelt Blum dat het model empirisch bepaald is en dat de inheidiepte met 20% vergroot moet worden om voor het model te compenseren en tot een werkelijke inheidiepte te komen.

Voor het bepalen van de momentlijn, de dwarskrachtenlijn en de verplaatsing wordt gebruik gemaakt van de volgende differentiaalvergelijking:

$$-EI * \frac{d^4 w(x)}{dx^4} = f(x)$$

Waarin:

w = Verplaatsing [m]
 $f(x)$ = Belasting op de damwand



FIGUUR 38: MODEL VAN BLUM TOEGEPAST OP DE KISTDAM

Voor de damwanden gelden de randvoorwaarden van een uitkragende ingeklemde ligger:

$$x = 0: V = -EI * \frac{d^3 w}{dx^3} = 0, x = 0: M = -EI * \frac{d^2 w}{dx^2} = 0, x = l: w = 0, x = l: \varphi = -EI * \frac{dw}{dx} = 0$$

AANPAK

De stappen voor de methode van Blum zijn als volgt:

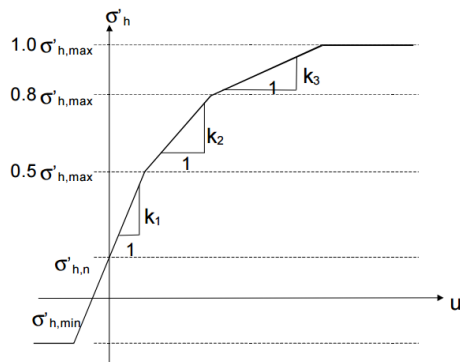
1. Eerst worden de actieve en passieve horizontale gronddrukken op de damwanden gedefinieerd als functies van de diepte van de damwanden
2. De functies worden met los van elkaar opgelost met de differentiaalvergelijking en de gegeven randvoorwaarden.
3. De losse functies voor de verplaatsing en het moment worden bij elkaar opgeteld.
4. Er wordt een oplossing gezocht voor zes onbekenden met zes vergelijkingen:
 - a. De som van de momenten om het laagste punt in beide damwanden is nul.
 - b. De som van de horizontale krachten in beide damwanden is nul.
 - c. De verplaatsing bij het eerste ankerpunt is nul.
 - d. De verplaatsing bij het verbindingsanker is in beide damwanden gelijk.
5. De zes onbekenden die uit deze vergelijkingen volgen zijn:
 - a. De diepte van beide damwanden [m]
 - b. De twee ankerkrachten [kN]
 - c. De resulterende kracht onderaan beide damwanden.[kN]

Om de laatste vergelijking op te kunnen stellen is er een aanname gemaakt dat er een stempel gebruikt wordt als anker en dat deze oneindig stijf is. Een overzicht van alle aannames voor de modellen zijn te vinden in bijlagen 37 en 38.

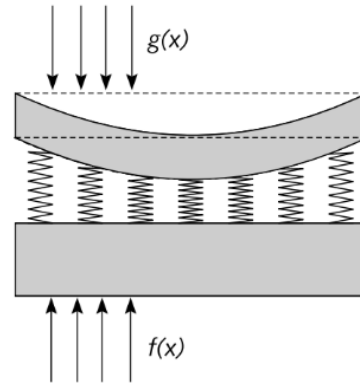
BIJLAGE 30: METHODE VAN DE VEREND OPGELEGDE LIGGER VAN WINKLER

In dit model zullen de actieve en passieve belastingen afhangen van de verplaatsing van de grond. Als er geen grondverplaatsing geconstateerd is zal er sprake zijn van een neutrale belasting en wordt er dus gebruik gemaakt van de neutrale coëfficiënt van de horizontale gronddruk K_0 .

De weerstand van de verplaatsingen van de grond worden in rekening gebracht door middel van horizontale beddingsconstanten. Deze beddingsconstanten k zijn afhankelijk van de horizontale spanning-verplaatsings relatie van het beschouwde grondtype. In figuur 39 is een overzicht te vinden wanneer welke k -waarde wordt gebruikt. Een tabel met de verschillende k waarden is te vinden in bijlage 27.



FIGUUR 39: SPANNING-VERPLAATSINGS DIAGRAM¹²



FIGUUR 40: MEHTODE VEREND OPGELEGDE LIGGER¹³

Het resultaat van het probleem wordt gebaseerd op de evenwichtsvergelijkingen, de constitutieve en kinematische vergelijkingen. Er volgt een differentiaalvergelijking:

$$EI * \frac{d^4 w}{dx^4} = f(x) - g(x)$$

Waarin:

- W = Verplaatsing [m]
- $f(x)$ = Belasting op de damwand [kN/m²]
- $g(x)$ = Reactie van het elastische grondmateriaal [kN/m²]

In deze functie geldt $g(x) = k * w$ waarin k de beddingsconstante van de grondsoort is.

Voor de damwand gelden de randvoorwaarden van een verend opgelegde ligger:

$$x = 0: V = -EI * \frac{d^3 w}{dx^3} = 0, \quad x = 0: M = -EI * \frac{d^2 w}{dx^2} = 0, \quad x = l: M = -EI * \frac{d^2 w}{dx^2} = 0,$$

$$x = l: V = -EI * \frac{d^3 w}{dx^3} = 0$$

¹² https://blackboard.tudelft.nl/bbcswebdav/pid-2424680-dt-content-rid-8254943_2/courses/32072-141503/Bretschneider_original_equation.pdf

AANPAK

De stappen voor de methode van de verend opgelegde ligger zijn als volgt

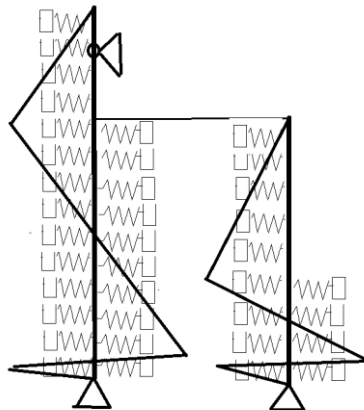
- Eerst worden alle actieve en passieve horizontale gronddrukken die werken op de damwanden bepaald
- Vervolgens worden er functies opgesteld voor alle actieve en passieve horizontale gronddrukken als functies van de diepte
- De differentiaalvergelijking wordt opgedeeld in drie delen om de verschillende k-waardes op te nemen in het model.
- De Differentiaalvergelijking ziet er dan als volgt uit:

$$-EI * \frac{d^4w}{dx^4} + k1 * w = 0,5 * f(x)$$

$$-EI * \frac{d^4w1}{dx^4} + k2 * w1 = 0,3 * f(x)$$

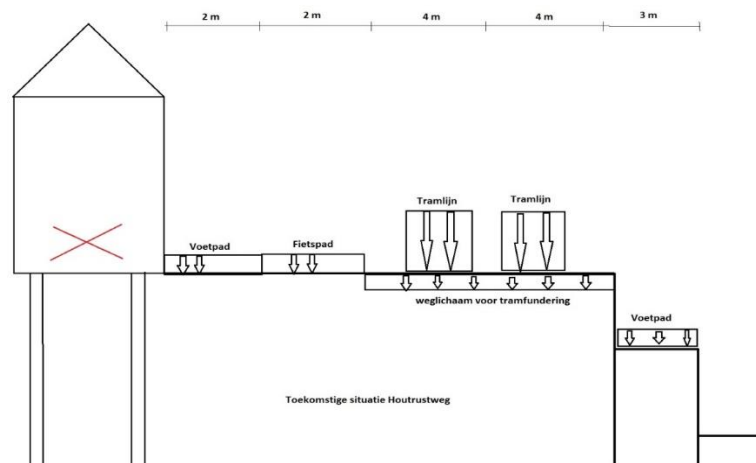
$$-EI * \frac{d^4w2}{dx^4} + k3 * w2 = 0,2 * f(x)$$

- Vervolgens worden de functies voor de actieve en passieve gronddrukken voor elke damwand apart opgelost met de randvoorwaarden van een verend opgelegde ligger.
- Na een optelling kunnen de momentlijn, dwarskrachtenlijn en de verplaatsingen worden bepaald.
- Er volgt nu een systeem met vier onbekenden en vier vergelijkingen:
 - De verplaatsing op het eerste ankerpunt is nul.
 - De verplaatsing bij het tussenanker is gelijk in beide damwanden.
 - De som van de horizontale krachten is nul in beide damwanden.
- De onbekenden zijn in dit geval:
 - De diepte van beide wanden [m].
 - De ankerkrachten van beide ankers [kN].



FIGUUR 41: MODEL KISTDAM ALS VEREND OPGELEGDE LIGGERS

BIJLAGE 31: MODEL VOOR EXTERNE BELASTINGEN



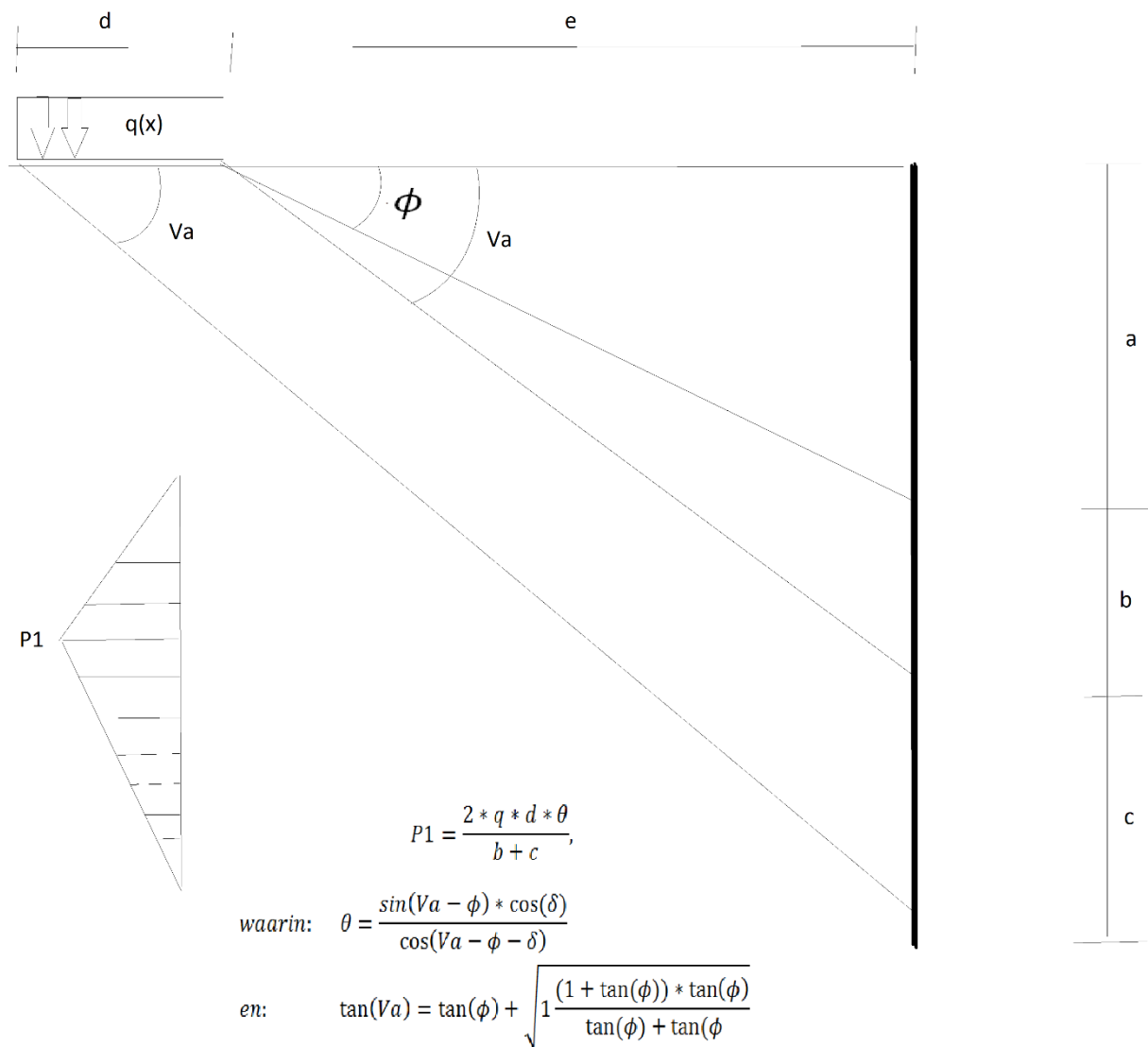
FIGUUR 42: MODEL EXTERNE BELASTINGEN

Voor de bepaling van de externe belastingen zijn een aantal aannames gemaakt:

- Voor het voetpad geldt een belasting die ook in een gebouw wordt gebruikt om vloeren te berekenen. Deze belasting is gelijk aan $2,5 \text{ kN/m}^2$ het gewicht van de tegels wordt verwaarloost.
- Voor het fietspad geldt dezelfde belasting als voor het voetpad.
- Het gewicht van de tram wordt als verdeelde belasting beschouwd, echter zijn dit normaal puntlasten onder de wielen. Een tram heeft een vol gewicht van $8,75 \text{ kN/m}^2$. Dit is bepaald door het lege gewicht van een Haagse tram te nemen en daar het aantal passagiers $\times 80 \text{ kg}$ aan toe te voegen.
- Het weglichaam voor de tramfundering wordt boven de damwand aangenomen en bestaat uit een 0,3 meter asfalt en betonnen railsopleggingen. De belasting zal dan ongeveer 23 kN/m^2 zijn.
- Dynamische belastingen worden niet meegenomen. Dit volgt uit het feit dat deze belastingen niet in de richting van de damwand zullen werken, maar in de richting van de weg.
- De huizen zijn op palen gefundeerd en zullen geen belasting uitvoeren op de grond.

De aannames die zijn gemaakt zijn tot op een zekere hoogte realistisch. Het zou bijna nooit voorkomen dat de belastingen tegelijk werken, echter is de kans hierop over 100 jaar wel erg groot. In het model dat er wordt opgesteld kunnen deze verdeelde belastingen aangepast worden. Er wordt gerekend in UGT, dus de variabele belastingen zullen met een veiligheidsfactor van 1,5 vermenigvuldigt worden en het eigen gewicht met een factor 1,2. Gelijkijdigheidsfactoren worden verwaarloost. Het kan gebeuren dat er een over dimensionering plaatsvindt. Echter zijn dit waarschijnlijk niet de enige externe belastingen die op het systeem werken. Indien er nog andere belastingen verwacht worden kunnen deze gemakkelijk in het model toegevoegd worden.

Om de belastingen op de damwand te berekenen van deze verdeelde belastingen kan er gebruik worden gemaakt van de volgende benadering van de horizontale druk op de damwand:



FIGUUR 43: BENADERING HORIZONTALE DRUK TEN GEVOLGE VAN EEN VERDEELDE BELASTING OP HET MAAIVELD

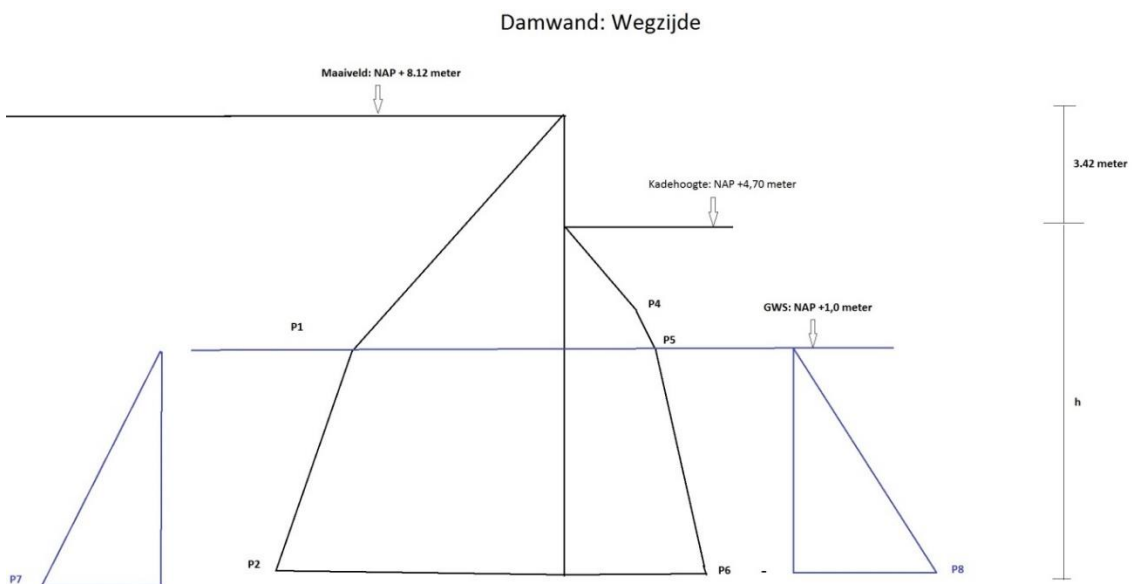
Er is te zien dat deze lasten onafhankelijk zijn van de inheidiepte met het resultaat dat de gebruikelijke vergeet-me-nietjes om van deze lasten de zakking te bepalen niet mogelijk is.

BIJLAGE 32: HORIZONTALE DRUKBEREKENINGEN VAN GROND EN WATERSPANNINGEN.

In deze bijlage is zijn de effectieve drukken de grond en waterspanningen berekend. Een model van beide damwanden staan in de onderstaande figuren.

HORIZONTALE DRUKLIJNEN OP DE DAMWAND AAN DE WEGZIJDE

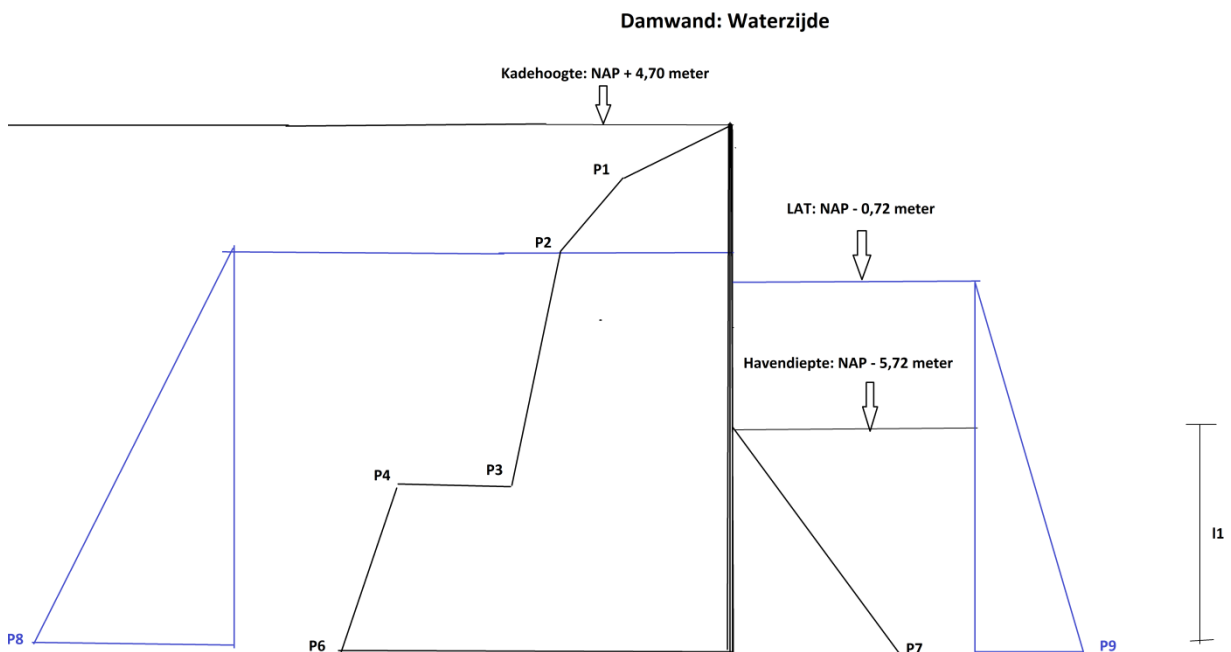
Aan de actieve kant worden de drukken P1, P2 en P7 bepaald door de een standaard berekening voor effectieve gronddruk. Deze drukken werken als actieve druk op de damwand en zullen dus worden vermenigvuldigt met de actieve druk coëfficiënt K_a om tot een horizontale belasting te komen. Aan de passieve kant van de damwand aan de wegzijde is gebruik gemaakt van de een gereduceerde werking van het grondlichaam erboven. Er is duidelijk te zien dat tot punt P4 de druklijn een normaal pad volgt. Vanaf een bepaalde diepte zal de helling van deze effectieve druklijn afnemen tot aan de waterlijn. P5 wordt vervolgens bepaald door de een gereduceerde waarde te gebruiken. In bijlage 33 is een uitleg gegeven over hoe deze gereduceerde gronddruk berekend is. Ook P6 is zo bepaald. De drukken P4, P5 en P6 werken aan de passieve zijde van de damwand en zullen vermenigvuldigt worden met de passieve druk coëfficiënt K_p om tot een horizontale belasting te komen.



