

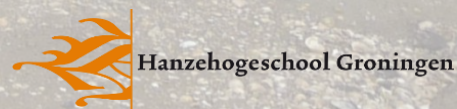
Alternatievenstudie naar een Rijke Dijk

Building with Nature in de Waddenzee

Waterschap Noorderzijlvest, proces Watersystemen en Waterveiligheid

Paul Sinnema & Marco Aldershof

22 januari 2018



Building with Nature in de Waddenzee

Colofon

Bachelorscriptie Civiele Techniek

Afstudeerperiode: 04-09-2017 tot 22-01-2018

In opdracht van:

- POV Waddenzeedijken
- Hanzehogeschool Groningen

Gegevens studenten:

Naam:	Paul Sinnema	Marco Aldershof
Studentnummers:	317096	323498
Mail:	p.r.sinnema@st.hanze.nl	m.j.aldershof@st.hanze.nl
Opleiding:	Civiele Techniek, waterbouw	Civiele Techniek, waterbouw

Gegevens bedrijfsbegeleiding:

Bedrijf: Waterschap Noorderzijlvest
Afdeling: Watersystemen en Waterveiligheid
Adres: Stedumermaar 1
Postcode: 9700 AA, Groningen
Telefoon: 050 304 8911

Naam:	ing. Marco Veendorp DBA	ir. Ron Hölscher
Functie:	Kennismanager POV-W	Junior Projectleider
Betrokkenheid:	Bedrijfsbegeleider	Bedrijfsbegeleider
Mail:	m.veendorp@noorderzijlvest.nl	r.holscher@noorderzijlvest.nl

Gegevens afstudeerbegeleiding:

Hogeschool: Hanzehogeschool Groningen
Faculteit: Academie voor Architectuur, Bouwkunde en Civiele Techniek
Adres: Zernikeplein 11 (Van DoorenVeste)
Postcode: 9747 AS, Groningen

Naam:	ir. Michiel Parlevliet	ir. Saskia Deegmulder
Functie:	Docent	Docent
Betrokkenheid:	Afstudeerbegeleider	Afstudeerlezer
Mail:	m.parlevliet@pl.hanze.nl	s.deegmulder@pl.hanze.nl

*Foto voorpagina: Marco Aldershof
Foto links: Marco Aldershof
Foto achterzijde: Sjaak Tange*

*“Een nieuw Deltaplan, maar dan heel anders: minder dijken en meer natuur.
Daarvoor pleiten, los van elkaar, het Wereld Natuur Fonds en veertig
wetenschappers in een manifest. De tijd dat het zeewater werd gezien als vijand is
definitief voorbij. Beton en bakstenen moeten plaatsmaken voor zandplaten en
natuur.”*

Nieuwsuur 30-10-2017

VOORWOORD

Voor u ligt de Bachelorscriptie 'Building with Nature in de Waddenzee' Een onderzoek naar de integratie van ecologie en waterveiligheid in het Waddenzeegebied. Het onderzoek is uitgevoerd door Paul Sinnema en Marco Aldershof in de afstudeerfase van de opleiding Civiele Techniek aan de Hanzehogeschool Groningen. De scriptie is opgesteld in opdracht van de Projectoverstijgende Verkenning Waddenzeedijken (POV-W) onder begeleiding van het waterschap Noorderzijlvest. Het afstuderen is uitgevoerd in de periode tussen september 2017 en januari 2018.

Bij dezen willen wij onze bedrijfsbegeleiders Marco Veendorp, Ron Hölscher en docentbegeleider Michiel Parlevliet bedanken voor de feedback en ondersteuning tijdens het afstuderen. Daarnaast willen wij de volgende specialisten bedanken voor hun ondersteuning en expertise: Beno Koolstra, Martin Voorma, Jeroen Klooster, Paul Buring, Egon Bijlsma, Vincent Vuik, Jentsje van der Meer, Frans Sijtsma en Rick Wortelboer. Jullie ondersteuning heeft ervoor gezorgd dat wij gedegen onderzoek konden uitvoeren.

In aanvulling hierop willen wij graag Kees de Jong bedanken voor de uitnodiging voor het Trilateraal congres in Wilhelmshaven en Esther Dieker voor de uitnodiging voor het Deltacongres 2018.

Wij hebben het onderzoek als interessant en vernieuwend ervaren en hopen dat op u over te brengen.

Wij wensen u veel leesplezier!

Paul Sinnema



Marco Aldershof



Groningen, 22 januari 2018

SAMENVATTING

De ijskappen op Antarctica smelten sneller dan gedacht, waardoor volgens het KNMI een zeespiegelstijging van 1,8 meter aan het eind van deze eeuw is niet meer onwaarschijnlijk is. Dit zorgt, naast bodemdaling, voor een steeds hogere waterstand tegen de dijken. Om voor dit probleem een oplossing te vinden voor het Waddenzeegebied, is de Projectoverstijgende Verkenning Waddenzeedijken (POV-W) opgezet. In de eerste fase van dit onderzoeksprogramma is het innovatieve concept Rijke Dijk bedacht. De doelstelling van de Rijke Dijk is het creëren van een natuurlijke overgang tussen de dijk en het water, waarbij de waterveiligheid wordt geïntegreerd met de functies natuur, recreatie, cultuurhistorie en/of duurzame economische activiteiten, op regionaal of lokaal niveau. Aan de hand van deze visie dient het concept verder uitgewerkt te worden naar een invulling van het concept Rijke Dijk.

Het doel van de Bachelorscriptie “Building with Nature in de Waddenzee” is dan ook om een invulling te geven voor de Rijke Dijk, waarbij de integratie gezocht wordt tussen waterveiligheid en natuur. Aan de hand van dit doel is de onderzoeksvraag opgesteld: “Welke combinatie van ecologische maatregelen en materialen leidt tot een waterveilig alternatief voor een Waddenzeedijk, waarbij de kosten-/batenverhouding verbeterd ten opzichte van een traditionele zeedijk?”.

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden, is er vooronderzoek gedaan naar het Waddenzeegebied. In dit theoretisch kader is het systeem bestudeerd en zijn de kansen en bedreigingen in beeld gebracht. De uitkomst van dit vooronderzoek is dat er het best gekozen kan worden voor een integrale oplossing, zoals de Building with Nature filosofie, waarbij de natuur wordt gebruikt om de waterveiligheidssituatie te verbeteren. Vanuit deze filosofie zijn vervolgens zeven schetsontwerpen (SO) opgesteld en uitgewerkt. Met behulp van een gestandaardiseerde Multicriteria-analyse (MCA), zijn deze schetsontwerpen vervolgens getoetst. De drie beste ontwerpen zijn op gebied van waterveiligheid, natuurbaten en kosten uitgewerkt tot Voorlopige Ontwerpen (VO).

Om tot een breed gedragen voorkeursalternatief te komen, is er gebruikgemaakt van een panel van experts met ervaring op het gebied van waterveiligheid en natuur. Op basis van de Voorlopige Ontwerpen heeft het panel het ontwerp “*Mosselrif*” gekozen als voorkeursalternatief, vanwege de significante toename in natuur. Hierom is het Mosselrif vervolgens voor de criteria waterveiligheid, natuurbaten en kosten uitgewerkt tot Definitief Ontwerp (DO). Om per dijktraject relatief eenvoudig te kunnen toetsen of het ontwerp voldoet, is de Mosselrif Quick Assessment Tool (MQAT) opgesteld. Door deze tool samen te gebruiken met een recent ontwikkelde tool, het Automatic Neural Network (ANN), is het mogelijk om relatief eenvoudig per dijktraject te bepalen of het Mosselrif een waterveilig alternatief is ten opzichte van een traditionele dijkverbetering.

Uit de resultaten van deze alternatievenstudie blijkt het Mosselrif een waterveilig alternatief te zijn op specifieke dijktrajecten langs de Waddenzeekust. Bij deze trajecten neemt door het toepassen van het Mosselrif de kosten-/batenverhouding significant toe ten opzichte van een traditionele dijkverbetering volgens de meest recente eisen. Hiermee is het Mosselrif een combinatie van ecologische maatregelen en materialen dat leidt tot een waterveilig alternatief voor een Waddenzeedijk, waarbij de kosten-/batenverhouding verbeterd ten opzichte van een traditionele zeedijk.

De Bachelorscriptie “Building with Nature in de Waddenzee” geeft hiermee een handvat voor de invulling van de Rijke Dijk in de ontwerpfase van een van de aankomende dijkverbeteringen. Dit handvat dient locatiespecifiek verder uit te worden gewerkt door middel van de morfologische situatie, de beschikbare materialen en de groeiomstandigheden van de mossel. Ook is het aan te bevelen om de nieuwste resultaten van de golftransmissie door kweldervegetatie op te vragen. Dit omdat de tijdens de scriptie opgestelde formule conservatief is aangenomen en het onderzoek hiernaar nog volop loopt.

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	IV
SAMENVATTING	V
1 INLEIDING	2
1.1 Aanleiding en doelstelling	2
1.2 Probleemstelling	3
1.3 Doelstelling	3
1.4 Onderzoeksvraag	3
1.5 Deelvragen en onderzoeksmethodiek	3
1.6 Randvoorwaarden en producten	4
1.7 Leeswijzer	4
2 DE WADDENZEE IN KAART	5
2.1 Locatie	5
2.2 Ontstaansgeschiedenis	5
2.3 Ecosysteem	6
2.4 Veranderingen ecosysteem	10
2.5 Aanpassingen hoogwaterbescherming	12
2.6 Building with Nature	13
2.7 Conclusie	13
3 SCHETSONTWERPEN	14
3.1 Gemeenschappelijke visie	14
3.2 Genereren van schetsontwerpen	15
3.3 Multicriteria-analyse van schetsontwerpen	18
3.4 Resultaten	19
3.5 Conclusie	19
4 VOORLOPIGE ONTWERPEN	20
4.1 Beoordelingscriteria	20
4.2 Referentieontwerp	23
4.3 Mosselrif	24
4.4 Wierdijk	27
4.5 Mosselpan	29
4.6 Resultaten	33
4.7 Conclusie	33
5 DEFINITIEF ONTWERP	34
5.1 Kiezen voorkeursalternatief	34
5.2 Waterveiligheid Mosselrif	35
5.3 Natuurbaten Mosselrif	41

5.4	Kosten Mosselrif	43
5.5	Conclusie	43
6	CONCLUSIE	45
7	DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN	46
8	BIBLIOGRAFIE	47

BIJLAGE(N)

II	DE WADDENZEE IN KAART	<i>Aantal pagina's</i>
II-A	Historisch-geologische analyse	4
II-B	Wetlandtypen	1
II-C	Randvoorwaarden mosselbanken	1
II-D	Analyse broed- en trekvogels	2
II-E	Erosie en sedimentatie Waddenzee	1
II-F	Hoogtekaart Waddenzeegebied	1
II-G	Natuurbeleid en beheer in de Waddenzee	6
III	SCHETSONTWERPEN & MCA	<i>Aantal pagina's</i>
III-A	Resultaten MCA	1
III-B	Schetsontwerpen	27
III-C	Toelichting op criteria MCA	6
IV	VOORLOPIGE ONTWERPEN	<i>Aantal pagina's</i>
IV-A	Referentieontwerp	6
IV-B	Mosselrif	13
IV-C	Wierdijk	13
IV-D	Mosselpan	13
IV-E	Presentatie Provincie Groningen	7
IV-F	Toelichting Natuurbaten	3
V	DEFINITIEF ONTWERP	<i>Aantal pagina's</i>
V-A	Presentatie & enquête	8
V-B	Waterveiligheid Mosselrif	2
V-C	Natuurwaarde calculatie	3
V-D	DO- tekening Mosselrif	1

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding en doelstelling

De ijskappen op Antarctica smelten sneller dan gedacht. Met deze boodschap stond het KNMI afgelopen november op het Deltacongres 2018 te Leeuwarden. Zelfs een zeespiegelstijging van 1,8 meter aan het eind van deze eeuw is niet meer onwaarschijnlijk. Daarnaast daalt de bodem rondom het Waddenzeegebied. Naast de bodemdaling door gaswinning, daalt de bodem door ontwatering. Het gevolg hiervan is dat er een steeds hogere waterstand tegen de dijken aan komt te staan.

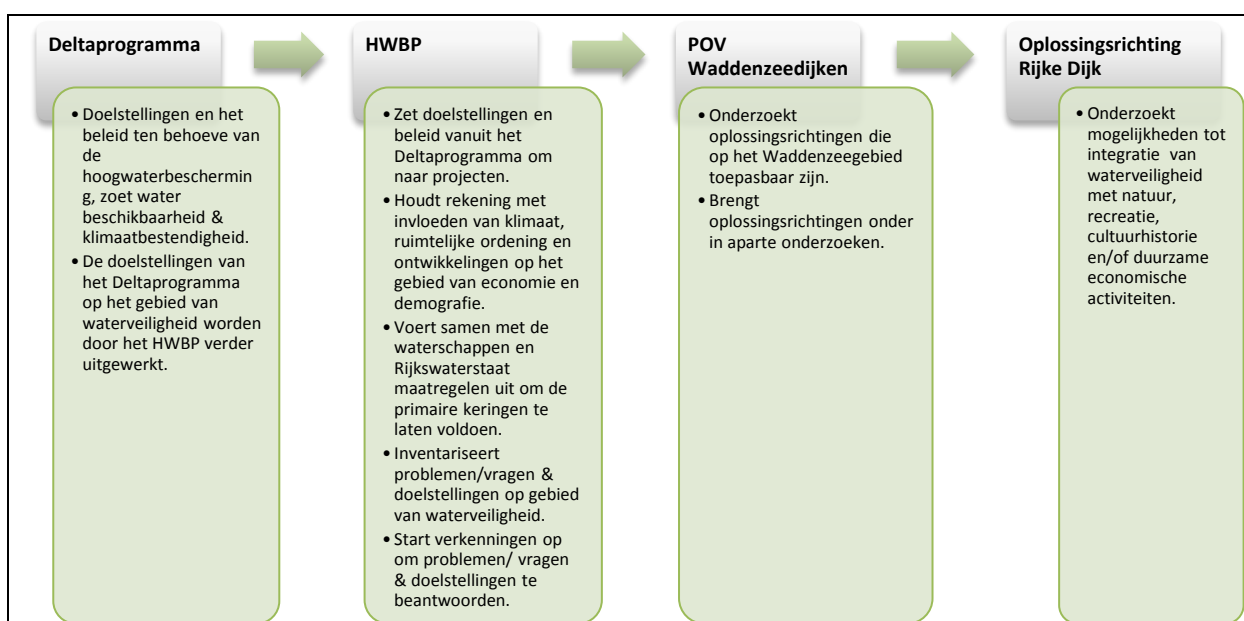
De New York Times kopte afgelopen juni: “The Dutch Have Solutions to Rising Seas. The World Is Watching”. Het artikel spreekt ervan dat er bij de Nederlandse oplossing niet meer gepoogd wordt om de natuur te onderwerpen, maar om met de natuur samen te werken. Omdat naast de waterveiligheid nu ook het draagvlak in de omgeving een cruciale rol speelt, profiteert de natuur.

Deze visie vindt zijn weerslag in het landelijke Deltaprogramma 2018 en het bijbehorende uitvoeringsprogramma: het hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Het Deltaprogramma heeft zich tot doel gesteld om innovatieve programma's te stimuleren om zo op tijd aan de toekomstige opgaven en met het beschikbare budget te voldoen. In het locatiespecifieke Deltaprogramma voor de Waddenzee zijn dit innovatieve programma's met specifieke aandacht voor natuur, recreatie en duurzame economische activiteiten. Deze innovatieve programma's zijn vormgegeven in Projectoverstijgende Verkenningen (POV). Een POV zoekt naar innovatieve oplossingen die gelden voor een combinatie van dijktrajecten die dezelfde eigenschappen hebben. Deze combinaties bestaan bijvoorbeeld uit trajecten die in hetzelfde gebied liggen of dezelfde geologische eigenschappen hebben.

Een van deze innovatieve programma's is de POV Waddenzeedijken (POV-W). De eerste fase van dit onderzoek, de initiatiefase, bestond uit een onderzoek naar de omgeving, een stakeholderanalyse en het selecteren van de meest kansrijke innovatieve dijkverbeteringen.

Een van deze innovatieve concepten is de Rijke Dijk. De doelstelling van de Rijke Dijk is het creëren van een natuurlijke overgang tussen de dijk en het water, waarbij de waterveiligheid wordt geïntegreerd met de functies natuur, recreatie, cultuurhistorie en/of duurzame economische activiteiten, op regionaal of lokaal niveau. Aan de hand van deze visie dient het concept verder uitgewerkt te worden.

De volgende fase van de POV-W, de verkenningfase, toetst concepten als de Rijke Dijk op haalbaarheid. Het eindresultaat van deze fase geeft richtlijnen om tijdens nieuwe dijkverbeteringen langs de Waddenzeekust, de innovatieve concepten (zoals de Rijke Dijk) toe te passen.



Figuur 1 Stroomdiagram Rijke Dijk

1.2 Probleemstelling

Het concept Rijke Dijk is dus ontstaan vanuit de kans om, voordat de aankomende dijkverbeteringen langs de Waddenzeekust plaatsvinden, projectoverstijgend te zoeken naar een verbeterd dijkontwerp. De verkenningfase van de POV-W zoekt naar een invulling van het concept Rijke Dijk.

1.3 Doelstelling

Het doel van de Bachelorscriptie is dan ook om met een invulling te komen voor de Rijke Dijk, waarbij de natuur meehelpt om het water te keren. Het resultaat is een ontwerp waarbij de dijkversterigingsopgave voor dezelfde kosten kan worden uitgevoerd, terwijl de natuurwaarde substantieel toeneemt.

1.4 Onderzoeksvraag

De doelstelling leidt dan ook tot de hoofdvraag van de Bachelorscriptie:

*Welke combinatie van ecologische maatregelen en materialen leidt tot een
waterveilig alternatief voor een Waddenzeedijk, waarbij de kosten-
/batenverhouding verbetert ten opzichte van een traditionele zeedijk?*

1.5 Deelvragen en onderzoeksmethodiek

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn er vier deelvragen gedefinieerd. Elke deelvraag is een separaat hoofdstuk in de scriptie. In de tabel hieronder zijn de deelvragen en het bijbehorende hoofdstuk benoemd. Ook is er per deelvraag aangegeven welke onderzoeksmethoden zijn toegepast om de deelvraag te beantwoorden. Deze methodieken zijn onderbouwd in het Projectplan afstuderen (Bijlage I).

Deelvragen:	Onderzoeksmethode:			
	Literatuur	Desk- research	Expert	Case- studie
Hoofdstuk 2: De Waddenzee in kaart 1. Wat is de huidige waterveiligheidssituatie van het Waddenzeegebied met betrekking tot het ecosysteem en de natuurwetgeving?	X	X	X	
Hoofdstuk 3: Schetsontwerpen 2. Hoe verhouden ecologische materialen/maatregelen voor de Waddenzee, binnen de huidige regelgeving en met een toegevoegde waarde voor de waterveiligheid, zich t.o.v. traditionele materialen/maatregelen?	X	X	X	X
Hoofdstuk 4: Voorlopige ontwerpen 3. Welke combinaties van ecologische en/of traditionele maatregelen kunnen verwerkt worden tot alternatieven voor een traditionele zeedijk?	X	X	X	
Hoofdstuk 5: Definitief ontwerp 4. Welk alternatief biedt de beste combinatie van ecologische waarde en de kosten/baten?		X	X	

Tabel 1 Overzicht deelvragen met de bijbehorende onderzoeksmethode.

1.6 Randvoorwaarden en producten

Het eindresultaat van de verkenningfase van de POV-W geeft richtlijnen om tijdens nieuwe dijkverbeteringen langs de Waddenzeekust, de innovatieve concepten (zoals de Rijke Dijk) toe te passen. Bij het uitwerken van de Rijke Dijk dient er dus rekening gehouden te worden met de ontwerpfase. Hier is tijdens de scriptie op geanticipeerd door het maken van een Excel tool. Door gebruik te maken van deze tool is het eenvoudig om te bepalen of het ontwerp kan worden toegepast voor een te verbeteren dijktraject.

De onderdelen/producten die overgenomen zijn uit de eerdere fase van de POV-W:

1. Programma van Eisen (PvE) van de Rijke Dijk
2. Stakeholderanalyse

De onderdelen/producten die buiten beschouwing zijn gelaten:

1. De scriptie richt zich op de integratie tussen waterveiligheid en de functie natuur/ecologie. Dit laat de functies recreatie en duurzame economische activiteiten open voor vervolgstudies.
2. Voor de bodemgesteldheid is niet de gehele bodemgesteldheid van het gebied beschreven, maar alleen de bodemgesteldheid die van belang is voor de waterveiligheid. Dit betreft dus een beperkte diepte.
3. Voor de ecologie is niet elk soort beschreven. Alleen de soorten welke boven het maaiveld (in eb-situatie) leven zijn potentieel relevant voor de waterveiligheid.
4. Voor de morfologie is een algemene situatie geschetst voor de Waddenzee. Hiervoor worden de huidige suppletieprogramma's gebruikt. Ook de accretie- en erosiesnelheden in het Waddengebied zijn van belang voor de waterveiligheid.
5. De kosten van de Voorlopige Ontwerpen (VO) zijn bepaald voor de bouwkosten. De overige kostencategorieën zijn projectafhankelijk en vallen daarom buiten de POV-W.
6. Voor waterveiligheidsmaatregelen is er alleen gerekend aan de hydraulische belastingen/reducties die de ontwerpen opleveren. Dit laat geotechnische berekeningen buiten beschouwing.
7. In het VO is er uitgegaan van een golfreductie van de kwelder van 27%. Dit is gedaan omdat er in het ontwerp uitgegaan is van dezelfde kwelder als in het onderzoek van (Post, 2015).
8. Voor het DO is de reductie van de significante golfhoogte alleen in verband gebracht met de kruinhoogte en de steenzetting. Dit laat de asfalt- en grasbekleding buiten beschouwing.

De onderdelen/producten die opgeleverd zijn:

1. Analyse van de huidige situatie in de Waddenzee met betrekking tot de Rijke Dijk.
2. Ecologische Schetsontwerpen (SO) die een bijdrage leveren aan de waterveiligheid en de ecologie.
3. SO-schetsen
4. Voorlopige Ontwerpen (VO) op basis van de beoordelingscriteria waterveiligheid, kosten en natuurbaten.
5. VO-tekeningen
6. Een Definitief Ontwerp (DO) op basis van de beoordelingscriteria waterveiligheid, kosten en natuurbaten.
7. Excel tool waarmee er in latere fasen bepaald kan worden of het ontwerp toepasbaar is voor dat dijktraject.
8. DO-tekeningen

1.7 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft inzicht in de ecologische en morfologische processen, beheer en wet & regelgeving. Vervolgens is in hoofdstuk 3 de focus gelegd op ecologische schetsontwerpen met een bijdrage voor de waterveiligheid. De meest haalbare uitkomsten hiervan zijn in hoofdstuk 4 gevormd tot voorlopige ontwerpen waarin de waterveiligheid, de kosten en de ecologische baten van elk alternatief zijn uitgewerkt. In hoofdstuk 5 is het optimale voorlopige ontwerp uitgewerkt tot een definitief ontwerp. Tot slot presenteert hoofdstuk 6 de conclusie en hoofdstuk 7 de discussie en aanbevelingen.

2 DE WADDENZEE IN KAART

De Waddenzee is een gebied met veel verschillende belangen. Om al deze belangen goed mee te nemen in de uiteindelijke ontwerpalternatieven, is er een locatieanalyse gemaakt. Deze analyse omvat de waterveiligheid, het ecosysteem en de bestaande natuurwetgeving. In dit hoofdstuk, dat dient als theoretisch kader, is aan de hand van deze analyses antwoord gegeven op de eerste deelvraag:

“Wat is de huidige waterveiligheidssituatie van het Waddenzeegebied met betrekking tot het ecosysteem en de natuurwetgeving?”

2.1 Locatie

Gelegen in het zuidoostelijke gedeelte van de Noordzee, bestrijkt de Waddenzee het gebied tussen het Deense Esbjerg en het Nederlandse Den Oever. De beheerorganisatie van de Waddenzee, de Common Wadden Sea Secretariat, verdeelt het gebied in drie deelgebieden: het Nederlandse, het Duitse (onderverdeeld in Nedersaksen en Sleeswijk-Holstein) en het Deense gedeelte (CWSS, 2017). De scriptie richt zich in eerste instantie op het Nederlandse deel van het Waddengebied.



Figuur 2 Locatie Nederlandse, Duitse en Deense Waddenzee (European Space Agency, 2009)

2.2 Ontstaansgeschiedenis

Uit de historisch-geologische analyse (Bijlage II-A) blijkt dat de lange ontstaansgeschiedenis van de Waddenzee bestaat uit periodes waarin de kust zich terugtrok (*regressie*) en periodes waarin de kust landwaarts opschoof (*transgressie*).

Tijdens de laatste regressiefase, tussen 3.000 en 1.000 v.Chr., ontstond aan de Nederlandse kust een lange reeks van strandwallen. Door de werking van wind en vegetatie groeiden deze wallen zich uit tot duinen. Het slib dat door de rivieren en zeegaten werd aangevoerd bezonk achter deze duinen. Gevolg hiervan was dat er in vochtige en brakke omstandigheden moerassen van laagveen ontstonden.

Op de ontstane duinen en strandwallen begonnen zich in de zesde eeuw voor Chr. mensen te vestigen. Om het hoofd te bieden tegen overstromingen werden de van nature hoge delen opgehoogd met klei, mest en ander materiaal. Het gevolg hiervan was dat ongeveer rond 300 voor Chr. de eerste terpen/wierden ontstonden in Friesland en Groningen, waarop hele dorpen werden gebouwd.

In de periode rond het jaar 1000, begon men ook dijkjes aan te leggen om het gebied te beschermen tegen hoogwater. Rond de 12^e eeuw werden deze dijkjes aaneengeregend tot een doorgaande zeedijk

die het hele noordelijke kustgebied beschermde (*Hacquebord & Hempenius, 1990*). Door de verhoogde zeespiegel en door bodemdaling (vanwege de ontwatering van het achterliggende veengebied), werd het steeds lastiger het water te keren (*LOLA landscape architects, 2015*).

In de periode na het jaar 1500 had men geleerd om opslibbing vanuit zee door middel van een kadijk/zomerdijk in het buitendijks gebied te versnellen. Bij vloed overstroomde het gebied achter de dijk, maar het water vloede langzamer weg, waardoor meer slib werd afgezet. Op het moment dat het land hoog genoeg was, werd het gebied ingepolderd. Aangezien er in de Dollardboezem spontane opslibbing plaatsvond, werd de zeearm polder voor polder op de zee veroverd (*LOLA landscape architects, 2015*).

Na deze periode was het Deltaplan een van de belangrijkste ontwikkelingen. Het Deltaplan was een reeks van nieuwe waterstaatkundige werken, waardoor eenzelfde ramp als de Watersnoodramp van 1953 niet meer zou kunnen gebeuren. Het Deltaplan leidde vervolgens tot de Deltawet van 1958. Hierin schreef de wet voor aan welke eisen de zee- en rivierdijken moesten voldoen (*LOLA landscape architects, 2015*). Onderdeel hiervan is het afdammen van de Lauwerszee tussen Friesland en Groningen in 1969 tot het Lauwersmeer.

Ondanks dat al deze aanpassingen ook grote gevolgen hadden voor het ecosysteem van het Waddengebied, is het gebied nog steeds een van de meest dynamische gebieden in ons land. In de Waddenzee zorgen natuurlijke processen nog steeds voor de instandhouding van bijzondere habitattypen en soorten.

2.3 Ecosysteem

De Waddenzee vormt een ecosysteem bestaande uit wadplaten, stranden, duinen en kwelders. Het gebied staat in verbinding met ecosystemen over de gehele wereld door trekvolgels die elders broeden en/of overwinteren. Door de relatief grote omvang van de Waddenzee is de populatiegrootte van veel diersoorten, met name kustgebonden vogels, afhankelijk van dit gebied (*Natura 2000, 2011*).

In dit ecosysteem zijn verschillende watergebieden te onderscheiden, beter bekend als “wetlands” (in Nederlandse vakliteratuur wordt algemeen de Engelse term gebruikt). Dit zijn gebieden waar water de primaire factor is die het milieu beïnvloedt. Ze komen voor waar het waterniveau op (of nabij) het maaiveld ligt, of waar het waterniveau deze overschrijdt. In de ‘Ramsar conventie’ (zie 2.3.3) zijn er vijf verschillende typen wetlands omschreven (Bijlage II-B) (*Ramsar Convention Secretariat, 2016*). In het Waddenzeegebied komen de volgende wetlands voor: zandstranden, kwelders & estuaria.

Bovengenoemde drie ecosystemen zijn onder te verdelen in biotische- en abiotische factoren. Deze factoren worden toegelicht in onderstaande paragrafen.

2.3.1 Biotische factoren

Biotische factoren zijn invloeden van biologische oorsprong binnen een ecosysteem. Deze zijn onder te verdelen in flora en fauna.