FIGUUR 44: HORIZONTALE GRONDDRUKKEN IN DE DAMWAND AAN DE WEGZIJDE

HORIZONTALE DRUKLIJNEN OP DE DAMWAND AAN DE WATERZIJDE

Op de damwand aan de waterzijde is de bepaling van de druklijnen ingewikkelder. De procedure voor P1 en P2 zijn hetzelfde. Echter zal de damwand aan de wegzijde op een bepaald punt ophouden. Hier treedt een druksprong als gevolg van een plotselinge volledige werking van het bovenliggende grondlichaam. De waarde van P3 en P4 zijn dus afhankelijk van de diepte van de wand aan de wegzijde. Dit zorgt voor een extra variabele in de bepaling van de inheidiepte van deze wand. In principe is deze afhankelijkheid de enige afhankelijkheid die de wanden met elkaar delen. Daarnaast delen ze alleen de trekkracht in het verbindingsanker, maar deze is onafhankelijk van elke onbekende variabele en daarom geen probleem in de modelering. De positie van P3 en P4 is niet exact op het punt waar de damwand aan de wegzijde ophoudt. Met behulp van de actieve gronddrukhoek en de afstand tussen de wanden kan deze diepte bepaald worden. De actieve en passieve effectieve drukken worden vervolgens vermenigvuldigt met de coëfficiënten K_a of K_p om de horizontale belasting te verkrijgen.



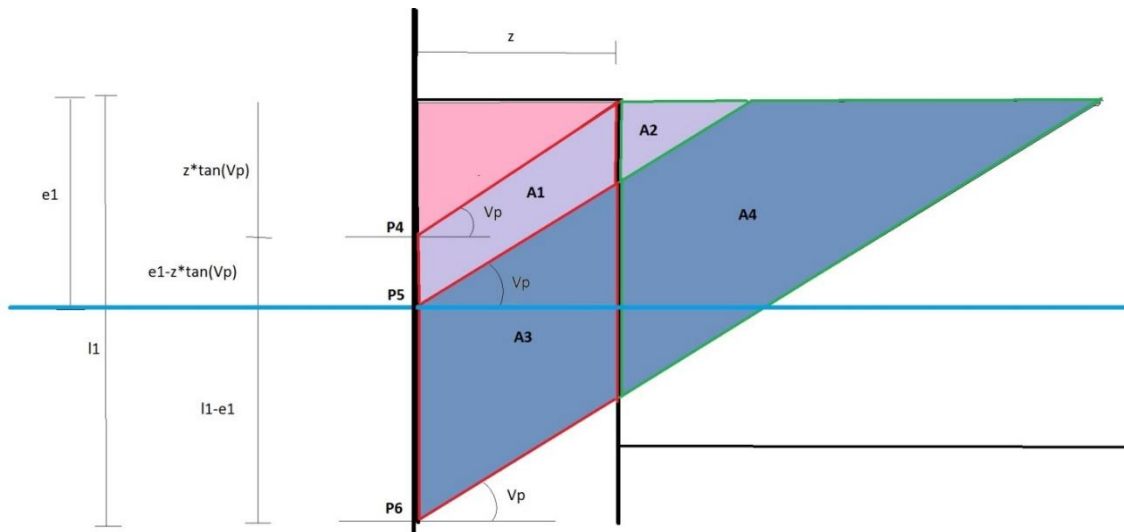
FIGUUR 45: HORIZONTALE GRONDDRUKKEN IN DE DAMWAND AAN DE WATERZIJDE

De gevonden horizontale drukwaardes zijn te vinden in bijlage 34.

BIJLAGE 33: BEREKENING GEREDUCEERDE GRONDDRUK IN DE KISTDAM

Om de drukken in de kistdam te bepalen kan er niet gerekend worden met de normale methode om de drukken te berekenen (diepte*volumiek gewicht). Het de belasting van het bovenliggende grondlichaam werkt namelijk onder een hoek naar boven. Bij actieve drukken is deze hoek gelijk aan V_a en bij passieve drukken gelijk aan V_p . Hiervoor wordt er aangenomen de passieve lijn lineair is. Echter is deze in de realiteit parabolisch van verloop. V_p kan bij benadering gelijk worden gesteld aan de hoek van inwendige wrijving ϕ . V_a kan berekend worden met de volgende vergelijking:

$$\tan(V_a) = \tan(\phi) + \sqrt{1 + \frac{(1 + \tan(\phi)) * \tan(\phi)}{\tan(\phi) + \tan(\phi)}}$$



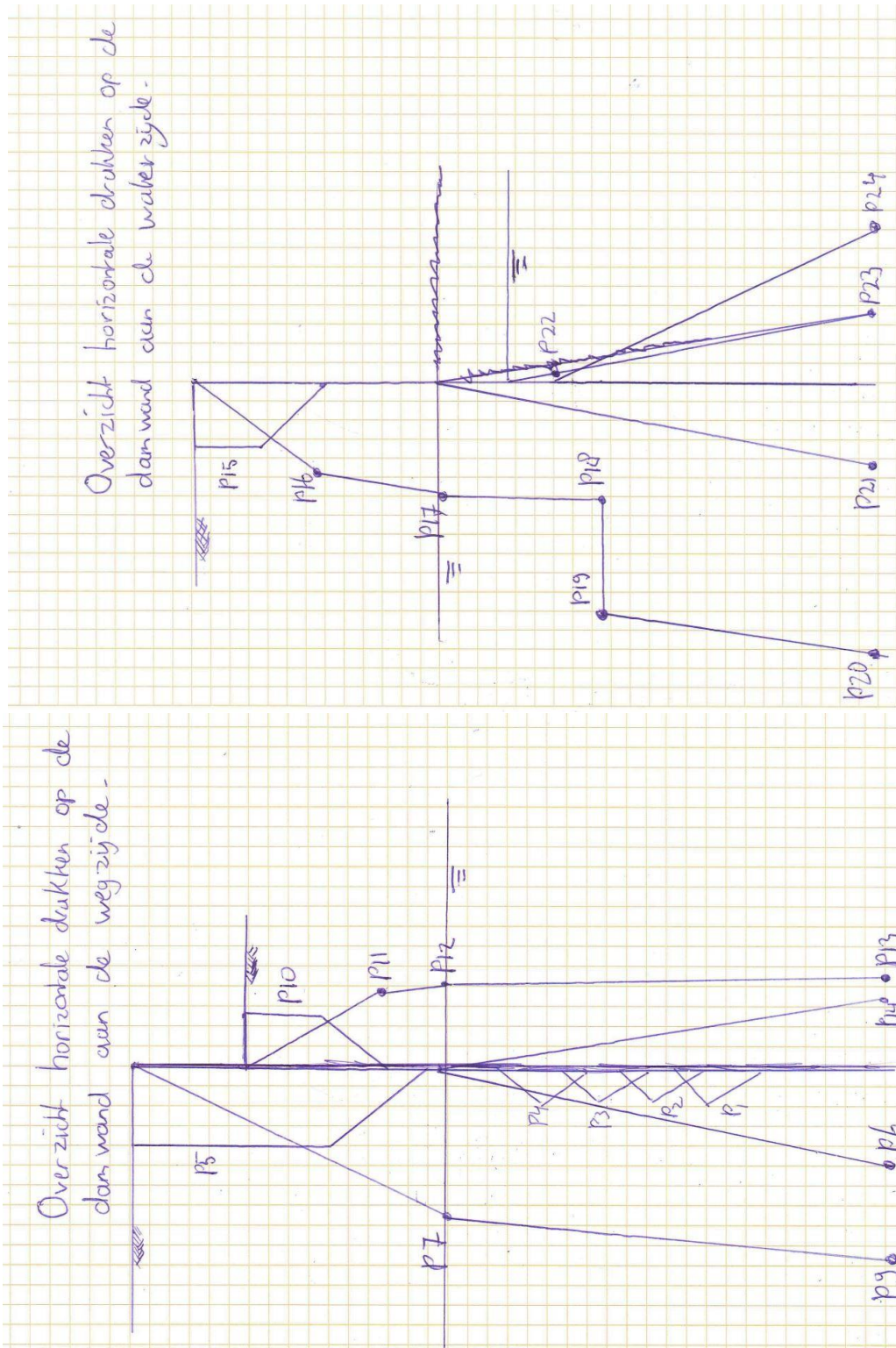
FIGUUR 46: MODEL GRONDDRUKREDUCERING

In figuur 46 is te zien hoe de drukken P_4 , P_5 en P_6 worden bepaald. Eerst wordt P_4 bepaald op normale wijze. P_4 zit op een diepte van $z * \tan(V_p)$. Vanaf deze diepte zal de gereduceerde werking van het bovenliggende grondlichaam optreden. P_5 ligt op de grondwaterlijn en wordt bepaald door het diepteverschil van P_5 en P_4 te bepalen en te vermenigvuldigen met de het totale volumiek gewicht van een droge zandgrond. Deze waarde wordt vervolgens vermenigvuldigt met de oppervlakteverhouding $A_1 / (A_1 + A_2)$. Deze gereduceerde druk wordt opgeteld bij P_4 om P_5 te verkrijgen. Pas hierna wordt P_5 vermenigvuldigt met K_p om de horizontale belasting te berekenen. Hetzelfde wordt gedaan voor P_6 . In formulevorm:

$$P_6 = K_p * (P_5 + (l_1 - e_1) * \gamma' * \frac{A_3}{A_3 + A_4})$$

Een lijst met formules voor alle 26 drukwaardes uitgedrukt in h en l_1 (dieptes van de damwanden) is te vinden in de volgende bijlage.

BIJLAGE 34: DRUKWAARDES



FIGUUR 47: GRONDDRUKKEN TEN GEVOLGE VAN ALLE BELASTINGEN OP DE WANDEN

$$\begin{aligned}
P1 &:= \frac{2 \cdot q2 \cdot a \cdot \text{theta}}{l - j}; & P1 &:= 0.4488891370 \\
P2 &:= \frac{2 \cdot q3 \cdot b \cdot \text{theta}}{o - m}; & P2 &:= 0.7443191938 \\
P3 &:= \frac{2 \cdot q4 \cdot d \cdot \text{theta}}{r - p}; & P3 &:= 1.973799414 \\
P4 &:= \frac{2 \cdot q4 \cdot d \cdot \text{theta}}{u - s}; & P4 &:= 3.469996384 \\
P5 &:= q5 \cdot Ka; & P5 &:= 0.8333630528 \\
P6 &:= y \cdot \text{psi3}; & P6 &:= -41.20 + 10 h \\
P7 &:= x0 \cdot \text{psi1} \cdot Ka; & P7 &:= 40.34810556 \\
P9 &:= (x0 \cdot \text{psi1} + y \cdot \text{psi2} - P6) \cdot Ka; & P9 &:= 27.98766476 + 3.000106990 h \\
P10 &:= q4 \cdot Kp; & P10 &:= 29.99893014 \\
P11 &:= c1 \cdot \text{psi1} \cdot Kp; & P11 &:= 88.32829090 \\
P12 &:= (c1 \cdot \text{psi1} + A1 \cdot \text{psi1} \cdot f1) \cdot Kp; & P12 &:= 192.7147616 \\
P13 &:= ((c1 \cdot \text{psi1} + A1 \cdot \text{psi1} \cdot f1) + A2 \cdot \text{psi2} \cdot h1 - y \cdot \text{psi3}) \cdot Kp; \\
& & P13 &:= 316.3103537 + \frac{170.9939018 (-4.12 + h)^2}{-29.40157175 + 7.136303824 h + \frac{1}{2} (-4.12 + h) (1.732112579 h - 7.136303824)} - 29.99893014 h \\
P14 &:= y \cdot \text{psi3}; & P14 &:= -41.20 + 10 h \\
P15 &:= q4 \cdot Ka; & P15 &:= 3.333452211 \\
P16 &:= m1 \cdot \text{psi1} \cdot Ka; & P16 &:= 25.18872983 \\
P17 &:= (m1 \cdot \text{psi1} + A3 \cdot \text{psi1} \cdot (e1 - m1)) \cdot Ka; & P17 &:= 23.27765187 \\
P18 &:= (m1 \cdot \text{psi1} + A3 \cdot \text{psi1} \cdot (e1 - m1) + A4 \cdot \text{psi2} \cdot q1 - q1 \cdot \text{psi3}) \cdot Ka; \\
& & P18 &:= 22.19457508 + \frac{19.00067760 (0.324911450 + h)^2}{1.121059491 + 3.450353907 h} - 3.333452211 h \\
P19 &:= \left(\frac{((e1 + g + q1) \cdot s1 \cdot 0.5) - z \cdot g}{(e1 + g + q1) \cdot s1 \cdot 0.5} \cdot (\text{psi1} \cdot (e1 + g) + \text{psi2} \cdot (q1)) - \text{psi3} \cdot q1 \right) \cdot Ka; \\
& & P19 &:= \frac{0.6666904422 (0.5 (7.444911450 + h) (5.024787243 + 0.6749290810 h) - 9) (127.2133176 + 19 h)}{(7.444911450 + h) (5.024787243 + 0.6749290810 h)} - 1.083076791 - 3.333452211 h \\
P20 &:= \left(\frac{((e1 + g + q1 + r1) \cdot t1 \cdot 0.5) - z \cdot g}{(e1 + g + q1 + r1) \cdot t1 \cdot 0.5} \cdot (\text{psi1} \cdot (e1 + g) + \text{psi2} \cdot (q1 + r1)) - \text{psi3} \cdot (q1 + r1) \right) \cdot Ka; \\
& & P20 &:= \frac{0.6666904422 (0.5 (13.84000000 + ll) (9.341018481 + 0.6749290810 ll) - 9) (248.7200000 + 19 ll)}{(13.84000000 + ll) (9.341018481 + 0.6749290810 ll)} - 22.40079886 - 3.333452211 ll \\
P21 &:= (q1 + r1) \cdot \text{psi3}; & P21 &:= 67.20000000 + 10 ll \\
P22 &:= k1 \cdot \text{psi4}; & P22 &:= 51.0 \\
P23 &:= P22 + ll \cdot \text{psi4}; & P23 &:= 10.2 ll + 51.0 \\
P24 &:= (P22 + ll \cdot \text{psi2} - P23) \cdot Kp; & P24 &:= 26.39905852 ll
\end{aligned}$$

FIGUUR 48: BIJBEHORENDE HORIZONTALE DRUKFORMULES

BIJLAGE 35: FUNCTIES VAN DE VERDEELDE BELASTINGEN

35.1 MAPLE FUNCTIES

De volgende functies konden worden opgesteld voor de wand aan de wegzijde

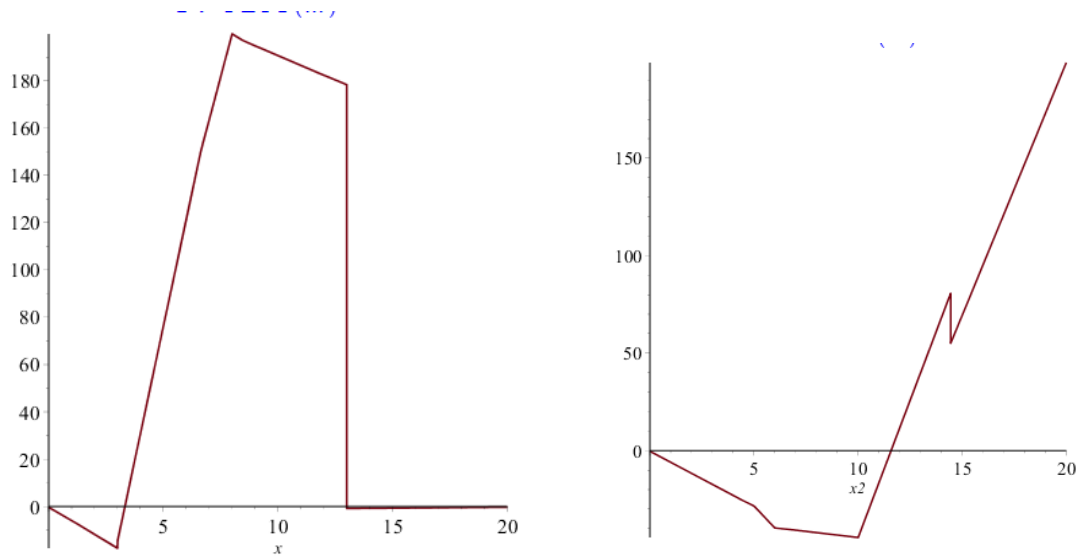
$$\begin{aligned}
 Q1 &:= \left(-\frac{P1}{l-k} \cdot l + \frac{P1}{l-k} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-k) - \text{Heaviside}(x-l)) : \\
 Q2 &:= \left(\left(\frac{P1}{k-j} \right) \cdot j - \left(\frac{P1}{k-j} \right) \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-j) - \text{Heaviside}(x-k)) : \\
 Q3 &:= \left(-\frac{P2}{o-n} \cdot o + \frac{P2}{o-n} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-n) - \text{Heaviside}(x-o)) : \\
 Q4 &:= \left(\left(\frac{P2}{n-m} \right) \cdot m - \frac{P2}{n-m} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-m) - \text{Heaviside}(x-n)) : \\
 Q5 &:= \left(-\frac{P3}{r-q} \cdot r + \frac{P3}{r-q} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-q) - \text{Heaviside}(x-r)) : \\
 Q6 &:= \left(\frac{P3}{q-p} \cdot p - \frac{P3}{q-p} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-p) - \text{Heaviside}(x-q)) : \\
 Q7 &:= \left(-\frac{P4}{u-t} \cdot u + \frac{P4}{u-t} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-t) - \text{Heaviside}(x-u)) : \\
 Q8 &:= \left(\frac{P4}{t-s} \cdot s - \frac{P4}{t-s} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-s) - \text{Heaviside}(x-t)) : \\
 Q9 &:= -P5 \cdot (\text{Heaviside}(x-0) - \text{Heaviside}(x-w)) : \\
 Q10 &:= \left(-\frac{P5}{0.5 \cdot w} \cdot 1.5 \cdot w + \frac{P5}{0.5 \cdot w} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-w) - \text{Heaviside}(x-1.5 \cdot w)) : \\
 Q11 &:= \left(-\frac{P7}{x0} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-0) - \text{Heaviside}(x-x0)) : \\
 Q12 &:= \left(-P7 + \frac{(P9-P7)}{y} \cdot x0 - \frac{(P9-P7)}{y} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-x0) - \text{Heaviside}(x-(x0+y))) : \\
 Q13 &:= \left(\frac{P6}{y} \cdot x0 - \frac{P6}{y} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-x0) - \text{Heaviside}(x-(x0+y))) : \\
 Q14 &:= (P10) \cdot (\text{Heaviside}(x-g) - \text{Heaviside}(x-(g+bl))) : \\
 Q15 &:= \left(\frac{P10}{0.5 \cdot bl} \cdot (g+1.5 \cdot bl) - \left(\frac{P10}{0.5 \cdot bl} \right) \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-(g+bl)) - \text{Heaviside}(x-(g+1.5 \cdot bl))) : \\
 Q16 &:= \left(-\frac{P11}{cl} \cdot g + \frac{P11}{cl} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-g) - \text{Heaviside}(x-(g+cl))) : \\
 Q17 &:= \left(P11 - \frac{(P12-P11)}{fl} \cdot (g+cl) + \frac{(P12-P11)}{fl} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-(g+cl)) - \text{Heaviside}(x-(g+el))) : \\
 Q18 &:= \left(P12 - \frac{(P13-P12)}{hl} \cdot (g+el) + \frac{(P13-P12)}{hl} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-(g+el)) - \text{Heaviside}(x-(g+el+hl))) : \\
 Q19 &:= \left(-\frac{P14}{y} \cdot x0 + \frac{P14}{y} \cdot x \right) \cdot (\text{Heaviside}(x-x0) - \text{Heaviside}(x-(x0+y))) : \\
 Q30 &:= F1 \cdot \text{Dirac}(x-(g+i)) : \\
 Q31 &:= F2 \cdot \text{Dirac}(x-pl) :
 \end{aligned}$$

De volgende functies zijn opgesteld voor de damwand aan de waterzijde

$$\begin{aligned}
 Q20 &:= -P15 \cdot (\text{Heaviside}(x2-0) - \text{Heaviside}(x2-m1)) : \\
 Q21 &:= \left(-\frac{P15}{0.5 \cdot m1} \cdot 1.5 \cdot m1 + \frac{P15}{0.5 \cdot m1} \cdot x2 \right) \cdot (\text{Heaviside}(x2-m1) - \text{Heaviside}(x2-1.5 \cdot m1)) : \\
 Q22 &:= \left(-\frac{P16}{m1} \cdot x2 \right) \cdot (\text{Heaviside}(x2-0) - \text{Heaviside}(x2-m1)) : \\
 Q23 &:= \left(-P16 + \frac{(P17-P16)}{e1-m1} \cdot m1 - \frac{(P17-P16)}{e1-m1} \cdot x2 \right) \cdot (\text{Heaviside}(x2-m1) - \text{Heaviside}(x2-(e1))) : \\
 Q24 &:= \left(-P17 + \frac{(P18-P17)}{q1} \cdot e1 - \frac{(P18-P17)}{q1} \cdot x2 \right) \cdot (\text{Heaviside}(x2-e1) - \text{Heaviside}(x2-(e1+q1))) : \\
 Q25 &:= \left(-P19 + \frac{(P20-P19)}{r1} \cdot (e1+q1) - \frac{(P20-P19)}{r1} \cdot x2 \right) \cdot (\text{Heaviside}(x2-(e1+q1)) - \text{Heaviside}(x2-(e1+q1+r1))) : \\
 Q26 &:= \left(\frac{P21}{q1+r1} \cdot e1 - \frac{P21}{q1+r1} \cdot x2 \right) \cdot (\text{Heaviside}(x2-e1) - \text{Heaviside}(x2-(j1+k1+l1))) : \\
 Q27 &:= \left(-\frac{P23}{k1+l1} \cdot j1 + \frac{P23}{k1+l1} \cdot x2 \right) \cdot (\text{Heaviside}(x2-j1) - \text{Heaviside}(x2-(j1+k1+l1))) : \\
 Q28 &:= \left(-\frac{P24}{l1} \cdot (j1+k1) + \frac{P24}{l1} \cdot x2 \right) \cdot (\text{Heaviside}(x2-(j1+k1)) - \text{Heaviside}(x2-(j1+k1+l1))) : \\
 Q29 &:= -F1 \cdot \text{Dirac}(x2-i) :
 \end{aligned}$$

35.2 PLOT VAN DE TOTAALFUNCTIES

Er is duidelijk te zien dat er een sprong in horizontale druk optreedt bij de damwand aan de waterzijde bij een iets langere lengte dan waar de damwand aan de wegzijde ophoud. Dit klopt met de gegeven benadering voor de horizontale druk op de wand aan de waterkant.



FIGUUR 49: LINKS DAMWAND WEGZIJDE, RECHTS DAMWAND WATERZIJDE

BIJLAGE 36: CODE VOOR VERPLAATSING VIA VERGEET-ME-NIETJES.

Toen de differentiaalvergelijking niet bleek te werken is deze omzeild door het schrijven van de script voor de verplaatsing in elke punt van de ligger ten gevolge van een schuin verdeelde belasting. Hieronder is deze code te zien. Hij werkt in alle situaties waar lineaire functies van de verdeelde belasting zijn opgesteld. Deze kan bij een eenvoudige damwandberekening gemakkelijk toegepast worden. Het eerste gedeelte beschrijft een verdeelde belasting die voor het meetpunt ligt. De verplaatsing wordt uitgerekend door de zakking + hoekverdraaiing*lengte.

$$\begin{aligned}
 \cdot F11(u1, v1, qa, qb) &:= qb \cdot (v1 - u1) + \frac{1}{2} \cdot (qa - qb) \cdot (v1 - u1) : \\
 \cdot T11(u1, v1, qa, qb) &:= \frac{1}{2} qb \cdot (v1 - u1)^2 + \frac{1}{6} \cdot (qa - qb) \cdot (v1 - u1)^2 : \\
 \cdot Z11(u1, v1, qa, qb) &:= \frac{F11(u1, v1, qa, qb) \cdot u1^3}{3 \cdot EI} + \frac{T11(u1, v1, qa, qb) \cdot u1^2}{2 \cdot EI} : \\
 \cdot phi11(u1, v1, qa, qb) &:= \frac{F11(u1, v1, qa, qb) \cdot u1^2}{2 \cdot EI} + \frac{T11(u1, v1, qa, qb) \cdot u1}{EI} : \\
 \cdot Z12(u1, v1, qa, qb) &:= phi11(u1, v1, qa, qb) \cdot (v1 - u1) : \\
 \cdot Z13(u1, v1, qa, qb) &:= \frac{(qa - qb) \cdot (v1 - u1)^4}{30 \cdot EI} + \frac{(qb) \cdot (v1 - u1)^4}{8 \cdot EI} : \\
 \cdot phi12(u1, v1, qa, qb) &:= \frac{(qa - qb) \cdot (v1 - u1)^3}{24 \cdot EI} + \frac{(qb) \cdot (v1 - u1)^3}{6 \cdot EI} : \\
 \cdot Z14(u1, v1, qa, qb, w1) &:= phi12(u1, v1, qa, qb) \cdot (w1 - v1) : \\
 \cdot Z100(u1, v1, qa, qb, qc, w1) &:= Z11(u1, v1, qa, qb) + Z12(u1, v1, qa, qb) + Z13(u1, v1, qa, qb) + Z14(u1, v1, qa, qb, w1) :
 \end{aligned}$$

Indien de verdeelde belasting over het meetpunt heen loop zal deze worden gesplitst en wordt voor elke kracht of moment apart de verplaatsing uitgerekend

$$\begin{aligned}
 \cdot F21(u1, v1, qa, qb) &:= qb \cdot (v1 - u1) + \frac{1}{2} \cdot (qa - qb) \cdot (v1 - u1) : \\
 \cdot T21(u1, v1, qa, qb) &:= \frac{1}{2} qb \cdot (v1 - u1)^2 + \frac{1}{6} \cdot (qa - qb) \cdot (v1 - u1)^2 : \\
 \cdot Z21(u1, v1, qa, qb) &:= \frac{F21(u1, v1, qa, qb) \cdot u1^3}{3 \cdot EI} + \frac{T21(u1, v1, qa, qb) \cdot u1^2}{2 \cdot EI} : \\
 \cdot phi21(u1, v1, qa, qb) &:= \frac{F21(u1, v1, qa, qb) \cdot u1^2}{2 \cdot EI} + \frac{T21(u1, v1, qa, qb) \cdot u1}{EI} : \\
 \cdot Z22(u1, v1, qa, qb) &:= phi21(u1, v1, qa, qb) \cdot (w1 - u1) : \\
 \cdot Z23(u1, w1, qa, qc) &:= \frac{(qa - qc) \cdot (w1 - u1)^4}{30 \cdot EI} + \frac{(qc) \cdot (w1 - u1)^4}{8 \cdot EI} : \\
 \cdot F22(w1, v1, qc, qb) &:= qb \cdot (v1 - w1) + \frac{1}{2} \cdot (qc - qb) \cdot (v1 - w1) : \\
 \cdot T22(w1, v1, qc, qb) &:= \frac{1}{2} qb \cdot (v1 - w1)^2 + \frac{1}{6} \cdot (qc - qb) \cdot (v1 - w1)^2 : \\
 \cdot Z24(w1, v1, qc, qb) &:= \frac{F22(w1, v1, qc, qb) \cdot w1^3}{3 \cdot EI} + \frac{T22(w1, v1, qc, qb) \cdot w1^2}{2 \cdot EI} : \\
 \cdot Z200(u1, v1, qa, qb, qc, w1) &:= Z21(u1, v1, qa, qb) + Z22(u1, v1, qa, qb) + Z23(u1, w1, qa, qc) + Z24(w1, v1, qc, qb) :
 \end{aligned}$$

Indien de verdeelde belasting verder dan dit punt ligt geldt de volgende verplaatsing:

$$\begin{aligned}
 \cdot F31(u1, v1, qa, qb) &:= qb \cdot (v1 - u1) + \frac{1}{2} \cdot (qa - qb) \cdot (v1 - u1) : \\
 \cdot T31(u1, v1, qa, qb, w1) &:= qb \cdot (v1 - u1) \left(u1 - w1 + \frac{1}{2} \cdot (v1 - u1) \right) + \frac{1}{2} \cdot (qa - qb) \cdot (v1 - u1) \left(\frac{1}{3} \cdot (v1 - u1) + u1 - w1 \right) : \\
 \cdot Z300(u1, v1, qa, qb, qc, w1) &:= \frac{F31(u1, v1, qa, qb) \cdot u1^3}{3 \cdot EI} + \frac{T31(u1, v1, qa, qb) \cdot u1^2}{2 \cdot EI} :
 \end{aligned}$$

Met de volgende if loop word er voor het juiste vergeet-me-nietje gekozen:

```

if v1 > w1 then Z01(u1, v1, qa, qb, qc, w1) := Z200(u1, v1, qa, qb, qc, w1) elif v1 < w1 then Z01(u1, v1, qa, qb, qc, w1) := Z100(u1, v1, qa, qb, qc, w1) elif u1 > w1 then Z01(u1, v1, qa, qb, qc, w1) := Z300(u1, v1, qa, qb, qc, w1) end if
Z01 := Z01(u1, v1, qa, qb, qc, w1) :

```

BIJLAGE 37: AANNAMES

De volgende aannames zijn gemaakt om het model van Blum, de verend opgelegde ligger en het PLAXIS model uit te kunnen voeren:

- De ondergrond bestaat volledig uit zand met de eigenschappen die vernoemd zijn in bijlage 27.
- Om de wrijvingshoek van het plaatmateriaal te bepalen wordt er aangenomen dat de plaat half ruw is.
- Er wordt een oneindig stijve stempel aangebracht op de twee wanden te fixeren. Dit zorgt voor een extra vergelijking om het model van Blum op te lossen. Echter zal deze stempelkracht in de realiteit de stempel wel vervormen. Indien er een oplossing voor het probleem wordt gevonden kan er met deze kracht een profiel en een materiaalsoort voor deze stempel worden berekend. Hiermee kan vervolgens de uitrekking van het profiel worden berekend en op een iteratieve manier worden doorgevoerd in het model.
- De verplaatsing van grondmateriaal in het inwendige grondlichaam als gevolg van de verplaatsing van de damwand aan de wegzijde zullen geen effect hebben op de modelering van de actieve gronddrukken op de damwand aan de waterzijde.
- De passieve gronddruk die wordt ontwikkeld is afhankelijk van de verplaatsing, maar zal ik het model van Blum buiten beschouwing worden genomen. In het model van de verend opgelegde ligger wordt deze kracht wel zo gemodelleerd.
- De passieve gronddruk wordt lineair aangenomen. Echter is deze in de realiteit parabolisch. Omdat deze parabolische functie te ingewikkeld is om door te voeren in het model, zal er dus een lineaire lijn worden aangenomen onder de hoek V_p . V_p is de hoek van passieve gronddruk en is ongeveer gelijk aan de wrijvingshoek.
- De actieve gronddruk is lineair en kan dus realistischer worden aangenomen. De hoek van deze actieve gronddruk is V_a en kan berekend met een formule die staat in bijlage 33.
- De relatieve gronddrukken tussen de dammen worden met een oppervlakteverhouding bepaald. Hier wordt er gesproken van de het missende deel van de grond dat normaal wel invloed zou hebben op de horizontale gronddruk.
- Er wordt aangenomen dat de toekomstige tramlijn langs deze damwand geplaatst zal worden.
- Er wordt aangenomen dat de huizen langs de Houtrustweg gefundeerd zijn op palen en daardoor geen belasting uitoefenen op de damwanden.
- Er wordt aangenomen dat de verdeelde belastingen van de voetpaden, tramlijnen en het weglichaam alleen op de damwand aan de wegzijde werken en dus niet op de damwand aan de waterzijde.

BIJLAGE 38: UITGANGSPUNTEN

De volgende uitgangspunten zijn opgesteld:

- Er wordt uitgegaan van ongedraineerd gedrag het grondmateriaal, Het verschil van gedraineerd gedrag ten opzichte van ongedraineerd gedrag van de grond is dat, bij een belastingsverandering in een ongedraineerde situatie de korrelspanningen niet veranderen. Bij gedraineerd gedrag zullen de korrelspanningen wel veranderen. Dit betreft met name de toetsing met het programma PLAXIS die gebruikt maakt van een eindige elementen methode.
- De laagste kademuur zal op een hoogte van NAP +4,70 meter worden geïnstalleerd.
- De damwand zal worden geïnstalleerd in het bassin voordat de spuideur wordt verwijderd. Dit zal het constructieproces gemakkelijker laten verlopen door de geringere fluctuaties van het waterpeil.
- Het laagste waterpeil (LAT) van de haven is gemeten op NAP - 0.72 meter.
- De minimale doorvaardiepte voor schepen van 15 meter (het maatgevende schip) is 4.5 meter. De bodem van de haven zal met een veiligheidsmarge van 0,5 meter op NAP - 5.72 meter komen te liggen.
- De kademuur zal niet gebruikt worden voor schepen om aan te meren. Dit met betrekking tot de nieuwe indeling van de haven die te vinden is in bijlage 51
- Er zal geen rekening worden gehouden met een aanvaring van een schip. De mogelijkheid zal er namelijk niet zijn, omdat er steigers rond de gehele haven liggen en de steigerpalen deze krachten zullen opnemen.

BIJLAGE 39: ANALYSE VAN DE MODELLERING

39.1 PROCESANALYSE

Eerst werd het model opgesteld. Er werd aangenomen dat dit model met zes onbekenden en zes (evenwichts) vergelijkingen op te lossen was. Echter nadat het volledige model was opgesteld kon de liep het al fout bij de differentiaalvergelijking. Een echte foutmelding gaf MAPLE echter niet. MAPLE kon sommige vergelijkingen wel oplossen en sommige niet. Dit bleek achteraf af te hangen van de afhankelijkheid van te veel variabelen. MAPLE gaf geen foutmelding voor de functies die alleen van h en l_1 afhankelijk waren, maar pas wanneer de functie dubbel afhankelijk was van h . Vervolgens is er naar een oplossing gezocht om voor deze enkele functies met een foutmelding onafhankelijk van de inheidiepte te maken door de variabelen tijdelijk te definiëren als een integer. Dit bleek ook niet te werken. Vanwege de afhankelijkheid van de inheidiepte van alle verdeelde belastingen is er met een differentiaalvergelijking geen oplossing te vinden voor het probleem. De enige oplossing was het oplossen van een vierde orde partiële differentiaalvergelijking. Dit is over het algemeen niet op te lossen. Indien er meer dan 8 randvoorwaardes worden gesteld zal MAPLE de particuliere oplossing wel kunnen benaderen. Het feit is alleen dat er maximaal 5 randvoorwaardes kunnen worden opgesteld.

39.2 FOUTANALYSE

Er is altijd aangehouden om de twee dieptes van de damwanden te gebruiken als enige variabele. Echter door deze te gebruiken als x-as voor de functies van mijn model begreep MAPLE niet dat ik een functie afhankelijk van h met daarin nog een functie afhankelijk van h wilde integreren. De uitkomst van deze differentiaalvergelijking was dan ook in de vorm van $W = h(2 \cdot h(h)) + h(h)$. Dit is een functie van h in een functie van h .

Verder is er een fout geconstateerd bij de differentiaalvergelijking. De twee onbekende dieptes zijn altijd aangehouden als enige variabele in de functies. Echter zijn dit twee onbekenden en dit leidt tot een 4^e orde partiële differentiaalvergelijking, deze DV is over het algemeen niet op te lossen.

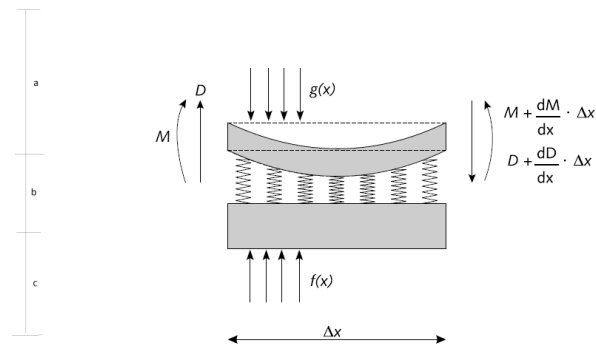
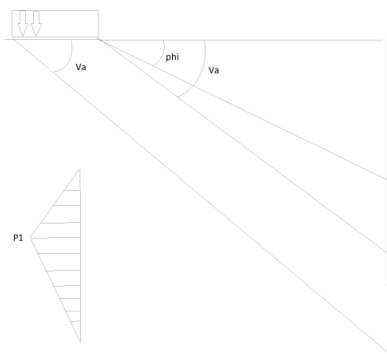
Er is vervolgens gekeken naar een oplossing met behulp van de gestandaardiseerde vergeet-me-nietjes. Er is een code opgesteld in MAPLE om de verplaatsingen in elke punt van de damwand te bepalen aan de hand van de lineaire belastingensituaties. Deze code is te vinden in bijlage 36. Na toetsing van dit model bleek er echter een fout te zitten in het feit dat de verdeelde belastingen op het maaiveld altijd werden meegenomen in de berekening. Echter kunnen deze afhankelijk van de inheidiepte slechts beperkt of helemaal niet op de damwand werken. Er kan geconcludeerd worden dat zelfs door het omzeilen van de DV er geen oplossing voor te bepalen is.

De volgende stap was het opstellen van alle functies met als enige variabele x . Deze x waarde geldt voor beide assen van de damwand. Het meenemen van de inheidieptes als variabele wordt gedaan door hem te definiëren als 'integer' in MAPLE, dit wil zeggen dat het als een getal wordt aangenomen. Echter kon MAPLE nog steeds geen oplossing vinden voor de differentiaalvergelijking. Dit is een fout die gegenereerd wordt door de complexiteit van de functies van de verdeelde belasting en is geen fout in het model. Echter zelfs als zou MAPLE deze oplossing wel weergeven zou deze onnauwkeurig zijn omdat de variabelen als hele getalswaarden zijn meegenomen.

39.3 MOGELIJKE OPLOSSINGEN

De oplossing zou theoretisch nog bepaald kunnen worden door:

1. De wanden te modelleren als een oneindig stijve wand. Vervolgens zullen alleen de momenten nodig zijn om de inheidiepte te bepalen. Dit leidt naar een 2^e orde partiële differentiaalvergelijking met twee randvoorwaardes. Het is lastig om deze op te lossen, maar MAPLE heeft hier wel een methode voor. Indien de partiële differentiaalvergelijking opgelost kan worden, resteert het om de som van de momenten om het diepste punt te nemen en gelijk te stellen aan nul. Met alleen momentenevenwicht en horizontaal evenwicht is de inheidiepte te bepalen.
2. De verdeelde belastingen op het grondlichaam ten gevolge van de tramlijn, de voet- en fietspaden en het weglichaam te verwaarlozen. Dit is nodig omdat de werking van de verdeelde belasting met limieten afhankelijk is van de inheidiepte. Het zou namelijk voor kunnen komen dat de verdeelde belasting van het uiterste voetpad of fietspad maar voor een deel een belasting op de wand geeft, zie figuur 50. Vervolgens kunnen de wanden gemodelleerd worden aan de hand van de gestandaardiseerde vergeet-me-nietjes voor verplaatsingen en hoekverdraaiingen. met de zes vergelijkingen en zes onbekenden is het probleem op te lossen.



FIGUUR 50: AFHANKELIJKHEID VERDEELDE BELASTINGEN

FIGUUR 51: EINDIG ELEMENTMODEL¹³

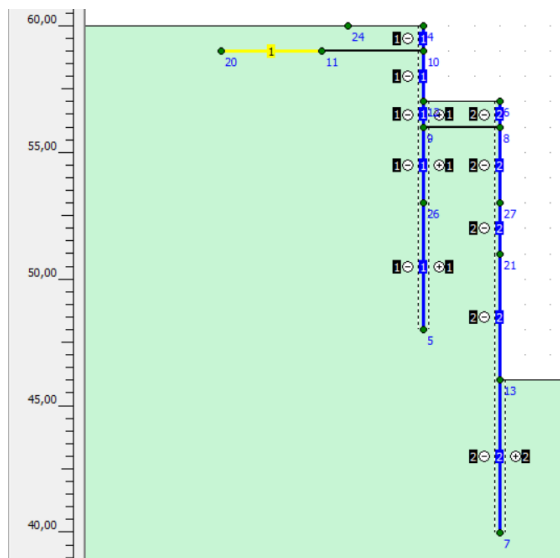
3. Door een eindige elementen methode te gebruiken voor het model van de verend opgelegde ligger zal een oplossing gevonden worden. Door de wand in kleine stukken op te delen kan er met behulp van momentenevenwicht en horizontaal evenwicht een diepte bepaald worden. Zie figuur 51 voor de modelering. Dit model zal de meest realistische oplossing kunnen geven. Echter er zal veel tijd voor nodig zijn om het model op te stellen voor deze specifieke situatie. Het model kan dan numeriek berekend worden met behulp van Python.
4. Door een iteratieve methode te gebruiken met het programma PLAXIS kan het model worden opgelost. Echter is dit model afhankelijk van heel veel parameters en zal er nooit een optimale dimensionering uit volgen.