Flora

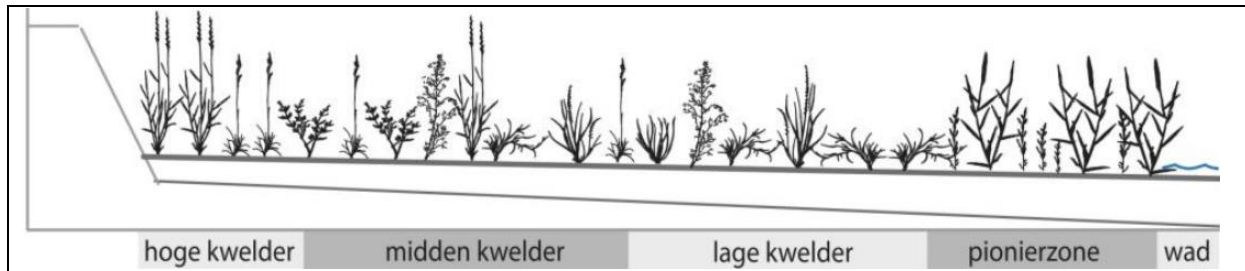
De flora in het Waddenzeegebied is op te delen in wad- en kweldervegetatie.

Wadvegetatie

De draagkracht van de Waddenzee, voor de daar levende diersoorten, wordt bepaald door de primaire producenten: diatomeeën (kiezelwieren), ééncellige & meercellige groenwieren en zeegrassen in het getijdengebied. De productie van ééncellige groenwieren in het water is vooral belangrijk voor ‘filter feeders’ zoals kokkels, mosselen, mesheften en Japanse oesters. (*Natura 2000, 2011*).

Kweldervegetatie

De kwelders komen voor op zand- en slikgronden die bij normaal hoogwater niet overstromen. De planten die er groeien zijn bestand tegen incidentele overspoeling door zout water. Een kwelder is op te delen in verschillende zones, deze zijn te onderscheiden door de verschillen in vegetatie (*Figuur 3 & Tabel 2*). Daarnaast komt er ook vegetatie voor die niet zonegevoelig is.



Figuur 3 Opbouw van een kwelder (Esselink, 2015).

Hoge kwelderzone	Midden kwelderzone	Lage kwelderzone	Pionierszone
Zoete graslandsoorten	Zeealsem Engels gras Zilte rus Rood zwenkgras Fioringras Zeemelkkruid Kwelderzegge	Kweldergras Gewone zoutmelde Engels lepelblad Gesteelde zoutmelde	Zeekraal Langarige zeekraal Kortarige zeekraal Engels slijkgras
Naast duidelijk onderscheidende vegetatie per zone zijn er ook vegetatiesoorten die niet zonegevoelig zijn. Dit zijn de Zeeaster, Gerande, Schorre, Zoutgras, Dunstaart, Schorrekruid, Spiesmelde, Lamsoor, Zeeweegbree, Schijnspurrie, Strandkweek, Strandmelde en Biestarwegras.			

Tabel 2 Kweldervegetatie per zone.

Doordat de kwelder over een grote diversiteit in vegetatie beschikt, is het een aantrekkelijk gebied voor zowel broed- als trekvogels. Deze vegetatie biedt beschutting voor nesten en is een rustplek dichtbij (of direct grenzend aan) het foerageergebied (voedselgebied) van vogels. Ten gevolge van de relatieve zeespiegelstijging (zie 2.4) nemen deze gebieden in de toekomst echter in omvang af aangezien de gebieden onder water komen te liggen (Wang, 2017).

Fauna

De fauna in het Waddenzeegebied is grofweg onder te verdelen in de volgende soorten: weekdieren, zeehonden, vogels, vissen en bodemdieren. Vanwege de afbakening in deze rapportage, is ervoor gekozen alleen de weekdieren en vogels te behandelen. Hiervoor zijn de volgende redenen gehanteerd:

- De zeehondenpopulatie is door middel van trilaterale afspraken (zie 2.3.3) sterk toegenomen.
- Er bestaan op het moment van schrijven veel onzekerheden over de verhouding van de vispopulatie in relatie met het ecosysteem. De vispopulatie van vooral de jonge vissen neemt op dit moment af, maar het is onzeker waarom. Hiervoor is een onderzoeksprogramma opgesteld (Walker, 2015).
- De bodemdieren spelen een indirecte rol in de waterveiligheid. Deze diersoorten zouden onderdeel kunnen zijn van vervolgonderzoek.

Weekdieren

In de Waddenzee is een grote populatie aan mosselen, mesheften en Japanse oesters aanwezig. De mosselpopulatie dient samen met de begeleidende fauna als voedsel voor duikende eendensoorten zoals de Eider en de Topper. Er wordt echter een aanzienlijk deel van de jaarlijkse broedval (jonge mosselen) weggevisst, waardoor de mosselpopulatie erg onder druk staat. In 2009 is het convenant “Convenant transitie mosselsector en natuurherstel Waddenzee” (Ministerie van Economische Zaken, 2008) opgesteld om deze visserij te beperken en zo het herstel van de mosselpopulatie te stimuleren. Ook is er onderzoek gedaan naar locaties die voldoen aan de randvoorwaarden voor de groei en het overleven van mosselbanken (Bijlage II-C).

Vogels

De Waddenzee is belangrijk voor een groot scala aan broed- en trekvogels. Door de grote omvang van de Waddenzee is de populatie van veel vogelsoorten afhankelijk van dit gebied. De Natura 2000 stelt per vogelsoort een doelstelling met betrekking tot de gewenste populatie. Deze doelstellingen zijn opgenomen in de rapportage *Natura 2000-doelen in de Waddenzee* (Natura 2000, 2011).

In onderstaande tabel zijn de soorten opgenomen waarbij de streefpopulatie volgens de huidige voorspellingen niet wordt behaald. Voor de status van de vogelsoorten die niet onder druk staan wordt verwezen naar de Natura 2000. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de Eider in de Waddenzee zowel een trekvogel (niet broedvogel) als een broedvogel is.

Vogelsoorten onder streefpopulatie Natura 2000		
Broedvogels		Niet broedvogels
Eider	Grote stern	Eider
Blauwe kiekendief	Visdief	Aalscholver
Kluut	Noordse stern	Grote Zaagbek
Bontbekplevier	Dwergstern	Goudplevier
Strandplevier	Blauwe kiekendief	
Scholekster		

Tabel 3 Vogelsoorten onder streefpopulatie Natura 2000.

De vogelsoorten uit *Tabel 3* zijn, door middel van desk research, geanalyseerd op gebied van voedsel, leefgebied en mate van bedreiging. Hierbij is op advies van dhr. B. Koolstra (Expert 1) gebruikgemaakt van vogelpopulatiegegevens opgesteld door SOVON (SOVON, 2016). De uitkomsten van deze analyse staan weergegeven in Bijlage II-D. Uit de analyse kan worden geconstateerd dat er meerdere vogelsoorten onder druk staan door predatie door de vos op de vastelandskwelders. Daarnaast speelt voedseltekort een belangrijke rol. Dit komt voornamelijk doordat de mossel- en oesterpopulatie onder druk staat. Naast deze weekdieren staat ook de begeleidende fauna op het menu van vele vogels. Hierdoor is de afname van de mossel- en oesterpopulatie een belangrijke factor in het voedseltekort. In de toekomst zal door relatieve zeespiegelstijging (zie 2.4) het broed- en foerageergebied van veel vogelsoorten uit *Tabel 3* verder afnemen en onder water komen te staan (Wang, 2017).

Expert: Beno Koolstra MSc

Senior adviseur ecologie en natuurwetgeving bij Arcadis

Gespreksdatum: 20-10-2017

Het gespreksonderwerp tijdens dit gesprek was de vogelpopulatie in het Waddenzeegebied. Uit het gesprek kwamen verschillende punten aan de orde:

- De vogelpopulatie heeft op dit moment, met nog twee eilanden in de planning, genoeg hoogwatervluchtplaatsen. Belangrijke verbeteringen zouden de aanleg van foerageer- en broedlocaties zijn. Voor foerageergebieden is het vooral van belang dat vogels 'mee kunnen lopen' met de getijdlijn.
- De opgestelde analyse met betrekking tot de vogelpopulatie geeft de huidige situatie in het Waddenzeegebied goed weer.
- Voor vogels is de intergetijdenzone het meest interessant om te foerageren. Boven de hoogwaterlijn gebeurt dit eigenlijk niet meer.
- Broedlocaties zijn relatief gemakkelijk gemaakt en er zijn vaak geen speciale maatregelen voor nodig. De schermduik van de haven van Delfzijl was bijvoorbeeld eerst losgekoppeld, waardoor grote vogelkolonies konden broeden.
- In Noord-Holland is er bij de Hondsbossche en Pettemer zeewering het materiaal Elastocoast toegepast. Dit is een materiaal waaraan weekdieren zich kunnen hechten. Risico is wel dat er eventueel microplastic in de zee beland. Hier wordt op dit moment onderzoek naar gedaan.

Expert 1

2.3.2 Abiotische factoren

Abiotische factoren zijn invloeden binnen een ecosysteem die geen biologische oorsprong hebben. In de Waddenzee bestaan deze uit morfologische processen zoals sedimenthuishouding en getijden. De bodemhoogte staat in verband met deze processen en is daarom ook een belangrijke abiotische factor.

Sedimenthuishouding

In de Waddenzee is de bruto-opslibbing in de verschillende kwelderzones langdurig gemonitord. Dit onderzoek is uitgevoerd voor de Groningse en Friese kust in de periode 1960-2007. Uit onderzoek valt

te concluderen dat de opslibbing van de pionierszone de gemiddeld hoogwaterlijn volgt (Dijkema, et al., 2009). Conclusies betreffende erosie en sedimentatie zijn verwerkt tot een overzichtskaart, welke bijgevoegd is in Bijlage II-E. Deze kaart geeft inzicht waar erosie en sedimentatie plaatsvindt, maar vertelt niets over de morfologische processen die hieraan ten grondslag liggen. Voor deze morfologische processen vindt op het moment van schrijven volop onderzoek plaats.

Getijdenstroming

De vloed komt vanuit de Noordzee de Waddenzee met een stroomrichting west naar het oost. Als gevolg daarvan is het in het westen bij Den Helder uren eerder hoog- of laagwater dan in het oosten bij Delfzijl.

Door de getijdenwerking is er een complex systeem van geulen, ondiep water en zand- en slibbanken ontstaan. Tijdens laagtij valt een groot gedeelte van de Waddenzee droog. Als de vloed terugkeert komt het water met hoge snelheden het gebied in, waardoor er erosie plaatsvindt. De losgekomen deeltjes gaan in de suspensie, worden meegevoerd en zullen elders weer bezinken. Dit proces herhaalt zich bij elk nieuw getij en (her)vormt op deze wijze de Waddenzee.

Bodemhoogte

De bodemhoogte van het Waddenzeegebied staat in verband met de sedimenthuishouding en de stroomsnelheden. Een hoogtekaart van het Waddenzeegebied is bijgevoegd in Bijlage II-F.

2.3.3 Natuurwetgeving

“Heritage is our legacy from the past, what we live with today, and what we pass on to future generations. Our cultural and natural heritage are both irreplaceable sources of life and inspiration.”

- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO)

In 2009 is de Waddenzee uitgeroepen tot Werelderfgoed. Naast de werelderfgoedstatus is het gebied onderhevig aan tal van verdragen en wetgeving. Daarnaast zijn er ook grote verschillen in regelgeving tussen Nederland, Duitsland en Denemarken. In dit hoofdstuk zijn de verdragen en wetten op natuurgebied in het Nederlandse gedeelte van de Waddenzee samengebracht (Bijlage II-G).

Internationale verdragen

De eerste aanzet tot natuurwetgeving voor de Waddenzee vond plaats door middel van internationale verdragen. Op grond van artikel 94 van de grondwet (zie onderstaande) vinden wettelijke voorschriften geen doorgang indien deze niet verenigbaar zijn met 'een ieder verbindende bepalingen' van verdragen en van besluiten van volkenrechtelijke organisaties. Deze bepalingen kan de rechter zelf toepassen zonder zelf de nationale beleidskeuzen te maken.

Artikel 94 Grondwet

“Binnen het Koninkrijk geldende wettelijke voorschriften vinden geen toepassing, indien deze toepassing niet verenigbaar is met een ieder verbindende bepalingen van verdragen en van besluiten van volkenrechtelijke organisaties.”

Voor de Waddenzee hebben de meeste internationale verdragen vaak een 'morele plicht'. Dit betekent dat de verdragen niet direct verbonden zijn aan strakke wetgeving. De verdragen van Bern en Bonn zijn echter door de EU geratificeerd en maken daarom deel uit van het Europees recht. Dat betekent dat naleving van het verdrag in principe door het Hof van Justitie van de Europese Gemeenschappen (HvJEG) kan worden afgedwongen. (Bijlage II-G art. 6 Hrl) Het verdrag van Ramsar verplicht landen om wetlands van internationale betekenis aan te wijzen als beschermd gebied. De aanwijzing van de Waddenzee heeft op zich geen rechtsgevolgen, maar betekent wel de erkenning van de internationale waarde van het gebied (Bijlage II-G).

Naast deze internationale verdragen bestaan er zogenaamde 'Trilaterale afspraken'. Dit zijn afspraken tussen de drie landen van de Waddenzee: Nederland, Duitsland en Denemarken. Deze 'Trilateral Cooperation on the Protection of the Wadden Sea' bestaat sinds 1972 en richt zich op wetenschappelijke en beleidsmatige vraagstukken en samenwerking.

Een belangrijk resultaat van de coöperatie is de zeven basiselementen voor klimaatadaptatiestrategie (CWSS, 2014). Deze basiselementen zijn vrij vertaald: natuurlijke dynamica, interconnectiviteit van leefgebieden, integratie, flexibiliteit, langetermijn aanpak, plaatsgebonden aanpak en deelnemende aanpak.



Figuur 4 Hoofdkantoor CWSS te Wilhelmshaven (Eigen foto)

Wetgeving

De Europese Unie heeft de verdragen van Bern en Bonn verder uitgewerkt tot de Vogelrichtlijn (Vrl) en de Habitatrichtlijn (Hrl). Een richtlijn van de EU vormt een opdracht aan de overheid om bepaalde zaken binnen een bepaalde tijd in nationale wetgeving te regelen. Richtlijnbepalingen hebben geen rechtstreekse werking, tenzij de uitvoeringstermijn van de richtlijn is verstreken en de betrokken bepaling niet, niet tijdig of niet juist is omgezet in nationaal recht. (CWSS, 2005)

Aan de hand van art.4 van de Vrl (*Raad van de Europese Gemeenschappen, 1979*) moeten gebieden die belangrijk zijn voor trekvogels of soorten in bijlage I van de Vrl worden aangewezen als Speciale Beschermingszone (SBZ). Vervolgens bepaalt art. 3 uit de Hrl dat lidstaten deze SBZs met elkaar dienen te verbinden. Dit aaneengesloten netwerk, waar de Waddenzee dus deel van uitmaakt, heet de Natura 2000.

Het gevolg van de Natura 2000 status is dat de landen volgens Europese wetgeving verplicht zijn om te zorgen dat de ecologische kwaliteit van het gebied niet verslechtert (*Raad van de Europese Gemeenschappen, 1992*). Daarnaast dienen plannen of projecten in het gebied aan de hand van art. 6 lid 3 en 4 van de Hrl (Bijlage II-G art. 6 Hrl) getoetst te worden.

2.4 Veranderingen ecosysteem

“Bring Paris Home, dat was de boodschap van de Nationale Klimaatop in oktober 2016. Het is een forse uitdaging om de opwarming van de aarde te beperken tot ruim beneden de 2 graden Celsius. Even zo fors is de uitdaging om ons land voor te bereiden op de onvermijdelijke klimaatverandering. Zoals Deltacommissaris Wim Kuijken zei tijdens de Klimaatop: mitigatie en adaptatie zijn twee kanten van dezelfde klimaatmedaille.”

- Sharon Dijksma, Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016).

Klimaatmitigatie en klimaatadaptatie

Een van de belangrijkste verschillen in het beleid ten aanzien van klimaatverandering, is het verschil tussen klimaatadaptatie en klimaatmitigatie.

Klimaatmitigatie

Klimaatmitigatie is erop gericht om verdere klimaatverandering te voorkomen. Mitigerende maatregelen zorgen ervoor dat de uitstoot van broeikasgassen verminderd wordt, waardoor klimaatverandering beperkt blijft. Tijdens de klimaatop in Parijs is door 174 landen afgesproken de temperatuurstijging te beperken tot ruim beneden de 2 graden voor het pre-industriële niveau, met 1,5 graad als streefwaarde.

Klimaatadaptatie

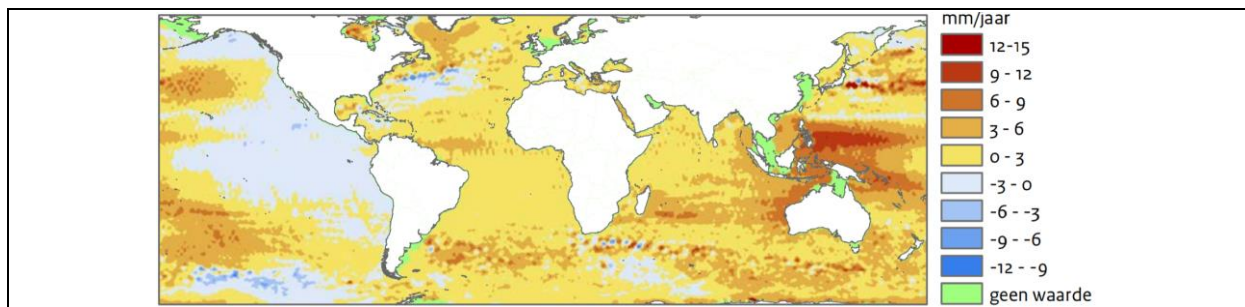
Klimaatadaptatie bestaat uit maatregelen die getroffen worden om Nederland aan te passen aan het veranderende klimaat. Hierbij is het doel om de negatieve effecten van klimaatverandering te verminderen en tegelijkertijd de kansen van klimaatverandering te benutten. Het Nederlandse beleid ten opzichte van klimaatadaptatie is vastgesteld in de Nationale klimaatadaptatiestrategie 2016 (NAS) en het Deltaprogramma. Een belangrijk thema binnen de NAS (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016) zijn er vier beleidsonderwerpen vastgesteld (warmer, natter, droger en zeespiegelstijging).

Zeespiegelstijging

Voor de Waddenzeekust is het onderwerp zeespiegelstijging het meest van belang. Voor de waterveiligheid is het van belang een onderscheid te maken tussen absolute zeespiegelstijging en relatieve zeespiegelstijging.

2.4.1 Absolute zeespiegelstijging

Op dit moment blijkt uit waarnemingen dat er aan de Nederlandse kust sinds 1900 een zeespiegelstijging is van 1,8 mm per jaar. Er is geen duidelijke versnelling zichtbaar in het tempo van stijging die uitstijgt boven de natuurlijke variaties. Dit heeft als oorzaak dat de natuurlijke variaties veel groter zijn dan voor het wereldgemiddelde (KNMI, 2015).



Figuur 5 Tempo van de zeespiegelstijging in de periode 1993-2012 (KNMI, 2015).

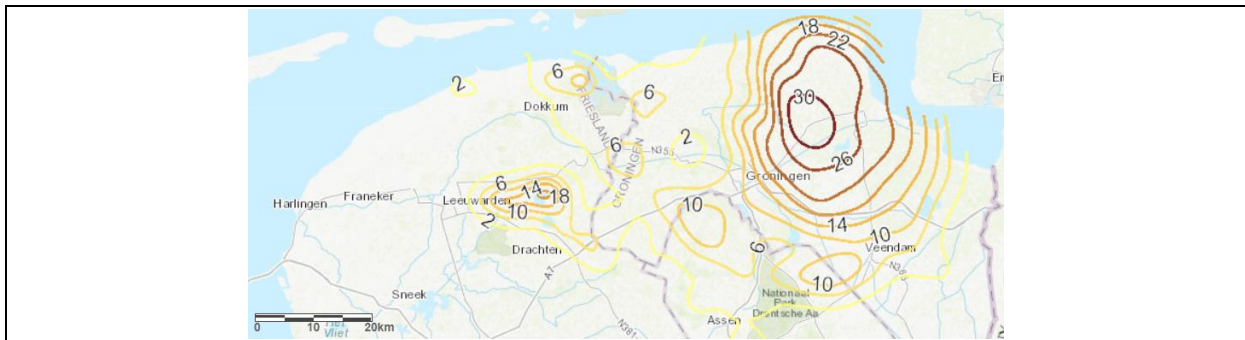
Voor de periode 2071-2100 wordt echter verwacht dat de zeespiegel sneller zal stijgen dan in de huidige situatie. Hiervoor heeft het KNMI verschillende klimaatscenario's opgesteld. Deze scenario's worden aangepast naar aanleiding van de nieuwste wetenschappelijke inzichten. Voor het ontwerpen wordt er op dit moment in de vierde versie van het Ontwerpinstrumentarium 2014 (OI2014v4) uitgegaan van de uiterste grens van het "Warm" klimaatscenario uit het KNMI'06 (KNMI, 2007).

- In het "Warm" scenario gaat het KNMI uit van een zeespiegelstijging van tussen de 40 en 85 centimeter voor het jaar 2100.

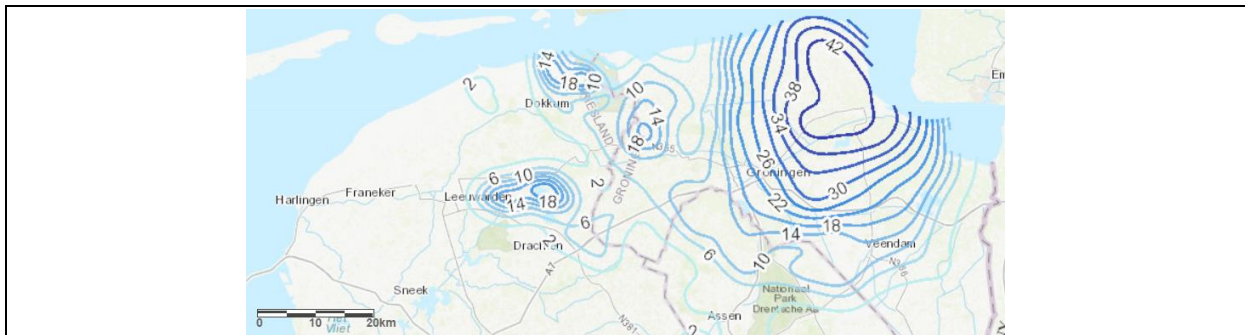
De uiterste grens is dus 85 cm zeespiegelstijging.

2.4.2 Relatieve zeespiegelstijging

De relatieve zeespiegelstijging is de stijging van de zeespiegel ten opzichte van de hoogteligging van het land. In het Waddenzeegebied daalt de bodem. Dit is niet het gevolg van klimaatverandering, maar van de gaswinning in het Waddenzeegebied door de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM). Het gevolg hiervan is dat er langs de Waddenzeekust bodemdaling plaatsvindt (NAM, 2017). De daling bedraagt in het uiterste geval ongeveer 42 cm over de periode van 2013 tot 2080.



Figuur 6 Bodemdaling tot 2013 (NAM, 2017)



Figuur 7 Bodemdaling tot 2080 (NAM, 2017)

2.5 Aanpassingen hoogwaterbescherming

Als gevolg van de verwachte relatieve zeespiegelstijging, zijn er normen opgesteld voor de Nederlandse dijken. Deze normen zijn beschreven in het wettelijk toetsinstrumentarium 2006 (WTI 2006). Op basis van deze normering is er in de derde toetsronde (2006-2013) gecontroleerd of de huidige dijken aan deze nieuwe eisen voldoen. Hieruit is gebleken dat er een aantal dijktrajecten binnen dijkkring 6 (Figuur 8) niet aan deze eisen voldoen. In Figuur 8 zijn de afgekeurde dijkvakken in rood weergegeven.

In totaal voldoet 38% van de totale lengte niet aan de normen. Dit heeft met name te maken met:

- De stabiliteit (ST)
 - Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU);
 - Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI);
 - Bekleding (STBK), waaronder steen-, asfalt- en grasbekledingen.
- De hoogte (HT)

Deze trajecten worden nu ontworpen aan de hand van de normering vanuit het wettelijk beoordelingsinstrumentarium 2017 (WBI 2017). De nieuwe beoordeling loopt vanaf 2017 tot 2023.



Figuur 8 Veiligheidsoordeel Dijkkring 6 (POV Waddenzeedijken, 2017)

2.5.1 Innovatie

Binnen het huidige hoogwaterbeschermingsprogramma is er ruimte voor innovatie. Innovaties zijn nodig om het HWBP programma op tijd en binnen budget af te ronden en de ambities rondom duurzaamheid waar te maken. Innovaties die binnen het programma als succesvol worden beschouwd zijn innovaties die de projectkosten verlagen, het dijkversterkingsproject versnellen, meekoppelkansen bevatten en duurzaamheid bevorderen (HWBP, 2017).

De Rijke Dijk is ontstaan vanuit meekoppelkansen. Het basisprincipe is dat er tijdens een regulier dijkontwerp, gedacht kan worden aan de overgang tussen dijk en zee. Deze overgang zou dan een bijdrage dienen te leveren aan de waterveiligheid (POV Waddenzeedijken, 2017). Om deze combinatie vorm te geven, kan er gebruikgemaakt worden van de Building with Nature filosofie.

2.6 **Building with Nature**

Building with Nature (BwN) is een concept waarbij er zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van het ecosysteem. Op deze manier profiteert zowel de waterveiligheid als de natuur (Boskalis, 2017). Volgens het boek 'Coastal Dynamics I' (Bosboom & Stive, 2015) kan dit op drie manieren:

- Ten eerste moet er in elk ontwerp rekening worden gehouden met de abiotische factoren van het ecosysteem. Zo is het bijvoorbeeld erg onlogisch om een landaanwinningproject te doen in een gebied dat snel erodeert. Het doel van goede kustwaterbouw wordt dan ook in het boek 'Coastal Dynamics I' (Bosboom & Stive, 2015) benoemd als: *"The objective of sound coastal engineering practice is to plan the works in such a way that they fit best in the natural system thus avoiding extremely high construction and/or maintenance cost."*
- Ten tweede is het naast het bestuderen van de natuurlijke eigenschappen van een locatie, vaak mogelijk om historische of geologische ontwikkelingen in het gebied te bestuderen (Bijlage II-A). Op deze manier is het mogelijk om iets te zeggen over de toekomstige natuurlijke ontwikkelingen van het gebied.
- Ten derde is het mogelijk om traditionele kustverdedigingstechnieken te vervangen door meer natuurlijker methoden. Deze technieken dienen de overgang tussen land en zee te verbeteren. Door middel van een ecologisch ontwerp hoeft er geen rekening te worden gehouden met natuurcompensatie. Daarnaast biedt de natuur een gedeelte van het onderhoud, waardoor de oplossingen ook voordelen bieden voor klimaatadaptatie (Boskalis, 2017).

2.7 **Conclusie**

In dit hoofdstuk is de huidige situatie van de Waddenzee geanalyseerd. Deze analyse dient als het theoretisch kader voor het vervolg van het onderzoek. Het theoretisch kader geeft antwoord op de eerste deelvraag:

"Wat is de huidige waterveiligheidssituatie van het Waddenzeegebied met betrekking tot het ecosysteem en de natuurwetgeving?"

Uit het hoofdstuk blijkt dat een gedeelte van de Waddenzeedijken niet meer voldoet, vanwege de relatieve zeespiegelstijging. Deze stijging zorgt naast een waterveiligheidsopgave voor een ecologische opgave. Bedreigde vogelsoorten zullen het namelijk het nog moeilijker krijgen om te broeden en te foerageren. Daarnaast zullen bestaande kwelders in het Waddenzeegebied onderlopen. Aangezien het gebied onderdeel uitmaakt van de Natura 2000, dienen oplossingen te voldoen aan deze wetgeving. De Habitatrictlijn geeft aan dat er in een Natura 2000 gebied mag worden gebouwd, mits de ecologische waarde van het gebied minimaal gelijk blijft.

De oplossing voor deze opgaven kan worden gevonden in Building with Nature. Bij een Building with Nature oplossing in de Waddenzee wordt de natuur gebruikt om de waterveiligheidssituatie te verbeteren. Hierdoor neemt de ecologische waarde toe en is het project wettelijk inpasbaar.