¹³ <http://publicaties.minienm.nl/documenten/technisch-rapport-kistdammen-en-diepwanden-in-waterkeringen>

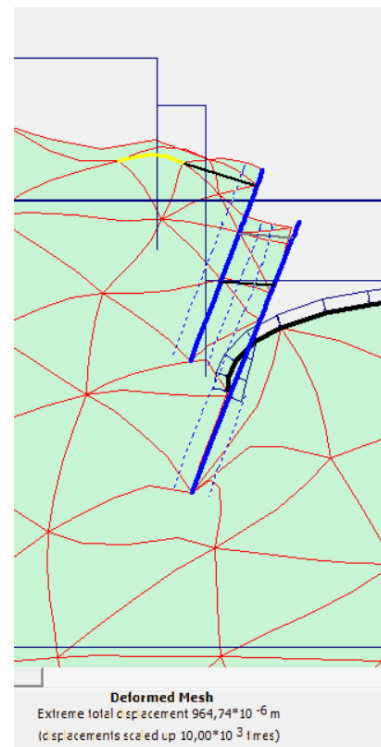
BIJLAGE 40: TOETSING MET PLAXIS

Het programma PLAXIS maakt gebruik van een eindige elementen methode om de constructie te analyseren. Er kan eenvoudig een model opgezet worden. Dit is te zien in figuur 52. Vervolgens worden de grond, anker, damwand en watereigenschappen ingevoerd. Daarna wordt er een interface opgesteld. Dat wil zeggen dat er een actieve en een passieve kant wordt gekozen van de damwand. Het model wordt volledig in stukjes gehakt door een mesh uit te voeren. De gronddrukken en waterdrukken worden zo bepaald. Daarna rekent het programma de verplaatsingen, de momenten en eigenlijk alles wat nodig is om een goede analyse te kunnen maken van het ontwerp voor je uit.

Het volgende model gaf bij toetsing een positieve uitslag:



FIGUUR 52: INPUT PLAXIS MODEL



FIGUUR 53: OUTPUT PLAXIS MODEL

Hoewel de output van het model erg drastisch lijkt, geeft het programma echter aan dat de maximale verplaatsingen gelijk zijn aan 9 millimeter. Dit valt binnen de marge van de gestelde eisen en zal dus voldoen als dimensionering.

De lengte van de inheidiptes van de wand aan de wegzijde en waterzijde zijn respectievelijk 9 en 6 meter. De gebruikte profielen hadden een EI waarde van respectievelijk: $3,2 \cdot 10^{13} \text{ Nmm}^2$ en $1,8 \cdot 10^{14} \text{ Nmm}^2$. Dit komt overeen met een standaard LARSEN 607 n profiel respectievelijk een combiwand profiel met een 5x zo hoog traagheidsmoment.

BIJLAGE 41: PROCESBESCHRIJVING

Zoals vermeld in het verslag is er geen reële oplossing gevonden voor de kistdam. Er zal in deze bijlage een procesbeschrijving worden geformuleerd van de denkstappen die zijn gemaakt om de kistdam te dimensioneren.

Om de diepgang in het project te realiseren is er gekozen om één onderdeel van de haven uitgebreid te behandelen. Het betreffende onderdeel is de kademuur. De stormvloedkering zal ontworpen worden als een eenvoudige sluisdeur die aan een kleine waterkerende hoogte moet voldoen. De kademuur daarentegen zal een zeer grote hoogte zou moeten overwinnen. En een enkele damwand is hier geen optie voor vanwege te hoge kosten van het benodigde materiaal. Er is toen nagedacht om niveauverschil trapsgewijs op te lossen door het plaatsen van twee damwanden. Uit nader onderzoek bleek deze constructie al te bestaan en wordt het een kistdam genoemd, dit vanwege de stijve werking van het inwendige grondlichaam. Een kistdam zou perfect in het gebied passen, vandaar dat er is een begin is gemaakt met het uitzoeken hoe een kistdam ontworpen zou moeten worden. Er zijn voor enkele damwanden genoeg modellen beschikbaar om een snelle dimensionering uit te voeren, maar een model voor een kistdam ontbrak echter. De meest wetenschappelijke artikelen spraken over een eindige elementen methode. Wat een eindige elementen methode nou exact uitvoerde en wat voor parameters er voor nodig waren is onderzocht door een aantal verschillende programma's op te zoeken voor de toetsing van de kistdam. Het programma PLAXIS werd vaak genoemd in de artikelen en maakt gebruik van een eindige elementen methode. Als eerste is de input van het programma geanalyseerd. De dimensionering van de kistdam bleek niet bepaald te kunnen worden met dit programma. Ook de benodigde profielen en grondparameters moesten zelf ingevoerd worden. Dit bracht het idee om eerst een analytisch model op te stellen om dit vervolgens met de eindige elementenmethode van PLAXIS te toetsen.

In het dictaat 'Manual Hydraulic Structures' stond het model van Blum beschreven voor de dimensionering van een enkele verankerde damwand. Hier wordt aangenomen dat de damwand flexibel is en een vervorming vertoont. Het model was gebaseerd op drie vergelijkingen met drie onbekenden. Het idee was om te analyseren of voor een verankerde en gekoppelde kistdam dezelfde vergelijkingen konden worden opgesteld. De extra moeilijkheidsgraad van de berekening zou door de modelering van de actieve en passieve gronddrukken in de kistdam worden verschaft. Aan de hand van het model van Blum is er een specifiek model opgesteld. Dit eenvoudige model bestond uit zes vergelijkingen en zes onbekenden. In het eerste opzicht zou dit een gemakkelijk model worden en voor de volledigheid is er een zeer realistische belastingssituatie aangehouden. Na de opstelling van de grondparameters is de precieze locatie van de damwand gedefinieerd. Het resteerde om van alle aangenomen verdeelde belastingen en grondspanningen de resulterende verdeelde belasting op de wanden te modelleren. Op dat moment is er gebruik gemaakt van het programma MAPLE om de nodige verplaatstingen uit te werken met een differentiaalvergelijking voor de verdeelde belasting. Vervolgens zijn de horizontale drukken en bijbehorende lengtes gedefinieerd om een functie te kunnen schrijven van de alle verdeelde belastingen. De functies voor de belastingen werden beperkt met een heaviside functie en de puntlasten werden opgenomen als verdeelde belasting (een impuls) met behulp van de Dirac functie. Zo kon er een algemene functie worden opgesteld voor de verdeelde belasting die vervolgens geïntegreerd kon worden naar de verplaatsing met behulp van een differentiaalvergelijking. Met de gevonden momenten, dwarskrachten en verplaatsingen zouden de zes onbekende in de zes vergelijkingen gemakkelijk opgelost kunnen worden. Na meerdere modellen te hebben getoetst bleek de differentiaalvergelijking onoplosbaar. Het resteerde om een foutanalyse te schrijven en mogelijke oplossingen voor het probleem te documenteren. Met de geringe tijd werd het volgende doel om een eenvoudige dimensionering uit te voeren voor de steigerpalen en de stormvloedkering.

BIJLAGE 42: WATERSTANDEN, SLUITINGSPEIL EN FREQUENTIETABEL

Waterhoogte + NAP [m]	Frequentie (h>h0) [per jaar]	Frequentie (h>h0) over 100 jaar [per jaar]	Kans op waterhoogte in 100 jaar [%]	Tijd tot maximaal toelaatbaar vol [min]	Tijd tot vol tot kaderand [min]
2	1,584892882	0,135935754	100	43,32307692	53,16923077
2,1	1,165914325	5,411691378	100	41,52615385	51,41333333
2,2	0,857695955	3,981069366	100	39,71282051	49,64102564
2,3	0,630957468	2,928643226	100	37,88307692	47,85230769
2,4	0,464159035	2,154433987	100	36,03692308	46,04717949
2,5	0,341455043	1,584892882	100	34,17435897	44,22564103
2,6	0,251188791	1,165914325	100	32,29538462	42,38769231
2,7	0,184785112	0,857695955	99,99999906	30,4	40,53333333
2,8	0,135935754	0,630957468	99,99987515	28,48820513	38,6625641
2,9	0,100000098	0,464159035	99,99546005	26,56	36,77538462
3	0,073564307	0,341455043	99,93615267	24,61538462	34,87179487
3,1	0,05411702	0,251188791	99,5535964	22,65435897	32,95179487
3,2	0,039810772	0,184785112	98,13344773	20,67692308	31,01538462
3,3	0,02928649	0,135935754	94,65307718	18,68307692	29,0625641
3,4	0,021544382	0,100000098	88,40316775	16,67282051	27,09333333
3,5	0,01584896	0,073564307	79,50308886	14,64615385	25,10769231
3,6	0,011659166	0,05411702	68,83631182	12,60307692	23,10564103
3,7	0,008576976	0,039810772	57,58625217	10,54358974	21,08717949
3,8	0,006309587	0,02928649	46,79185523	8,467692308	19,05230769
3,9	0,004641599	0,021544382	37,13370046	6,375384615	17,00102564
4	0,003414557	0,01584896	28,92650564	4,266666667	14,93333333
4,1	0,002511893	0,011659166	22,21248808	2,141538462	12,84923077
4,2	0,001847855	0,008576976	16,8717404	0	10,74871795
4,3	0,00135936	0,006309587	12,7101522	-2,157948718	8,631794872
4,4	0,001000003	0,004641599	9,516284788	-4,332307692	6,498461538
4,5	0,000735645	0,003414557	7,092373626	-6,523076923	4,348717949
4,6	0,000541171	0,002511893	5,267885577	-8,73025641	2,182564103
4,7	0,000398108	0,001847855	3,902881	-10,95384615	0
4,8	0,000292865	0,00135936	2,886185214	-13,19384615	-2,198974359
4,9	0,000215444	0,001000003	2,131400092	-15,45025641	-4,414358974
5	0,00015849	0,000735645	1,572405656	-17,72307692	-6,646153846
5,1	0,000116592	0,000541171	1,159148398	-20,01230769	-8,894358974
5,15	0,0001	0,00046416	0,995020504	-21,16307692	-10,02461538
5,2	8,57699E-05	0,000398108	0,854031568	-22,31794872	-11,15897436
5,3	6,3096E-05	0,000292865	0,628973568	-24,64	-13,44
5,4	4,64161E-05	0,000215444	0,463085292	-26,97846154	-15,7374359
5,5	3,41456E-05	0,00015849	0,340874082	-29,33333333	-18,05128205
5,6	2,5119E-05	0,000116592	0,250874558	-31,70461538	-20,38153846
5,65	2,15444E-05	0,0001	0,215212539	-32,89641026	-21,55282051

TABEL 16: FREQUENTIES VAN WATERPEILEN EN TIJDSUREN TOT OVERSTROMNIG BASSIN

42.1 WATERSTANDEN

In tabel 16 staan de waterhoogtes uitgezet. In de 2^e kolom staat met welke frequentie deze waterdiepte zal voorkomen op dit moment. In de 3^e kolom staat de frequentie dat deze waterdiepte zal voor komen over 100 jaar. Daarnaast is de kans gegeven dat deze waterhoogte geregistreerd zal worden in de komende 100 jaar. De waardes zijn gebaseerd op data uit tabel 17.

HW/year	Delfzijl	Den Helder	Scheveningen	Vlissingen	Bath
10 ⁻¹	4,10 m	2,75 m	3,05 m	3,85 m	4,75 m
10 ⁻²	4,95 m	3,40 m	3,70 m	4,40 m	5,45 m
10 ⁻³	5,60 m	3,95 m	4,40 m	4,95 m	6,10 m
10 ⁻⁴	6,20 m	4,45 m	5,15 m	5,50 m	6,75 m
1 Feb. 1953	-	3,25 m	3,97 m	4,55 m	5,60 m

TABEL 17: FREQUENTIE DATA¹²

Met welke frequentie een bepaald waterpeil voorkomt is te bepalen door aan de hand van de data de constanten A en B te bepalen in de volgende formule:

$$f(h > h_0) = e^{\frac{-h_0 - A}{B}}$$

Hiermee is de frequentietabel ingevuld voor alle waardes van h_0 . (= het waterpeil). Voor de bepaling van de frequentie over honder jaar is er 0,5 meter van h_0 afgetrokken om de zeespiegelstijging mee te nemen. Tevens komt waterpeil dan sneller voor, het is dus geen optelsom.

De kans dat het waterpeil voorkomt in de komende 100 jaar is berekend aan de hand van de volgende formule:

$$P(h > h_0) = 1 - e^{-f(h > h_0) * T}$$

Waarin geldt $T = 100$ jaar.

42.1 SLUITINGSPEIL

Met behulp van de aangenomen oppervlaktes van de haven uit bijlage 49 is er een formule opgesteld voor het oppervlak afhankelijk van de waterhoogte.

$$A = 960 * (22 + Hw)$$

Waarin Hw het waterpeil boven NAP is.

In een situatie waar de kering gesloten is en het gemaal op de volle capaciteit pompt zal het waterpeil in het bassin stijgen. De tijd die nodig is voor het water om tot een halve meter onder de kaderand te komen staat uitgezet in de 5^e kolom. Daarnaast staat de een tijd aangegeven waarop het water de kaderand zal bereiken. De kering zal voor deze tijd water moeten lozen om er voor te zorgen dat het bassin niet overstroomt.

Er is een keuze gemaakt om de stormvloedkering bij een waterhoogte van NAP + 3,0 meter te sluiten (dikgedrukt). In dit geval is er nog 25 minuten speling om ervoor te zorgen dat de sluisdeur op tijd wordt opengezet. Indien er voor een lager peil wordt gekozen zal de kering vaker gesloten moeten worden en zal hij ook sterker gedimensioneerd moeten worden. Dit is omdat de tegendruk die het water geeft aan de sluisdeur de waterdruk van de zee tegen zal gaan. Indien er voor een hoger peil wordt gekozen zal de veiligheid afnemen aangezien er een geringere tijd is om de sluisdeur te openen. Een geautomatiseerd systeem zou een oplossing kunnen bieden.

BIJLAGE 43: BEREKENING OPWAAING EN GOLFHOOGTE

43.1 OPWAAIING

Bij een storm waarbij het waterpeil op 5,15 meter zal staan, zal het effect van de wind ook een grote rol spelen op de kering. Indien de windrichting van deze storm noord oost is zal door het effect van de wind het water in de tweede haven worden opgeduwd naar de andere kant (opwaaing). Ook de golven die deze windkracht veroorzaakt zullen moeten worden meegenomen in het ontwerp. De lengte van de 2^e haven is 800 meter, zie bijlage 49

De opwaaing wordt berekend met behulp van de volgende formule:

$$\frac{dS}{dx} = C * \frac{U^2}{g * d}$$

Waarin:

U	=	Windsnelheid = 28,4 m/s (= windkracht 12)
g	=	9,81 m/s ²
d	=	Diepte van de haven = 5,72 + 5,15 = 10,87 m
dx	=	Strijk lengte = lengte van de haven = 800 m
dS	=	het verschil in waterstanden aan beide kanten van de haven.
C	=	bekende constante = 3,5*10 ⁻⁴

Hieruit volgt een opwaaing van 1,05 centimeter en is dus verwaarloosbaar in de berekening.

43.2 GOLVEN

De golven die er ontstaan ten gevolge van een storm met windkracht 12 en strijk lengte van 800 meter zijn te bepalen met de formules van Charles Bretschneider:

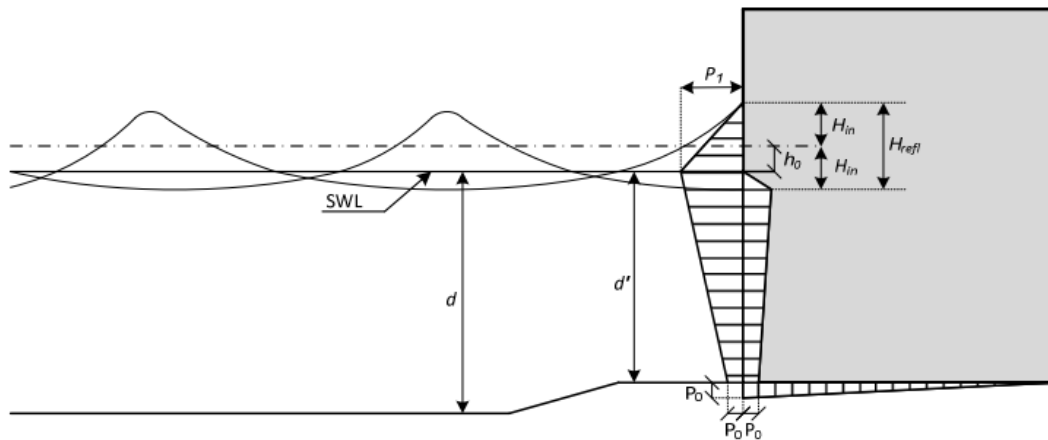
$$\begin{aligned} \tilde{H} &= \tilde{H}_\infty \left\{ \tanh(0.343 \tilde{d}^{1.14}) \cdot \tanh \left(\frac{4.41 \cdot 10^{-4} \tilde{F}^{0.79}}{\tanh(0.343 \tilde{d}^{1.14})} \right) \right\}^{0.572} \\ \tilde{T} &= \tilde{T}_\infty \left\{ \tanh(0.10 \tilde{d}^{2.01}) \cdot \tanh \left(\frac{2.77 \cdot 10^{-7} \tilde{F}^{1.45}}{\tanh(0.10 \tilde{d}^{2.01})} \right) \right\}^{0.187} \end{aligned}$$

FIGUUR 54: FORMULES VAN CHARLES BRETSCHEIDER¹²

De enige onbekenden zijn de strijk lengte, windkracht en het waterpeil. Hieruit zijn de volgende golfhoogtes berekend voor een waterpeil van 5,65 meter. Dit is het stormpeil over 100 jaar en zal maatgevend zijn in de berekening. Hieruit volgt een maximale golfhoogte van 1.81 meter met een periode van 2.4 seconden. Na het toepassen van een reductiefactor van 0,5 vanwege de positieve werking van de afgemeerde jachten zal de maatgevende golfhoogte op 0,9 meter worden gesteld met een periode van 1,2 seconden. De lengte van deze golf wordt vervolgens iteratief berekend op 2.23 meter met behulp van de volgende formule:

$$L = \frac{g * T^2}{2 * \pi} * \tanh \frac{2 * \pi}{L}$$

De golfkracht op de voorplaat van de kering wordt bepaald aan de hand van het model van Sanflou waarin wordt aangenomen dat de zeespiegel met een hoogte h_0 zal stijgen voor de verticale wand.



FIGUUR 55: MODEL VAN SANFLOU¹²

De drukken P_1 en P_0 kunnen vervolgens bepaald worden met behulp van de volgende formules:

$$P_1 = \rho * g * (h_0 + d)$$

$$P_0 = (\rho * g * H_{in}) / \cosh(k * d')$$

Met:

$$h_0 = \frac{1}{2} * k * H_{in}^2 * \coth(k * d)$$

$$k = (2 * \pi) / L$$

Waarin:









- ρ = Dichtheid zout water (1025 kg/m³)
- g = 9,81 m/s²
- H_{in} = Maatgevende golfhoogte
- L = Maatgevende golflengte
- d = d' = diepte haven = 10,84 meter

Hieruit volgt:

- P_1 = 10 kN/m²
- P_0 = 0.02 kN/m² = verwaarloosbaar

BIJLAGE 44: DEURKEUZE

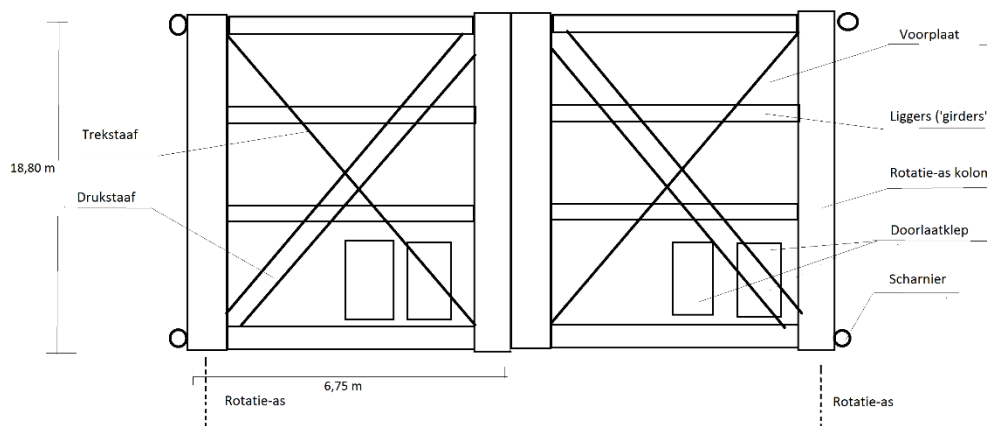
Er zijn heel veel verschillende deurkeuzes mogelijk. Omdat de deur ook een sluiswerking moet hebben om water te lozen wanneer het gemaal pompt zal er gekeken worden naar verschillende types van sluisdeuren. In tabel 18 zijn de meest gebruikelijke vormen weergegeven. De sluisbreedte is 9 meter en in de tabel is valt dat onder 'medium'. Er hoeft maar aan een kant water tegengehouden te worden, dus het spreekt voor zich dat er alleen naar de bovenste (dikomlijnde) opties gekeken hoeft te worden. Er kan geconstateerd worden dat een enkele puntdeur (mitre gate) in dit geval de beste keuze is. De enige andere optie is een verticale deur, echter staat deze er op dit moment al en zal de sluisdeur daardoor zijn doorvaarfunctie verliezen.

Type of lock	Lock width*	Mitre gate			Single leaf gate		Rolling gate	Vertical lift gate	
		Single sided water retention	Double sided water retention	Double sided water retention	Single sided water retention	Double sided water retention	Double sided water retention	Single sided water retention	Double sided water retention
									
Single sided water retaining inland lock	Very small				X				
	Small	X			X				
	Medium	X						X	
	Large	X						X	
Double sided water retaining inland lock	Very small					X			
	Small		X	X		X			
	Medium		X	X		X			
	Large		X	X			X		X
Double sided water retaining sea lock	Small		X	X		X			
	Medium		X	X		X			
	Large		X	X			X		
	Very large						X		

TABEL 18: TABEL VEELGEBRUIKTE SLUISDEUREN¹²

BIJLAGE 45: DIMENSIONERING VAN DE STORMVLOEDKERING

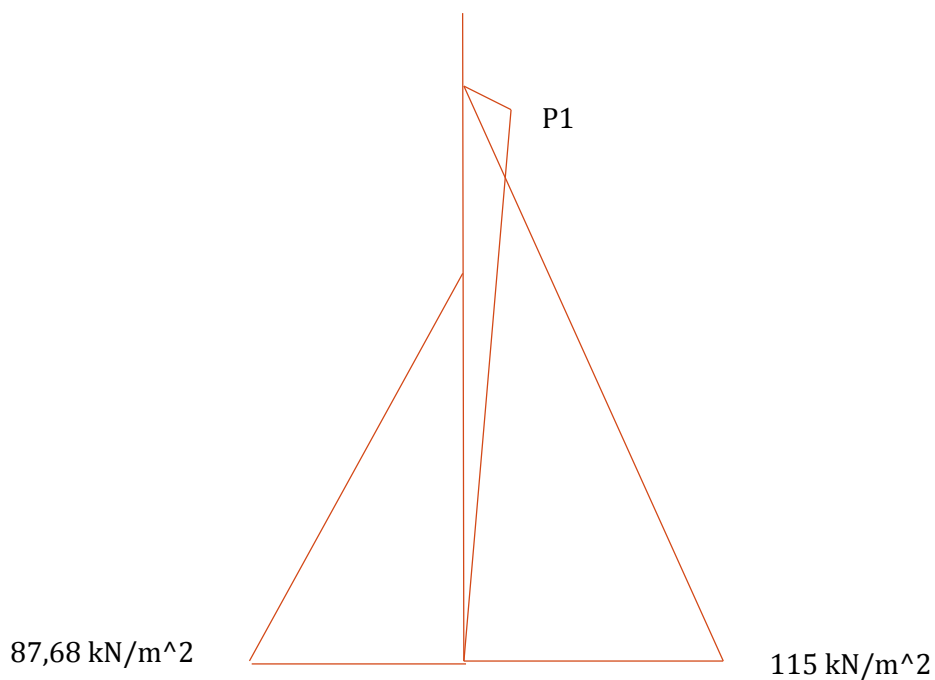
De stormvloedkering zal bestaan uit houten elementen. De elementen zijn in afbeelding 56 weergegeven.



FIGUUR 56: SCHEMATISERING STORMVLOEDKERING MET ALLE ELEMENTEN

Om elk element te dimensioneren zal eerste de maatgevende belasting op de deur bepaald moeten worden. Deze belasting volgt uit de waterdrukken en de golfkracht van de maatgevende golf.

De maatgevende waterdrukken zijn bepaald uitgaande van een stormpeil van 5,65 meter en een peil in het bassin van 3,0 meter. In figuur 57 is de totale maatgevende belasting te zien.



FIGUUR 57: MAATGEVENDE TOTALE BELASTING OP DE STORMVLOEDKERING

45.1 POSITIONERING VAN DE LIGGERS

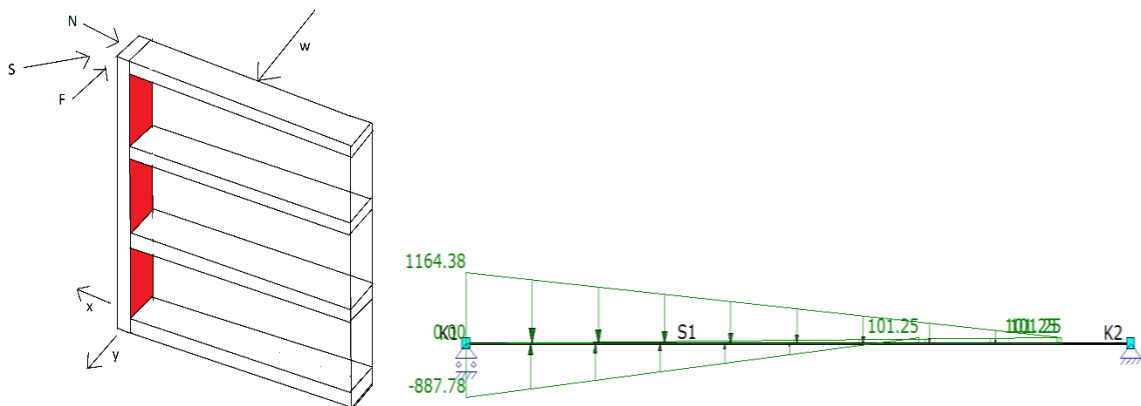
In Figuur 58 is de normaalkrachtcomponent van de totale belasting op de deur uitgezet als verdeelde belasting op de rotatie-as kolom (rood) . Dit is gedaan met behulp van de volgende formule:

$$N = \frac{W}{2 * \tan(\alpha)}$$

Waarin:

W = Belasting van de volledige breedte als verdeelde belasting over de kolom [kN/m]
 N = Normaalkracht als verdeelde belasting over de kolom [kN/m]
 α = 1:3

Voor de modelering is er gebruikt gemaakt van MATRIXFRAME. Hoewel de krachten in de realiteit niet zo werken is het een gemakkelijke methode om de normaalkrachten in de horizontale liggers te berekenen.



FIGUUR 58: NORMAALKRACHT ALS VERDEELDE BELASTING OP DE KOLOM

In figuur 59 zijn twee situaties getoond. Door de positie van de steunpunten te veranderen is er zeer snel iteratief een oplossing gevonden om de oplegreacties van de kolom van gelijke waarde te voorzien. Zo zal het moment in de kolom en de kans op het knikken van de liggers geminimaliseerd worden. De gegeven normaalkrachten kunnen gebruikt worden als puntlasten op de ligger in de x- richting om zo het maximale moment en dwarskracht te bepalen. De afstanden van de ideale situatie over de ligger van 12,80 meter zijn vanaf links: 4,5 meter en 8,0 meter.

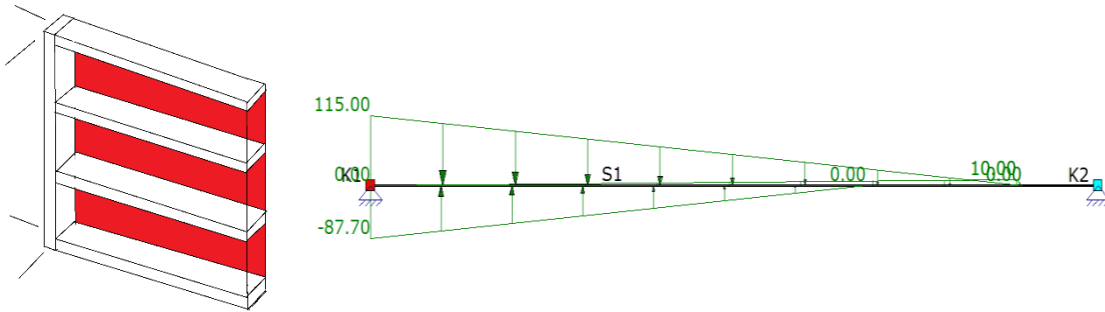


FIGUUR 59: LINKS; BIJNA IDEALE SITUATIE, RECHTS: IDEALE SITUATIE

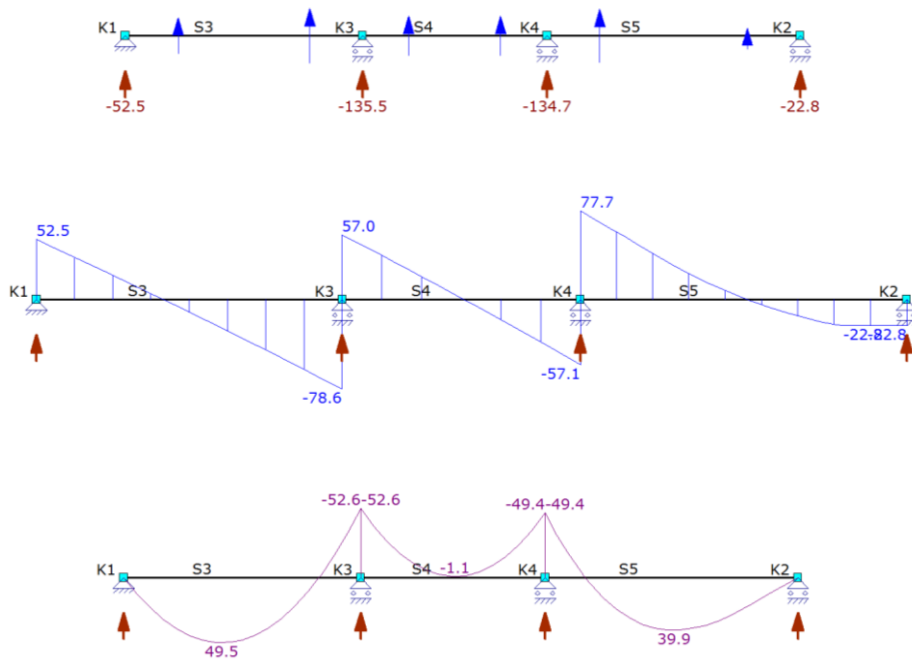
45.2 BEPALING BELASTINGEN

BELASTING DOOR DE WATERDRUKKEN EN DE GOLVEN OP DE VOORPLAAT

Nu de posities van de liggers zijn bepaald kan de plaat gemodelleerd worden. De verdeelde belasting wordt over een verticale strip van 1,0 meter uitgezet. De oplegreacties van de steunpunten werken vervolgens als verdeelde belasting op de horizontale liggers. Het maximale moment en de maatgevende dwarskracht zijn bepaald om de plaat te dimensioneren. Er heerst geen normaalkracht in deze plaat.



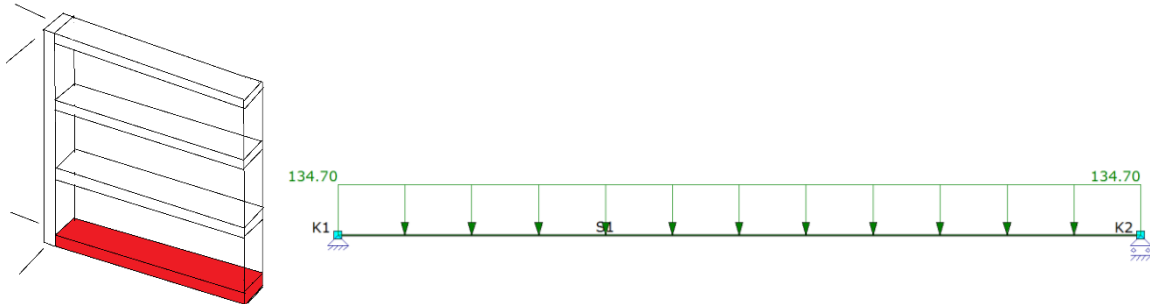
FIGUUR 60: DRUKVERDELING OP DE VOORPLAAT



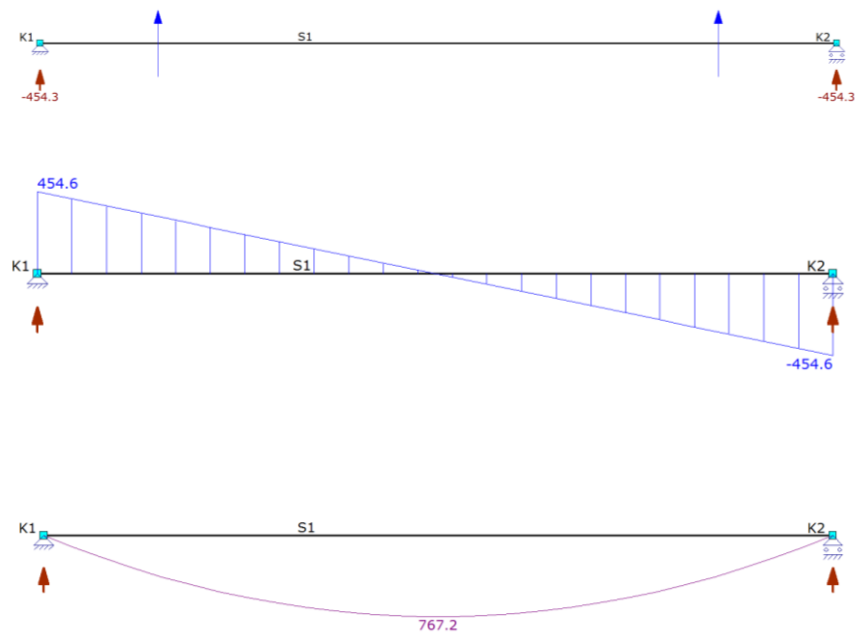
FIGUUR 61: OPLEGREACTIES, DWARSKRACHTENLIJN EN MOMENTLIJN

BELASTING OP DE ONDERSTE LIGGER

De oplegreactie uit het eerste steunpunt van het model van de plaat kan worden gebruikt als verdeelde belasting op de onderste ligger. De maximale moment en de maatgevende dwarskracht kunnen worden gehaald uit de krachtenlijnen in figuur 63. Er heerst ook een normaalkracht in deze ligger. Deze normaalkracht is al bepaald bij de simulering van de belastingen op de kolom.



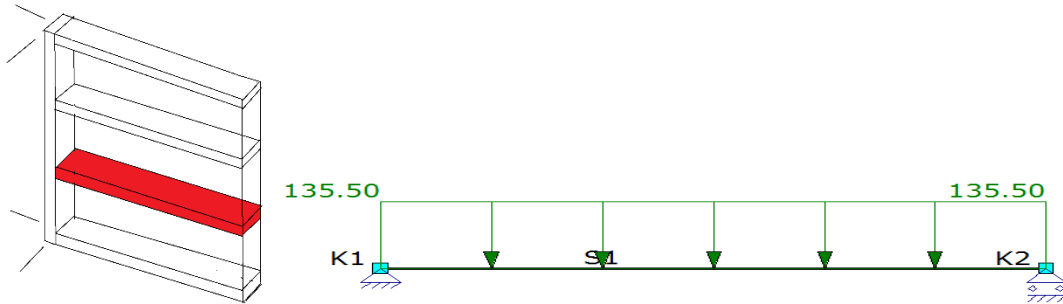
FIGUUR 62: FRONTALE BELASTING OP DE ONDERSTE LIGGER



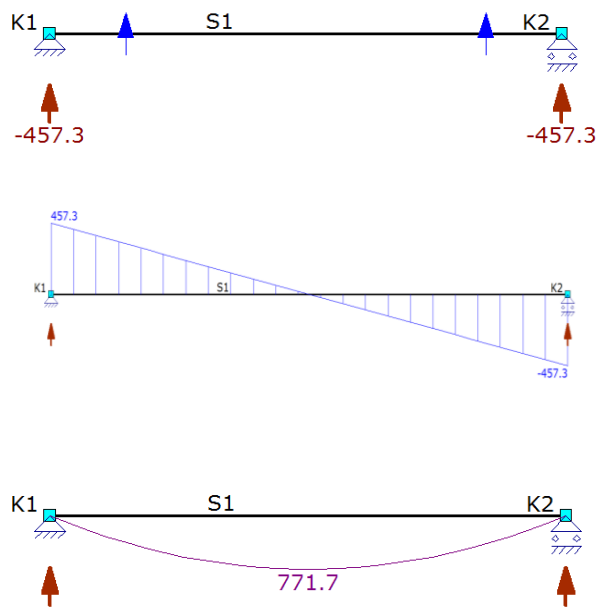
FIGUUR 63: OPLEGREACTIES, DWARSKRACHTENLIJN EN MOMENTLIJN

BELASTING OP LIGGER TWEE

Hetzelfde verhaal geldt voor ligger twee.



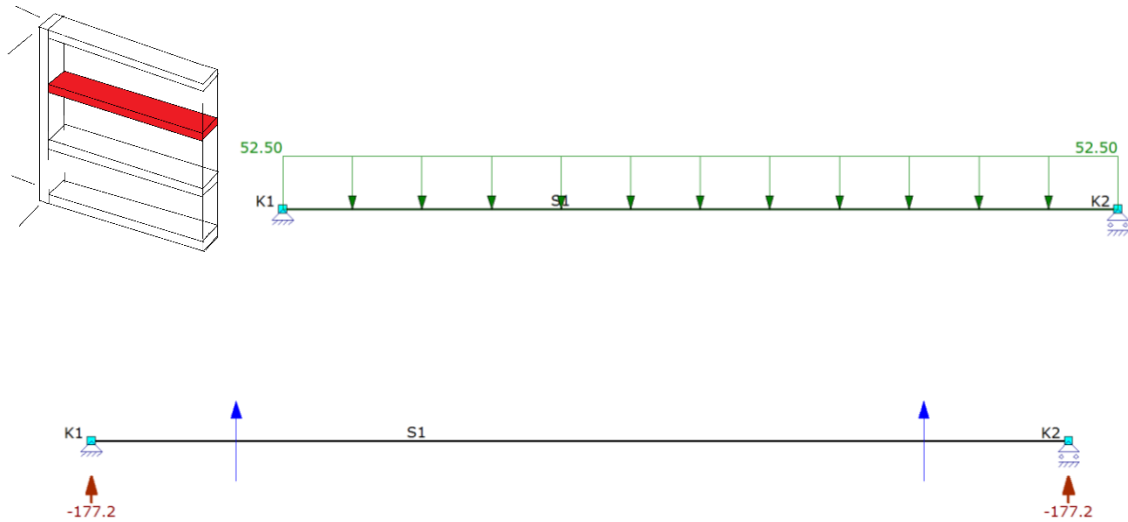
FIGUUR 64: FRONTALE BELASTING OP DE TWEEDE LIGGER



FIGUUR 65: OPLEGREACTIES, DWARSKRACHTENLIJN EN MOMENTLIJN

BELASTING OP LIGGER DRIE

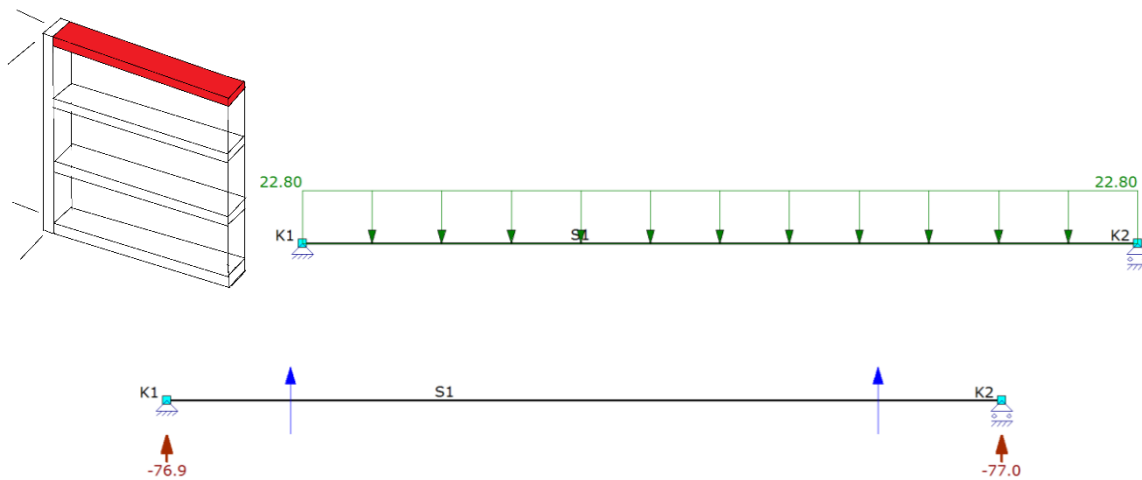
Voor ligger drie geldt hetzelfde verhaal als voor ligger één. Echter is deze niet maatgevend, dus zullen alleen de oplegreactie gebruikt worden om de realistische belasting op de kolom te simuleren.