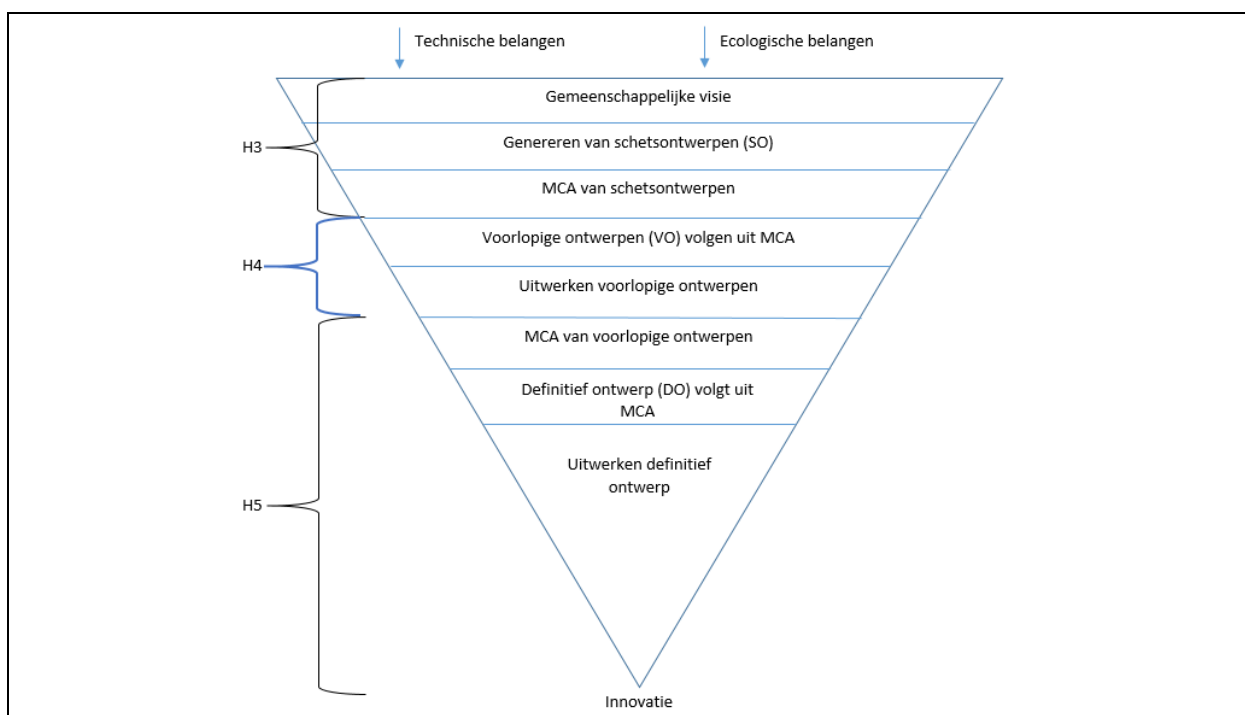
3 SCHETSONTWERPEN

“Kunstenaars hebben altijd rare invallen waar verstandige mensen nooit van zouden dromen.”

- Thomas Baines, Kunstenaar en ontdekkingsreiziger, 1820-1875

Nieuwe Building with Nature ontwerpen vragen innovatie en creatief denken. Om dit proces vorm te geven, is er gebruikgemaakt van een ‘innovatietrechter’. Door van dit middel gebruik te maken, kunnen succesvolle ontwerpen gescheiden worden van niet- of minder succesvolle ontwerpen. In dit hoofdstuk is aan de hand van de innovatietrechter antwoord gegeven op de tweede deelvraag:

“Hoe verhouden ecologische materialen/maatregelen voor de Waddenzee, binnen de huidige regelgeving en met een toegevoegde waarde voor de waterveiligheid, zich t.o.v. traditionele materialen/maatregelen?”



Figuur 9 'Innovatietrechter' voor het genereren van succesvolle ontwerpen

3.1 Gemeenschappelijke visie

Het Waddenzegebied is een gebied met veel belangen. Deze belangen kunnen onderverdeeld worden in ecologische, waterbouwkundige, economische (visserij, energie, recreatie en industrie) en sociale belangen. Tijdens het trilaterale klimaatcongres in Wilhelmshaven (*Expert 2*) is het duidelijk geworden dat om adaptief met de voorspelde gevolgen van klimaatverandering om te gaan, de waterbouw en de ecologie elkaar kunnen versterken. Zoals Jannes Frölich van het Wereldnatuurfonds Duitsland dit gemeenschappelijke standpunt samenvatte: “Door de combinatie op te zoeken tussen kustwaterbouwkundige- en ecologische maatregelen kan in de toekomst zowel de waterveiligheid gegarandeerd worden als het huidige ecosysteem behouden blijven.”

Trilateral Wadden Sea Congres (Climate Change Adaptation Strategy)

Wilhelmshaven, Duitsland, 26-27 september 2017

Het trilaterale klimaatcongres in Wilhelmshaven bestond uit een workshop over het uitwerken en uitwisselen van adaptieve manieren om in te spelen op de gevolgen van klimaatverandering. Daarna werd er gekeken of deze adaptieve oplossingen in lijn liggen met de UNESCO Werelderfgoed doelen.

Belangrijke sprekers namens de waterveiligheid:

- **Rijkwaterstaat**
Visie: Het vergroten van het aanpassingsvermogen en weerstandsniveau tegen klimaatverandering van kusten en estuaria. Op dit moment is er nog veel onbekend over de morfologische processen van het Waddengebied. Hiervoor moeten op trilateraal niveau verschillende studies uitgevoerd worden.
- **Waterschap Noorderzijlvest / Provincie Groningen**
Visie: (Bijlage III-B: casestudy Dubbele Dijk).

Belangrijke sprekers namens de ecologie:

- **Natural England**
Visie: Veelal gebruik maken van 'Realignment'. Dit is een proces waarbij de gevolgen van klimaatverandering voor de kust geaccepteerd worden en er een gecontroleerde terugtrekking plaatsvindt.
- **Vogelbescherming Nederland**
Visie: (Bijlage III-B: casestudy Vogelsand Den Oever).
- **Wereldnatuurfonds Duitsland**
Visie: (Bijlage III-B: casestudy Langwarder Groden)

Expert 2

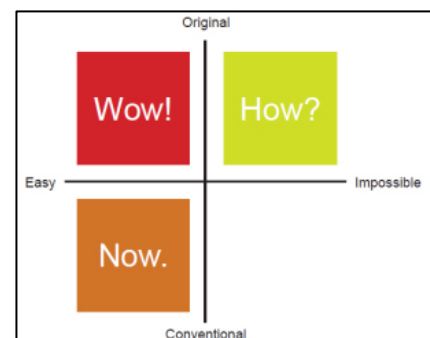
3.2 Genereren van schetsontwerpen

"We moeten een nieuw verhaal componeren. Mensen worden niet overtuigd door feiten, ze worden verleid door perspectief."

Hoogleraar Maarten Hajer, Universiteit Utrecht, 8^e Nationaal Deltacongres 2017, 02-11-2017

Na het vaststellen van een gemeenschappelijke visie, kan er begonnen worden met het genereren van schetsontwerpen. De eerste fase in het bedenken van innovatieve en originele ontwerpen (zoals Building with Nature schetsontwerpen) is het doen van casestudies. Inspiratie hiervoor is opgedaan tijdens eerdere ervaringen met het project: Eemshaven-Delfzijl, het congres in Wilhelmshaven (*Expert 2*), het Projectenboek 2018 (*De Dijkwerkers*, 2017), het historisch-geologisch onderzoek (Bijlage II-A) et cetera. Door deze casestudies te combineren met de gemeenschappelijke visie, kunnen nieuwe ontwerpen worden gecreëerd.

Om verder te denken dan variaties op conventionele ontwerpen, is op advies van dhr. M. Voorma (*Expert 3*), de How-Now-Wow matrix gebruikt (*Figuur 10*). Om innovatieve ontwerpen te creëren, is het van belang om tijdens het brainstormen zoveel mogelijk naar een wow ontwerp toe te werken. Bij een wow ontwerp is het gebruik van koppelkansen erg belangrijk, waardoor het ontwerp meerwaarde krijgt. Door verder te kijken dan alleen ecologie en techniek, is het mogelijk om een groter draagvlak voor het ontwerp te creëren. Op het moment dat anderen enthousiast worden over het ontwerp, verkoopt het zichzelf.



Figuur 10 How-Now-Wow matrix (Barrow, 2016)

Expert: Martin Voorma MSc
Innovation Manager bij Arcadis
Gespreksdatum: 26-10-2017

Over het genereren van innovatieve ontwerpen:

- Om alle betrokkenen te kunnen overtuigen dient een ontwerp opgesteld te worden dat een wow reactie teweegbrengt (How-Now-Wow matrix *Figuur 10*). Door het gebruik van meerdere kansen (meekoppelkansen), en dus niet alleen ecologie en techniek, kun je uiteindelijk een veel groter draagvlak creëren. Als anderen enthousiast worden over het ontwerp, verkoopt het zichzelf. Zo mag een ontwerp ook *mooi* zijn, bijvoorbeeld doordat het een vorm heeft die vanuit de lucht te zien is. *Wow* ontwerpen zijn bijna altijd “gek”, waardoor de kans aanwezig is dat je hiervoor “uitgelachen” wordt. Door angst hiervoor kiezen mensen vaak voor conventionele ontwerpen, wat innovatie belemmert.
- Regelgeving mag nooit een belemmering zijn om innovatieve ontwerpen niet uit te werken. Hiervoor bestaan er programma's als de Green Deal, waarin de ontwerpen wel binnen de huidige regelgeving toepasbaar zijn.

Expert 3

Het voordeel van deze manier van denken is dus dat er naast variaties op conventionele ontwerpen ook innovatieve ontwerpen bedacht worden. De meest kansrijke ontwerpen uit beide brainstormsessies zijn in deze paragraaf uitgewerkt tot Building with Nature *schetsontwerpen* (SO). In Bijlage III-B staan deze ontwerpen uitgebreid omschreven.

1. Mosselrif

Het Mosselrif bestaat uit een kwelderlandschap dat wordt afgeschermd door een “Mosselrif” en strekdammen. Het rif bestaat uit een golfbreker gemaakt van materiaal met een ruw en/of poreus oppervlak. Op dit ruwe/poreuze oppervlak kunnen mosselen en wieren hechten.

Ecologische waarden

- Herstel mosselpopulatie.
- Herstel afnemende vogelsoorten door mosselpopulatie en bodemfauna nabij mosselpopulatie en langs het getij (foerageergebied).
- Herstel kraamfunctie, rustplaatsen en paailocaties voor vissen.
- Herstel kwelder(vegetatie)

Waterbouwkundige waarden

- Het rif zorgt voor accretie van slib in het achterliggende gebied. Het hierdoor ontstane kweldergebied (door hoogte en ruwheid) zal bijdragen aan de weerstand tegen het water.

2. Mosseleiland

Het Mosseleiland is een alternatief waarbij er een golfbreker met een gekromde vorm voor de dijk wordt aangelegd. Door ruw/poreus materiaal te gebruiken zullen er mosselen op de golfbreker groeien. Deze kustverdediging wordt aan de achterzijde aangevuld met zand. Hierdoor ontstaat er aan deze zijde een kwelderlandschap.

Ecologische waarden

- Herstel mosselpopulatie.
- Herstel afnemende vogelsoorten door mosselpopulatie en bodemfauna nabij mosselpopulatie en langs het getij (foerageergebied).
- Herstel afnemende vogelsoorten door herstel broedlocaties voor vogels.
- Herstel kraamfunctie, rustplaatsen en paailocaties voor vissen.
- Herstel kwelder(vegetatie)

Waterbouwkundige waarden

- Het Mosseleiland bestaat uit een golfbreker. Gebruik van dit civiele kunstwerk levert een golfreductie op.

3. Zomerdijk

Door het toepassen van een buitendijkse Zomerdijk als breakwater kan het tussenliggende gebied worden ingericht als kwelderlandschap.

Ecologische waarden

- Herstel afnemende vogelsoorten door herstel foerageergebied voor vogels.
- Herstel afnemende vogelsoorten door herstel broedlocaties voor vogels.
- Herstel kwelder(vegetatie)

Waterbouwkundige waarden

- De Zomerdijk bestaat uit een voorliggende dijk die dient als breakwater. Hierdoor ontstaat er een golfreductie voordat de golf de primaire kering bereikt.

4. Overslagbestendige mosselpan

Dit alternatief maakt gebruik van een inlaatconstructie in de primaire kering. Het achterliggende gebied wordt omdijkt, waardoor er een "kom" ontstaat achter de dijk. Aangezien het voor dit gebied niet uitmaakt wat het zoutgehalte is (in tegenstelling tot bijvoorbeeld landbouwgebied), is het mogelijk om grote hoeveelheden zeewater over de dijk te laten komen. Daarnaast wordt er een waterfilter geplaatst waarin garnalenhuiden zijn verwerkt. Zware metalen die in het water zijn geloosd zullen hier aan binden, wat schoner water oplevert. In het tussengebied wordt mosselteelt gerealiseerd. Naast de economische waarde van de mosselen, filteren mosselen ook het slib en algen uit het water.

Ecologische waarden

- Herstel mosselpopulatie (ook wegens reductie van de visserij in de Waddenzee).
- Herstel afnemende vogelsoorten door mosselpopulatie en bodemfauna nabij mosselpopulatie (foerageergebied).

Waterbouwkundige waarden

- Indien de voorliggende dijk overslagbestendig gemaakt wordt, kan deze lager komen te liggen dan bij een conventionele oplossing.

5. Ecotopping/Elastocoast

Ecotopping en Elastocoast zijn allebei materialen met grofweg dezelfde werking. Door het toepassen van dit materiaal wordt er een ruwe structuur op de buitenzijde van de dijk gerealiseerd waar mosselen, wieren en algen zich op kunnen hechten. Het materiaal wordt aangebracht tussen de hoog- en laagwaterlijn. Aangezien dit gebied de meeste voedselrijkheid bevat, kunnen wieren en mosselen zich vestigen in deze zone.

Ecologische waarden

- Herstel mosselpopulatie.
- Herstel afnemende vogelsoorten door mosselpopulatie en bodemfauna nabij mosselpopulatie (foerageergebied).

Waterbouwkundige waarden

- De mosselen die zich op de bekleding vestigen, versterken de bekleding.

6. Turbineveld

De hypothese van dit alternatief is het verminderen van de hydraulische belasting door turbines te plaatsen in de meest dynamische zone voor de dijk. De turbines zetten de hydraulische belasting om in beweging, hierbij wordt elektriciteit gegenereerd. Doordat de hydraulische belasting wordt verminderd hoeft de dijk minder opgehoogd te worden. Daarnaast wordt plaatselijk de stroomsnelheid dermate verminderd dat sedimentatie zal gaan optreden. Door dit alternatief in te zetten in gebieden die onderhevig zijn aan erosie wordt van een probleem een kans gemaakt.

Ecologische waarden

- Herstel kwelder(vegetatie)

Waterbouwkundige waarden

- Doordat de hydraulische belasting vermindert, hoeft de dijk minder versterkt te worden.

7. Wierdijk

De Wierdijk bestaat uit een gaasscherm dat geplaatst wordt tussen de hoge kwelder en de midden kwelder. Tijdens stormen slaat een gedeelte van de kwelder af. De afgeslagen vegetatieresten komen vervolgens klem te zitten tussen het scherm en de kwelder. Na de storm loopt het water weer uit de Wierdijk, maar blijft de vegetatie ertussen liggen. De vegetatie vormt onder druk een harde massa, dat gaat werken als bekleding.

Ecologische waarden

- Herstel kwelder(vegetatie)

Waterbouwkundige waarden

- De Wierdijk zorgt voor accretie van slib in het achterliggende gebied. Het hierdoor ontstane kweldergebied (door hoogte en ruwheid) zal bijdragen aan de weerstand tegen het water.

3.3 Multicriteria-analyse van schetsontwerpen

Om antwoord te geven op de deelvraag van dit hoofdstuk, zijn de zeven ontwikkelde Building with Nature schetsontwerpen vergeleken met een traditionele dijkversterking. Om deze vergelijking op een zo objectief mogelijke manier te maken, is er gebruikgemaakt van een door de TU Delft ontwikkelde multicriteria-analyse (MCA) (Slinger, 2017). Deze MCA (Bijlage III-C) is ontwikkeld om Building with Nature ontwerpen uniform te toetsen aan de Building with Nature doelstellingen, bestaande uit ecologische en technische criteria. Door hiervan gebruik te maken, is voorkomen dat er getoetst is op subjectieve criteria.

Voor de scoring is er gebruikgemaakt van een schaal van 1 tot 9. Als er een vijf gescoord wordt op een van de criteria houdt dit in dat er geen verbetering plaatsvindt ten opzichte van de huidige situatie (een primaire kering bestaande uit traditionele materialen/maatregelen). Het verloop van de score is te zien in *Figuur 11*.

Door gebruik te maken van vastgestelde ontwerpcriteria is getracht de scoring zo objectief mogelijk te laten verlopen. Daarnaast is bij elke scoring *Figuur 11* als leidraad toegepast om gevoelsmatige afwijkingen zo veel mogelijk uit te sluiten. De gemiddelde score van elk alternatief is weergegeven in Bijlage III-A. De complete onderbouwing van elk alternatief is bijgevoegd in Bijlage III-B.

Effectbeoordeling	Omschrijving
9	Zeer sterke verbetering
8	Sterke verbetering
7	Redelijke verbetering
6	Geringe verbetering
5	Neutraal
4	Geringe verslechtering
3	Redelijke verslechtering
2	Sterke verslechtering
1	Zeer sterke verslechtering

Figuur 11 scoreverloop MCA

3.4 Resultaten

In *Tabel 4* staan resultaten van de Multicriteria-analyse weergegeven. In deze tabel zijn de verschillende scores weergegeven voor zowel de ecologische criteria als de technische criteria. Daarnaast geeft de tabel de totaalgemiddeldes per schetsontwerp.

		Mosselrif	Mosseleiland	Zomerdijk	Mosselpan	Ecotopping/ Elastocoast	Turbineveld	Wierdijk
Ecologische criteria	Continuity	8	2	6	8	5	3	4
	No direct human disturbance	7	9	3	4	5	8	5
	Endogeneity	9	8	8	9	8	5	8
	Population viability	9	8	8	8	7	6	7
	Opportunity for threatened species	9	9	8	8	7	5	5
	Trophic web integrity	9	8	6	8	8	4	5
	Opportunities for ecological succession	8	6	9	6	5	5	8
	Zone integrity	7	7	7	8	6	5	6
	Characteristic (in)organic cycles	5	5	5	5	5	5	5
	Characteristic physical-chemical water quality	9	7	6	9	8	6	6
	Resilience	8	8	7	7	7	3	8
	<i>Gemiddelde score ecologische criteria</i>	8,0	7,0	6,6	7,3	6,5	5,0	6,1
Technische criteria	Requisite standard	8	8	6	8	7	7	7
	Control of (environmental) variability	8	7	7	6	7	5	7
	Reasonable cost	5	5	7	6	7	4	9
	Structural integrity	8	8	5	7	7	6	8
	Reliability	5	5	4	4	7	4	8
	Implementability	6	6	7	4	4	5	5
	Adaptability	5	2	8	7	1	1	9
	Resilience	7	7	7	8	4	5	9
	Appropriate boundary conditions and loads	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Gemiddelde score technische criteria</i>	6,5	6,0	6,4	6,3	5,5	4,6	7,8
	Totaalgemiddelde	7,3	6,5	6,5	6,8	6,0	4,8	6,9

Tabel 4 Resultaat multicriteria-analyse schetsontwerpen

3.5 Conclusie

In dit hoofdstuk is methodisch antwoord gegeven op de volgende deelvraag:

“Hoe verhouden ecologische materialen/maatregelen voor de Waddenzee, binnen de huidige regelgeving en met een toegevoegde waarde voor de waterveiligheid, zich t.o.v. traditionele materialen/maatregelen?”

Uit de MCA (*Tabel 4*) valt te concluderen dat er een grote variatie in de totaalgemiddeldes zichtbaar is. Zo brengt het ontwerpalternatief Turbineveld een geringe verslechtering ten opzichte van de huidige situatie. De ontwerpalternatieven Zomerdijk, Mosseleiland en Ecotopping/Elastocoast kennen een geringe tot redelijke verbetering ten opzichte van de huidige situatie. De alternatieven Mosselrif, Wierdijk en Mosselpan scoren het best van de zeven ontwerpalternatieven. Binnen deze ontwerpen wordt een geringe tot redelijke verbetering ten opzichte van een traditionele dijkverbetering verwacht.

4 VOORLOPIGE ONTWERPEN

In het vorige hoofdstuk bleken drie schetsontwerpen (Mosselrif, Wierdijk en Mosselpan) het best te scoren in de MCA. In dit hoofdstuk zijn de schetsontwerpen verder uitgewerkt tot alternatieven voor een traditionele zeedijk, de *Voorlopige Ontwerpen (VO)*. Hiermee wordt antwoord gegeven op de deelvraag:

“Hoe verhouden ecologische materialen/maatregelen voor de Waddenzee, binnen de huidige regelgeving en met een toegevoegde waarde voor de waterveiligheid, zich t.o.v. traditionele materialen/maatregelen?”

Het Deltaprogramma (*Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017*) heeft voor het Waddengebied de doelstelling om waterveiligheid te integreren met de functies natuur, recreatie en duurzame economische activiteiten. Aangezien de scriptie is afgebakend tot de combinatie van waterveiligheid en ecologische waarde, is er gekozen voor de beoordelingscriteria waterveiligheid, kosten en ecologische baten. Deze beoordelingscriteria zijn gebruikt om de voorlopige ontwerpen te vergelijken met een referentieontwerp.

4.1 Beoordelingscriteria

In deze paragraaf zijn de keuzes die gemaakt zijn, voor de ontwerpen tot VO-niveau, beschreven. Alle resultaten zijn per strekkende kilometer.

4.1.1 Waterveiligheid

Voor de uitwerking van de waterveiligheid zijn er voor het VO enkele aannames gedaan. Dit betekent dat er op dit niveau gewerkt is met resultaten uit vergelijkbare casestudies, ontwerpgrafieken en de resultaten uit de beschikbare beoordelingssoftware van het WBI 2017.

Voor de hydraulische randvoorwaarden is er bij de voorlopige ontwerpen gekozen voor de randvoorwaarden bij het noordelijke pand van het project Dubbele Dijk (Bijlage III-B: casestudy Dubbele Dijk). Deze locatie is gekozen aangezien de Provincie Groningen interesse had in de resultaten van de Mosselpan als invulling van het project Dubbele Dijk (*Expert 4*). Om de resultaten van de andere voorlopige ontwerpen goed te kunnen vergelijken, is dezelfde locatie aangehouden. De hydraulische randvoorwaarden van deze locatie zijn weergegeven in *Tabel 5*.

Dijktraject	6-7
Faalkans hoogte	1:37500
Maatgevende hoogwaterstand	NAP+6,69 m
Significante golfhoogte (H_{m0})	2,29 m
Golfperiode ($T_{m-1,0}$)	4,89 s
Piekperiode (T_p)	5,20 s
Golfrichting (θ_m)	7° t.o.v. noorden

Tabel 5 Hydraulische randvoorwaarden voorlopige ontwerpen volgens bijlage C van (Deltares, 2016)

Overslag

Golfoverslag betreft de stabiliteit van de bekleding van het binnentalud onder invloed van overslaand water. Voor de overgang van de harde bekleding naar gras geldt dat de golfoploopsnelheid dermate afgenomen dient te zijn, dat deze de binnenbekleding niet beschadigt.

Voor de overslagberekening is gebruikgemaakt van het programma Hydra-NL (versienummer 2.3.5) uit het WBI 2017 met ruwheden conform het Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken (TAW, 2002).

Golfreductie door kwelder

Op dit moment is het gebruik van voorlanden juridisch mogelijk in het WBI 2017 (RPS, 2015). De golfreductie die een kwelder kan voortbrengen onder maatgevende omstandigheden is onder te verdelen in de parameters *hoogte* en *vegetatie/bebouwing*.

- Voor de hoogte zijn op dit moment ontwerpregels beschikbaar. Hieruit volgen vuistregels waaruit blijkt dat golven breken als de golfhoogte groter is dan 0,5 maal de waterdiepte (Dean & Dalrymple, 2002).

- Voor de vegetatie wordt op het moment van schrijven onderzoek gedaan naar de werking voor waterveiligheid. Onderdeel hiervan is het BE SAFE project en het Effectiviteit Voorlanden onderzoek binnen de POV-W. Binnen het BE SAFE project zijn er experimenten gedaan naar de werking van de kwelder op de significante golfhoogte. Een voorbeeld hiervan is het rapport 'Assessment of wave run-up reduction by salt marshes' (Post, 2015). In dit rapport zijn de verschillen in golfhoogtes na de storm van 11 januari 2015 gebruikt om een model te maken waaruit de golfreductie kan worden bepaald. Dit model geeft voor de kwelders op 10 km ten westen van de Eemshaven een reductiewaarde van 27% ($C_t=0,73$) voor een breedte van 300 m. Voor het VO is ervoor gekozen de kwelder met gelijke afmetingen te gebruiken in de ontwerpen. Hierdoor is de aanname gedaan dat het resultaat van dit rapport te gebruiken is voor de berekeningen (VO). Het resultaat van dit rapport is meegenomen in de modelstudies binnen het BE SAFE project.

Werkatelier alternatieve scenario's tussengebied Dubbele Dijk

Provincie Groningen, Groningen, 13 november 2017

Tijdens de sessie van de Provincie Groningen zijn de voorlopige resultaten van de drie voorlopige ontwerpen gedeeld. Specifiek is ingegaan op het alternatief Mosselpan, dat een vergelijkbaar ontwerp heeft als dat van de Dubbele Dijk. Om de resultaten te kunnen vergelijken met de huidige gepande invulling van de Dubbele Dijk, zijn de hydraulische randvoorwaarden gekozen die gelden voor het noordelijk pand van de Dubbele Dijk. Deze randvoorwaarden zijn gebruikt om alle voorlopige ontwerpen door te rekenen.

Expert 4

4.1.2 Kosten

De kosten van elk ontwerpalternatief zijn geraamd middels de Standaardsystematiek Kostenramingen (SSK). Deze systematiek is ontwikkeld om kostenramingen, en bijbehorende rekenmethodieken, eenduidig vast te leggen in de grond, weg- en waterbouw. Dit zorgt er voor dat er op een uniforme wijze geraamd kan worden waardoor de kostenramingen beter leesbaar en overdraagbaar zijn.

De methodiek is opgebouwd uit 'objecten' waarbij eenduidige kostencategorieën worden gebruikt. Bij kleine projecten kan één object worden gebruikt voor de totale raming. Bij grotere projecten, zoals een dijkverbetering, kan de raming bestaan uit meerdere objecten. Een objectraming bestaat uit de volgende categorieën:

- Bouwkosten,
- Vastgoedkosten,
- Engineeringkosten,
- Overige bijkomende kosten,
- Levensduurkosten.

De voorlopige ontwerpen zijn enkel geraamd op bouwkosten. Hiervoor is gekozen omdat in de verkenningfase van een project de marge en onzekerheden in de overige categorieën te groot zijn om een representatieve calculatie op te stellen. Hierom is ervoor gekozen de ontwerpen te ramen binnen één object.

De bouwkosten zijn deterministisch bepaald. Dit houdt in dat de raming is opgesteld op basis van ervaring en prijskengetallen. Daarnaast zijn de risico's dat het werk stilstaat (tijdens de uitvoering) op kosten gezet door de kans van optreden te vermenigvuldigen met de kosten van het gevolg. Dit geeft dat de risicoreservering hoger uitvalt als de uitvoeringsmethodiek meer materieel en personeel bevat. De fasering en de te gebruiken materialen zijn in het VO ingeschat op basis van ervaring en geraadpleegde literatuur. Een uitgebreide omschrijving van het ramingsproces, benoemde termen en prijskengetallen zijn weergegeven in de Kostenrapportage dijkverbetering Eemshaven–Delfzijl (SWECO, 2016). Per ontwerpalternatief zullen de kosten en gemaakte keuzes worden beargumenteerd.

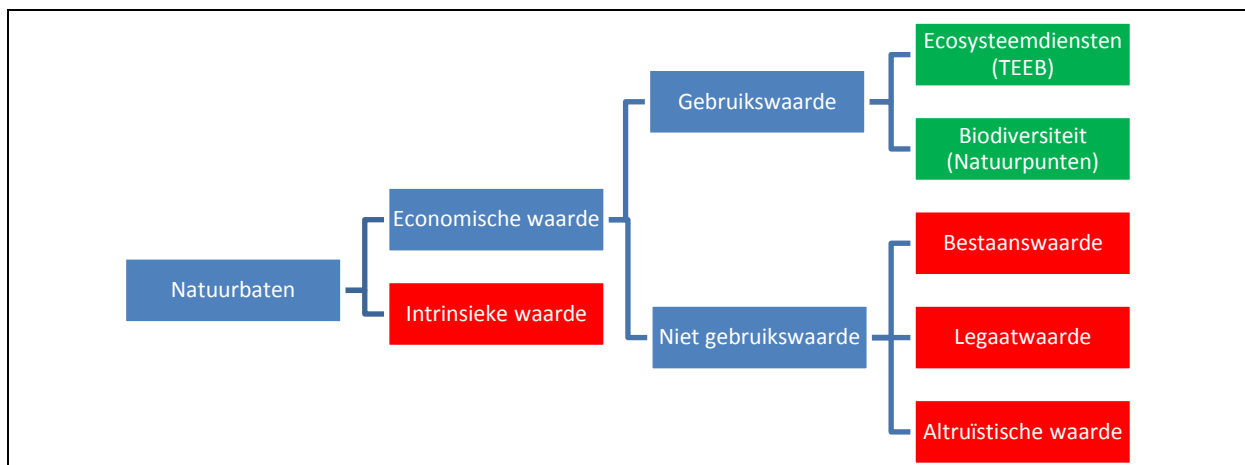
4.1.3 Natuurbaten

Voor projecten en beleid met grote effecten voor de natuur is het vaak moeilijk om de gevolgen in beeld te brengen. In de grond- weg en waterbouw worden veel methoden toegepast die niet onderling vergelijkbaar zijn. Op initiatief van het Ministerie van Economische Zaken is de Werkwijzer Natuur ontwikkeld (Arcadis; CE Delft, 2017). Hierin is een eenduidige methode omschreven waarmee veranderingen in de natuur kwantificeerbaar worden gemaakt. Op advies van dhr. J. Klooster (*Expert 5*) is deze werkwijzer toegepast in deze scriptie.