FIGUUR 66: FRONTALE BELASTING OP LIGGER DRIE EN OPLEGREACTIES

BELASTING OP LIGGER VIER

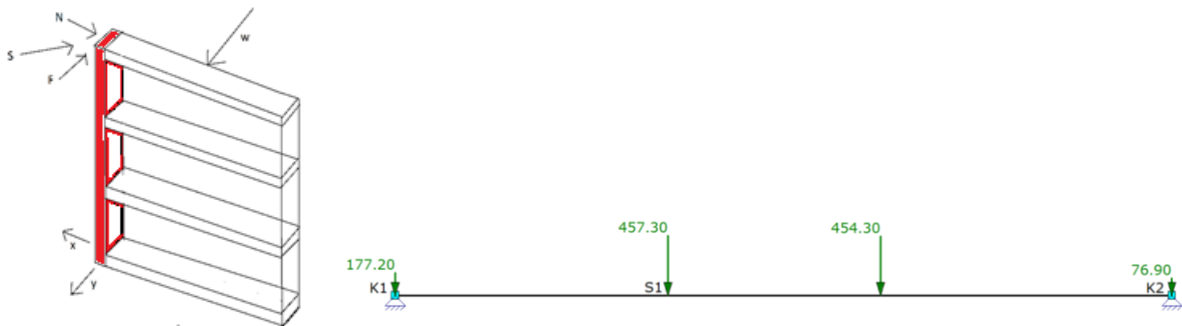
Ook voor ligger vier geldt hetzelfde verhaal als voor ligger drie.



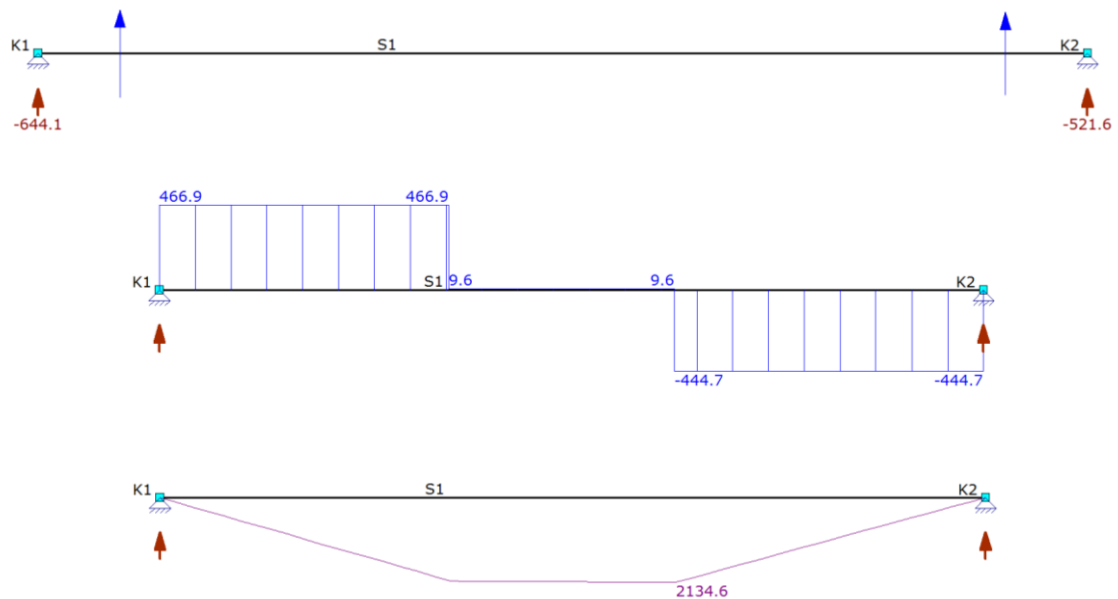
FIGUUR 67: FRONTALE BELASTING OP LIGGER VIER EN OPLEGREACTIES

ECHE BELASTING OP DE KOLOM OP DE ROTATIE AS IN Y-RICHTING (DE OPLEGREACTIE VAN DE LIGGERS)

De oplegreacties van de vier liggers zullen als puntlasten werken op de kolom. Er wordt hier dus gekeken naar de belasting op de kolom in de y richting. Ook hiervoor is het maximale moment en de maatgevende dwarskracht voor bepaald.



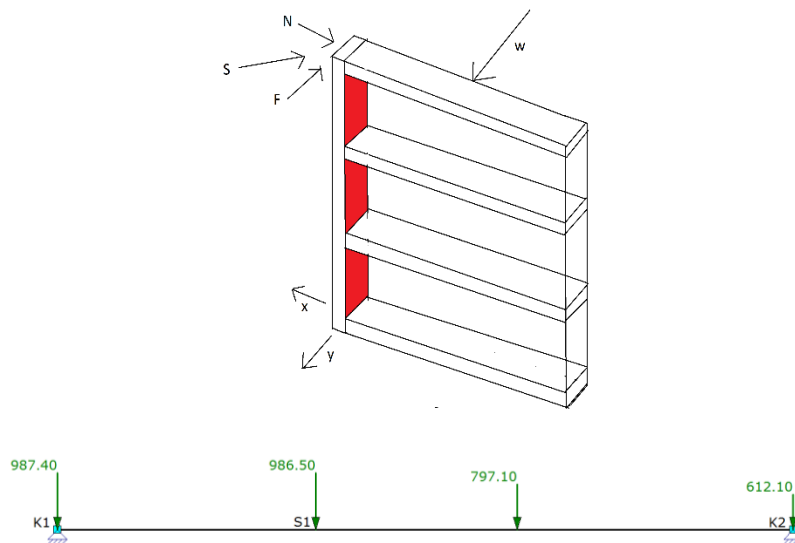
FIGUUR 68: FRONTALE BELASTING OP DE KOLOM



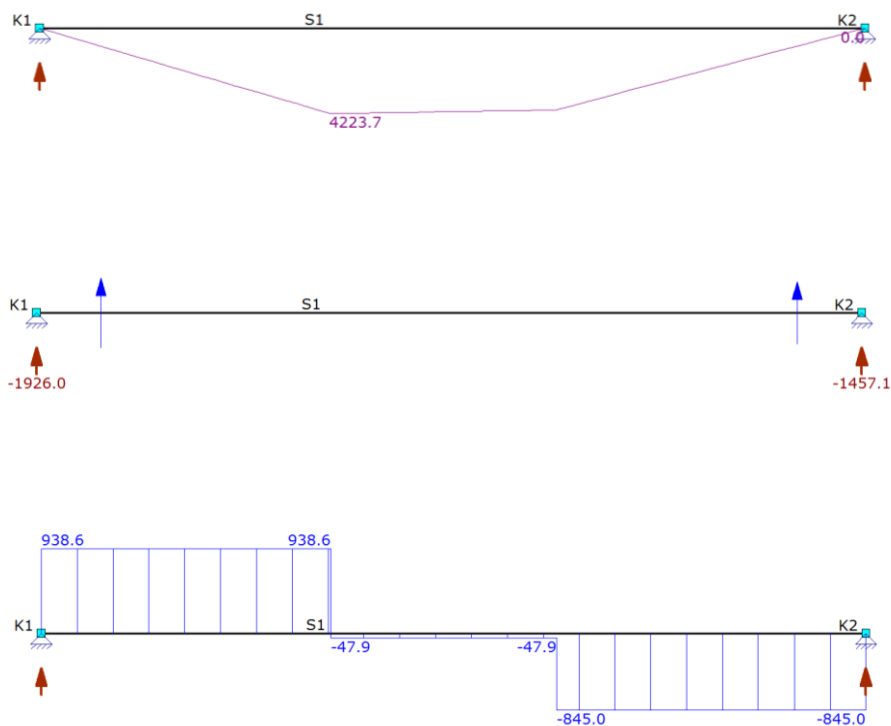
FIGUUR 69: OPLEGREACTIES, DWARSKRACHTENLIJN EN MOMENTLIJN

ECHE BELASTING OP DE KOLOM OP DE ROTATIE-AS IN X-RICHTING (NORMAALKRACHTEN UIT DE LIGGERS)

In dit geval worden de gevonden normaalkrachten in de liggers als puntlasten gemodelleerd op de kolom in x-richting. Ook hier wordt het maximale moment en de maatgevende dwarskracht.



FIGUUR 70: ZIJWAARTSE BELASTING OP DE KOLOM



FIGUUR 71: OPLEGREACTIES, DWARSKRACHTENLIJN EN MOMENTLIJN

45.3 DIMENSIONERING

Er is gekozen om azobehout te gebruiken voor alle verschillende onderdelen. Dit is de meest gebruikte houtsoort wanneer het om zeesluizen gaat. Omdat er relatief grote momenten en dwarskrachten spelen, zal de sterkteklasse van het hout gemaximaliseerd moeten worden. De gebruikte sterkteklasse is dan ook D70, dit behoort tot het gezaagd hout. Gelamineerd hout zal met een hoogste sterkteklasse van GL32 niet voldoen aan de meeste toetsingen. De gebruikte houtsoort is niet direct te bestellen. De elementen zullen dus speciaal gemaakt moeten worden door een houtzagerij.

Om de verschillende elementen te toetsen wordt er gebruik gemaakt van de volgende toetsingen:

- Momentcapaciteit
- Dwarskrachtcapaciteit
- Normaalkrachtcapaciteit (knik)

Voor alle toetsingen wordt er gebruikt gemaakt van de volgende toetsingsmethode:

$$X_d * Y(v) = K_{mod} * \frac{X_k}{Y(v)}$$

Waarin:

X_d	=	Optredende krachtwaarde
X_k	=	karakteristiek sterkte waarde materiaal
$Y(v)$	=	Veiligheidsfactor belastingen
$Y(v)$	=	Veiligheidsfactor voor materialen = 1,3 voor gezaagd hout
K_{mod}	=	Belastingsduratiefactor.

Voor korte belastingen tot een week gebruikt men $k = 1,1$. Voor permanente belasting $K_{mod} = 0,6$. De veiligheidsfactor voor belastingen bij waterbouwkundige constructies in gevolgklasse CC2 is 1,3.

De momentcapaciteit en de dwarskrachtcapaciteit zijn eenvoudig te berekenen door de kijken naar welke benodigde afmetingen de balk zal moeten hebben. Er wordt aangenomen dat er rechthoekige balken worden gebruikt. Vervolgens wordt er gezocht naar een unity check onder de 1,0. Er geldt:

$$\frac{M}{W_y} = F_y \quad \frac{1,5 * V}{A} = F_y \quad \frac{N}{A} = F_y$$

De benodigde W_y (weerstandsmoment) en A (oppervlakte) kunnen zo bepaald worden. Voor F_y gelden verschillende waardes bij momentcapaciteit, dwarskrachtcapaciteit en normaalspanning. De liggers zullen ook nog getoetst worden op knik met behulp van een kniktoets voor hout uit eurocode 5. Voor knik wordt er een factor K_c toegevoegd aan de materiaalkant van de toetsing. De methode voor de knikberekening staat in bijlage 50

In tabel 19 Zijn de benodigde weerstandsmomenten bepaald voor de maatgevende elementen:

- Ligger 2: Maatgevend moment, dwarskracht en normaalkracht
- Kolom in x richting: Maatgevend moment en dwarskracht
- Kolom in y richting: Geen maatgevend moment, wel een mogelijk maatgevende W_y
- Plaat: Maatgevend moment en dwarskracht.

Maatgevend element	K(mod)	Veiligheidsfactor belasting	Veiligheidsfactor materiaal	Maatgevende optredende kracht	Waarde	Benodigde sterkteklasse	Karakteristieke waarde	Waarde 2	Benodigde doorsnede eigenschappen	Benodigde Waarde	Unity Check
Kolom (x)	1,1	1,3	1,3	Moment [kNm]	4223,7	D70	f(m,k) [N/mm ²]	70	Wx [*10⁶ mm³]	94	0,986191351
	1,1	1,3	1,3	dwarskracht [kN]	938,6	D70	f(v,k) [N/mm ²]	5	A [*10³ mm²]	450	0,961353939
Kolom (y)	1,1	1,3	1,3	Moment [kNm]	2137,6	D70	f(m,k) [N/mm ²]	70	Wy [*10⁶ mm³]	48	0,977419913
	1,1	1,3	1,3	dwarskracht [kN]	466,9	D70	f(v,k) [N/mm ²]	5	A [*10³ mm²]	150	0,956437576
Ligger 2	1,1	1,3	1,3	Moment [kNm]	771,7	D70	f(m,k) [N/mm ²]	70	Wy [*10⁶ mm³]	18	0,94096176
	1,1	1,3	1,3	dwarskracht [kN]	457,3	D70	f(v,k) [N/mm ²]	5	A [*10³ mm²]	250	0,936772121
	1,1	1,3	1,3	Normaalkracht[kN]	986,5	D70	f(c,0,k) [N/mm ²]	34	b [mm]	32	0,958480276
									A [*10 ³ mm ²] (knik)	70	

TABEL 19: TOETSINGEN VAN VERSCHILLENDE ELEMENTEN IN DE STORMVLOEDKERING

De resultaten van de toetsingen zijn dikgedrukt in tabel 19. Met deze gegevens is er vervolgens met behulp van tabel 20 gedimensioneerd.

Element	Benodigde doorsnede eigenschappen	Benodigde Waarde	Breedte [mm]	Hoogte [mm]	Lengte [mm]	W [*10 ⁶ mm ³]	A [*10 ³ mm ²]	Dichtheid [kg/m ³]	Gewicht [kN]	Aantal	Totaal gewicht [kN]
Kolom (x)	Wx [*10⁶ mm³]	94	700	900	12800	94,5	630	900	71,197056	2	142,3941
	A [*10³ mm²]	450									
Kolom (y)	Wy [*10⁶ mm³]	48	900	700	12800	73,5	630	900	71,197056		
Ligger 2	Wy [*10⁶ mm³]	18	300	600	6750	18	180	900	10,727235	4	42,90894
	A [*10³ mm²]	250									
	b [mm]	32									
Plaat	Wy [*10⁶ mm³]	1,2	1000	85	12800	1,20416667	85	900	9,605952	6,75	64,84018
	A [*10³ mm²]	40									
Drukstaaf			200	250	144700		50	400	28,39014	1	28,39014
Totaal											278,5334

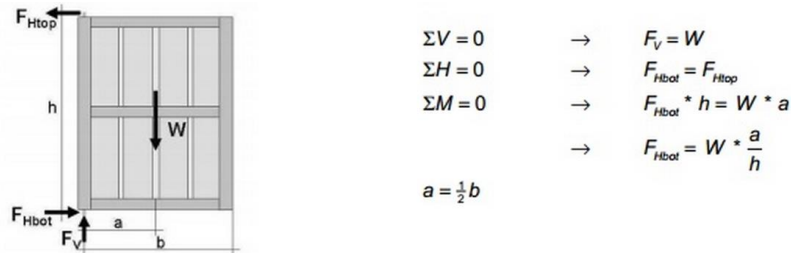
TABEL 20: DIMENSIES EN GEWICHT MAATGEVENDE ELEMENTEN

Knik parameters	Waarde voor ligger 2
E(0,05) [N/mm ²]	11100
Lbuc [m]	6,75
beta []	0,1
i (traagheidsstraal) [m]	9,237604
λ []	0,730709
λ (rel) []	0,012873
k []	0,752611
kc []	0,664402

Knik parameters	Waarde voor de drukstaaf
E(0,05) [N/mm ²]	8700
Lbuc [m]	14,47074635
beta []	0,1
i (traagheidsstraal) [m]	57,73502692
λ []	0,250640679
λ (rel) []	0,004276732
k []	0,516624212
kc []	0,967838044

TABELLEN 21 EN 22: KNIKPARAMETERS VOOR LIGGER TWEE EN DE SCHUINE DRUKSTAAF

De verschillende stormwerende element zijn nu berekend. Echter speelt er ook nog een situatie waarin de sluisdeuren open staan. In dit geval wordt de deur belast door zijn eigen gewicht. Er zal een moment ontstaan als gevolg van de excentrische oplegging van de deur. In figuur 72 is dit duidelijk weergegeven:



FIGUUR 72: REKENSOM PERMANENTE SITUATIE STORMVLOEDKERING¹²

Een oplossing voor deze permante (open deur) krachswerking kan opgelost worden door het toevoegen van een schuine trek- en drukstaaf om de krachten ten gevolge van het eigen gewicht beter af te dragen. In de volgende afbeeldingen is er handgeschreven berekening gemaakt om deze staven te te dimensioneren.

Uitwerking trek en drukstaaf.

$\alpha = \arctan\left(\frac{12.0}{6.5}\right) = 63^\circ$
 $G = 250 \text{ kN}$
 $F_r = \text{trekkracht in trekstaaf}$
 $F_d = \text{drukkracht in drukstaaf}$

Uit momenten en krachtevewicht volgt:

$$H_A = H_B = G \cdot \frac{1/2 b}{h} = 65,95 \text{ kN}$$

$$V = G = 250 \text{ kN}$$

Uit knopenevenwicht in A en B volgt*:

$$F_r = H_B / \cos \alpha = 139,3 \text{ kN}$$

$$F_d = H_A / \cos \alpha + V / \sin \alpha = 419,7 \text{ kN}$$

→ Voor de trekstaaf zal een stalen staaf worden gebruikt.
 → Voor de drukstaaf zal een houten balk worden gebruikt.

* Er wordt aangenomen dat het volledige gewicht door de trek- en drukstaven wordt opgenomen.

De drukstraaf zal gebeitst moeten worden op knik. Dit wordt gedaan aan de hand van eurocode 5.

Omdat de open deuren situatie permanent is wordt de k_{mod} van gezuigd hout: 0,6.

de toetsing gaat als volgt:

$$\frac{F_d \cdot \gamma_v}{A} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_m} \cdot k_c$$

Waarin : γ_v = veiligheidsfactor = 1,3
 γ_m = veiligheidsfactor = 1,3
 k_c = reductiefactor voor knik.
 A = oppervlak doorsnede.

$$\frac{F_d \cdot \gamma_v \cdot \gamma_m}{k_m} = f_{c,0,k} \cdot k_c \cdot A$$

Het linker gedeelte is bepaald, het rechter gedeelte hangt af van de houtsoort ^{sterkte} en de gekozen doorsnede afmetingen.

Iteratief wordt er gekozen voor:

→ sterkteklasse C35 met $f_{c,0,k} = 25 \text{ N/mm}^2$.

→ $b = 200 \text{ mm}$

→ hieruit volgt een k_c van 0,96

→ $A = 200 \times 250 \text{ mm}$

$$UC = \frac{1102}{1200} = 0,918$$

De trekstaaf wordt met behulp van de vloeigrens gedimensioneerd.

Staalcoort S235 heeft een vloeigrens van $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$

Er wordt als volgt gekoelst:

$$\frac{F_r \cdot \psi_v}{A} = f_y / \psi_s$$

waarin: $\psi_v = \text{veiligheidsfactor} = 1,3$
 $\psi_s = \text{veiligheidsfactor} = 1,15$

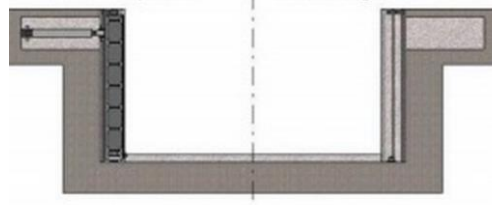
$$\rightarrow A = \frac{F_r \cdot \psi_v \cdot \psi_s}{f_y} = 419,5 \text{ mm}^2$$

→ de staaf zal een diameter moeten hebben van minimaal 23,10 mm.

→ Vanwege erosie over 100 jaar is het verstandig dit af te ronden naar 30 of zelfs 35 mm.