De werkwijzer maakt onderscheid tussen de verschillende natuurbaten. Van deze natuurbaten zijn op het moment van schrijven alleen de *ecosysteemdiensten* en de *biodiversiteit* kwantificeerbaar. Hiervan zijn alleen de ecosysteemdiensten uit te drukken in geld, doordat mensen direct gebruik maken van de 'goederen en diensten' die de natuur voortbrengt. De biodiversiteit is kwantificeerbaar door middel van de natuurlandpuntenmethodiek (Arcadis; CE Delft, 2017).

In *Figuur 12* zijn de natuurbaten onderverdeeld in de verschillende baten volgens de Werkwijzer Natuur. Aangezien de methodiek geheel nieuw is, is er een uitleg gegeven in Bijlage IV-F.

Voor de scriptie is er samenwerking met dhr. J. Klooster (*Expert 5*) besloten om voor de voorlopige ontwerpen alleen de TEEB methode te gebruiken. Dit omdat deze methode de natuurbaten in geld uit kan drukken, in tegenstelling tot de natuurlandpuntenmethodiek. Dit maakt het gemakkelijk om de voorlopige ontwerpen met elkaar te vergelijken. Om toch de volledige natuurbaten te bepalen, is naast de TEEB methode ook de natuurlandpuntenmethodiek voor het Definitieve Ontwerp uitgewerkt.



Figuur 12 Natuurbaten met de berekenbare baten (groen) en niet berekenbare baten (rood) volgens de Werkwijzer Natuur

Expert: Jeroen Klooster MSc

Senior economist bij Arcadis

Datum: 08-12-2017

Plaats: Zwolle

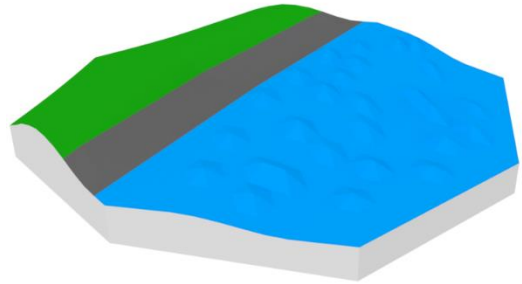
Tijdens het gesprek is het kwantificeerbaar maken van natuurbaten besproken.

- Bij het waarderen van natuurbaten is het belangrijk om onderscheid te maken tussen ecosysteemdiensten en biodiversiteit aangezien deze baten kwantificeerbaar zijn.
- Natuurbaten bestaat uit economische waarde en intrinsieke waarde. De economische waarde is in geld uit te drukken door middel van de TEEB methode.
- Biodiversiteit kan worden bepaald door middel van natuurlandpunten. De bedenker van deze systematiek, dr. F. Sijsma (*Expert 10*), weet hier meer van.
- Natuurlandpunten zijn op dit moment niet te monetariseren. Wel is het aan te raden om de kosteneffectiviteit te bepalen. Dit kan worden bepaald door het aantal natuurlandpunten te delen door de investeringskosten van het project.

Expert 5

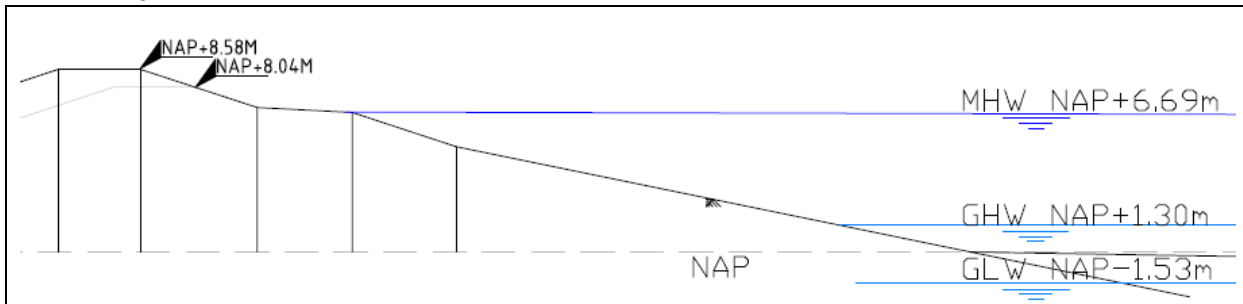
4.2 Referentieontwerp

Om de voorlopige ontwerpen goed te kunnen beoordelen, is ervoor gekozen om een referentieontwerp op te stellen. Dit ontwerp betreft de traditionele dijkverbetering zoals volgens het WBI 2017 gebruikelijk is en waarbij er geen voorland aanwezig is.



Figuur 13 Artist's impression Referentieontwerp

4.2.1 Waterveiligheid



Figuur 14 Technische tekening Referentieontwerp (zie Bijlage IV-A-01)

Aan de hand van de hydraulische belastingen volgens *Tabel 5* is de kruinhoogte bepaald met het programma Hydra-NL. Uit deze berekening volgt een kruinhoogte van NAP+8,58 (Bijlage IV-A-03).

4.2.2 Kosten

Aan de hand van de SSK raming van het project *Dijkverbetering Eemshaven- Delfzijl*, is de SSK voor de voorlopige ontwerpen opgesteld. Hierbij is uitgegaan van twee scenario's:

Binnendijkse versterking

Voor het faalmechanisme overloop/overslag is uitgegaan van een binnendijkse versterking. Hierbij is uitgegaan van een kruinverhoging en een verbreding van de binnenberm. Aan de hand van het project *Dijkverbetering Eemshaven- Delfzijl*, is de gemiddelde prijs van een binnendijkse dijkversterking bepaald op gemiddeld € 2.459.643 ≈ €2.500.000.

Buitendijkse versterking (zetsteen)

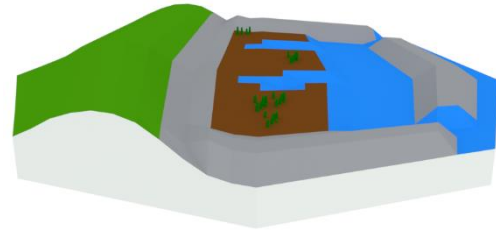
Voor het faalmechanisme bekleding (zetsteen) is uitgegaan van een buitendijkse versterking. Aan de hand van het project *Dijkverbetering Eemshaven- Delfzijl*, is de gemiddelde prijs van een binnendijkse dijkversterking bepaald op gemiddeld € 2.639.730 ≈ €2.700.000.

4.2.3 Natuurbaten

Het referentieontwerp heeft een bepaalde ecologische waarde. Zo lopen er schapen, groeien er wieren en rusten er vogels. Voor een goede vergelijking tussen de voorlopige ontwerpen zijn de ecologische baten (ecosysteemdiensten) van het referentieontwerp gelijkgesteld aan nul euro per jaar. Dit betekent dat er voor de andere ontwerpen alleen uit is gegaan van de ecologische baten die bovenop het referentieontwerp gelden.

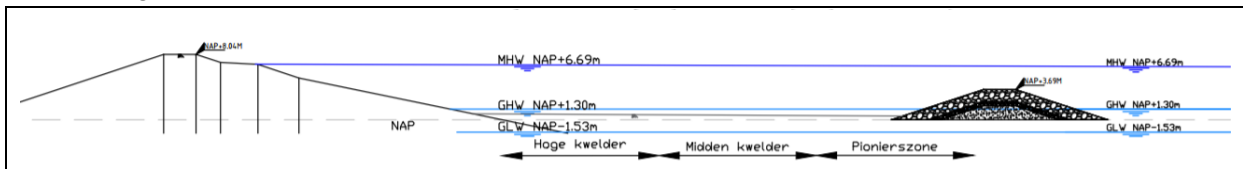
4.3 Mosselrif

Het Mosselrif bestaat uit een golfbreker voor de primaire kering. Door een afstand aan te houden van 400 m uit de kust, bestaat het gebied tussen het rif en de dijk uit een gebied met zowel 300 m schorren en zilte graslanden (H1330A) als 100 m zilte pionierbegroeiingen (zeekraal) (H1310) en slijkgrasvelden (H1320). De schorren en zilte graslanden liggen op een hoogte van ongeveer 1,50 m+NAP. Aangezien het Mosselrif 100 m daarachter ligt, ligt de golfbreker dus op een hoogte van 0,50 m+NAP (helling: 1:100) (POV Waddenzeedijken, 2018). De reductie in significante golfhoogte vindt plaats door zowel de golfbreker als de 300 m lange kwelder. Voor de kwelder is uitgegaan van een reductie van $C_t=0,73$ (zie 4.1.1).



Figuur 15 Artist's impression Mosselrif

4.3.1 Waterveiligheid



Figuur 16 Technische tekening Mosselrif (zie Bijlage IV-B-01)

Aangezien de reductie door de hoge kwelder bekend is, dient voor het VO alleen de golfbreker berekend te worden. Hiervoor is gebruikgemaakt van de vergelijking van Van der Meer en d'Angremont (1991) (Vergelijking 1) voor met breuksteen beklede golfbrekers met een lage kruin en voor rifconstructies.

$$C_t = \left(0,031 * \frac{H_s}{D_{n50}} - 0,24\right) * \frac{R_c}{D_{n50}} - 5,42 * s_{op} + 0,0323 * \frac{H_s}{D_{n50}} - 0,0017 * \left(\frac{B}{D_{n50}}\right)^{1,84} + 0,51$$

Vergelijking 1 Golftransmissie golfbreker

waarin:

H_s	= significante golfhoogte van de inkomende golf	[m]
D_{n50}	= mediaan van de nominale ontwerpdiameter voor breuksteen	[m]
R_c	= vrijboord (submerged dus negatieve waarde)	[m]
B	= kruinbreedte	[m]
s_{op}	= golfsteilheid op diep water overeenkomend met de piekperiode	[-]

De vergelijking maakt gebruik van de transmissie coëfficiënt C_t . Deze coëfficiënt geeft de reductie van de golf door de golfbreker en is de verhouding van respectievelijk de golfhoogte na en de golfhoogte voor de golfbreker (Vergelijking 2).

$$C_t = \frac{H_{s,t}}{H_{s,i}}$$

Vergelijking 2 Transmissiecoëfficiënt

waarin:

$H_{s,t}$	= significante golfhoogte van de uitgaande golf
$H_{s,i}$	= significante golfhoogte van de inkomende golf

De vergelijking is gebaseerd op modeltesten met de volgende limieten:

Limiet:	1.	2.	3.	4.
	$C_t < 0,75$	$1 < \frac{H_s}{D_{n50}} < 6$	$0,01 < s_{op} < 0,05$	$-2 < \frac{R_c}{D_{n50}} < 6$

Verkregen waarde:	= 0,78	= 2,29	= 0,05	= -3,00
-------------------	--------	--------	--------	---------

Na het invullen van de parameters uit *Tabel 6* in *Vergelijking 1*, blijkt dat er een golftransmissie van 0,78 en een uitgaande significante golf van 1,78 m gerealiseerd kan worden.

Deze uitkomsten voldoen echter niet aan de gestelde limieten (nr. 1 en 4). Na overleg met de afstudeerbegeleider is besloten dat het voor het VO acceptabel werd geacht om met deze waarden te werken.

H_s	2,29	[m]
T_p	5,20	[s]
D_{n50}	1,00	[m]
Maatgevend hoogwater (MHW)	6,69	[m+NAP]
Kruin golfbreker	3,69	[m+NAP]
R_c	-3,00	[m]
g	9,81	[m/s ²]
L_0	42,22	[m]
S_{0p}	0,05	[-]
B	4,00	[m]
C_t	0,78	[-]
$H_{s,t}$	1,78	[m]

Tabel 6 Hydraulische gegevens voor golfbreker

De resultaten laten zien dat het rif de significante golfhoogte van 2,29 m reduceert tot 1,78 m. Na aftrek van de reductie door de achterliggende kwelder ($1,78 \cdot 0,73$) geeft dit een resulterende significante golfhoogte van 1,30 m.

Deze waarde van significante golfhoogte (H_s) is vervolgens gebruikt om de kruinhoogte van de achterliggende dijk te bepalen in Hydra-NL. Dit resulteerde in een waarde van NAP+7,89 m (Bijlage IV-B-02) en is dus lager dan de huidige kruinhoogte van NAP+8,04 m. Dit betekent dat de dijk niet dient te worden opgehoogd en dus voldoet aan de faalmechanismen overloop/overslag.

4.3.2 *Kosten*

De bouwkosten voor het Mosselrif bestaan uit het construeren van een buitendijkse golfbreker. Hierbij is de gekozen fasering en uitvoeringsmethodiek van belang voor de kostenraming. Ook de materiaalkeuze heeft effect op de totaalprijs. De risico's binnen dit alternatief zijn enkel gerelateerd aan de uitvoering. Voor het totaaloverzicht van de kosten wordt verwezen naar Bijlage IV-B-03. De fasering van dit ontwerp bestaat uit de volgende stappen:

1. Gereedmaken ondergrond
2. Aanbrengen zandkern
3. Aanbrengen geotextiel
4. Aanbrengen fijne steenbestorting
5. Aanbrengen grove steenbestorting
6. Afwerken

De fasering bepaalt de materieel- & materiaalkeuze. In Tabel 7 staat een korte onderbouwing gegeven voor materieelkeuze, materiaalkeuze en de risico's.

Materieel- & materiaalkeuze	
Posten	Uitvoeringsmethodiek
Aanbrengen zandkern	Uitvoeren bij laagtij d.m.v. Wadkraan Zandklasse: industrie
Aanbrengen geotextiel	Uitvoeren bij laagtij, wordt door grondwerkers + laadschop gepositioneerd. Textiel: Geolon PP 40 180 g/m ² (TenCate, 2017)
Aanbrengen fijne steenbestorting	Aanbrengen d.m.v. Wadkraan bij laagtij. Steenbestorting: breuksteen D_{n50} = 600 mm

Aanbrengen grove steenbestorting	Aanbrengen hoogtij d.m.v. kraan op ponton. Steenbestorting breuksteen D _{n50} =1000 mm
Risico's	
Benoemde risico's	Kans op optreden
Onwerkbaar situatie door extreme weersomstandigheden.	10%

Tabel 7 Posten & risico's Mosselrif

Aan de hand hiervan zijn de totaalkosten bepaald. Hieruit blijkt dat het ontwerp een totaalprijs heeft van €2.363.386,- ≈ €2.364.000,-

Totaalkosten		
Totaal bouwkosten	€	1.951.511
Totaal risico's	€	1.700
BTW 21%	€	410.174
Totaalkosten Mosselrif	€	2.363.386

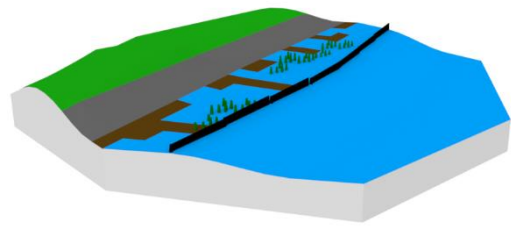
Tabel 8 Totaalkosten Mosselrif

4.3.3 Natuurbaten

De ecologische baten van het Mosselrif zijn vooral te vinden in de kweldervorming. Dit komt omdat er 40 hectare per strekkende km gerealiseerd wordt. Hierdoor zijn baten als zuiveringsbaten en sedimentafvang relatief hoog. Het totaal aan jaarlijkse baten komt neer op €185.382,90 ≈ €186.000,- per jaar (Bijlage IV-B-04).

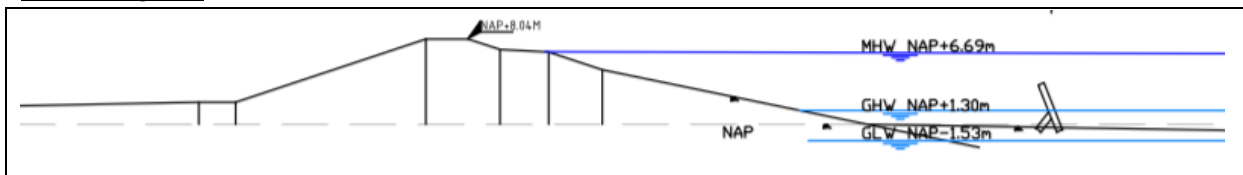
4.4 Wierdijk

De Wierdijk bestaat uit een scherm in het gebied tussen de hoge- en de midden kwelder. Het idee is dat wanneer er tijdens een storm gemiddeld 30% van de vegetatie afslaat (Rupprecht, 2015), deze vegetatie vast komt te zitten achter het scherm. De vastzittende vegetatie hoopt zich op en vormt een vaste massa tussen het scherm en de kwelder. Op deze plek zorgt dit ervoor dat de kwelder beschermt is tegen kwelderafslag. Hierdoor kan dit gedeelte van de kwelder meegerekend worden in de waterveiligheidsopgave.



Figuur 17 Artist's impression Wierdijk

4.4.1 Waterveiligheid



Figuur 18 Technische tekening Wierdijk (zie Bijlage IV-C-01)

Voor het VO is de Wierdijk vergeleken met de op dit moment aanwezige rijshoutdammen in de Waddenzee. Hierbij is een vergelijkbare inheidiepte genomen en is er aangenomen dat het hekwerk niet verder versterkt dient te worden.

De hoge kwelder achter de Wierdijk dient bij maatgevende omstandigheden de significante golfhoogte te reduceren. Zoals in 4.1.1 is genoemd, is er voor de berekeningen uitgegaan van een reductie van 27%. Dit betekent dat de significante golfhoogte (H_s) na de reductie uitkomt op 1,67 m. Deze factor geldt ook voor de Wierdijk aangezien de metingen alleen gelden voor de hoge kwelder, 300 m uit de kust (habitat: schorren en zilte graslanden). Dit is dan ook de plek waar de Wierdijk komt te staan (Bijlage IV-C-01).

Het gevolg van deze reductie is dat de primaire kering minder opgehoogd dient te worden dan in het referentieontwerp (paragraaf 4.2). De uiteindelijke kruinhoogte komt in dit geval uit op NAP+8,16 m (Bijlage IV-C-02). Dit is een reductie van 0,42 m ten opzichte van het referentieontwerp (paragraaf 4.2) (NAP+8,58 m). Om te voldoen aan de eisen voor kruinhoogte en overslag dient de kruin met (8,16-8,04=) 0,12 meter verhoogd te worden.

4.4.2 Kosten

De bouwkosten voor de Wierdijk bestaat uit het plaatsen van een hekwerk op de kwelder en het verhogen van de dijk met 0,12 meter. De constructie van het scherm zal bestaan uit betonpalen met een roestvrijstalen hekwerk. De hart op hart afstand van de betonpalen is ongeveer 7,0 meter. De palen worden tijdens hoogwater geplaatst en het hekwerk wordt bij laagwater aan de palen bevestigd. De fasering van dit ontwerp bestaat uit de volgende stappen:

1. Uitvoeren dijkverbetering binnendijks
2. Plaatsen palen bij hoogwater d.m.v. mobile kraan op ponton.
3. Bevestigen scherm bij laagwater.

De fasering bepaalt de materieel- & materiaalkeuze. In Tabel 9 staat een korte onderbouwing gegeven voor materieelkeuze, materiaalkeuze en de risico's.

Bouwkosten & Materiaalkeuze	
Posten	Uitvoeringsmethodiek
Aanbrengen betonpalen	Uitvoering: plaatsen vanaf kraanponton bij hoog water. Materiaal: Betonpalen zijn robuuster en hebben een langere levensduur dan houten palen.
Plaatsen hekwerk	Uitvoering: Hekwerk monteren bij laag water. Materiaal: RVS, maaswijdte 10 cm.

Risico's	
Benoemde risico's	Kans op optreden
Onwerkbaar situatie door extreme weersomstandigheden.	10%

Tabel 9 Posten & risico's Wierdijk

Aan de hand hiervan zijn de totaalkosten bepaald (Bijlage IV-C-03). Hieruit blijkt dat het ontwerp een totaalprijs heeft van €980.531,- ≈ €981.000,-

Totaalkosten		
Totaal bouwkosten	€	807.956
Totaal risico's	€	2.400
BTW 21%	€	169.923
Totaalkosten Wierdijk	€	980.531

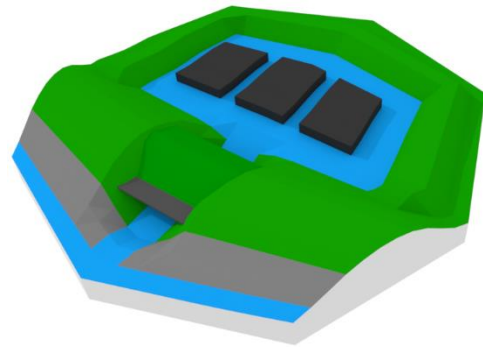
Tabel 10 totaalkosten Wierdijk

4.4.3 Natuurbaten

De Wierdijk beschermt 30 hectare aan kwelderareaal. Dit betekent dat de baten voor zuivering van de Waddenzee en sedimentafvang relatief hoog zijn. Het totaal aan baten komt neer op €135.903,13 ≈ €136.000,- per jaar (Bijlage IV-C-04).

4.5 Mosselpan

Bij de Mosselpan wordt er een dijk achter de huidige dijk aangelegd. Hierdoor bestaat de Mosselpan uit een (overslagbestendige) voorliggende dijk en een wateropvangende achterliggende dijk. In de voorliggende dijk zal een inlaat worden geplaatst waardoor water in het tussengebied kan stromen. Het tussengebied zal gebruikt worden voor mosselteelt. Mosselen filteren het inkomende water van slib en algen en verbeteren hierdoor de waterkwaliteit. Door de binnendijkse teelt van mosselen kan op de mosselvisserij in de Waddenzee overbodig worden gemaakt. Dit is conform de doelstellingen van het Convenant transitie mosselsector en natuurherstel. (Ministerie van Economische Zaken, 2008). Naast het filteren van water door mosselen zal er ook een waterfilter achter de inlaatconstructie geplaatst worden. Dit filter bestaat uit garnalenhuiden, een afvalproduct uit de garnalenindustrie, en filtert zware metalen en fosfaten uit het water. De filterende werking van de mosselen en de waterfilter dragen bij aan de doelstellingen van de KRW. (Europese Gemeenschappen, 2000)

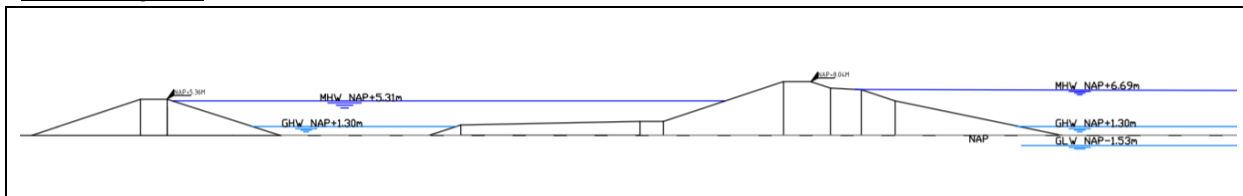


Figuur 19 Artist's impression Mosselpan

Doordat de voorliggende dijk overslagbestendig is betekent dit dat deze dijk grote hoeveelheden water aan moet kunnen tijdens een maatgevende storm. In het nieuwste ontwerpinstrumentarium (2014v4) is het overslagdebiet verhoogt voor grasbekledingen naar 10 l/s/m (RWS, 2017). In het geval van een overslagbestendige dijk zal de dijk dus met nog hogere waarden te maken krijgen. Door gebruik te maken van het materiaal Elastocoast, kan er een overslagdebiet van maximaal 125 l/s/m overslaan (Arcadis, 2011).

Het voordeel van deze manier van dijkversterking is dat de dijk niet meer hoeft worden opgehoogd om aan de normen te voldoen.

4.5.1 Waterveiligheid



Figuur 20 Technische tekening Mosselpan (zie Bijlage IV-D-01)

Voor de waterveiligheid van de Mosselpan is het van belang om de gehele kering, dus de voorliggende en achterliggende dijk als primaire kering te zien. Dit maakt het mogelijk om aan alle eisen vanuit het WBI 2017 te voldoen (RWS, 2017).

Voorliggende dijk

Allereerst is het van belang te bepalen of de maximale golfoverslag niet boven de 125 l/s/m uit zal komen voor de ontwerplevensduur. Voor de overslagberekeningen met de huidige dijk is het programma Hydra-NL gebruikt. Het resultaat van deze berekening is een debiet van 32,7 l/s/m voor de nieuwe eisen (Bijlage IV-A-02). Dit betekent dat de dijk niet opgehoogd dient te worden indien er gebruikgemaakt wordt van Elastocoast.

Achterliggende dijk

Om de hoogte van de achterliggende dijk te berekenen, is het van belang om te weten wat de maatgevende hoogwaterstand in het tussengebied is na een maatgevende storm. Deze is bepaald door het totaal te nemen van de volgende waarden:

- De maximale waterstand in het tussengebied,
- De opwaaiing.

Naast het maatgevend hoogwater is de golfgroei berekend. Het totaal geeft de hydraulische belasting op de achterliggende dijk.

Maximale waterstand in tussengebied

Om de hoogte van de nieuw aan te leggen achterliggende dijk te bepalen, is het van belang om de waterstand in het tussengebied te bepalen. Aangezien de kering is ontworpen voor de meest extreme situatie, is er van uitgegaan dat de waterstand voor de stormperiode maximaal is. Hiervoor is het sluitpeil van het gebied als referentiepunt genomen. Het sluitpeil van het gebied ligt op NAP+2,00 m (SWECO, 2016).

Gegevens tussengebied:		
Debiet	32,70	[l/s/m]
Stormduur (4 uur)	14400,00	[s]
Aanoordelijk pand	306844,00	[m ²]
Sluitpeil inlaat	2,00	[m+NAP]

Tabel 11 Gegevens waterstand tussengebied

Door het maximale overslagdebiet te gebruiken is de totale maximale overslag tijdens een stormduur van 4 uur bepaald. Door daarna deze totale overslag te delen door het oppervlak van het gebied, is het verschil in waterstand bepaald op 2,13 m. Dit verschil geeft samen met het maximale sluitpeil (NAP+2,00m) een maximale waterstand van NAP+4,13 m.

Daarnaast dient de invloed van de wind meegenomen te worden in de berekening van de achterliggende dijk. Tijdens de storm is er sprake van opwaaiing en golfgroei.

Opwaaiing

Opwaaiing is het opstuwen van de gehele waterkolom door een windveld. Hierom dient de opwaaiing meegenomen te worden in de maatgevende hoogwaterstand. Opwaaiing is afhankelijk van de windsnelheid, de strijklengte, de hoek tussen de windrichting en het gebied en de waterdiepte (TAW, 1989).

$$\Delta h = \frac{\alpha * u^2 * F * \cos(\phi)}{d}$$

Vergelijking 3 Opwaaiing

waarin:

Δh = opwaaiing	[m]
α = coëfficiënt ($0,35 * 10^{-6}$)	[s ² /m]
u = windsnelheid	[m/s]
F = strijklengte	[m]
ϕ = hoek tussen de windrichting en de lengte-as van het betrokken gebied	[°]
d = waterdiepte	[m]

Om de windsnelheid in het tussengebied te bepalen, is er gebruikgemaakt van de windsnelheden bij het meetstation Huibertgat (+/- 25 km ten noordwesten van de Eemshaven). Bij een overschrijdingsfrequentie van 1 keer per jaar wordt er gerekend met een uurgemiddelde windsnelheid van 21,6 m/s (Deltares, 2013).

De strijklengte is de maximale lengte van het pand dat in de windrichting kan meebewegen. Omdat de precieze invulling van de Dubbele Dijk op het moment van schrijven nog niet bekend is, is ervoor gekozen om de lengte van de primaire kering aan te houden. In de praktijk zal dit getal lager uitvallen.

Gegevens gebied:		
α	3,5E-07	[s ² /m]
u	21,60	[m/s]
F	1390,00	[m]
ϕ	7,00	[°]
d	4,13	[m]
g	9,81	[m/s ²]

Tabel 12 Gegevens opwaaiing en golfgroei tussengebied

Door middel van *Vergelijking 3* is vervolgens de opwaaiing bepaald op 0,04 m. De opwaaiing vormt samen met de maximale waterstand een maatgevende hoogwaterstand van $4,13 + 0,04 = \text{NAP}+4,17$ m.

Golfgroei

De golfgroei is de groei van golven onder invloed van wind. De golfgroei heeft invloed op de golfhoogte en golfperiode. De formules (Bretschneider, 1975) hiervoor komen uit de Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken (TAW, 1989).

$$H_{1/3} = 0,283 * \left(\frac{u^2}{g}\right) * \tanh\left\{0,530\left(\frac{gd}{u^2}\right)^{0,75}\right\}$$

Vergelijking 4 Golfhoogte na golfgroei

$$T_{1/3} = 2,4\pi * \left(\frac{u}{g}\right) * \tanh\left\{0,833\left(\frac{gd}{u^2}\right)^{0,375}\right\}$$

Vergelijking 5 Golfperiode na golfgroei

waarin:

$H_{1/3}$ = gemiddelde hoogte van een derde van de hoogste golven	[m]
$T_{1/3}$ = gemiddelde periode van een derde van de hoogste golven	[s]
u = windsnelheid	[m/s]
g = valversnelling	[m/s ²]
d = waterdiepte	[m]

Door zowel *Vergelijking 4* en *Vergelijking 5* toe te passen met de gegevens van *Tabel 12*, zijn de significante golfhoogte en de spectrale golfperiode berekend. De resultaten hiervan staan in *Tabel 13*.

Berekening maatgevende golfgroei:		
$H_{1/3}$	1,14	[m]
$T_{1/3}$	3,47	[s]
$T_m (=T_{1/3}/1,15)$	3,02	[s]

Tabel 13 Berekening maatgevende golfgroei

Met de samengevatte resultaten uit *Tabel 14* is in het programma Hydra-NL de vereiste (minimale) hoogte van de achterliggende kering berekend. Deze komt uit op een hoogte van 5,36 m (Bijlage IV-D-02).

Significante golfhoogte (H_{m0})	1,14	[m]
Spectrale golfperiode ($T_{m-1,0}$)	3,02	[s]
Golfrichting (θ_m)	7,00	[°]
Waterstand	4,17	[m]
Maatgevende stormduur (T_{sm})	14400,00	[s]
Gemiddelde golfperiode (T_m)	3,02	[s]
MHW tussengebied	4,17	[m]

Tabel 14 Hydraulische randvoorwaarden achterliggende dijk

4.5.2 Kosten

De bouwkosten voor de Mosselpan bestaan voornamelijk uit grondverzet, het leveren en plaatsen van duikers, het aanbrengen van bekleding en plaatsen van het filtersysteem (Bijlage IV-D-03).

Het gebied tussen de keringen wordt uitgegraven tot NAP-0,75 m. De vrijkomende grond, bestaande uit klei, wordt binnen één kilometer van deze locatie opgeslagen. Nadat het gebied is ontgraven tot de beoogde diepte, zal de tweede dijk worden geconstrueerd. De hoeveelheid vrijkomende klei is groter dan de benodigde klei. Het ontstane overschot zal worden afgevoerd naar een depot waarna deze gebruikt kan worden voor andere doeleinden.

De dijk bestaat uit een zandkern met een toplaag van klei. Aangezien er geen zand in het gebied aanwezig is, zal dit moeten worden aangevoerd. Het zand kan vanuit de Eemshaven worden aangevoerd, waarna het zand naar het tijdelijke depot op de projectlocatie wordt getransporteerd. Na het afronden van de zandleveranties kan worden gestart met het profileren van de dijk.

Om water in het systeem te kunnen laten, dienen er duikers aangebracht te worden in de primaire kering. Na het aanbrengen van deze constructies kan het waterfilter worden geplaatst.

De kering aan de zeezijde zal overslagbestendig worden gemaakt. Om dit te realiseren zal het dijklichaam eerst functievrij worden gemaakt. De vrijkomende objecten zullen worden opgenomen in een depot om later teruggeplaatst te kunnen worden. Hierna kan worden gestart met het asfalteren van de binnenzijde van de dijk. Nadat dit is afgerond zal de Elastocoast worden aangebracht. De fasering van dit ontwerp bestaat uit de volgende stappen:

1. Ontgraven tussengebied
2. Ontgraven grond vervoeren naar depot
3. Leveren zand
4. Profileren tweede dijk
5. Aanbrengen duikers en waterfilter
6. Functievrij maken gebied
7. Aanbrengen asfaltbekleding
8. Aanbrengen Elastocoast

De fasering bepaalt de materieel- & materiaalkeuze. In *Tabel 15* staat een korte onderbouwing gegeven voor materieelkeuze, materiaalkeuze en de risico's.

Bouwkosten & Materiaalkeuze	
Posten	Uitvoeringsmethodiek
Ontgraven klei	Ontgraven: hydr. rupskraan 1900 ltr Vervoeren: dumper 17 m3 In depot zetten: wiellaadschop 2000 L Klei: klasse 1
Leveren zand	Ontgraven: zand per schip vanuit Noordzee Vervoeren: dumper 17 m3 In depot zetten: wiellaadschop 2000 L Zand: klasse industrie
Aanbrengen binnenbekleding	Aanbrengen in fases : kunststofinlage zandlaag 0,40 m asfalt bekleding 0,22 cm kleeflaag 0,3 kg/m2
Aanbrengen duikers	Gespecificeerd in SSK
Functievrij maken gebied	Grondwerker + Hydr. rupskraan
Risico's	
Benoemde risico's	Kans op optreden
Onwerkbaar situatie door extreme weersomstandigheden.	10%

Tabel 15 Posten & risico's Mosselpan

De totale bouwkosten van de Mosselpan bedraagt €12.971.320. De Mosselpan is berekend voor een dijk lengte van 1465 meter. Om de totaalkosten vergelijkbaar te maken met de overige alternatieven is dit getal omgerekend naar de kosten voor 1000 m. Dit komt neer op €8.854.143. Samen met de risicoservering en de BTW komt het totaal op €10.717.713,- ≈ €10.718.000,-

	Totaalkosten	
Totaal bouwkosten	€	8.854.143
Totaal risico's	€	4.200
BTW 21%	€	1.859.370

Totaalkosten Mosselpan € 10.717.713

Tabel 16 Totaalkosten Mosselpan

4.5.3 Natuurbaten

Voor de Mosselpan zijn de ecologische baten het hoogst. Dit heeft ermee te maken dat er een fosfaatfilter in de inlaatconstructie geplaatst wordt. Dit levert hoge baten op voor nitraatzuivering. Daarnaast vind er bij dit ontwerp mosselteelt plaats. In het gebied kan intensieve aquacultuur plaatsvinden. Hierdoor kan de mosselteelt verplaatst worden van de Waddenzee naar de Mosselpan. Dit levert voor de Waddenzee relatief hoge ecologische baten op. Het totaal aan baten komt neer op €550.798,53 ≈ €551.000,- per jaar (Bijlage IV-D-04).

4.6 Resultaten

Het resultaat van de Voorlopige Ontwerpen is dat er drie ontwerpen liggen die voldoen aan de waterveiligheid volgens de eisen uit het WBI 2017. Daarnaast is er een benadering van de kosten en baten opgesteld aan de hand van de Werkwijzer Natuur (Arcadis; CE Delft, 2017). Uit de resultaten blijkt dat voor de gestelde projectlevensduur van 25 jaar, de baten opwegen tegen de kosten. De resultaten zijn samengevat in *Tabel 17*.

	Referentie	Mosselrif	Wierdijk	Mosselpan
Kosten	€2.500.000,-	€2.364.000,-	€981.000,-	€10.718.000,-
Baten	€0,-	€186.000,-	€136.000,-	€551.000,-
Baten project-levensduur (25 jaar)	€0,-	€4.650.000,-	€3.400.000,-	€13.775.000,-
Monetair saldo (baten-kosten)	-€2.500.000,-	€2.286.000,-	€2.419.000,-	€3.057.000,-

Tabel 17 Samenvatting resultaten Voorlopige Ontwerpen

4.7 Conclusie

In dit hoofdstuk is antwoord gegeven op de volgende deelvraag:

“Welke combinaties van ecologische en/of traditionele maatregelen kunnen verwerkt worden tot alternatieven voor een traditionele zeedijk?”

Aan de hand van de resultaten van de voorlopige ontwerpen kan geconcludeerd worden dat alle voorlopige ontwerpen bijdragen aan de waterveiligheid. Daarnaast leveren alle ontwerpen een bijdrage aan de ecologie. Dit betekent dus dat alle Voorlopige Ontwerpen verwerkt kunnen worden tot alternatieven voor een traditionele zeedijk. In het volgende hoofdstuk zal een ontwerpalternatief worden gekozen. Dit ontwerp zal in detail uitgewerkt worden tot een Definitief Ontwerp (DO).

5 DEFINITIEF ONTWERP

In het vorige hoofdstuk is gebleken dat de drie voorlopige ontwerpen (Wierdijk, Mosselrif en Mosselpan) voldoen aan de waterveiligheid en positief bijdragen aan de ecologie. In dit hoofdstuk is er aan de hand van een panel van experts een voorkeursalternatief (VKA) gekozen. Aan de hand van het voorkeursalternatief is er antwoord gegeven op de vierde en laatste deelvraag:

“Welk alternatief biedt de beste combinatie van ecologische waarde en kosten/baten?”

Na het kiezen van het VKA, is het alternatief verder uitgewerkt tot het Definitieve Ontwerp (DO). Het DO is onderverdeeld in dezelfde beoordelingscriteria als het VO, namelijk: waterveiligheid, natuurbaten en kosten.

5.1 Kiezen voorkeursalternatief

Om te komen tot een VKA, zijn de alternatieven in het vorige hoofdstuk uitgewerkt tot drie voorlopige ontwerpen. Vervolgens is door middel van een MCA een keuze gemaakt voor het VKA. Voor de MCA is er gebruikgemaakt van de RAMSSHEEP-methodiek (*Rijkswaterstaat, 2012*).

5.1.1 RAMSSHEEP

De RAMSSHEEP-methodiek is een manier van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Rijkswaterstaat om te toetsen of ontwerpen voldoen aan de gewenste kwaliteit. Origineel bestond de methodiek alleen uit de in de Verenigde Staten ontwikkelde RAMS (*Nowlan & Heap, 1978*). De RAMS is bedoeld om ontwerpen te toetsen aan de technische aspecten (reliability, availability, maintainability en safety). De RAMSSHEEP-methodiek voegt daar nog de economische aspecten aan toe (security, health, environment, economics en politics).

Het thema Health gaat over de gezondheidsrisico's tijdens zowel de aanleg van het project als tijdens het gebruik ervan. Aangezien dit aspect geen significante verschillen geeft, is het buiten beschouwing gelaten.

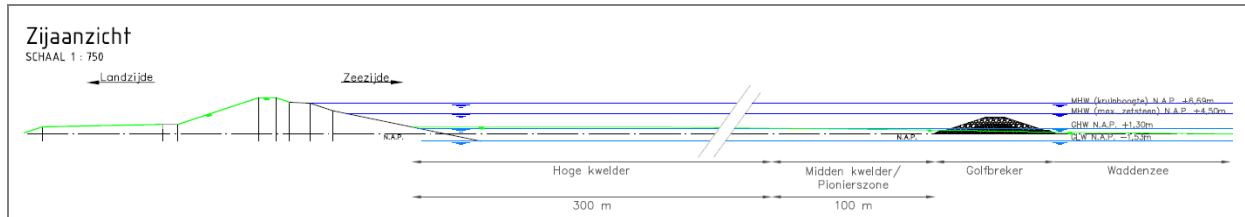
Omdat vaststelling van het voorkeursalternatief een sterk politiek-bestuurlijk karakter heeft, is het van belang om een breed gedragen voorkeursbeslissing te nemen (*HWBP, 2017*). Om deze reden is ervoor gekozen de RAMSSHEEP methode toe te passen in de vorm van een enquête. Tijdens een bijeenkomst van de POV-W Rijke Dijk is een korte presentatie gehouden over de ontwerpalternatieven en zijn de RAMSSHEEP criteria toegelicht (Bijlage V-A-01). Hierna is de enquête (Bijlage V-A-02) voorgelegd aan een panel van experts. Het panel bestaat uit 6 waterveiligheidsspecialisten (van o.a. Rijkswaterstaat, waterschap Hunze en Aas, wetterskip Fryslân en waterschap Noorderzijlvest) en 4 ecologen/natuurbeheerders (van o.a. Staatsbosbeheer, Deltares en Hoogheemraadschap Hollands Noorder Kwartier), waarbij de RAMS criteria zijn ingevuld door waterveiligheidsspecialisten en de SHEEP criteria door ecologen.

5.1.2 Conclusie Enquête

Uit de resultaten van de enquête (Bijlage V-A-03) blijkt het Mosselrif het beste alternatief te zijn. Dit resultaat is dan ook breed gedragen door experts. Het panel verwacht bij dit VKA een lichte verbetering voor de waterveiligheid en een zeer sterke verbetering voor de ecologie.

Na het kiezen van het VKA is het ontwerp verder uitgewerkt tot een Definitief Ontwerp (DO). Voor het DO zijn dezelfde beoordelingscriteria gebruikt als voor het VO. Deze zijn achtereenvolgens: de waterveiligheid, natuurbaten en kosten.

5.2 Waterveiligheid Mosselrif



Figuur 21, Technische tekening Definitief Ontwerp (zie bijlage V-D)

Om het ontwerp Mosselrif in de praktijk toepasbaar te maken, is er in samenwerking met dhr. P. Buring (Expert 6) voor gekozen om een Microsoft Excel tool (Bijlage V-B-01) te maken. Deze tool, de Mosselrif Quick Assessment Tool (MQAT), vergroot de toepassing van het ontwerp, aangezien de hydraulische randvoorwaarden per traject verschillen.

De MQAT bestaat uit empirische vergelijkingen die samen de golftransmissie van een golfbreker en een kwelder geven. Het toepassen van deze tool, geeft een snelle inschatting of een Mosselrif gebruikt kan worden ter reductie van de faalmechanismen: bekleding (steenzettingen) en overloop/overslag. Voor de bekleding is de MQAT is er in samenwerking met dhr. P. Buring (Expert 6) besloten om de tool te beperken tot de steenzetting, aangezien dit voor het Wetterskip het meest van belang is (Expert 6). Dit laat de gras- en asfaltbekleding open voor vervolgstudie.

Het MQAT behoeft naast de hydraulische randvoorwaarden de iteratief bepaalde significante golfhoogte voor de overloop/overslag (uit het programma *Hydra-NL*) en/of voor de bekleding (uit het programma *Steentoets*).

Voor de overslag zijn dit de maatgevende waterstand, de significante golfhoogte, de gemiddelde golfperiode en de gewenste (gereduceerde) significante golfhoogte. Voor de bekleding behoeft het programma de waarden voor de waterstanden, de significante golfhoogte, de piekperiode en de gewenste (gereduceerde) significante golfhoogte.

Na het invullen van de gegevens in de MQAT is het mogelijk om iteratief de kruinhoogte, de kruinbreedte en het talud van de golfbreker (zeezijde) te bepalen. Deze aanpassingen geven de golftransmissie zoals voorspeld door de empirische vergelijkingen. Deze empirische vergelijkingen bestaan uit de vergelijkingen voor een golfbreker, de vuistregel voor de maximale golfhoogte bij diepte en de reductie van de kweldervegetatie.

Expert: ir. ing. Paul Buring

Structural & Hydraulic Engineer bij Wetterskip Fryslân

Datum: 15-12-2017

Plaats: Leeuwarden

Over het definitieve ontwerp van het Mosselrif:

- Het Mosselrif is niet alleen geschikt voor een reductie van de kruinhoogte, maar ook voor een reductie van de belasting op de bekleding bij de dijkteen (zetsteen). De golfreductie van een golfbreker/kwelder is bij een lagere waterstand (faalmechanisme bekleding) signifikanter dan de golfreductie op de hoogste waterstand (faalmechanisme overloop/overslag). Voor het onderzoek "Effectiviteit Voorlanden HR" (POV Waddenzeedijken, 2018), levert het Wetterskip de benodigde reductiefactor voor de bekleding dan ook aan. Deze reductiefactor is iteratief bepaald met het programma Steentoets (versie 17.1.1.1) en geeft de reductie die benodigd is om de zetsteen goed te kunnen keuren.
- Het goedkeuren van de zetsteen is voor de Waddenzeedijken extra belangrijk, omdat er tijdens de dijkverbetering in de jaren '60 gebruikgemaakt is van creosootolie voor de teenschotten. Deze olie is in de loop der tijd vrijgekomen onder de zetsteen en zou bij vervanging van deze stenen uitspoelen in de Waddenzee. Het vrijkomen van deze olie levert nadelige gevolgen op voor de ecologie in de Waddenzee en is dan ook onwenselijk.
- Om het Mosselrif in de praktijk goed toepasbaar te maken, is het handig om een tool te maken in Excel. Hierin is het mogelijk om de voor de POV-W bepaalde reductiefactoren (met bijbehorende waterstanden) in te vullen en per locatie te kijken voor welke kruinhoogte van de golfbreker de bekleding voldoet.

Expert 6

5.2.1 Golfbreker

Voor de formule voor de golfbreker is op advies van dhr. E. Bijlsma (Expert 7) en dhr. J. Van der Meer (Expert 9) voor de formule van (D'Angremond, Van der Meer, & De Jong, 1996) gekozen (Vergelijking 6).

$$C_t = -0,4 * \frac{R_c}{H_s} + \left(\frac{B}{H_s}\right)^{-0,31} * (1 - e^{-0,5*\xi}) * 0,64$$

Vergelijking 6 Golftransmissie golfbreker

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H_s/L_0}}$$

Vergelijking 7 Golfbrekingsparameter

$$L_0 = \frac{g}{2 * \pi} * T_0^2$$

Vergelijking 8 Golfengte op diepwater

waarin:

H_s	= significante golfhoogte van de inkomende golf	[m]
R_c	= vrijboord (negatief getal bij <i>submerged</i>)	[m]
B	= kruinbreedte	[m]
ξ	= golfbrekingsparameter	[-]
$\tan \alpha$	= helling van de golfbreker (zeezijde)	[-]
L_0	= golfengte van de diepwatergolf	[m]
g	= gravitatie	[m/s ²]
T_0	= golfperiode op diep water	[s]

De vergelijking maakt gebruik van de transmissie coëfficiënt C_t . Deze coëfficiënt ontstaat door de uitgaande golf te delen door de ingaande golf en bevat dus zowel overslag als penetratie van de golven. De vergelijking is gebaseerd op modeltesten met de volgende limieten:

1. $C_t > 0,075$	2. $C_t < 0,8$
3. $1,57 < \xi < 6,63$	4. $0,75 < \frac{B}{H_s} < 43,50$

Tabel 18 Limieten Vergelijking 6

Expert: ir. Egon Bijlsma

Specialist Deltatechnologie bij Arcadis

Datum: 14-12-2017

Plaats: Amsterdam

Over het definitieve ontwerp van de golfbreker van het Mosselrif:

- De formule van Van der Meer en d'Angremond (1991) die in het VO gebruikt is, geeft ondanks goed gebruik hoge waarden voor de D_{n50} . Omdat het na 1991 gebleken is dat de D_{n50} niet een parameter is die direct van invloed is op de golftransmissie, is het beter om de formule van (D'Angremond, Van der Meer, & De Jong, 1996) te gebruiken voor een low-crested breakwater. De maximale waarde voor D_{n50} is 0,63 m.
- Voor de golfbreker is het beter om te werken met een lange constructie, en deze dus niet op te delen in kleinere gedeelten. Dit is beter voor de stabiliteit van de golfbreker, de stroomsnelheden tussen de gaten en de kosten. Daarnaast is het in de uitvoering altijd lastig om iets op/aan een bestaande constructie te bouwen.
- Voor de grote van de gaten tussen de strandhoofden en de golfbreker kan gekeken worden naar de gaten in de huidige kwelderwerken van de Waddenzee. Voor een precieze weergave van de morfologie in het tussengebied is een uitgebreide modelstudie nodig. Dit valt buiten de scope van een afstudeerscriptie.
- Aangroei van mosselen, oesters en wieren of eventuele opslibbing zal geen negatief effect hebben op de golftransmissie, aangezien dit alleen plaatsvindt tussen het gemiddeld hoogwater en het gemiddeld laagwater. Het gedeelte van de golfbreker tussen de kruin en het gemiddeld hoogwater is echter de belangrijkste plaats waar golfreductie plaatsvindt.

Expert 7

5.2.2 Vuistregel voor de maximale golfhoogte bij diepte

Tussen de maximale significante golfhoogte (H_s) en de diepte bestaat een verband. In de waterbouw is het gebruikelijk dit verband te beschrijven met een vuistregel (Vergelijking 9).

$$H_{s,max} \approx \frac{d}{2}$$

Vergelijking 9 Vuistregel voor de maximale golfhoogte

waarin:

d = waterdiepte [m]

Deze vuistregel stelt de maximale significante golfhoogte gelijk aan de helft van de waterdiepte. Op het moment dat een kwelder zich ontwikkelt, komt de bodem hoger te liggen. Door de aanwezigheid van de Mosseldijk ontstaat er een luwte, waar slib kan bezinken. Hierdoor kan door de verschillende ecologische successiestadia (hoofdstuk 2) nog meer slib vastgehouden worden. Daarnaast wordt de toplaag van de bodem vastgehouden door het wortelstelsel van de aanwezige vegetatie. Het ontstane solide kleipakket ontstaat uiteindelijk rond een springtijniveau van 1,5 m + NAP (Expert 8).

In de Excel tool betekent dit dat voor lage waterstanden de transmissie coëfficiënt zal dalen en dus voor een grotere reductie zorgt.

5.2.3 Ruwheid door kweldervegetatie

Aangezien de breedte van het kwelderlandschap enkele honderden meters bedraagt, draagt de ruwheid van de vegetatie bij aan de reductie van de significante golfhoogte (Expert 8). In het onderzoek

“Effectiviteit Voorlanden HR” (POV Waddenzeedijken, 2018) wordt het effect van de bodemruwheid op de significante golfhoogte beschreven.

De reductie van de significante golfhoogte is bepaald door een vergelijking tussen de bodemruwheid met vegetatie ($k=0,09$) en de bodemruwheid zonder vegetatie ($k=0,007$) in een SWAN model (POV Waddenzeedijken, 2018). Hierbij dient vermeld te worden dat het SWAN model de significante golfhoogte “nog steeds fors overschat” (POV Waddenzeedijken, 2018) en dat de werkelijke bodemruwheid waarschijnlijk hoger ligt. De verschillen tussen de significante golfhoogte bij beide bodemruwheden geeft de transmissiecoëfficiënt voor de vegetatie. De resultaten van de transmissiecoëfficiënt zijn per waterstand gegeven in Tabel 19. Hierbij is het gemiddelde genomen van de significante golfhoogtes van tien meetlocaties langs de Waddenzeekust. Deze gegevens zijn beschikbaar gesteld voor dhr. V. Vuik (Expert 8).

Waterstanden	[m+NAP]	2	3	4	5	6	7
$C_{t,vegetatie}$	[-]	0,90	0,79	0,89	0,93	0,95	0,96

Tabel 19 Transmissiecoëfficiënt door kweldervegetatie per waterstand

Voor deze gegevens is vervolgens in overeenstemming van dhr. V. Vuik (Expert 8) in Excel een trendlijn gemaakt (Vergelijking 10) (Bijlage V-B-02). Deze vergelijking geeft de golftransmissie door kweldervegetatie per waterstand.

$$C_t = 0,0237 * d + 0,7931$$

Vergelijking 10 Golftransmissie door kweldervegetatie

waarin:

d = waterdiepte [m]

De vergelijking maakt gebruik van de transmissie coëfficiënt C_t . Deze coëfficiënt ontstaat door de uitgaande golf te delen door de ingaande golf en bevat dus zowel overslag als penetratie van de golven. De vergelijking is gebaseerd op modeltesten met het volgende limiet:

1. $2,0 \text{ m} \leq d \leq 7,0 \text{ m}$

Tabel 20 Limiet Vergelijking 6

Expert: ir. Vincent Vuik

Consultant bij HKV Lijn in water | PhD candidate bij de TU Delft

Datum: 12-01-2018

Plaats: Delft

Over het definitieve ontwerp van de golfbreker van het Mosselrif:

- Voor de formule van een golfbreker is het best de empirische formules te gebruiken. Aangezien de POV-Waddenzeedijken een voorverkenning is, is het in deze fase goed mogelijk om empirische formules te gebruiken die de transmissie voorspellen. Het is gebruikelijk dat er eerst empirische formules gebruikt worden (zoals in de tool) om vervolgens een modelstudie te doen voor verdere onderbouwing.
- Voor de diepte kan gebruikgemaakt worden van een vuistregel, waarbij gesteld wordt dat de maximale significante golfhoogte bij de dijk gelijk is aan de helft van de waterdiepte. Als zich een kwelder ontwikkelt, houdt dit ook in dat de bodem hoger zal komen te liggen. De aanwezigheid van de dammen en de vegetatie zorgt voor luwte, waardoor slib makkelijk bezinkt. Daarnaast houden de wortels van de vegetatie de toplaag vast. Uiteindelijk ontstaat een solide kleipakket met een bodemhoogte rond springtijniveau (ongeveer 1,5 m boven NAP).
- Afhankelijk van de breedte van het voorland, is het mogelijk om een verhoogde ruwheid door de vegetatie mee kunnen nemen. Hiervoor is minimaal een lengte van enkele honderden meters nodig om een extra effect te bereiken ten opzichte van alleen golfbreking.
- Het is inderdaad mogelijk om een conservatieve aanname voor de verhoogde bodemruwheid te doen door Excel een trendlijn door de verkregen waarden te laten maken.

Expert 8

5.2.4 Voorbeeldberekening

Excel tool (MQAT)

Om de functie van de tool inzichtelijk te maken, is er een voorbeeldberekening gedaan. Hiervoor zijn de door het Wetterskip Fryslân (Expert 6) aangeleverde gegevens gebruikt (Tabel 21). Deze gegevens zijn verkregen door steentoetsberekeningen tussen dijpalen 11,55 en 11,65 op het project: Dijkversterkingsproject Koehool – Lauwersmeer. Voor deze gegevens is iteratief bepaald bij welke reductie van de significante golfhoogte de zetstenen voldoen.

Waterstand	Hm0	Hm0	Tm-1,0	Tm-1,0	β
[m t.o.v NAP]	[m]	[m]	[s]	[s]	[graden t.o.v. Noord]
1,0	0,51	0,31	2,50	2,50	297
1,5	0,51	0,31	2,50	2,50	297
2,0	0,84	0,50	2,98	2,98	297
2,5	1,18	0,71	3,49	3,49	297
3,0	1,50	0,90	4,01	4,01	297
3,5	1,78	1,07	4,42	4,42	297
4,0	1,98	1,19	4,86	4,86	297
4,5	1,94	1,16	5,23	5,23	297

Tabel 21 Steentoetsgegevens met de huidige waarden (blauw) en de waarden waarbij de zetsteen goedgekeurd kan worden (oranje)

Het resultaat van deze berekening is te zien in Tabel 22. Hierin is te zien dat een reductie van 60% voor de gegeven waterstanden kan voldoen indien de kruinhoogte zich minimaal op 3,10 m+NAP bevindt. Aangezien de golfbreker zich op 0,50 m+NAP bevindt, is de totale hoogte van de golfbreker 2,6 m. De kruinbreedte dient hierbij minimaal 2,00 m te zijn.

Faalmechanisme: Zetsteen (bekleding)						
Locatie: Dijkversterkingsproject Koehool – Lauwersmeer						
Waterstand	Hm0 (Huidig)	Hm0 (Voldoet)	Tm-1,0	Rc	Maximale Ct	Ct Mosselrif
[m t.o.v NAP]	[m]	[m]	[s]	[m]	[%]	[%]
1,0	0,51	0,31	2,50	2,10	60,0%	0,0%

1,5	0,51	0,31	2,50	1,60	60,0%	0,0%
2,0	0,84	0,50	2,98	1,10	60,0%	0,0%
2,5	1,18	0,71	3,49	0,60	60,0%	0,0%
3,0	1,50	0,90	4,01	0,10	60,0%	15,0%
3,5	1,78	1,07	4,42	-0,40	60,0%	31,2%
4,0	1,98	1,19	4,86	-0,90	60,0%	45,1%
4,5	1,94	1,16	5,23	-1,40	60,0%	60,0%
Iteratieve bepaling voor welke waarden het Mosselrif de benodigde reductie levert.						
Kruinhoogte Mosselrif					3,10	[m+NAP]
Kruinbreedte Mosselrif					2,00	[m]
Hoek van inval					0,40	[-]

Tabel 22 Voorbeeld MQATberekening voor zetsteen

Artificial Neural Network

Op advies van dhr. J. Van der Meer (*Expert 9*) is ervoor gekozen om het Artificial Neural Network (ANN) (*Zanuttigh, Formentin, & Van der Meer, 2017*) te gebruiken in de scriptie. Het ANN is een zelflerende tool waarmee de transmissie nauwkeuriger kan worden berekend dan met empirische formules. Dit komt omdat het ANN een wiskundig “black-box” model is. Dit wil zeggen dat het model zelf “leert” hoe de inputgegevens gelinkt zijn aan de outputgegevens. Aangezien het model gebruikmaakt van alle voorgaande proeven (nabij 18.000), levert het een zeer nauwkeurig beeld van de werkelijkheid. Zo geeft het ANN voor de transmissie een relatie tussen de waterstanden voor de golfbreker en de golfhoogte. Deze relatie zit niet in de huidige empirische formules (*Expert 9*).