BIJLAGE 46: DIMENSIONERING VAN DE FUNDERING

Om de sluisdeuren te funderen wordt er gekozen voor een U-vormige betonnen constructie. Dit de meest gebruikelijke constructie om puntdeuren in te funderen. De U-vormige fundering is duidelijk weergegeven in figuur 73.



FIGUUR 73: U-VORMIGE FUNDERING MET HYDRAULISCH OPENINGSSYSTEEM¹²

Om deze constructie te dimensioneren wordt er gebruikt gemaakt van twee verschillende toetsingen: Rotatiestabiliteit en afschuifweerstand met behulp van de volgende formules:

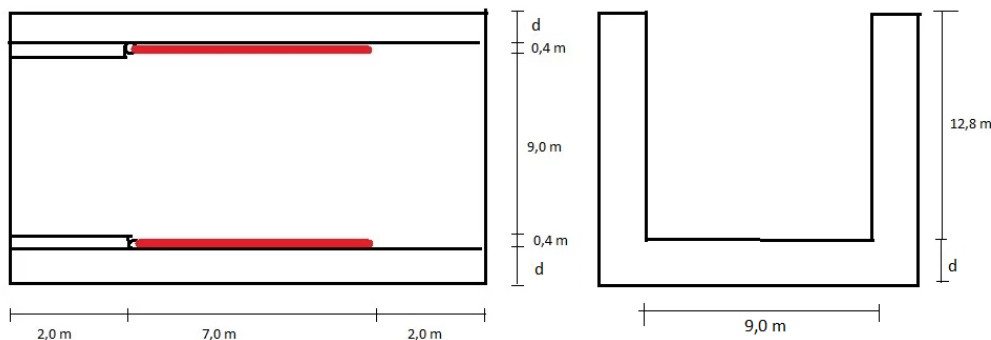
$$\frac{\Sigma M}{\Sigma V} < \frac{1}{6} b \quad \text{respectievelijk} \quad \Sigma H < f * \Sigma V$$

Waarin

- ΣM = De som van de momenten om een punt in het midden van de fundering
- ΣV = De som van de verticale krachten op de constructie
- ΣH = De som van de horizontale krachten op de constructie
- f = Wrijvings coefficient = $\tan(\delta)$
- b = Breedte [m]

Om deze twee toetsingen uit te voeren zullen de dimensies van de constructie bekend moeten zijn. Er kan ook worden gekozen om de lengte van de fundering aan te nemen en de dikte van het U-profiel iteratief op te lossen door te kijken of deze voldoet aan de bovenstaande toetsingen.

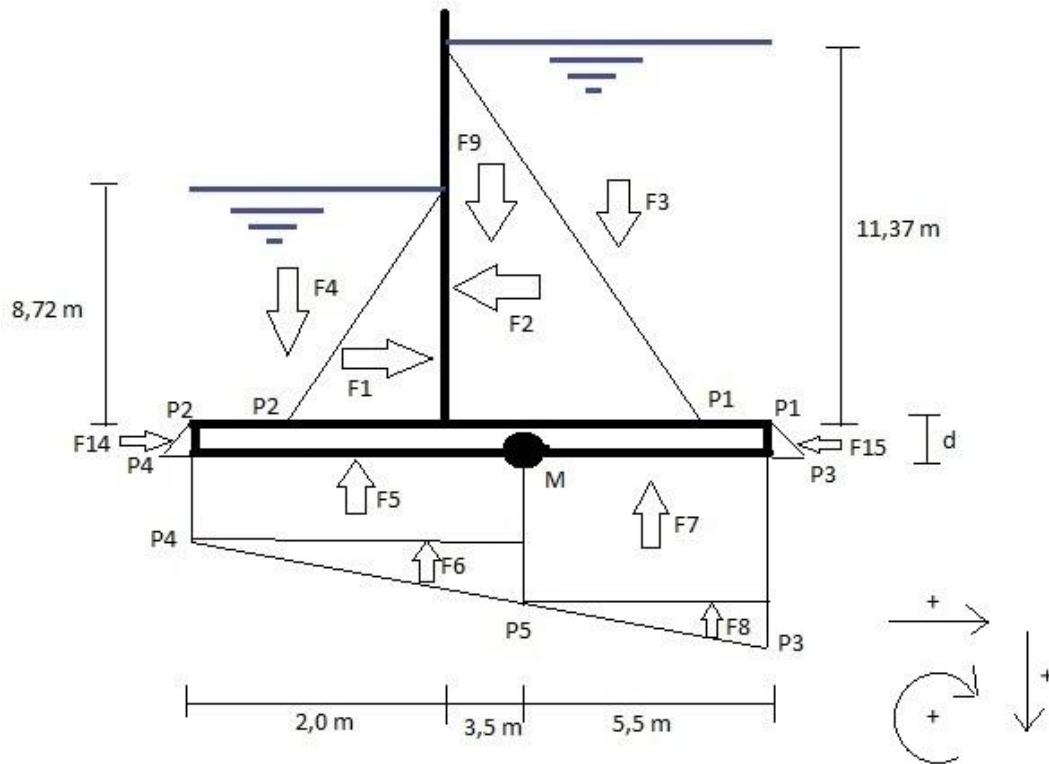
Er is dan ook een model opgesteld voor de berekening van de wanddikte van het profiel, zie figuur 74. De deur heeft een totale lengte van 6,75 meter. Met de scharnieroplegging meegerekend zal dit op ongeveer 7,0 meter uit komen. Als de deur open staat zal deze nog binnen de fundering moeten vallen. De minimale lengte is dus 7,0 meter. Echter voor stabiliteit wordt er aan beide kanten 2,0 meter toegevoegd en wordt de totale lengte dus 11,0 meter. De hoogte van de constructie is gelijk aan de hoogte van de deuren en de inwendige breedte zal de breedte van het doorvaarkanaal zijn. Dit is 9,0 meter. De puntdeuren worden opgelegd in een extra muur van 0,4 meter dik.



FIGUUR 74: AFMETINGEN MODEL U-VORMIGE FUNDERING

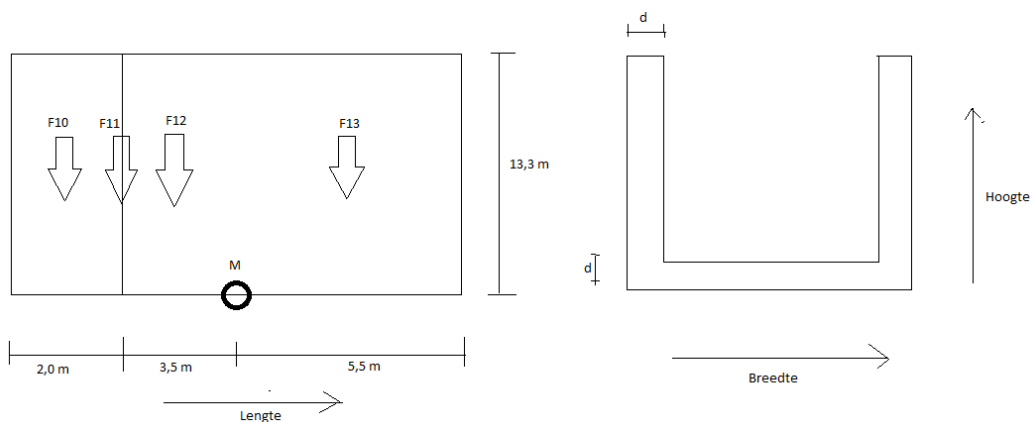
Vervolgens worden momenten berekend door eerst een model te maken van alle werkende krachten ten gevolge van de waterdrukken en de constructie.

De krachten die op de fundering werken ten gevolge van de waterdrukken zijn weergegeven in figuur 75



FIGUUR 75: WATERKRACHTEN OP DE CONSTRUCTIE

De krachten ten gevolge van het eigen gewicht zijn te zien in figuur 76. Omdat de volledige deur gedimensioneerd is, kan met behulp van de dichtheid een massa berekend worden. Zie tabel 20 voor de waarde van dit eigen gewicht.



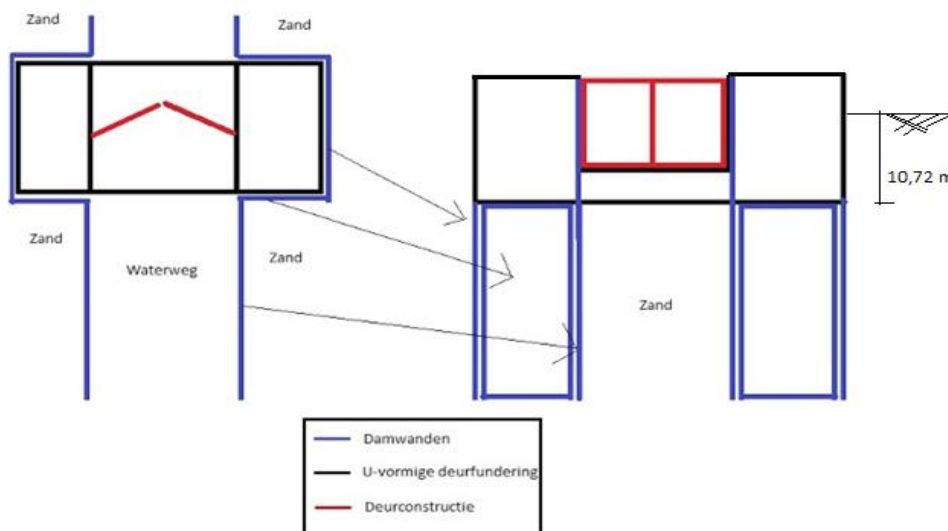
FIGUUR 76: KRACHTEN TEN GEVOLGE VAN HET EIGEN GEWICHT

Er kan nu een model gemaakt worden met als enige variabele wanddikte d . Door te itereren kan deze zeer snel met behulp van EXCEL bepaald worden.

Toetsingen	Methode	V= som van de verticale krachten	H= som van de horizontale krachten	M =Som van de momenten	b	f	d
Rotatie	$M/V < 1/6*b$	3713,322102	-2623,099493	-6753,977374	11	0,36397	0,85
Afschuiving	$H < f*V$	7451,170107	-2623,099493	10099,23949	11	0,36397	2,48

TABEL 23: RESULTATEN TOETSINGEN

Er kan geconcludeerd worden dat om horizontale afschuiving te voorkomen er een wanddikte gerealiseerd zal moeten worden van 2,48 meter. Echter is dit erg veel. Een oplossing hiervoor is het inbedden van de fundering in de grond. Figuur 77 geeft deze mogelijke oplossing. De configuratie van de damwanden zal dan ook veranderd moeten worden. Omdat er 10,72 meter grond zit tussen de bodem en het maaiveld kan er worden aangenomen dat de horizontale kracht van 2600 kN goed kan worden afgedragen naar de grond. Met deze configuratie wordt er tevens voor gezorgd dat de normaalkracht die uit de deur resulteert beter afgedragen kan worden.



FIGUUR 77: INBEDDINGSMOGELIJKHEID EN CONFIGURATIE DAMWANDEN

De inbeddingsbreedte is gelijk aan de dikte d van het de fundering. Omdat de afschuiftoetsing nu kan worden verwaarloosd zal de maatgevende dikte d op rotatiestabiliteit worden gedimensioneerd. Dit is 0,85 m. Echter is het verstandig deze dikte te vergroten omdat krachswerkingen ten gevolge van stromingen en golven niet zijn meegenomen in de berekening.

De waarden voor de krachten en momenten bij rotatiestabiliteit zijn weergegeven in tabellen 24 t/m 26 in de volgende bijlage. Er wordt hier aangenomen dat het beton een volumiek gewicht heeft van 25 kN/m^3 . De krachswerking ten gevolge van de golven zijn zoals eerder vermeld niet meegenomen. Echter zou dit door de wanddikte met 5,0 centimeter te verdikken waarschijnlijk al verholpen kunnen worden.

BIJLAGE 47: KRACHTTABELLEN STORMVLOEDKERING

<u>Waterkrachten</u>	<u>Diepte</u> [m]	<u>Breedte</u> [m]	<u>Lengte</u> [m]	<u>Drukwaarde</u> [kN/m ²]	<u>Resulterende</u> <u>kracht</u> [kN]	<u>Arm</u> [m]	<u>Moment</u> [kNm]
F1	8,72	9,8	8,72	87,68178	3746,467	3,756667	14074,23
F2	11,37	9,8	11,37	114,3282	6369,567	-2,94	-18726,5
F14	-	11,5	0,85	8,546962	41,77328	0,283333	11,83576
F15	-	11,5	0,85	8,546963	41,77328	0,283333	11,83576
Totaal horizontaal					-2623,1		-4628,63

TABEL 24 : TOTALE HORIZONTALE KRACHTEN

<u>Waterkrachten</u>	<u>Diepte</u> [m]	<u>Breedte</u> [m]	<u>Lengte</u> [m]	<u>Drukwaarde</u> [kN/m ²]	<u>Resulterende</u> <u>kracht</u> [kN]	<u>Arm</u> [m]	<u>Moment</u> [kNm]
F3	11,37	9,8	5,5	114,3282	6162,29	2,75	16946,3
F4	8,72	9	2	87,68178	1578,272	-4,5	-7102,22
F5	-	11,5	5,5	96,22874	6086,468	2,75	16737,79
F6	-	11,5	5,5	13,32321	421,3464	1,833333	772,4684
F7	-	11,5	5,5	109,5519	6929,161	-2,75	-19055,2
F8	-	11,5	5,5	13,32321	421,3464	-3,66667	-1544,94
F9	11,37	9,8	3,5	114,3282	3921,457	-1,75	-6862,55
Totaal					-2196,3		-108,351

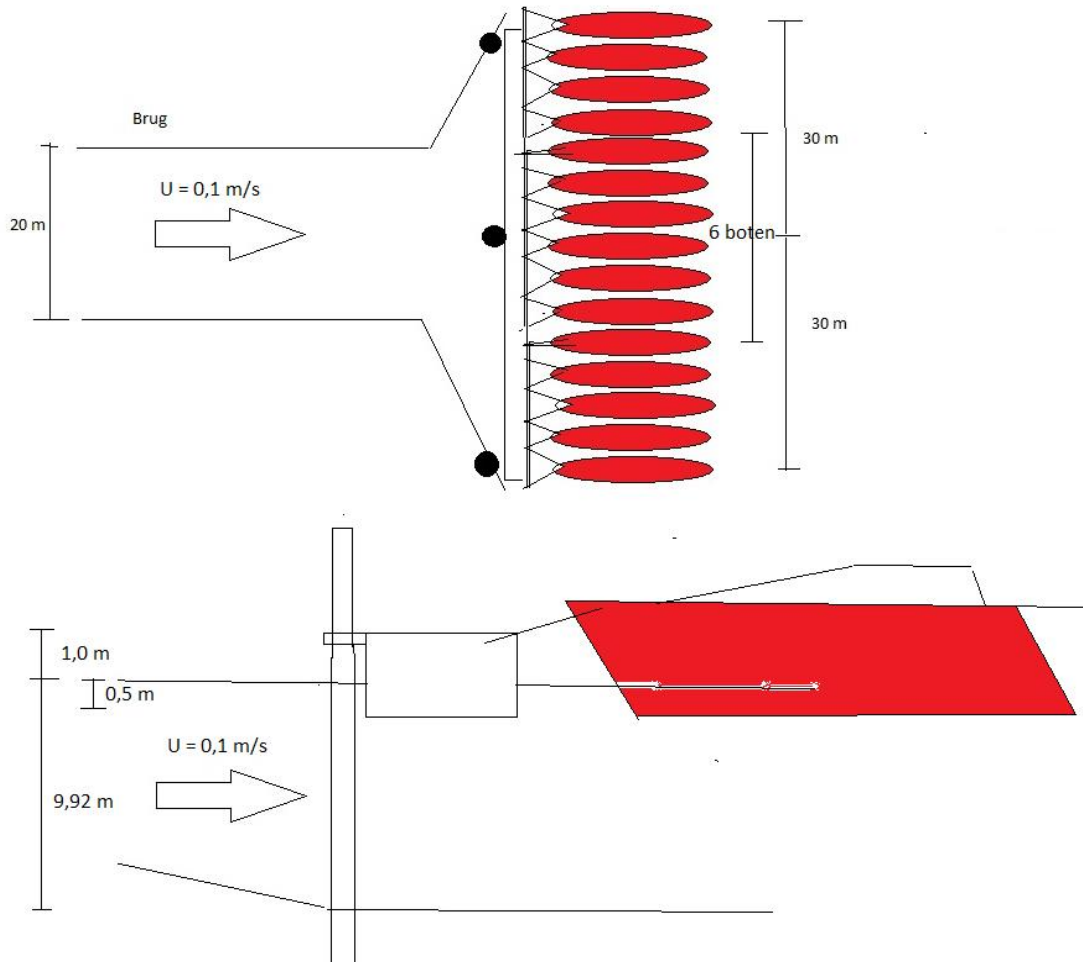
TABEL 25: VERTICALE WATERKRACHTEN

<u>Constructie- krachten</u>	<u>Lengte</u> [m]	<u>Breedte</u> wand [m]	<u>Breedte</u> bodem [m]	<u>Hoogte</u> wand [m]	<u>Inhoud</u> [m ³]	<u>Resulterende</u> <u>kracht</u> [kN]	<u>Arm</u> [m]	<u>Moment</u> [kNm]
F10	2	1,25	9	13,3	48,55	1213,75	-4,5	-5461,88
F11	-	-	-	-	-	278	-3,5	-973
F12	3,5	0,85	9,8	13,3	68,7225	1718,063	-1,75	-3006,61
F13	5,5	0,85	9,8	13,3	107,9925	2699,813	2,75	7424,484
Totaal						5909,625		-2017
Totaal verticaal						3716.33		
Totaal moment								- 6753,97

TABEL 26: TOTALE KRACHTEN EN MOMENTEN

BIJLAGE 48: BEREKENING STEIGERPAAL

Voor de bepaling van de belasting op een enkele steigerpaal is er gekeken naar een maatgevende situatie. Zoals eerder al was uitgelegd is dit bij een peil van NAP +4,2 meter. De grootste stroming treedt op vlak achter de Duindorpbrug, vanwege een versmalling van het kanaal onder de brug. De situatie is zoals te zien is in figuur 78 is aangenomen. De handgeschreven uitwerking van de maatgevende belasting staat op de volgende pagina.

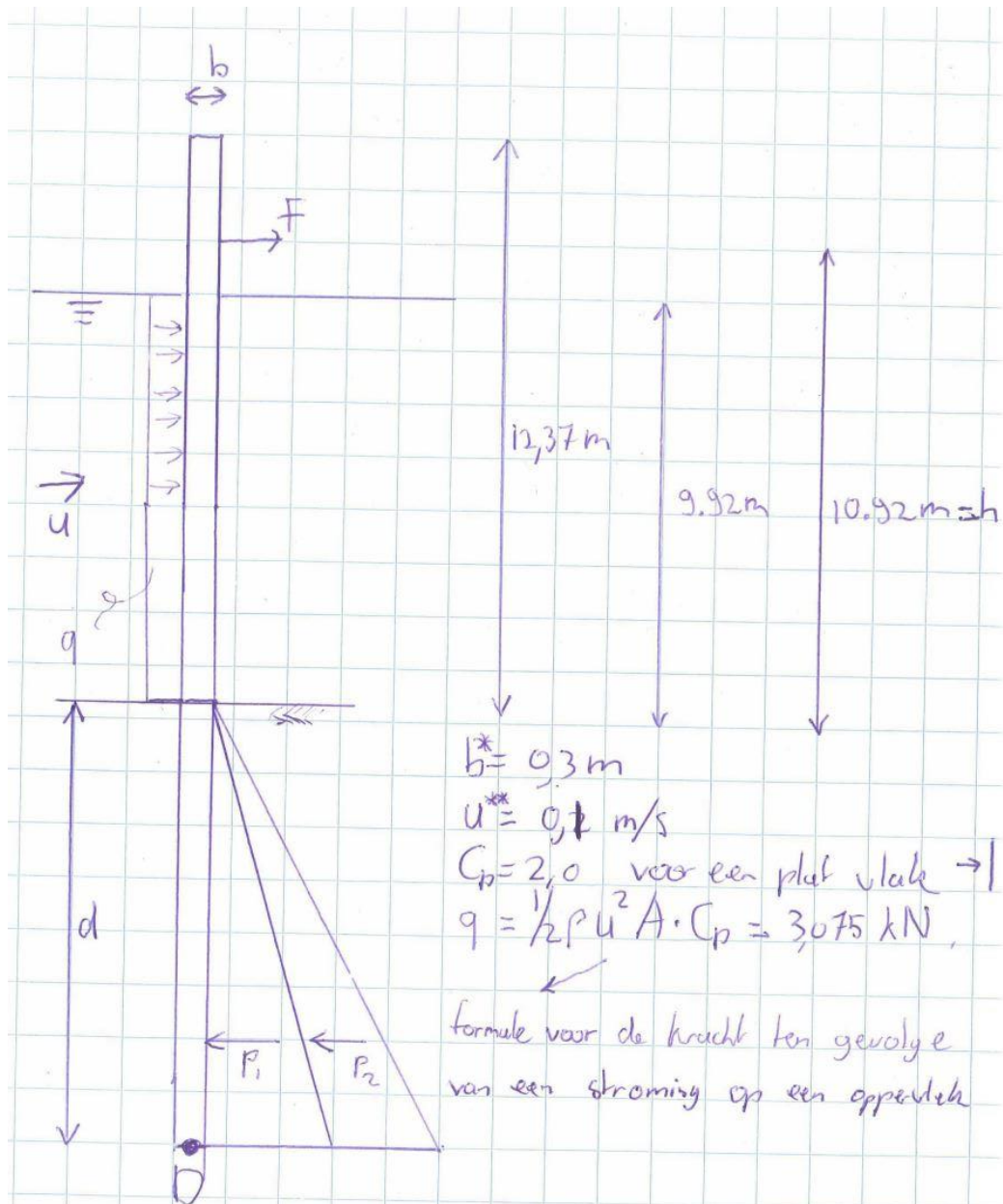


FIGUUR 78: SCHEMATISERING MAATGEVENDE BELASTING

Voor de troskrachten is er een standaardkracht die uitgevoerd wordt op de steiger. Voor jachten is dit gelijk aan 55 kN per tros.