Voor de voorbeeldberekening zijn de waarden bij een waterstand van 4,5 meter gebruikt. Het resultaat van de berekening is te zien in *Tabel 23*. Hierin is de zien dat er een voorspelde transmissie van 0,45 plaatsvindt. Dit is significant lager dan de voorspelde transmissie van 0,60 door de MQAT. Dit komt omdat de ANN (in tegenstelling tot de empirische formules) gebruikmaakt van de cotangens van het voorland, de waterdiepte bij de teen van de golfbreker, de graden ten opzichte van noord (een schuinere hoek van inval geeft een lager overslagdebiet en dus een lagere transmissie (*Hoogwaterbeschermingsprogramma; Waterschap Noorderzijlvest, 2017*)), de ruwheidsfactor en de nominale ontwerpdiameter voor breuksteen. Na aftrek van de transmissie van de kweldervegetatie (*Vergelijking 10* geeft 0,90 bij een waterdiepte van 4,5 m), is de totale transmissie gelijk aan 0,35. Aanbevolen wordt dan ook om de MQAT als snelle beoordeling (Quick Assessment) van het Mosselrif te gebruiken. Door gebruik te maken van de hieruit verkregen kruinhoogte en kruinbreedte is het mogelijk om het ANN (en *Vergelijking 10*) te gebruiken om de exactere transmissie te voorspellen. Na dit inzicht kunnen de waarden (kruinhoogte, kruinbreedte en cotangens van de golfbreker (zeezijde)) iteratief bijgesteld worden.

m	h	H _{m0}	T _{m-1,0}	β	cot(α)	γ _f	D _{n50}	R _c	B	C _t
[-]	[m]	[m]	[s]	[°]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[-]
100,0	4,5	1,94	5,23	297,0	2,5	0,55	0,63	-1,4	2,0	0,45

Tabel 23 Transmissie Artificial Neural Network

waarin:

m	= cotangens van het voorland	[m]
h	= waterdiepte (bij de teen van de golfbreker)	[m]
H _{m0}	= significante golfhoogte (bij de teen van de golfbreker)	[m]
T _{m-1,0}	= spectrale golfperiode (bij de teen van de golfbreker)	[s]
β	= graden ten opzichte van noord	[°]
cot(α)	= cotangens van de golfbreker (zeezijde)	[-]
γ _f	= ruwheidsfactor (two layers; impermeable core) (<i>Bruce, Van der Meer, Franco, & Pearson, 2006</i>)	[-]
D _{n50}	= mediaan van de nominale ontwerpdiameter voor breuksteen	[m]
R _c	= vrijboord (submerged dus negatieve waarde)	[m]
B	= kruinbreedte	[m]
C _t	= transmissiecoëfficiënt	[-]

Expert: prof. dr. ir. ing. Jentsje van der Meer

Professor Coastal Structures and Ports bij UNESCO-IHE | Owner bij Van der Meer Consulting bv

Datum: 16-01-2018

Plaats: Akkrum

Over het definitieve ontwerp van de golfbreker van het Mosselrif en de bijbehorende Excel tool:

- Voor de transmissie is het beter om alleen de vergelijking van (*D'Angremond, Van der Meer, & De Jong, 1996*) te gebruiken. Low-crested betekent hier dat de transmissie voor het gehele spectrum geldt.
- Het minimaal mogelijk talud voor een golfbreker van breuksteen is 1:1,5.
- Om de transmissie preciezer te berekenen kan er gebruikgemaakt worden van het *Artificial Neural Network (ANN) for the design of coastal and harbour structures*. Het voordeel van dit netwerk is dat het ANN voor de transmissie een relatie tussen de waterstanden voor de golfbreker en de golfhoogte gebruikt. Aangezien dit niet in de formule van (*D'Angremond, Van der Meer, & De Jong, 1996*) zit, is deze methode nauwkeuriger. Deze tool is net ontwikkeld. "Je maakt de blits als je het neurale netwerk gebruikt".
- Voor de golflengtes hoeft er geen onderscheid gemaakt te worden tussen *shallow water*, *transitional water* en *deep water*. De golfbrekerparameter is namelijk dimensieloos (d.m.v. de diepwatergolflengte).
- Voor de na de golfbreker gebroken golven van 1,5 m of lager verwacht ik niet veel golfgroei/opwaaiing. Hoogstens zou er gekozen kunnen worden voor een extra percentage van 5-10%.
- Binnen het gebied van Eemshaven-Delfzijl is een golfbreker niet bruikbaar. Ten westen van de Eemshaven echter wel.

Expert 9

5.3 Natuurbaten Mosselrif

In samenwerking met dhr. J. Klooster (*Expert 5*) is besloten om de natuurbaten in kaart te brengen door middel van de gestandaardiseerde MKBA Werkwijzer Natuur (*Arcadis; CE Delft, 2017*). Zoals uitgelegd in 4.1.3 legt de Werkwijzer Natuur de kwantificeerbare natuurbaten uit als ecosysteemdiensten (TEEB methode) en biodiversiteit (Natuurpuntensystematiek).

Voor de voorlopige ontwerpen, en dus ook het Mosselrif, zijn de natuurbaten met de TEEB methode uitgewerkt. Deze baten komen zoals in 4.3.3 beschreven neer op €185.382,90 ≈ €186.000,- per jaar (Bijlage IV-B-04).

Voor het Definitief Ontwerp is besloten om de natuurbaten verder uit te werken met de natuurpuntensystematiek. De uitleg van deze systematiek is te vinden in Bijlage IV-F

5.3.1 Natuurpuntensystematiek

Met behulp van natuurpuntensystematiek is het mogelijk om de biodiversiteit in een gestandaardiseerde maat uit te drukken. Hierdoor worden de effecten van verschillende projecten op de biodiversiteit vergelijkbaar (*Sijtsma, van Hindsberg, Kruitwagen, & Dietz, 2009*). Per natuurtype zijn de berekeningsfactoren bepaald met *Vergelijking 11* (*Arcadis; CE Delft, 2017*).

$$\text{Natuurpunten} = \text{kwaliteit} * \text{weegfactor} * \text{oppervlakte}$$

Vergelijking 11 Natuurpunten

waarin:

kwaliteit = De kwaliteit van het natuurtype ten opzichte van de maximaal mogelijke kwaliteit.

weegfactor = De weegfactor geeft het belang van een natuurtype weer.

oppervlakte = Het oppervlak van het natuurtype in hectare.

In overleg met dhr. F. Sijsma (*Expert 10*) is besloten om voor de kwaliteit en weegfactoren gebruik te maken van gespecificeerde kengetallen. Deze kengetallen zijn afkomstig uit de rapportage (*Wortelboer R. , 2015*) en (*Wortelboer F. , 2010*).

Expert: dr. Frans Sijsma

Associate Professor bij Rijksuniversiteit Groningen

Datum: 20-12-2017

Plaats: Groningen

Tijdens het gesprek is een conceptberekening van de natuarpuntenmethodiek besproken. In het gesprek kwamen de volgende punten naar voren:

- De berekening die is uitgevoerd geeft een perfecte afspiegeling van de natuarpuntenmethodiek. Door het oppervlakte van de ecosystemen visueel te maken is een duidelijk beeld gecreëerd die, voor zowel leek als expert, goed te begrijpen is.
- De aannames in de conceptberekening voor de gemiddelde kwaliteit en weegfactoren zijn een goede benadering. Voor nog verdere uitwerking is het interessant om contact op te nemen met dhr. R. Wortelboer (*Expert 11*) van Deltares. Hij kan gedetailleerde kengetallen geven zodat de aannames kunnen worden vervangen door gespecificeerde kengetallen.
- Natuarpunten kunnen niet worden uitgedrukt in financiële waarde. Wel raad ik aan om de kosteneffectiviteit van de natuarpunten te bepalen. Dit wordt bepaald door de totale projectkosten te delen door het aantal gerealiseerde natuarpunten.

Expert 10

Bepaling gemiddelde kwaliteit en weegfactoren.

Omdat de natuarpuntenmethodiek niet eerder is toegepast bij een buitendijkse constructie in de Waddenzee is er geen referentiemateriaal voor aanwezig. Op advies van dhr. F. Sijsma (*Expert 10*) is contact gezocht met dhr. R. Wortelboer (*Expert 11*) om de gemiddelde kwaliteit en weegfactoren te verfijnen.

Expert: Rick Wortelboer MSc

Adviseur/onderzoeker bij Deltares

Datum: 05-01-2017

Over het toepassen van weegfactoren in de natuarpuntenberekening:

- Een dijk bestaat uit verschillende delen: gras, eventueel ruigte, asfalt van de weg, fietspad en dijkbekleding: basaltzuilen (al of niet met asfalt bedekt), betonzuilen (al of niet met asfalt bedekt) en stortsteen (diverse materialen en groottes). Voor elk van deze natuurtypes moet de oppervlakte, kwaliteit en weegfactor bepaald worden.
- Voor het gras is in eerdere berekeningen de weegfactor voor agrarisch grasland aangehouden (0,4). De weg, het fietspad en het asfalt hebben een waarde van 0,0.
- Voor dijkbekleding is het natuursysteem afhankelijk van de ligging ten opzichte van de hoog- en laagwaterlijn. Boven de gemiddelde hoogwaterlijn zou 'stenig milieu' kunnen worden toegepast (0,2). Beneden die lijn kan 'hard substraat van zout getijdenwater' worden gebruikt (1,05)
- Het rif is te benaderen als natuursysteem 'hard substraat in zout getijdenwater' (1,05).

Expert 11

Om een duidelijke vergelijking te maken, zijn de natuarpunten berekend voor de volgende ecosystemen: de huidige situatie, het referentieontwerp (paragraaf 4.2) en de toekomstige situatie (het Mosselrif). Deze berekeningen zijn, samen met een schetsmatige weergave van de oppervlaktes per ecosysteem, bijgevoegd in Bijlage V-C-01.

In de huidige situatie is de verhouding tussen land en zee gelijk, terwijl bij het referentieontwerp (paragraaf 4.2) de oppervlakte van het natuursysteem 'akkerland' afneemt (vanwege binnendijkse versterking). Omdat de dijk breder wordt, neemt de oppervlakte van het natuursysteem 'dijk' toe. Bij de toekomstige situatie (Mosselrif) blijft de verhouding akkerland en dijk gelijk aan de huidige situatie. Aan de zeezijde wordt het zout getijdenwater vervangen door een kwelder en een golfbreker.

De natuarpuntenberekening voor de natuurtypen zijn uitgevoerd op basis van kengetallen uit de volgende bronnen: (*Sijsma, van Hindsberg, Kruitwagen, & Dietz, 2009*) (*Wortelboer R. , 2015*) (*Wortelboer F. , 2010*).

Kosteneffectiviteit

Naast een berekening van de totale hoeveelheid natuurlandpunten, is op het advies van dhr. J. Klooster (*Expert 5*) en dhr. F. Sijtsma (*Expert 10*) de kosteneffectiviteit per natuurlandpunt bepaald. Door middel van de kosteneffectiviteit (totale projectkosten per natuurlandpunt) is het mogelijk om de natuurwaarde van de biodiversiteit te vergelijken met andere projecten. Voor het Mosselrif is de beoogde kosteneffectiviteit vergeleken met het referentieontwerp en het project 'Natuurlijk Afsluitdijk' (een ontwerpalternatief van de Afsluitdijk).

Resultaat

De wijzigingen in natuurtypen brengen een verschil in het totaal aantal natuurlandpunten teweeg. De huidige natuurwaarde van het ecosysteem is 23,97 punten. Bij het uitvoeren van een traditionele dijkverbetering blijft het aantal natuurlandpunten nagenoeg gelijk (23,96 punten). Het Building with Nature ontwerp Mosselrif geeft een significante verbetering van de natuurwaarde. Bij dit ontwerp is de beoogde biodiversiteit 48,48 punten waard. Hiermee is aangetoond dat door het aanleggen van het Mosselrif de natuurwaarde in het gebied met 97,5% verbetert ten opzichte van het referentieontwerp (een traditionele dijkverbetering).

Door de kosteneffectiviteit van het Mosselrif, het referentieontwerp en het project 'Natuurlijk Afsluitdijk' met elkaar te vergelijken is de verhouding tussen de investeringskosten en de natuurlandpunten (in natuurlandpunten) inzichtelijk gemaakt (Tabel 24). Uit deze tabel kan worden geconcludeerd dat de kosteneffectiviteit van het Mosselrif meer dan verdubbeld ten opzichte van het referentieontwerp. Daarnaast is er een significante verbetering ten opzichte van het project Natuurlijk Afsluitdijk.

Project	Totale natuurwaarde (natuurlandpunten)	Totaalkosten project (mln. euro)	Kosteneffectiviteit (totale projectkosten per natuurlandpunt)
Mosselrif	48,48	2,36	0,050
Natuurlijk Afsluitdijk	1600,00	2670,00	1,677
Referentieontwerp	23,96	2,5	0,108

Tabel 24, kosteneffectiviteitsbepaling

In hoofdstuk 4.6 is de kosten-/batenverhouding van de ontwerpalternatieven bepaald. Nu ook de kosteneffectiviteit vastgesteld is kan dit worden samengevat in Tabel 25. Deze tabel is opgesteld volgens de Werkwijzer Natuur (Arcadis; CE Delft, 2017).

Alternatief	Mosselrif	Referentieontwerp
Kosten		
Bouwkosten	€2.364.000,-	€2.500.000,-
Baten		
Ecosysteemdiensten (TEEB)	€4.650.000,-	€0,-
Biodiversiteit (Natuurlandpunten)	48,48	23,96
Kosten-/batenverhouding		
Monetair saldo (baten-kosten)	€2.286.000,-	€0,-
Kosteneffectiviteit (kosten/natuurlandpunt)	0,050	0,108

Tabel 25 Overzicht kosten en baten Definitief Ontwerp

5.4 Kosten Mosselrif

Op advies van dhr. E. Bijlsma (*Expert 7*) is ervoor gekozen om de golfbreker te veranderen van een combinatie van drie korte golfbrekers naar een lange golfbreker. Aangezien deze aanpassing niet tot significante wijzigingen leidt voor de kosten, zijn dezelfde kosten aangehouden als in het VO.

5.5 Conclusie

In dit hoofdstuk is antwoord gegeven op de vierde en laatste deelvraag:

“Welk alternatief biedt de beste combinatie van de ecologische waarde en de kosten/baten?”

Aan de hand van de resultaten van de enquête blijkt dat het Mosselrif de beste combinatie geeft van ecologische waarde en kosten/baten verhouding. Er wordt aan de hand van de Voorlopige Ontwerpen gedacht dat de waterveiligheid bij het Mosselrif vergelijkbaar zal zijn met het referentieontwerp (paragraaf 4.2), maar dat de ecologische waarde flink zal toenemen. De berekeningen van de waterveiligheid, de natuurbaten en de kosten bevestigen deze inschatting dan ook.

Hiermee is de hoofdvraag van de scriptie beantwoord. Voor een praktische uitwerking is een tool in Excel opgesteld waarmee er voor aankomende projecten eenvoudig vastgesteld kan worden of een Mosselrif een haalbaar alternatief is ten opzichte van een reguliere dijkverbetering.

Doordat de natuurbaten voor het alternatief zijn uitgewerkt volgens de Werkwijzer Natuur, dient de scriptie als testcase voor het Ministerie van Economische Zaken. De bevindingen zullen dan ook gepresenteerd worden op het Ministerie.

6 CONCLUSIE

Aan de hand van de onderzoeksvraag “Welke combinatie van ecologische maatregelen en materialen leidt tot een waterveilig alternatief voor een Waddenzeedijk, waarbij de kosten-/batenverhouding verbetert ten opzichte van een traditionele zeedijk?” is de Bachelorscriptie opgezet en uitgevoerd. Hiervoor is aan de hand van het in hoofdstuk 2 opgestelde theoretisch kader, een alternatievenstudie uitgevoerd in de hoofdstukken 3, 4 en 5.

Aan de hand van het theoretische kader is vastgesteld dat een gedeelte van de Waddenzeedijken niet meer voldoet, vanwege relatieve zeespiegelstijging. Deze stijging heeft grote nadelige gevolgen voor de flora & fauna in het Natura 2000 gebied. Daarnaast is aan de hand van de wet- en regelgeving vastgesteld dat een civiel project in het gebied mogelijk is indien de ecologische waarde minimaal gelijk blijft. Naar aanleiding van deze uitgangspunten is ervoor gekozen om een Building with Nature oplossing te vinden voor de Waddenzee, waarbij de natuur wordt gebruikt om de waterveiligheidssituatie te verbeteren.

Aan de hand van de Building with Nature filosofie zijn er in hoofdstuk 3 allerlei oplossingen naar voren gekomen. Deze oplossingen zijn op Schetsontwerpniveau (SO) uitgewerkt en getoetst aan een door de TU Delft opgestelde Multicriteria-analyse voor Building with Nature ontwerpen. Uit deze analyse zijn de alternatieven Mosselrif, Wierdijk en Mosselpan naar voren gekomen als de meest kansrijke alternatieven.

Deze drie alternatieven zijn vervolgens in hoofdstuk 4 op Voorlopig Ontwerpniveau (VO) uitgewerkt op basis van de beoordelingscriteria: waterveiligheid, natuurbaten en kosten. Uit de resultaten van het VO blijkt dat de alternatieven allen bijdragen aan de waterveiligheid en de natuur. Dit betekent dat het voor alle Voorlopige Ontwerpen mogelijk is om deze uit te werken tot een Definitief Ontwerp.

Om tot een breed gedragen oplossing te komen is er voor hoofdstuk 5 gebruikgemaakt van een expertpanel op het gebied van waterveiligheid en ecologie/natuurbeheer. Uit de onder deze experts gehouden enquête bleek dat er bij het voorkeursalternatief, het Mosselrif, een vergelijkbare waterveiligheidssituatie zou ontstaan en dat de natuurbaten substantieel zouden toenemen. Het Mosselrif is dan ook uitgewerkt tot Definitief Ontwerp (DO).

Na het kiezen van het voorkeursalternatief is er bepaald of deze inschatting van experts met cijfers te onderbouwen is. Doordat de natuurbaten in de scriptie zijn uitgewerkt door middel van de Werkwijzer Natuur, is het mogelijk om de kosten-/batenverhouding te berekenen. Het resultaat van deze berekeningen laat zien dat de kosten-/batenverhouding significant toeneemt ten opzichte van het referentiealternatief.

Om het Mosselrif vervolgens in de praktijk toepasbaar te maken, is het alternatief nog verder uitgewerkt en is er een tool opgesteld in Excel: de Mosselrif Quick Assessment Tool (MQAT). Met deze tool is het mogelijk om relatief eenvoudig te bepalen of het Mosselrif een waterveilig alternatief is op een willekeurig dijktraject. Om deze haalbaarheid nog nauwkeuriger vast te stellen is er naar aanleiding van het gesprek met dhr. J. Van der Meer gebruikgemaakt van het Automatic Neural Network (ANN). Door middel van deze tool kunnen de waarden uit de MQAT nog verder gespecificeerd worden. Het resultaat is dat er per dijktraject een nauwkeurig kan worden ingeschat of het Mosselrif toepasbaar is als project. Hiermee is geconcludeerd dat er met het Mosselrif antwoord is gegeven op de hoofdvraag.

7 DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk zijn de beperkingen van het onderzoek opgenomen en zijn er aanbevelingen voor vervolgonderzoek gedaan.

Voor het onderzoek zijn er twee Multicriteria-analyses gebruikt om ontwerpalternatieven te beoordelen en te kiezen. Doormiddel van een gestandaardiseerde MCA kunnen de ontwerpen zo objectief mogelijk beoordeeld worden. Ondanks deze objectieve criteria dienen er voor de beoordeling aannames gedaan te worden. Dit leidt ertoe dat een MCA altijd een subjectieve component bevat. Voor de MCA van VO naar DO is de subjectieve component zoveel mogelijk beperkt door gebruik te maken van een panel van experts. Desondanks zou het resultaat objectiever zijn bij een grotere steekproef.

Voor de natuurbaten is gebruikgemaakt van een referentieontwerp. Dit referentieontwerp bestaat uit een dijk zonder voorland. Indien er op een specifieke locatie al een voorland aanwezig is, dienen deze natuurbaten meegenomen te worden in het referentieontwerp. Dit geeft een minder sterke verbetering door het Mosselrif.

Voor toepassing van het Mosselrif in de Waddenzee zijn een aantal vervolgonderzoeken nodig. Bij gebruik van de Mosselrif Quick Assessment Tool (MQAT) en de Artificial Neural Network (ANN) wordt een nauwkeurige inschatting gegeven van het gebruik van een Mosselrif in de Waddenzee. Op basis van deze uitkomsten kan bepaald worden of een Mosselrif haalbaar is op een specifiek traject. Desondanks zijn deze tools gebaseerd op proeven in gecontroleerde omstandigheden. In de praktijk blijkt vaak een modelstudie nodig om de exacte hydraulische gevolgen op een locatie te voorspellen.

Om de natuurbaten van het Mosselrif ten volle te benutten, is het aan te bevelen om de Mosselhabitatgeschiktheidskaart (Bijlage II-C) te gebruiken. Hierin zijn de randvoorwaarden opgenomen om mosselbanken te laten groeien. De aangroei van de mosselen dient te gebeuren op een zo poreus mogelijk materiaal. Hiervoor is het van belang om de te gebruiken breuksteen hierop af te stemmen. Ook kan er bijvoorbeeld gedacht worden in de richting van circulair bouwen. Dit betekent dat er in plaats van breuksteen gedacht kan worden aan hergebruik van (ecologisch verantwoorde) afvalmaterialen of afgekeurde dijkbekleding.

Om het sedimentatieproces van het Mosselrif ten volle te benutten, is het aan te bevelen om de erosie- en sedimentatiekaart van het gebied te raadplegen (Bijlage II-E). Aangezien het Mosselrif het sedimentatieproces versnelt, dient er op de gekozen locatie geen erosie plaats te vinden. Dit zal het proces ernstig verstoren. Daarnaast is het voor de sedimentatie nodig om een morfologisch model op te stellen, zodat met zekerheid gesteld kan worden dat de gewenste sedimentatie optreedt.

Uit de berekeningen blijkt de kruinhoogte van de golfbreker de bepalende factor te zijn voor de transmissie van de significante golfhoogte. Hieruit is op te merken dat het rif het best op een hooggelegen locatie geplaatst kan worden. Hiervoor is het handig om de hoogte-/dieptekaart te raadplegen (Bijlage II-F) alvorens een locatie gekozen wordt.

Een optimalisatie is te vinden in de vergelijking voor golftransmissie van de kweldervegetatie. Op dit moment zijn voorlopige resultaten gebruikt om een conservatieve formule op te stellen. Hiervoor is gebruikgemaakt van een conservatieve bodemruwheidscoëfficiënt van $k=0,09$. Uit nog niet gepubliceerde voorbeeldberekeningen lijkt deze factor omhoog te kunnen. Hiervoor kan het best contact opgenomen worden met de POV-Waddenzeedijken, deelonderzoek effectiviteit voorlanden HR.

De samenstelling van de kern van de golfbreker kan bestaan uit zand met een filterlaag of uit "quarry run" (klein restmateriaal uit een steengroeve). Aangezien de scriptie projectoverstijgend is, is deze optie opengelaten voor een specifieke locatie. Hierdoor dient er gekeken te worden naar de op locatie aanwezige materialen om de meest economische oplossing te vinden.

De geotechnische stabiliteitsberekeningen van de golfbreker vallen buiten de afbakening van de scriptie. Indien het Mosselrif als project wordt gerealiseerd dienen er locatiespecifieke berekeningen gedaan te worden.

Voor de kosten zijn in de SSK alleen de bouwkosten meegenomen. Dit is gebruikelijk in de voorverkenningfase. In het volgende stadium dienen deze kosten verder te worden uitgewerkt.

8 BIBLIOGRAFIE

- Arcadis. (2011). Innovatie op de dijk met Elastocoast. *WaterForm*, 12-13.
- Arcadis; CE Delft. (2017). *WERKWIJZER NATUUR Maatschappelijke Kosten-Baten Analyses*. Ministerie van Economische Zaken.
- Barrow, C. (2016). *Insights, Ideas and Post-Its!* Opgehaald van carlbarrow.wordpress.com: <https://carlbarrow.wordpress.com/2016/03/10/insights-ideas-and-post-its/>
- Bosboom, J., & Stive, M. (2015). *Coastal Dynamics I*.
- Boskalis. (2017). *magazine.boskalis.com*. Opgehaald van [boskalis.com](https://magazine.boskalis.com/issue01/building-with-nature): <https://magazine.boskalis.com/issue01/building-with-nature>
- Bruce, T., Van der Meer, J. W., Franco, L., & Pearson, J. M. (2006). *A COMPARISON OF OVERTOPPING PERFORMANCE OF DIFFERENT RUBBLE MOUND BREAKWATER ARMOUR*.
- CWSS. (2005). Verklaring van Schiermonnikoog . *Schiermonnikoog Declaration. Ministerial Declaration of the Tenth Trilateral Governmental Conference on the Protection of the Wadden Sea*. Wilhelmshaven: CWSS.
- CWSS. (2014). CLIMATE CHANGE ADAPTATION STRATEGY, Annex 4. *12th Trilateral Governmental Conference on the Protection of the WaddenSea.*, (p. 7). Tønder.
- CWSS. (2017). *Common Wadden Sea Secretariat*. Opgehaald van [waddensea-secretariat.org](http://www.waddensea-secretariat.org): <http://www.waddensea-secretariat.org/trilateral-cooperation/common-wadden-sea-secretariat>
- D'Angremond, K., Van der Meer, J., & De Jong, R. (1996). *Wave Transmission at Low-crested Structures*. Orlando, Florida: Proc 25th Int Conf on Coastal Engineering.
- De Dijkwerkers. (2017). *Projectenboek '18 Mensenwerk*. Utrecht.
- Dean, R. J., & Dalrymple, R. A. (2002). *Coastal processes with engineering applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Deltares. (2013). *Bepaling maatgevende randvoorwaarden Eemshaven*.
- Deltares. (2016). *Werkversie Ontwerputgangspunten DED ontwerpen op basis van OI2014v3*. Deltares.
- Dijkema, K., van Duin, W., Nicolai, A., Frankes, J., Jongerius, H., Keegstra, H., & Swierstra, J. (2009). *Monitoring en beheer van kwelderwerken in Friesland en Groningen 1960-2007*.
- European Space Agency. (2009). *Space in images*. Opgehaald van http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2009/09/Wadden_Sea
- Europese Gemeenschappen. (2000, oktober 23). Kaderrichtlijn water. *kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid*.
- Hacquebord, L., & Hempenius, A. (1990). *Groninger dijken op deltahoogte*. Groningen.
- Hoogwaterbeschermingsprogramma; Waterschap Noorderzijlvest. (2017). *Plan van aanpak Meerjarige veldmetingen Eems-Dollard versie 2.0*.
- HWBP. (2017). *Handreiking verkenning versie 2*. HWBP.

- KNMI. (2007). *Klimaatscenario's 2006*. Opgehaald van [www.klimaatscenario's.nl: http://www.klimaatscenario's.nl/knmi06/samenvatting/#Inhoud_2](http://www.klimaatscenario's.nl/knmi06/samenvatting/#Inhoud_2)
- KNMI. (2015). *Klimaatscenario's voor Nederland*. Zwolle: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- LOLA landscape architects. (2015). *Dijken van Nederland*. Rotterdam: nai010 uitgevers.
- Ministerie van Economische Zaken. (2008). *Convenant transitie mosselsector en natuurherstel Waddenzee. Convenant transitie mosselsector en natuurherstel Waddenzee*.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2016). *Nationale klimaatadaptatie strategie 2016 (NAS)*. Den Haag.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2017). *Deltaprogramma 2018*. Den Haag.
- NAM. (2017). [www.nam.nl](https://www.nam.nl/feiten-en-cijfers/interactieve-kaart.html#iframe=L2VtYmVkl2NvbXBvbmVudC8/aWQ9aW50ZXJhY3RpZXZILWthYXJ0). Opgehaald van <https://www.nam.nl/feiten-en-cijfers/interactieve-kaart.html#iframe=L2VtYmVkl2NvbXBvbmVudC8/aWQ9aW50ZXJhY3RpZXZILWthYXJ0>
- Natura 2000. (2011). *Natura 2000-doelen in de Waddenzee*. Rijkswaterstaat.
- Nowlan, F., & Heap, H. (1978). *Reliability-Centered Maintenance*. Washington, DC: United States Department of Defense.
- Post, P. M. (2015). *Assessment of wave run-up reduction by salt marshes*. Universiteit Twente; HKV.
- POV Waddenzeedijken. (2017). *Plan van Aanpak fase 2*. Groningen: POV Waddenzeedijken.
- POV Waddenzeedijken. (2018). *Effectiviteit Voorlanden HR Onderzoeksrapportage Fase C*. Leeuwarden: POV Waddenzeedijken.
- Raad van de Europese Gemeenschappen. (1979). *Vogelrichtlijn . Richtlijn nr. 79/409*.
- Raad van de Europese Gemeenschappen. (1992). *Habitatrichtlijn . Richtlijn 92/43/EEG van de Raad van 21 mei 1992 inzake de instandhouding van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna*.
- Ramsar Convention Secretariat. (2016). *An Introduction to the Ramsar Convention on Wetlands, 7th ed.* Gland, Switzerland.
- Rijkswaterstaat. (2012). *Leidraad RAMS—sturen op prestaties van systemen*. Den Haag: Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- RPS. (2015). *BESLISSCHEMA VOORLANDEN TOELICHTING BIJ HET SCHEMA & DOORKIJK GEWENSTE TECHNISCHE ONTWIKKELINGEN*. Delft: RWS, WVL.
- Rupprecht, F. (2015). *Vegetation succession and coastal protection by wave dissipation in salt marshes of North-West Europe*. Hamburg: Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften der Universität Hamburg.
- RWS. (2017). *OI2014v4*.
- Sijtsma, F., van Hindsberg, A., Kruitwagen, S., & Dietz, F. (2009). *Natuureffecten in de MKBA's van projecten voor integrale gebiedsontwikkeling*. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).