Yachts	
class of ship	mooring force [kN]
Yachts	55

TABEL 27: TROSKRACHTEN OP JACHTEN¹²



- * Deze aanname wordt gedaan om een belasting te bepalen, indien de dimensies niet voldoen ^{zal men moeten itereren} ~~zou men moeten itereren~~
- ** Deze aanname komt voort uit het debiet wat uit het gemaal stroomt gedeeld door het natte oppervlak onder de brug: $Q = 1170 \text{ m}^3/\text{min}$
 $A = 9,92 \cdot 20$

Om kracht F te bepalen zullen er twee belastingen worden meegenomen:

- stroming op de stijger
- troskracht

→ De stromingstros op het deel van de stijger dat op deze paal steunt is gesimuleerd in figuur

→ De troskrachten op deze paal zijn afhankelijk van 6 jachten, zie figuur

Elk van deze jachten draagt 55 kN af naar de paal per tros, dus $6 \cdot 55 \cdot 2 = 660$ kN

De totale kracht F wordt hiermee:

$$F = 660 + \frac{1}{2} \cdot 1025 \cdot (0.1)^2 \cdot 2 \cdot (0.5 \cdot 30)$$

$$\rightarrow F = 813,75$$

De som van de momenten op punt D wordt nu:

$$\begin{aligned} \sum M &= 813,75 \cdot (10,92 + d) + (3075 \cdot 992) \cdot (496 + d) \\ &= 845(10.7 + d) \end{aligned}$$

Bepaling inheidiepte ($t_0 = d$)

Volgens Blum is de reactiekracht van de grond getijch aan

$$P_1 = \frac{1}{2} t_0^2 \cdot b \cdot \psi' \cdot k_p \quad \rightarrow \text{achterkant} \rightarrow \square$$

$$P_2 = \frac{1}{6} t_0^3 \psi' k_p \quad \rightarrow \text{zijkant} \rightarrow \square$$

(zie figuur)

waarin $t_0 =$ inheidiepte / 1.2.

$\psi' =$ effectieve gronddruk.

$k_p =$ passieve grondruk coëfficiënt =

$$\rightarrow k_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}, \text{ met } \varphi = 30^\circ \cdot k_p = 3,0$$

$b =$ breedte van de paal = 0,3 m

$$\text{bepalen } \psi' : \quad \left(\psi_w = 10 \text{ kN/m}^3 \right) - \left(\psi_b = 20 \text{ kN/m}^3 \right) \\ = 10 \text{ kN/m}^3$$

~~Waterdruk $q_w = 10 \text{ kN/m}^2$~~
~~Resterende effectieve gronddruk $q_b = 20 \text{ kN/m}^2$~~

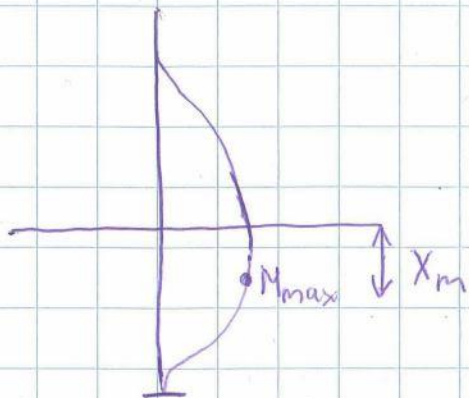
$$P_{\text{totaal}} = P_1 + P_2 = 0,31667 t_0^2 \cdot \psi' \cdot k_p (1 + t_0)$$

$$\Sigma M = P_{\text{totaal}} \cdot \frac{1}{3} t_0 - 845 (10,7 + t_0) = 0$$

$$t_0 = 5,66 \text{ m}$$

$$t = 7,4 \text{ m} \quad (= 1,2 \cdot t_0)$$

Bepaling maximaal moment in de paal.



x_m wordt iteratief bepaald met de volgende formule:

$$x_m^2 (x_m + 3B) = \frac{F_0^3}{4} \cdot \frac{F_0 + 4b}{F_0 + h}$$

→ hieruit volgt $x_m = 4,4 \text{ m}$.

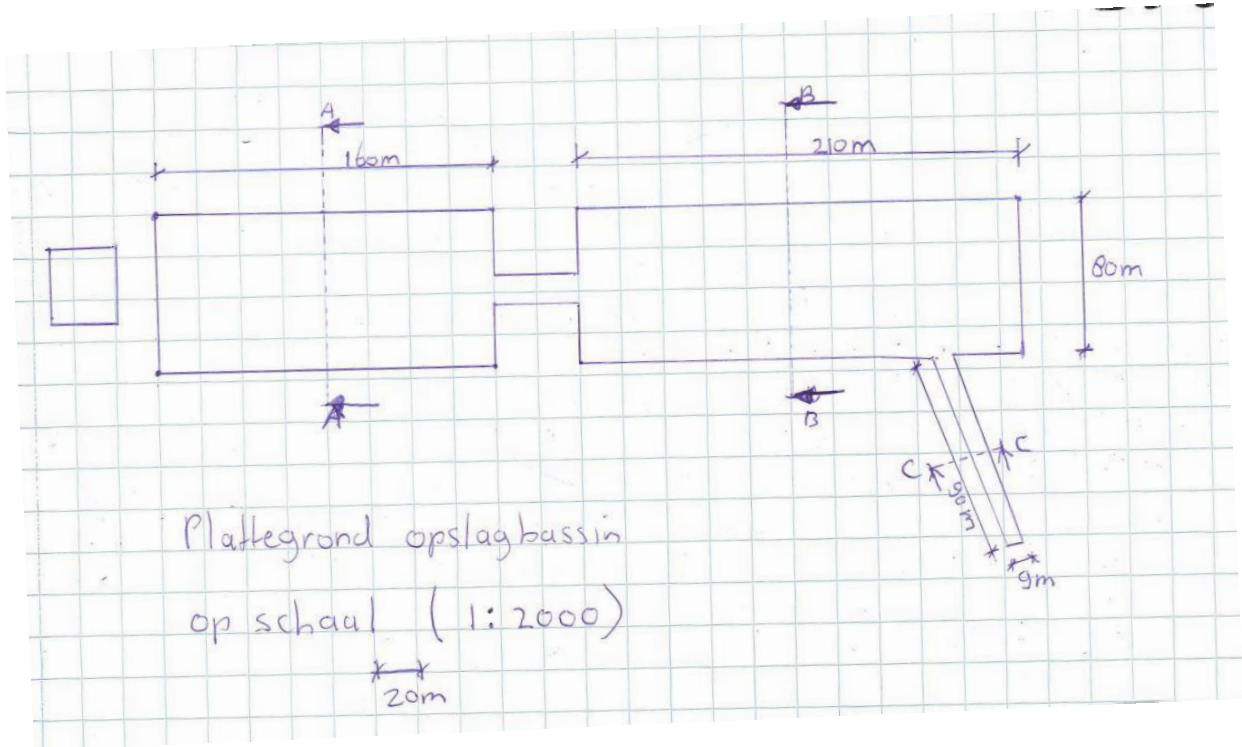
$$M_{\max} = F(h + x_m) + q(4,96 + x_m) \cdot 9,92 - \frac{1}{6} k_p \left(\frac{b \cdot x_m^3}{6} + \frac{x_m^4}{24} \right)$$

$$M_{\max} = 12156 \text{ kNm}$$

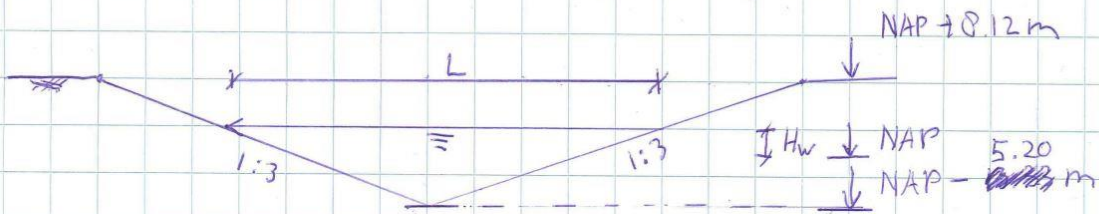
Dit is een uiterst groot moment en kan niet worden opgenomen door een houten paal.

Er zal dus gehelpt moeten worden naar stalen Palen of meerdere ~~paalen~~ houten palen gestegen worden ^{er kunnen}

BIJLAGE 49: AFMETINGEN OPSLAGBASSIN EN 2^E HAVEN



$$\begin{aligned} \text{Lengte} = L &= (5.2 + H_w(\text{boven NAP})) \cdot 6 \\ \text{oppervlakte} = A &= 160 \cdot L \\ \text{inhoud} = I &= \frac{1}{2} L \cdot 160 \cdot (5.2 + H_w) \end{aligned}$$

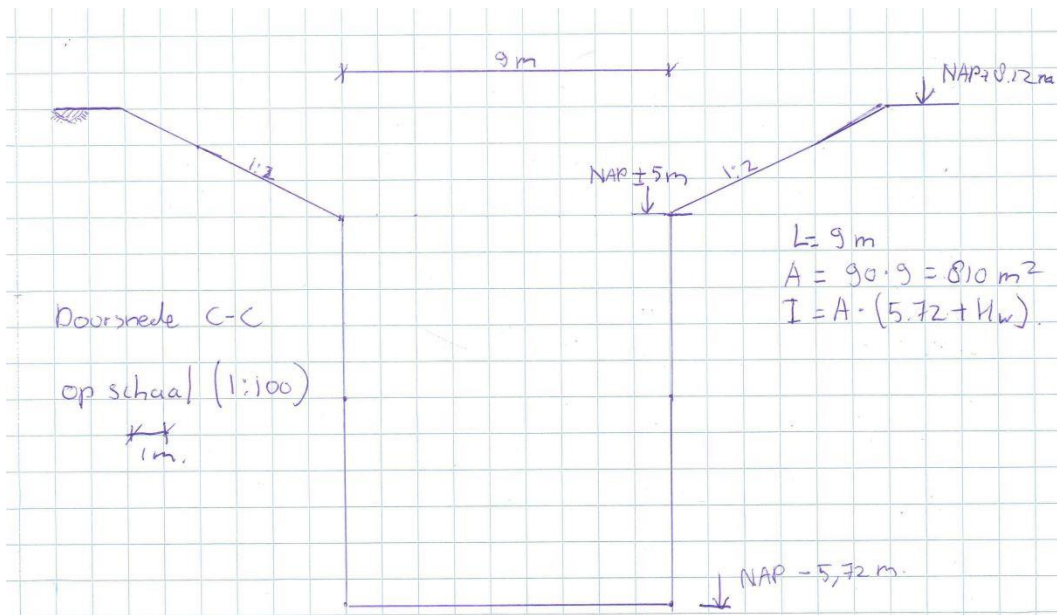
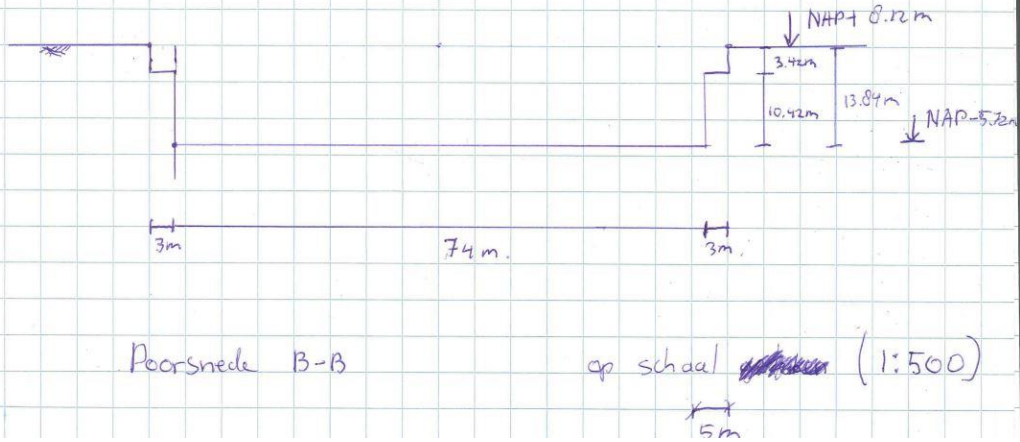


Doorsnede A-A

op schaal ~~1:500~~ (1:500)

5m

$L = 74 \text{ m}$ Kistdam
 $A = (210 - 3) \cdot 74 = 15318 \text{ m}^2$
 $I = A \cdot (5.72 + H_w)$



BIJLAGE 50: TOETSEN OP KNIK VOLGENS DE EUROCODE

Toetsen op knik: (Volgens Eurocode 5 (hout))

→ stap 1: bereken $i = b \cdot \sqrt{12}$

→ stap 2: bereken $L_{Buc} = \text{kniklengte}$

→ stap 3: bereken $\lambda = \frac{L_{Buc}}{i}$

→ stap 4: bereken $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{E_{0,0k}}{E_{0,05}}}$

→ stap 5: bereken $K = \frac{1}{2} (1 + \beta \cdot (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda^2)$

→ stap 6: bereken $k_c = \sqrt{K^2 - \lambda_{rel}^2 + k}$

Toets $\sigma_c < k_c \cdot f_{c,0,k}$

BIJLAGE 51: NIEUWE HAVENINDELING

Eerst zullen er een aantal uitgangspunten worden gesteld:

- Een schip heeft 1,5 keer zijn eigen lengte nodig om uit te kunnen varen
- De breedte van een dubbele ligplek is 10 meter (2x5 meter)
- Een steiger is 2 meter breed
- Een steiger ligt 2 meter van de kant af.

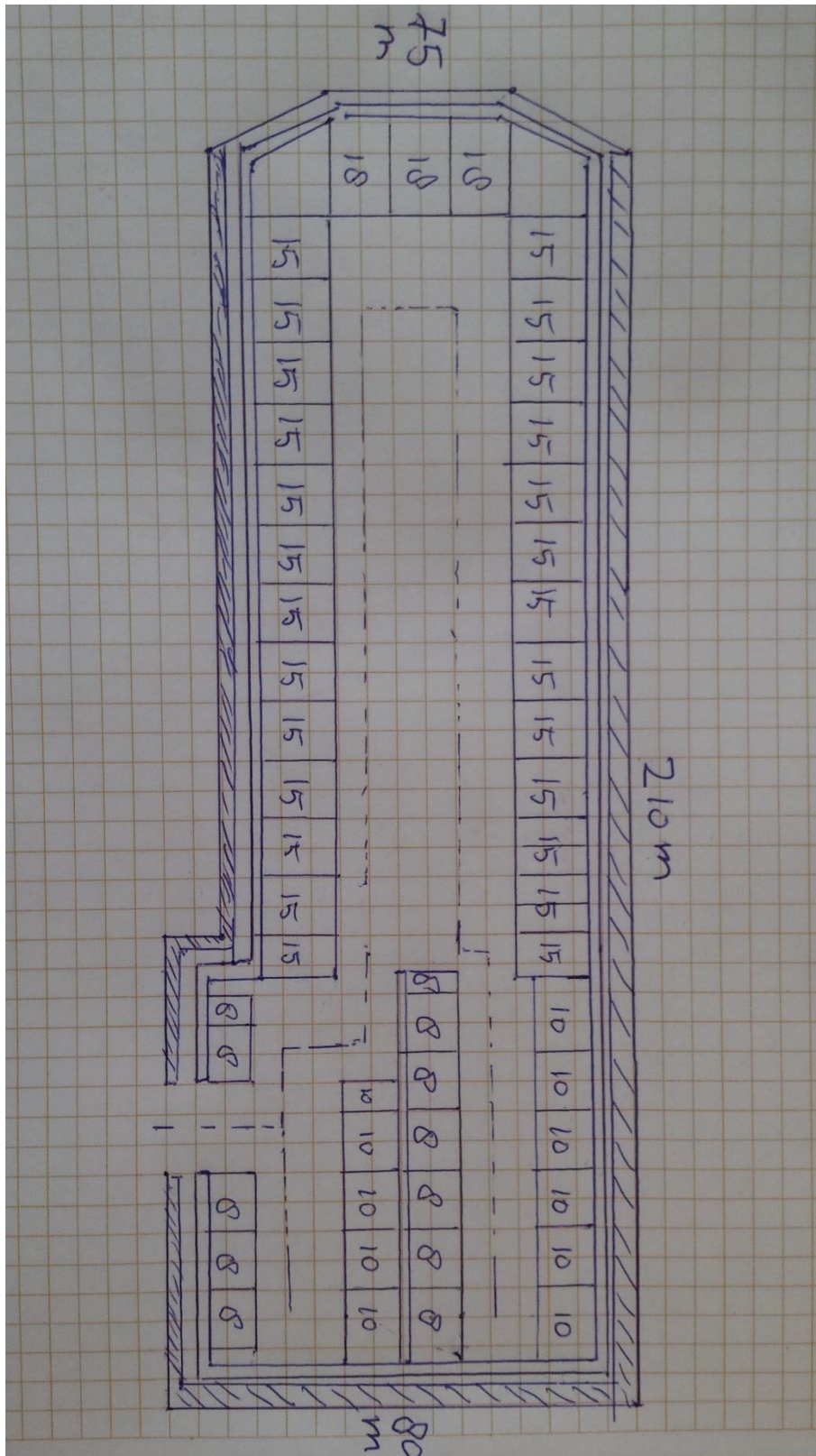
Om de haven efficient in te delen zijn er meerder opties overwogen. Echter bleek al snel dat een indeling met 4 rijen schepen niet mogelijk was. De maximale bootlengte zal dan neerkomen op 8 meter. Er zijn nauwelijks meer schepen van 8 meter in de haven op dit moment. De nieuwe haven is juist bedacht om ook grotere schepen te kunnen huizen. Vandaar dat er uiteindelijk is gekozen voor de onderstaande indeling. Aan de kant van de Duindorpbrug is er een driekhoekige afsnijding van de haven door de brug. Dit zorgt ervoor dat er geen schepen in de hoeken kunnen liggen. Echter kunnen er precies 6 grote schepen in hun lengterichting geplaatst worden met de punt naar de brug toe. Aan de andere kant is het bassin iets breder en is het mogelijk om een middelste steiger te realiseren. Hier zullen boten tot 10 meter kunnen liggen. Er zullen wel 22 plekken in totaal zijn voor schepen tot 8 meter. Dit komt zeer goed uit, want precies deze 20 schepen van 8 meter zullen in de huidige haven hun plek moeten opzeggen omdat er een vaarroute gemaakt moet worden naar het doorvaarkanaal. Het effect van de afname van de breedte door de kistdam heeft geen effect op de havenindeling. Indien er 6 meter meer ruimte was zouden er niet meer schepen geplaatst kunnen worden.

In figuur 79 op de volgende pagina is de uiteindelijk indeling getekend. Er is in totaal plaats voor:

- 6 boten van 18 meter
- 50 boten van 15 meter
- 21 boten van 10 meter
- 22 boten van 8 meter

In totaal komt dit neer op een capaciteit van 99 plaatsen. Echter zullen er ongeveer 20 schepen hun plek moeten opgeven voor een doorvaarroute. De winst zal dan neer komen op 79 plaatsen.

Dit is een totale capaciteitsvergroting van 25%.



FIGUUR 79: INDELING NIEUWE HAVEN