- Slinger, P. d. (2017, 11 10). *MOOC Engineering: Building with Nature 101x*. Opgehaald van edx: https://courses.edx.org/courses/course-v1:DelftX+BwN101x+1T2017/courseware/135680609b2246fc9d96c3fe80d9d5b1/5bc8192a1f9743d3b8329934f8f14cb3/?activate_block_id=block-v1%3ADelftX%2BBwN101x%2B1T2017%2Btype%40sequential%2Bblock%405bc8192a1f9743d3b8329934f8f1
- SOVON. (2016). *Data Natura 2000 gebied Waddenzee*. Opgehaald van http://s1.sovon.nl/gebieden/gebieden_trendsnw.asp?gebnr=1.
- SWECO. (2016). *Dijkversterking Eemshaven Delfzijl: schetsontwerp waterkeringen Pilot dubbele dijk*. SWECO.
- SWECO. (2016). *Kostenrapportage dijkverbetering Eemshaven - Delfzijl (intern)*. Groningen: SWECO.
- TAW. (1989). *Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken Deel 2 - Benedenrivierengebied*. Delft: TAW.
- TAW. (2002). *Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken*. Delft.
- TenCate. (2017, 12 13). *TenCate Geosynthetics*. Opgehaald van [www.tencate.com: http://www.tencate.com/nl/emea/geosynthetics/online-design/documentatie-downloaden/default.aspx](http://www.tencate.com/nl/emea/geosynthetics/online-design/documentatie-downloaden/default.aspx)
- Walker, P. (2015). Aiming for the fish targets. (p. 19). *Programma naar een rijke Waddenzee*.
- Wang, Z. (2017). *Gaat de Waddenzee verdrinken?* Opgehaald van [De Ingenieur: https://www.deingenieur.nl/artikel/gaat-de-waddenzee-verdrinken](https://www.deingenieur.nl/artikel/gaat-de-waddenzee-verdrinken)
- Wortelboer, F. (2010). *Natuurkwaliteit en biodiversiteit van de Nederlandse zoute wateren*. PBL.
- Wortelboer, R. (2015). *Natuurpunten als methode voor het evalueren van de effecten van ruimtelijke ingrepen*. Deltares.
- Zanuttigh, B., Formentin, S., & Van der Meer, J. W. (2017). *The Neural Network for the design of coastal and harbour structures*. Bologna, Italië/Nederland.



Bijlage I
Projectplan
afstuderen

Projectplan Afstuderen

Projectoverstijgende Verkenning Waddenzeedijken
Concept Rijke Dijk



Afstudeerders	Paul Sinnema (317096) & Marco Aldershof (323498)		
Werkbegeleiders	Marco Veendorp & Ron Hölscher		
Docentbegeleider	Michiel Parlevliet		
Lezer	Saskia Deegmulder		
Afstudeerbedrijf	Waterschap Noorderzijlvest		
Revisienummer	2.0	Revisiedatum	03-10-2017

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	2
1.1	Aanleiding.....	2
1.2	Probleemstelling.....	2
1.3	Doelstelling.....	2
1.4	Vraagstelling	2
2	AANPAK	2
2.1	Type onderzoek	2
2.2	Methodiek	3
2.1.1	Literatuuronderzoek.....	3
2.1.2	Desk research	3
2.1.3	Casestudie	3
2.1.4	Raadplegen experts	3
2.3	Deelvragen.....	4
3	RANDVOORWAARDEN EN BEPERKINGEN / AFBAKENING	4
4	EXTERNE AFHANKELIJKHEDEN	5
5	RELATIES MET ANDERE ONDERZOEKEN/PROJECTEN.....	5
6	PROJECTORGANISATIE.....	5
7	EINDPRODUCTEN	6
8	COMPETENTIEONTWIKKELING	6
9	PLANNING.....	6
10	LITERATUUR.....	7

Bijlage I: Competentieontwikkeling
 Bijlage II: Fasering
 Bijlage III: Planning

1 INLEIDING

Dit hoofdstuk geeft de motivatie voor de keuze, de maatschappelijke relevantie en de wetenschappelijke waarde van het afstudeeronderwerp.

1.1 Aanleiding

Traditionele dijken langs de Nederlandse Waddenzeekust hebben meestal een harde zeewering bestaande uit asfalt- en/of steenbekleding. Dit zorgt voor een harde en een gladde overgang tussen zee en dijk. Het gevolg hiervan is een relatief hoge golfoploop, waardoor de kruin hoger moet komen te liggen. Flora en fauna kunnen zich moeilijk hechten aan deze bekleding. Het basisprincipe van het concept Rijke Dijk is om een natuurlijkere overgang te gebruiken, zoals een flauw talud of een kwelderlandschap, voor verbetering van de waterveiligheid.

Het Rijke Dijk concept ontstond uit een haalbaarheidsstudie uit 2006 (Innoveren met water, 2010). Sinds deze tijd is het concept verder ontwikkeld met bekende projecten als de Zandmotor, de Hondsbossche en Pettemer Zeewering, de Marker Wadden en het Mangroveherstel in Indonesië. Na het relatieve succes van dit concept wordt er nu ook gekeken naar de toepasbaarheid in het Waddenzegebied.

Hiervoor is de Projectoverstijgende Verkenning Waddenzeedijken (POV W) opgezet. De POV W is onderdeel van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Het doel van deze POV is het onderzoeken van innovatieve oplossingen zodat de verbeteringen aan de Waddenzeedijken sneller en goedkoper uitgevoerd kunnen worden (Deltares, 2016).

1.2 Probleemstelling

In de eerste fase van de POV Waddenzeedijken zijn er vooronderzoeken gedaan naar het gebruik van het concept Rijke Dijk. Het concept Rijke Dijk is niet ontstaan vanuit een probleem, maar vanuit de kans om projectoverstijgend te zoeken naar een optimaler ontwerpalternatief. Dit biedt mogelijkheden voor de inpassing van natuur/ecologie, recreatie en duurzame economische activiteiten in de waterveiligheidsopgave van een Waddenzeedijk. Deze ideeën zijn echter nog niet uitgewerkt tot een integrale oplossing voor de Rijke Dijk.

1.3 Doelstelling

De doelstelling voor het afstuderen is om een combinatie te vinden tussen de natuur/ecologie en de waterveiligheid. De getroffen ecologische maatregelen en materialen dienen hierbij van toegevoegde waarde te zijn voor de waterveiligheid. Bij een gelijke waterveiligheid, neemt de ecologische waarde van de dijk dus toe. De kosten en baten dienen hierbij te worden afgewogen ten opzichte van de traditionele oplossing.

1.4 Vraagstelling

Welke combinatie van ecologische maatregelen en materialen leiden tot het optimale alternatief voor een Waddenzeedijk, waarbij bij gelijke waterveiligheid de kosten/baten verhouding verbetert t.o.v. een traditionele zeedijk?

2 AANPAK

In dit hoofdstuk is omschreven welke onderzoeksmethoden worden gebruikt en is toegelicht hoe deze methoden worden toegepast op de gestelde deelvragen.

2.1 Type onderzoek

Het type onderzoek dat zal worden toegepast is een praktijkgericht onderzoek. Aangezien dit type onderzoek een antwoord poogt te geven op een vraagstuk uit de praktijk, is de maatschappelijke relevantie hoog.

2.2 Methodiek

De basale methode voor het onderzoek is een triangulatie. Bij triangulatie is het de bedoeling om het onderzoeksonderwerp op verschillende manieren te onderzoeken. De onderzoeksmethoden die hiervoor gebruikt worden zijn literatuurstudie, deskresearch, casestudie en het raadplegen van experts.

2.1.1 Literatuuronderzoek

In een literatuuronderzoek wordt een studie uitgevoerd op basis van wetenschappelijke literatuur en vakliteratuur om de vraagstelling te beantwoorden.

Een literatuuronderzoek bestaat uit de volgende fases:

1. Voorbereiden
2. Literatuur verzamelen
3. Literatuur beoordelen en selecteren
4. Literatuur verwerken

Door deze methode toe te passen zal kennis worden vervaardigd welke kan worden geïmplementeerd in het afstudeeronderzoek. Door bijvoorbeeld doelgericht te zoeken naar literatuur betreffende abiotische factoren in de Waddenzee, wordt kennis opgedaan over o.a. het klimaat en de morfologie.

De volgende bronnen worden geraadpleegd binnen dit onderzoek:

- Technische rapporten.
- Afstudeerverslagen
- Artikelen uit vakbladen.
- Beleidsdocumenten.
- Papers.
- Eerdere onderzoeken van de POV.

2.1.2 Desk research

Deskresearch wordt gebruikt voor het verzamelen van feitelijke gegevens en bestaande onderzoeksdata ter beantwoording van de onderzoeksvragen. Binnen het concept Rijke Dijk zal dit data zoals klimaat-, golf- en ondergrondgegevens omvatten.

Door deze methode toe te passen wordt doelgericht gerekend met relevante data. Dit maakt het onderzoek betrouwbaarder.

2.1.3 Casestudie

Indien een onderzoek slechts bij een onderzoekseenheid gedaan is, is dit een casestudie. Bij het afstudeeronderzoek kan een casestudie een project betreffen waarin er een concept met succes getest is. Door deze concepten te bestuderen wordt nagegaan of deze geschikt zijn voor toepassing in de Waddenzee. Waarna deze geïmplementeerd kan worden in het onderzoek.

2.1.4 Raadplegen experts

Door experts uit de praktijk bij het onderzoek te betrekken, is het mogelijk om gericht te zoeken naar informatie en ideeën uit te wisselen. Daarnaast is het mogelijk om op de hoogte gebracht te worden

van de laatste ontwikkelingen binnen het onderzoeksonderwerp. Ook kan, bij het gereedmaken van een concept, de mening van een expert geraadpleegd worden.

2.3 Deelvragen

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn er een aantal deelvragen gedefinieerd. Elke deelvraag is een separaat hoofdstuk in de afstudeerscriptie. In de tabel hieronder worden de deelvragen en het bijbehorende hoofdstuk benoemd:

Deelvragen:	Onderzoeksmethode:			
	Litera- tuur	Desk- research	Expert	Case- studie
Hoofdstuk 2: De Waddenzee in Kaart Wat is de huidige waterveiligheidssituatie van het Waddenzeegebied met betrekking tot het ecosysteem en bijbehorend beheer en beleid?	X	X	X	
Hoofdstuk 3: Mogelijke ecologische aanpassingen Hoe verhouden ecologische materialen/maatregelen voor de Waddenzee, binnen de huidige regelgeving en met een toegevoegde waarde voor de waterveiligheid, zich t.o.v. traditionele materialen/maatregelen?	X	X	X	X
Hoofdstuk 4: Ontwerpalternatieven Welke combinaties van ecologische en/of traditionele maatregelen kunnen verwerkt worden tot alternatieven voor een traditionele zeedijk?	X	X	X	
Hoofdstuk 5: Afweging alternatieven Welk alternatief biedt de beste combinatie van ecologische waarde en de kosten/baten?		X	X	

Tabel 1 Overzicht deelvragen met de bijbehorende onderzoeksmethode.

3 RANDVOORWAARDEN EN BEPERKINGEN / AFBAKENING

Het concept Rijke Dijk bestaat uit de doelstellingen van het Deltaprogramma. Deze doelen worden gekenmerkt als de integratie van waterveiligheid met de functies natuur, recreatie en duurzame economische activiteiten.

Het afstudeerproject richt zich op de integratie tussen waterveiligheid en de functie natuur/ecologie. Dit laat de functies recreatie en duurzame economische activiteiten open voor vervolgstudies.

De eerste deelvraag bestaat uit de uitgangspunten voor de berekeningen in het latere stadium. Het ecosysteem bestaat uit biotische en abiotische factoren. Deze factoren zullen alleen indien relevant tot de waterveiligheid worden beschreven.

1. Voor de bodemgesteldheid wordt niet de gehele bodemgesteldheid van het gebied beschreven, maar alleen de bodemgesteldheid die van belang is voor de waterveiligheid. Dit betreft dus een beperkte diepte.
2. Voor de ecologie wordt niet elk soort beschreven. Alleen de soorten welke boven het maaiveld (in eb-situatie) leven zijn potentieel relevant voor de waterveiligheid.
3. Voor de morfologie wordt een algemene situatie geschetst voor de Waddenzee. Hiervoor worden de huidige suppletieprogramma's gebruikt. Ook de accretie- en erosiesnelheden in het Waddengebied zijn van belang voor de waterveiligheid.
4. Voor beheer en beleid is het van belang te kijken naar de wettelijke en beleidsmatige mogelijkheden om in het Waddengebied te bouwen aan waterveiligheid.
5. Voor de veranderingen van het ecosysteem wordt er gekeken naar de huidige bedreigingen en kansen van de veranderingen. In dit hoofdstuk wordt een inschatting gegeven voor de zeespiegelstijging volgens het Deltaprogramma en wordt de bodemdaling door gaswinning in kaart gebracht.
6. In het Hoogwaterbeschermingsprogramma wordt er gekeken naar de gevolgen van de veranderingen van het ecosysteem op de waterveiligheid. Het gevolg van deze vernieuwde

eisen is dat verschillende dijktrajecten afgekeurd zijn. Voor deze afgekeurde trajecten wordt er gekeken naar de mogelijkheden van 'Building with Nature' in de waterveiligheidsopgave.

4 EXTERNE AFHANKELIJKHEDEN

Externe afhankelijkheden bestaan voor het onderzoek vooral uit de beschikbaarheid van tijd die experts uit het vakgebied hebben.

5 RELATIES MET ANDERE ONDERZOEKEN/PROJECTEN

De POV W is onderverdeeld in verschillende innovaties. Deze de innovaties zijn onderverdeeld in zeven procesinnovaties, drie productinnovaties en twee innovaties in de hydraulische randvoorwaarden. De procesinnovaties bestaan uit:

- 1 **Rijke dijk**
Dit koppelpject bestaat uit het maken van een natuurlijkere overgang tussen de primaire kering en de zee. Rijke Dijk biedt mogelijkheden voor verbetering van het ecosysteem.
- 2 **Dubbele dijk**
Dit koppelpject bestaat uit een achterliggende dijk naast de primaire voorliggende dijk. Het gedeelte tussen deze dijken bestaat uit twee gedeeltes. Het eerste gedeelte zal gebruikt worden om sedimentatie plaats te laten vinden tussen de twee dijken in. De hierbij verkregen slib kan gebruikt worden voor de waterveiligheid of voor grondverbetering in de omgeving. Het andere gedeelte van de dubbele dijk zal worden gebruikt voor de zilte landbouw.
- 3 **Overslagbestendige dijk**
De overslagbestendige dijk is een dijk waarbij het toegestane overslagdebiet wordt verruimd. Hiervoor wordt de bekleding aan de binnenkant versterkt en eventueel verbreed. Het overslagdebiet wordt vooraf vastgesteld.
- 4 **Multifunctionele dijk**
Bij de multifunctionele dijk worden verschillende maatschappelijke functies gecombineerd met de primaire waterkerende functie. Dit kan bijvoorbeeld het opwekken van energie zijn, maar ook het gebruikmaken van de ruimte in een dijk.
- 5 **Geulmanagement**
Door middel van geulmanagement wordt er geanticipeerd op morfologische ontwikkelingen in de Waddenzee. Getijdegeulen kunnen zich verplaatsen richting land, waar ze schade kunnen aanrichten aan de dijken. In plaats van het gebruik van middelen als stortsteen en staalslakken, wordt er gebruikgemaakt van morfologisch baggeren en/of zandsuppleties.
- 6 **Brede Groene dijk**
De brede groene dijk is een dijk bestaande uit lokaal gewonnen klei uit de polder, kwelder of de zee.
- 7 **Dijk met voorland** Bij de dijk met voorland wordt een evaluatie gemaakt voor de waterkerende functie van kwelders.

6 PROJECTORGANISATIE

Tijdens het afstuderen wordt gewerkt in groepsverband. Hierbij is het belangrijk dat de werklust gelijkmatig verdeeld wordt. In de fasering (bijlage II) en de planning (bijlage III) wordt een gestructureerde fasering getoond. De gedachte hierachter is dat er aan één hoofdstuk tegelijk wordt geschreven. Door het toepassen van deze methode wordt getracht het proces beheerst en gecontroleerd te doorlopen. Beide studenten zullen tegelijk werken aan één hoofdstuk, hierbij zal het schrijven van de deelhoofdstukken worden verdeeld.

7 EINDPRODUCTEN

Het afstudeerproject valt binnen de POV Waddenzeedijken. Op dit moment wordt er bij alle mogelijke ecologische alternatieven gekeken of deze haalbaar zijn. Hier sluit de afstudeerscriptie dan ook goed op aan. Daarnaast is het voor de POV van toegevoegde waarde dat er een kostenanalyse gemaakt wordt voor de alternatieven. Het meest optimale resultaat uit de MCA kan daarnaast worden toegepast in een van de nog uit te voeren dijkverbeteringen langs de Waddenzeekust.

De producten die opgeleverd zullen worden zijn als volgt:

1. Inventarisatie van ecologische maatregelen/materialen die bijdragen aan de waterveiligheid.
2. Opstellen van drie ontwerpalternatieven bestaande uit ecologische en/of traditionele maatregelen/materialen.
3. Berekeningen m.b.t. faalmechanismen van de drie ontwerpalternatieven.
4. Kostenanalyse van elk ontwerpalternatief. Bestaande uit investeringskosten, aanlegkosten en beheer- en onderhoudskosten.
5. Per ontwerpalternatief een analyse van baten voortkomend uit de gecreëerde meerwaarde voor de ecologie.
6. Multicriteria-analyse van de ontwerpalternatieven. Hier wordt een score toegekend aan elk onderdeel van de ontwerpalternatieven en vervolgens gewogen. Hieruit volgt het meest optimale ontwerpalternatief.

8 COMPETENTIEONTWIKKELING

De afstudeerfase van de bacheloropleiding Civiele Techniek aan de Hanzehogeschool Groningen bedraagt in totaal 1 jaar. In dit jaar wordt de eis gesteld dat minimaal vijftig procent van de beroepscompetenties (6 competenties), en honderd procent van de algemene hbo competenties wordt behaald (7 competenties).

In de fase voorafgaand aan afstudeeronderzoek zijn diverse competenties op niveau 3 afgerond. In bijlage I is een overzicht toegevoegd van de reeds behaalde competenties. Hieruit kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Eis:	Voldoet aan de eis:	
>50% beroepscompetenties behaald	Paul	Marco
100% algemene hbo competenties behaald	----	Marco

Tabel 2 Eisen gesteld aan afstuderenden (Hanzehogeschool Groningen, 2016).

De beroepscompetenties die tijdens het afstuderen op niveau 3 behandeld worden zijn:

Competentie:	Competentietekst:	Te behalen door:
CIT02	Alternatieven en varianten opstellen.	Paul & Marco
CIT03	Alternatieven en varianten beoordelen en kiezen.	Paul & Marco

Tabel 3 Beroepscompetenties tijdens het afstuderen.

De algemene hbo-competenties die tijdens het afstuderen op niveau 3 behandeld worden zijn:

Competentie:	Competentietekst:	Te behalen door:
CIT13	Denken in modellen, systemen en processen.	Paul
CIT14	Proces beheersen en projectmatig werken.	Paul
CIT16	Communiceren (mondeling en schriftelijk).	Paul & Marco
CIT19	Zelfverantwoordelijk werken en leren.	Paul & Marco

Tabel 4 Algemene hbo-competenties tijdens het afstuderen.

9 PLANNING

Het schrijven van een scriptie is een proces waarbij diverse (onderzoeks)activiteiten worden toegepast. De scriptie is opgedeeld in zeven fases, elke fase wordt als deelproject beschouwd met zijn eigen taken en tijdspad. Hierdoor wordt het tijdspad dusdanig bewaakt, zodat de scriptie voor de definitieve deadline wordt ingediend. De Projectfasering is bijgevoegd in bijlage II.

Vanuit de fasering is een planning opgesteld. Deze dient als hulpmiddel om de voortgang van begin tot einde te bewaken. Bij het periodieke overleg met de docentbegeleider zal de planning worden uitgeprint en de voortgang worden besproken. De planning is bijgevoegd in bijlage III.

Deadlines

Vanuit de Hanzehogeschool zijn er een aantal indiendatumms aangeleverd aangaande het projectvoorstel, projectplan en de afstudeerscriptie. Daarnaast is er besloten om een conceptversie van de scriptie op 08-01-2018 in te dienen voor interne toetsing door Waterschap Noorderzijlvest.

Een overzicht van de deadlines staat weergegeven in tabel 5:

Document:	Deadline:	Deadline gesteld door:
Definitief Projectvoorstel	06-09-2017	Hanzehogeschool
Definitief Projectplan	22-09-2017	Hanzehogeschool
Conceptversie Afstudeerscriptie (interne check)	08-01-2018	Afstudeerders
Definitief Afstudeerscriptie	22-01-2018	Hanzehogeschool

Tabel 5 Deadlines afstuderen (Hanzehogeschool Groningen, 2016).

10 LITERATUUR

Deltares. (2016). Opgehaald van [deltares.nl](https://www.deltares.nl/nl/nieuws/nieuwe-kennis-uit-de-projectoverstijgende-verkenningen-optimaal-benutten/): <https://www.deltares.nl/nl/nieuws/nieuwe-kennis-uit-de-projectoverstijgende-verkenningen-optimaal-benutten/>

Feijen, E., & Trietsch, P. (2007). *Snel afstuderen*. Bussum: Uitgeverij Coutinho.

Hanzehogeschool Groningen. (2016). *Studiehandleiding afstuderen*. Groningen: Hanzehogeschool Groningen.

Innoveren met water. (2010). Opgehaald van <http://www.innoverenmetwater.nl/2396>

Bijlage I

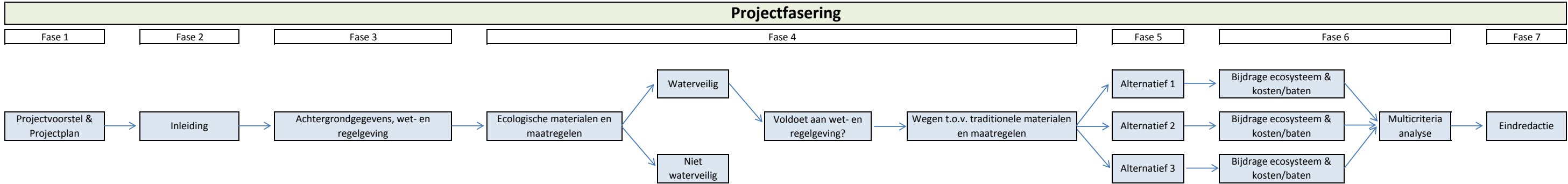
Competentieontwikkeling

Behaalde competenties in de 2e stage

	Competenties	Paul	Marco
Beroeps-competenties	CIT 01	0	3
	CIT 02	0	3
	CIT 03	0	3
	CIT 04	0	3
	CIT 05	3	3
	CIT 06	3	0
	CIT 07	3	0
	CIT 08	0	3
	CIT 09	3	3
	CIT 10	3	0
	CIT 11	3	0
	CIT 12	0	0
Algemene hbo competenties	CIT 13	2	3
	CIT 14	2	3
	CIT 15	3	3
	CIT 16	3	3
	CIT 17	2	3
	CIT 18	3	3
	CIT 19	2	3

Eisen Hanzehogeschool	Paul	Marco
Minimaal 50% beroepscompetenties behaald?	Ja	Ja
100% algemene hbo competenties behaald?	Nee	ja

Bijlage II



Bijlage III

Id	% voltooid	Taaknaam	Duur	Begindatum	Einddatum																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
						'17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

Project: Planning afstuderen V1
Datum: din 19-9-17

Taak

Splitsing

Mijlpaal

Samenvatting

Projectsamenvatting

Inactieve taken

Inactieve mijlpaal

Inactieve samenvatting

Handmatig taak

Alleen duur

Handmatige samenvatting

Handmatige samenvatting

Alleen begindatum

Alleen einddatum

Externe taken

Externe mijlpaal

Deadline

Voortgang

Voortgang, handmatig

Pagina 1

Bijlage II
De Waddenzee in
kaart

Bijlage II	De Waddenzee in kaart
Bijlage II-A	Historisch-geologische analyse
Bijlage II-B	Wetlandtypen
Bijlage II-C	Randvoorwaarden mosselbanken
Bijlage II-D	Analyse broed- en trekvogels
Bijlage II-E	Erosie en sedimentatie Waddenzee
Bijlage II-F	Hoogtekaart Waddenzeegebied
Bijlage II-G	Natuurbeleid en beheer in de Waddenzee



Bijlage II-A

Historisch-
geologische
analyse

Historisch-geologische analyse

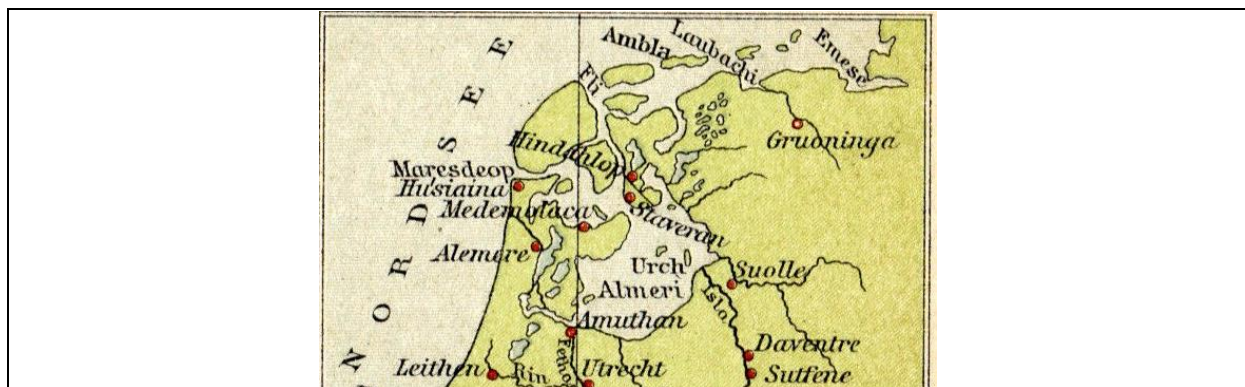
Ongeveer 8000 jaar v.Chr. eindigde de laatste ijstijd, het Weichselien. In deze periode lag er een landbrug tussen het Verenigd Koninkrijk en het gebied dat nu Nederland beslaat. In deze tijd stond de zeespiegel ongeveer 100 lager dan in de huidige situatie (Figuur 1).



Figuur 1 Landbrug tussen het Verenigd Koninkrijk en Nederland tussen 16.000, 8000 en 7.000 v.Chr. (National Geographic, 2015).

Na deze ijstijd is de zeespiegel vooral gaan stijgen. Zo zijn de Britse eilanden zo ongeveer 6.500 jaar v.Chr. losgeraakt van het Europese vasteland. Nadat de kust in deze periode steeds verder landinwaarts was verschoven, verschoof de kust zich weer in de richting van de Noordzee. Perioden van eeuwen waarin de kust zich terugtrok heten *regressie* en perioden waarin de kust landwaarts opschoof heten *transgressie*.

Tijdens de laatste regressiefase, tussen 3.000 en 1.000 v.Chr., ontstond er aan de Nederlandse kust een lange reeks van strandwallen. Door de werking van wind en vegetatie groeiden deze wallen zich uit tot duinen. Het slib dat door de rivieren en zeegaten werd aangevoerd bezonk achter deze duinen. Het gevolg hiervan was dat er in vochtige en brakke omstandigheden moerassen van laagveen ontstonden. In het hart van het land lag het Almere, een groot binnenmeer dat via stromen in contact stond met de zee en ten gevolge van zeespiegelstijging steeds groter werd.



Figuur 2 Het Almere rond 1000 n.Chr. (hier Almeri) (Almere zat vol paling en Friezen voor Middeleeuwse Warmteperiode er Zuiderzee van maakte, 2015)

Op de ontstane duinen en strandwallen begonnen zich in de zesde eeuw v. Chr. mensen te vestigen. Om het hoofd te bieden tegen overstromingen werden de van nature hoge delen van het landschap opgehoogd met klei, mest en ander materiaal. Het gevolg hiervan was dat ongeveer rond 300 v. Chr. de eerste terpen/wierden ontstonden in Friesland en Groningen, waarop hele dorpen werden gebouwd.

Een van eerste beschrijvingen van bewoning op terpen/wieren was van de Romein Plinius de Oudere. In het boek *Naturalis Historia* beschrijft hij het leefgebied en de leefomstandigheden van de Chauken, een volk dat leefde in het gebied dat nu Nederland bestrijkt.

“(…) wat is de natuur en karakteristieken van het leven van mensen die leven zonder bomen of struiken. We hebben inderdaad gezegd dat in het oosten, aan de kusten van de oceaan, een aantal rassen in zulke behoeftige condities verkeren; maar dit geldt ook voor de rassen van volkeren die de Grote en Kleine Ghaucen genoemd worden, die we gezien hebben in het noorden. Daar stort, twee

keer in elke periode van een dag en een nacht, de oceaan zich met een snel getij zich over een onmetelijke vlakte, daarbij de eeuwenoude strijd van de Nature verhullend of het gebied tot het land of de zee behoort. Daar bewoont dit arme ras opgehoogde stukken grond of platforms, die ze met de hand hebben aangelegd boven het niveau van het hoogst bekende getij. Levend in hutten gebouwd op de gekozen plekken, lijken zij op zeelieden in schepen als het water het omringende land bedekt, maar op schipbreukelingen als het getij zich heeft teruggetrokken, (...)"

- Plinius de Oudere in Naturalis Historia XVI (Botanica), 77-79 n.Chr.

Na de Romeinse tijd, ontstond er een lange periode van politieke instabiliteit en bevolkingskrimp (Barends, 1986). In deze periode woonden er steeds minder mensen in het kweldergebied. Pas nadat de bevolking in 800 n.Chr. weer begon te groeien, trok men weer naar deze vis- en grasrijke gebieden. In deze periode begon men ook dijkes aan te leggen om het gebied te beschermen tegen hoogwater. Rond de 12^e eeuw werden deze dijkes aaneengeregen tot een doorgaande zeedijk die het hele noordelijke kustgebied beschermde (Hecquebord & Hempenius, 1990). Door de toegenomen zeespiegel en door bodemdaling (vanwege de ontwatering van het achterliggende veengebied), werd het steeds lastiger het water te keren. Uiteindelijk brak dan ook de duinenrij tussen Huisduinen en Texel tijdens de Allerheiligenvloed van 1170. Via de ontstane opening werd het veen tussen Friesland en Noord-Holland weggeslagen. Het Almere kwam in verbinding met de Noordzee en veranderde in de Zuiderzee (LOLA landscape architects, 2015).



Figuur 3 Zuiderzee omstreeks 1590 (Wikipedia, sd)

Men had in de periode na het jaar 1500 geleerd om opslibbing vanuit zee door middel van een kadijk/zomerdijk in het buitendijks gebied te versnellen. Bij vloed overstroomde het gebied achter de dijk, maar omdat het water langzamer wegvloede, werd er meer slib afgezet. Op het moment dat het land hoog genoeg was, werd het gebied ingepolderd. Aangezien er in de Dollardboezem spontane opslibbing plaatsvond, werd de zeearm polder voor polder op de zee veroverd (LOLA landscape architects, 2015).

In het Zuiderzeegebied werden de dijken versterkt met ter plaatste aanwezige materiaal. Dit zeegras (wieren genoemd) werden achter een paalconstructie voor de dijk geplaatst. Door de massa van het wier zelf en het broeiproces wat er binnenin ontstond, een vaste massa met een laagsgewijze structuur. De wierdijk kon lange tijd veerkrachtig weerstand bieden tegen golfaanvallen (LOLA landscape architects, 2015).



Figuur 4 Wierdijk op het eiland Wieringen (Wieringernieuws, sd)

Veel van de aangelegde dijken langs de Waddenkust van Friesland en Groningen bestonden uit paaldijken. Toen rond 1730 de paalworm werd ontdekt, bleken ook veel van deze dijken aangetast. Deze dijken moesten dan ook snel worden versterkt met zware stenen uit Noorwegen en uit de hunebedden van Drenthe om de veiligheid tegen overstromingen te garanderen. Een van de gevolgen van deze aanpassing was dat er meer gebruik werd gemaakt van een flauwer talud (*LOLA landscape architects, 2015*).

De industrialisatie had er rond 1900 voor gezorgd dat materialen als betonblokken massaal konden worden geproduceerd. Samen met de toegenomen kennis betekende dit dat er grootschalig ingegrepen kon worden in het waterstelsel. Dit leidde, na de stormvloed van 1916, tot het afsluiten van de Zuiderzee in 1932 (*LOLA landscape architects, 2015*).

Nederland was echter nog niet veilig na deze ingreep. Dit bleek tijdens een zeldzame combinatie van springtij, noord-noordwesterstorm en hoogwater in de rivieren; de Watersnoodramp van 1953. Deze ramp luidde het begin in van het Deltaplan. Het Deltaplan was een reeks van nieuwe waterstaatkundige werken, waardoor eenzelfde ramp in de toekomst niet meer voor zou kunnen komen. Het plan leidde vervolgens tot de Deltawet van 1958, waarin de wet voorschreef aan welke eisen de zee- en rivierdijken moesten voldoen (*LOLA landscape architects, 2015*). Een belangrijk gevolg voor het Waddenzeegebied, was het afdammen van de Lauwerszee tussen Friesland en Groningen in 1969 tot het Lauwersmeer.



Figuur 5 R.J. Cleveringsluizen tussen het Lauwersmeer en de Waddenzee (Eigen foto)

Ondertussen werd er langs de Waddenzeekust rond de periode 1930-1960 een systeem van rijshoutdammen met greppels aangelegd. Hiervoor werd gebruikgemaakt van de vele werklozen in de jaren '30. De arbeiders heiden een dubbele palenrij in het slik en brachten vervolgens het rijshout ertussen aan. Het slibrijke water kon zo bij vloed over de dammen heen, waar het slib kon bezinken. Op het moment dat het weer eb werd, bleef deze slib achter in het nieuwe gebied. Door dit proces, in combinatie met verschillende stadia van ecologische successie, ontstond er een nieuwe kwelder (Waddenvereniging, 2015).



Figuur 6 Rijshoutdammen lang de kust bij Holwerd (Eigen foto's)

Aan het eind van de 20^e eeuw is er besloten te stoppen met landaanwinning. De gedachte hierachter was dat de kwelder zeldzaam zijn en een essentieel onderdeel van een ecologisch gezonde Waddenzee (Waddenvereniging, 2015).

Ondanks dat al deze aanpassingen van de afgelopen eeuwen grote gevolgen hadden voor het ecosysteem van het Waddengebied, is het gebied nog steeds een van de meest dynamische gebieden in ons land. In de Waddenzee zorgen natuurlijke processen nog steeds voor de instandhouding van bijzondere habitattypen en soorten.



Bijlage II-B

Wetlandtypen

Soorten wetlands

Type Wetland	Kenmerkende eigenschappen
Permanent ondiep zeewater	- Minder dan zes meter diep bij laagtij. - Grenst nagenoeg altijd aan een estuarium. - Zeebodem wordt vaak bedekt door zeegras.
Estuaria	- Variërende zoutgehaltes die worden veroorzaakt door het samenkomen van zoet binnenwater en zout zeewater. - Overgangszone tussen rivier en zee.
Intergetijdengebied met modder, zand of zoutplaten	- Dient als rust- en foerageergebied voor diverse vogelsoorten. - Zeer belangrijk voor lokale ecologische waarde. - Kritieke habitat voor bodemorganismen van zoete en zoute wateren en (migrerende) kustvogels.
Kwelder	- Een natuurlijke kwelder heeft een variërend zoutgehalte welke wordt veroorzaakt door het samenkomen van zoet binnenwater en zout zeewater. - Toon sterke zonering. (hoge kwelder, midden kwelder en pionierszone)
Bebost wetland	- Bestaat vaak uit mangrove moerassen. - Komt voor in de intertidale zone en estuaria in tropische en subtropische gebieden. - Aangepast aan brak water. - Beschermende aangrenzende ecosystemen tegen erosie.

Tabel 1 Beschrijving van verschillende soorten wetlands.



Bijlage II-C

Randvoorwaarden mosselbanken

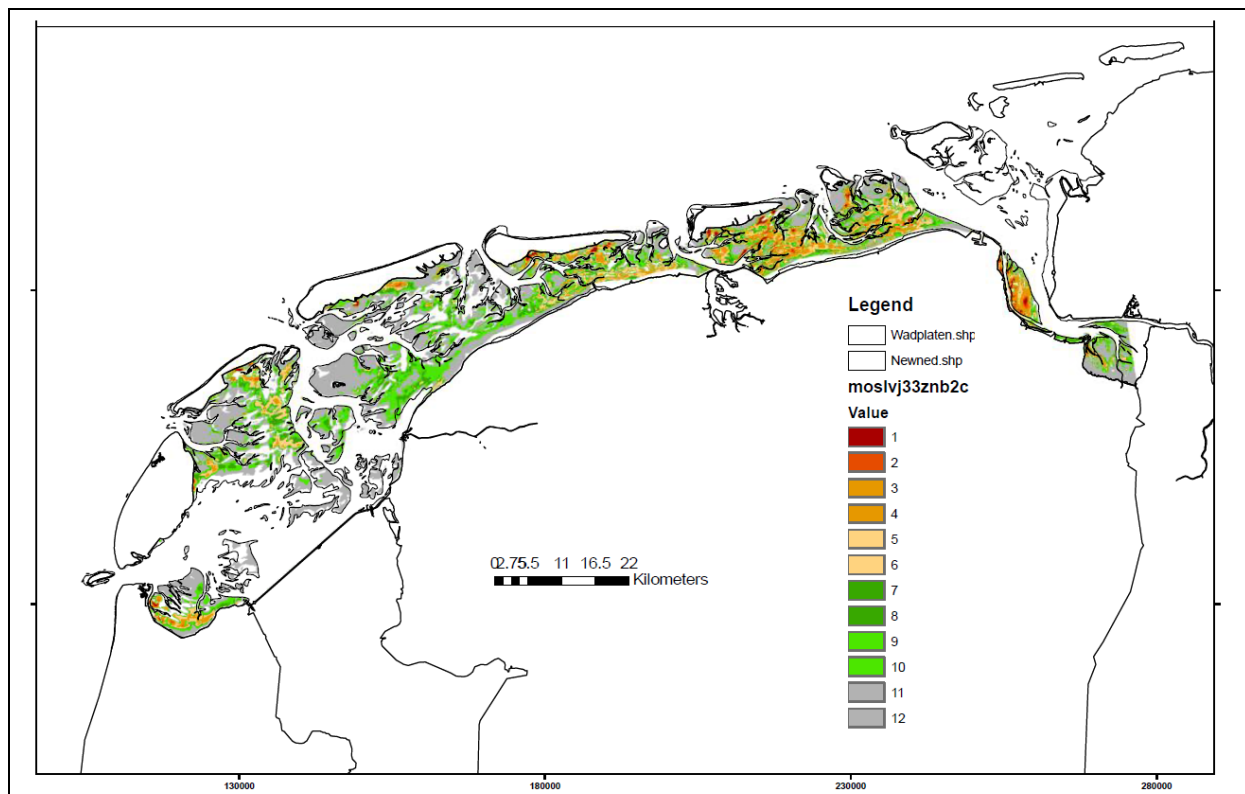
Randvoorwaarden mosselbanken

Randvoorwaarden voor ontstaan (broedval) in de Waddenzee

- Voldoende productie van larven in goede conditie
- Niet te veel planktoneters
- Goede waterkwaliteit
- Juiste stroomrichting
- Geschikte vestigingsplaats

Randvoorwaarden voor overleving in de Waddenzee

- Juiste beschutting
- Milde winters (vooral oesters)
- Geschikte stroomsnelheid
- Beperkte droogvalduur
- Geringe afstand tot de geul
- Lage sedimentatie (vooral voor oesters)
- Voldoende draagkracht
- Geringe predatie of parasitisme



Figuur 1 Mosselhabitatgeschiktheidskaart voor litorale mosselbanken (Brinkman 2014, in voorber.). Weergegeven is een rangorde van geschiktheid (klasse 1 → 12). Die gebieden die het meest geschikt zijn volgens de berekeningen, zijn dieprood aangegeven (klasse 1, het betreft 1 % van alle gebieden), en die gebieden waar de kansen het laagst zijn, met grijs (klasse 11 en 12, samen 50 % van alle gebieden).



Bijlage II-D

Analyse broed- en trekvogels

Bedreigde broedvogels

<i>Duikeenden</i>				
Vogelnaam / habitataanduiding	Primaire voedselbron	Knelpunten	Oplossingsrichtingen	Huidige aantallen 2009 t/m 2013 (broedparen)
A063 Eider	Sublitorale (jonge) mosselen	Onvoldoende voedsel beschikbaarheid, klimaatverandering	Herstel voedselbeschikbaarheid (mosselbanken, kokkels)	3228

<i>Steltlopers</i>				
Vogelnaam / habitataanduiding	Primaire voedselbron	Knelpunten	Oplossingsrichtingen	Huidige aantallen 2009 t/m 2013 (broedparen)
A132 Kluut	(kleine) Kreeftachtigen, schelpdieren, insecten, wormen, kleine ongewervelden	Predatie, suboptimaal broed- en foerageergebied door verruiging van kwelders	Terugdringen verruiging, beschermen nesten tegen predatie (vos), verstoring en vertrapping	1257
A137 Bontbekplevier	(kleine) Kreeftachtigen, schelpdieren, insecten, wormen, kleine ongewervelden	Onvoldoende rustig broedgebied, onvoldoende natuurlijke dynamiek in leefgebied (verruiging)	Terugdringen verruiging, beschermen nesten tegen predatie (vos), verstoring en vertrapping, door toezicht tegengaan verstoring broedvogels	46
A138 Strandplevier	(kleine) Kreeftachtigen, schelpdieren, insecten, wormen, kleine ongewervelden	Onvoldoende rustig broedgebied, onvoldoende natuurlijke dynamiek in leefgebied (verruiging)	Afbakenen nesten, door toezicht tegengaan verstoring broedvogels en potentiële broedlocaties, bescherming nesten tegen predatie (vos)	10

<i>Sterns</i>				
Vogelnaam / habitataanduiding	Primaire voedselbron	Knelpunten	Oplossingsrichtingen	Huidige aantallen 2009 t/m 2013 (broedparen)
A191 Grote Stern	Kleine rondvis, kleine kreeftachtigen	Mogelijk onvoldoende voedselbeschikbaarheid, verruiging leefgebied (broedlocatie) predatie door zilvermeeuwen	Verkenning voedselbeschikbaarheid, handhaven veiligheid en rust potentiële en bestaande broedlocaties. Verbeteren foerageergebied Noordzeekustzone	8268
A193 Visdief	Kleine rondvis, kleine kreeftachtigen	Predatie door vos, mogelijk onvoldoende voedselbeschikbaarheid, onvoldoende natuurlijke dynamiek in leefgebied (verruiging), overstroming broedplaatsen	Verkenning voedselbeschikbaarheid (onderzoek) aanleg broedlocaties, handhaven / verbeteren geschiktheid en rust potentiële en bestaande broedlocaties	2202
A194 Noordse Stern	Kleine rondvis, kleine kreeftachtigen	Predatie door vos, mogelijk onvoldoende voedselbeschikbaarheid, onvoldoende natuurlijke dynamiek in leefgebied (verruiging), overstroming broedplaatsen	Verkenning voedselbeschikbaarheid (onderzoek) aanleg broedlocaties, handhaven / verbeteren geschiktheid en rust potentiële en bestaande broedlocaties	834
A195 Dwergstern	Kleine rondvis, kleine kreeftachtigen	Onvoldoende rustig broedgebied, onvoldoende natuurlijke dynamiek in leefgebied (verruiging)	Afbakenen kolonieplekken, door toezicht verstoring tegengaan, verstoring broedvogels en potentiële broedlocaties	117

<i>Roofvogels</i>				
Vogelnaam / habitataanduiding	Primaire voedselbron	Knelpunten	Oplossingsrichtingen	Huidige aantallen 2009 t/m 2013 (broedparen)
A082 Blauwe kiekendief	(jonge) vogels, hazen, konijnen en muizen	Suboptimaal foerageergebied door verruiging kwelders en duinen-eilanden	Tegengaan verruiging /bevorderen openheid duingebied d.m.v. meer natuurlijke dynamiek	0

Bedreigde trekvogels

<i>Duikende viseters</i>				
Vogelnaam / habitataanduiding	Primaire voedselbron	Knelpunten	Oplossingsrichtingen	Huidige aantallen 2009 t/m 2013 (broedparen)
A017 Aalschover	Kleine vis	Onduidelijke factoren, suboptimale voedselbeschikbaarheid (vis), onvoldoende rust is aandachtspunt	Verbeteren van de voedselbeschikbaarheid, bescherming van broedcolonies en rustplaatsen	2749

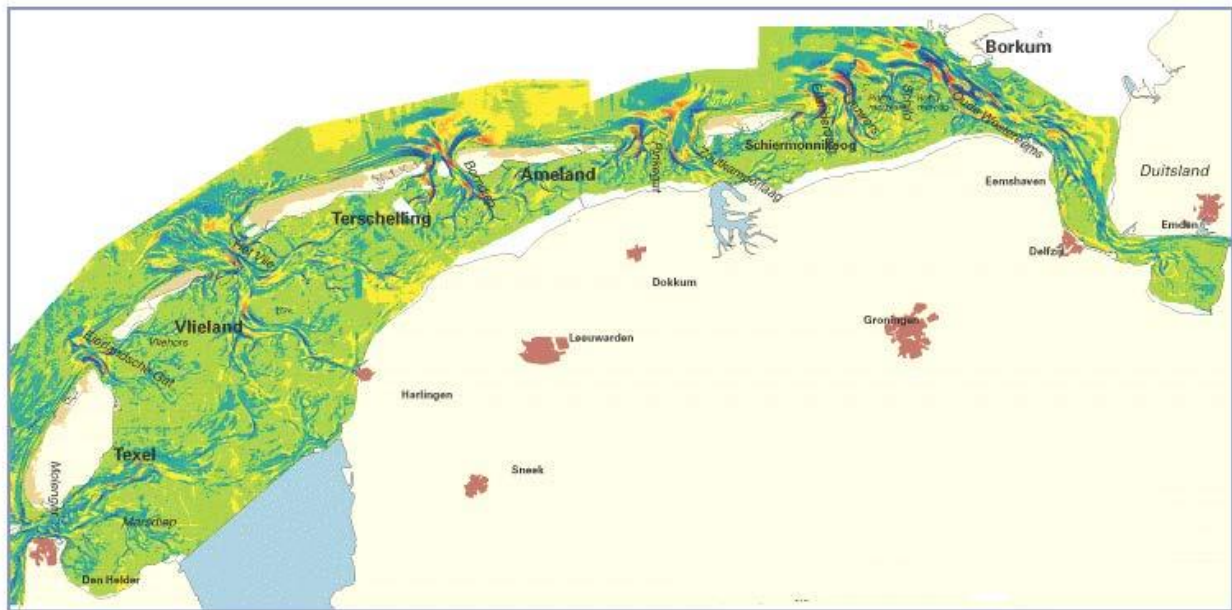
<i>Duikeenden</i>				
Vogelnaam / habitataanduiding	Primaire voedselbron	Knelpunten	Oplossingsrichtingen	Huidige aantallen 2009 t/m 2013 (broedparen)
A063 Eider	Sublitorale (jonge) mosselen	Onvoldoende voedsel beschikbaarheid, klimaatverandering, de- eutrofiëring	Verbeteren van voedselbeschikbaarheid door verduurzamen/beperken visserij, beperken verstoringen door visserij	55209
A070 Grote zaagbek	Kleine vis	Onduidelijke factoren, suboptimale voedselbeschikbaarheid (vis), onvoldoende rust is aandachtspunt	Verbeteren van voedselbeschikbaarheid door verduurzamen/beperken visserij	51

<i>Steltlopers</i>				
Vogelnaam / habitataanduiding	Primaire voedselbron	Knelpunten	Oplossingsrichtingen	Huidige aantallen 2009 t/m 2013 (broedparen)
A130 Scholekster	Kokkels, mosselen, wadpieren en zeeduizendpoten	Suboptimale voedselbeschikbaarheid,(sch elpdieren), slechte broedresultaten binnendijkse agrarishe graslanden, onduidelijke factoren	Herstel kokkelbanken en sublitorale mosselbanken	93625
A140 Goudplevier		Suboptimaal leefgebied, (verruiging kwelders en ecologische verarming binnendijkse agrarische graslanden), jacht in buitenland	Tegengaan verruiging vastelandskwelders	15165

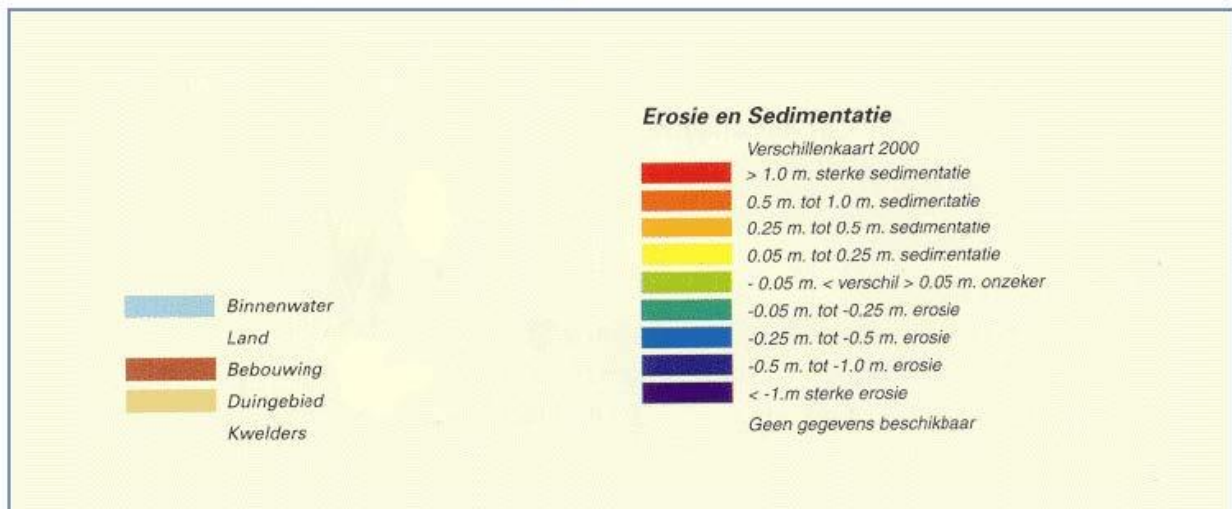
Bijlage II-E

Erosie- en
sedimentatiekaart
Waddenzee

Erosie en sedimentatie in de Waddenzee



Legenda:

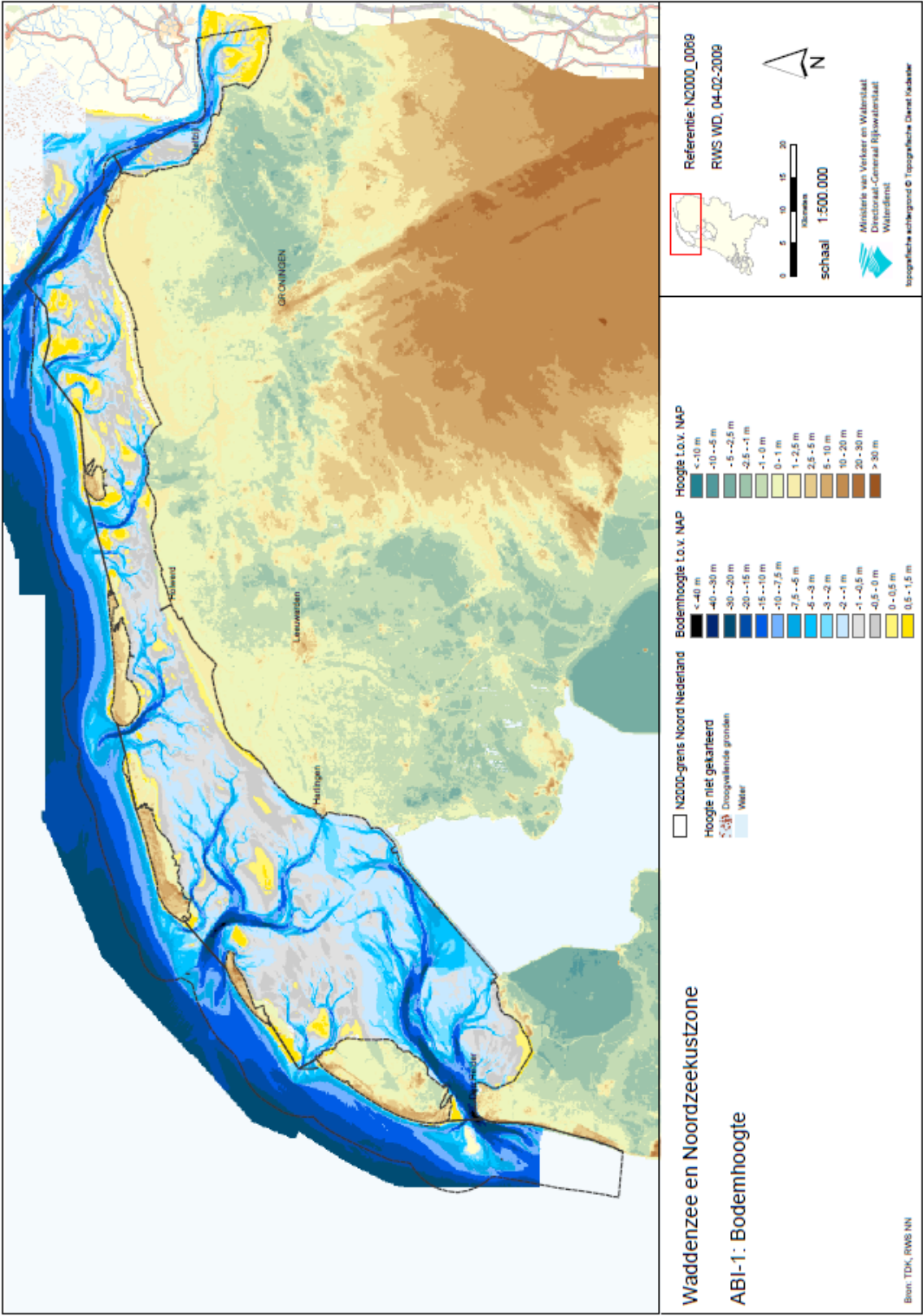


Figuur 1 Erosie en Sedimentatie in de Waddenzee (de Groot, et al., 2014)

Bijlage II-F

Hoogtekaart
Waddenzeegebied

Dieptekaart Waddenzee



Figuur 1 Begrenzing en diepte van Natura 2000-gebied Waddenzee



Bijlage II-G

Natuurbeleid en
beheer in de
Waddenzee

Natuurbeleid en beheer in de Waddenzee

Natuurbeleid en beheer in de Waddenzee		
Combinatie	Wet	Regelgeving
Internationale natuurbeschermingsverdragen		
Verdrag van Parijs (1950) (UNEP, 1950)	Het Verdrag van Parijs is het eerste verdrag waarin de lidstaten erkennen dat bescherming van bedreigde wilde vogels een internationale verantwoordelijkheid is, van belang voor de wetenschap, de bescherming van de natuur en de economie.	Het verdrag is ruim geformuleerd, bevat geen bepalingen met rechtstreekse werking en speelt dan ook in de jurisprudentie en de praktijk van de natuurbescherming geen rol. <i>Wetgeving: geen</i>
Ramsar (1971 in Nederland in 1980 geratificeerd) (Ramsar convention on wetlands, 1971)	Wetlands worden geacht een belangrijke rol te spelen bij het behoud van biodiversiteit en bij het welzijn van de samenleving (dragen naast ecologische waarden, ook bij aan recreatieve, waterveiligheid, economische en sociale waarden). Daar waar medegebruik van wetlands aan de orde is, wordt duurzaam gebruik gestimuleerd	De feitelijke bescherming die het verdrag biedt is heel beperkt: het verdrag schept vooral de morele verplichting watervogels (met name trekvogels) te beschermen en bij wet- en regelgeving rekening te houden met deze gebieden. Daarnaast dienen lidstaten verplicht wetlands van internationale betekenis aan te wijzen als beschermd gebied. <i>Wetgeving: beperkt</i>
Verdrag van Bern (1979) (Raad van Europa, 1979)	Initiatief van de Raad van Europa en onderdeel van de Europese wetgeving. Het verdrag heeft tot doel de instandhouding van de in het wild voorkomende dier- en plantensoorten en hun natuurlijke leefmilieus in Europa, met name als voor de instandhouding van die soorten internationale samenwerking noodzakelijk is.	Het verdrag heeft slechts morele waarde aangezien er geen sancties zijn gesteld in geval een verdragsland zijn verplichtingen negeert. Op dit moment is het verdrag onderdeel van Europese wetgeving omvattende de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn. <i>Wetgeving: beperkt</i>
Verdrag van Bonn 'Inzake bescherming van trekkende wilde diersoorten' (1979) (UNEP, 1979)	Het verdrag, tot stand gekomen in het kader van het United Nations Environment Programme (UNEP), is gericht op de bescherming van wilde diersoorten die trekken over de grenzen van staten, waaronder trekkende diersoorten in en op zee. <i>Het verdrag roept partijen op om samenwerkings-overeenkomsten te sluiten. Dit zijn de volgende:</i> <i>-Overeenkomst inzake de bescherming van Afrikaans-Euraziatische trekkende watervogels.</i> <i>-Overeenkomst inzake de instandhouding van kleine walvisachtigen in de Oostzee en de Noordzee.</i>	Het verdrag verplicht de lidstaten maatregelen te nemen om met uitsterven bedreigde trekkende diersoorten (opgenomen in bijlage 1 bij het verdrag) en hun leefgebied te beschermen (en zo nodig te herstellen) en activiteiten of hindernissen die de trek van deze soorten ernstig belemmeren of onmogelijk maken weg te nemen of te verkleinen, 'voor zo ver dit mogelijk en passend is' (art. III, lid 4 onder c). Deze formulering maakt het mogelijk dat lidstaten economische activiteiten uitvoeren, zelfs als dat ten koste gaat van de bescherming van deze diersoorten. Het verdrag bevat geen juridisch afdwingbare verplichtingen en speelt in de jurisprudentie geen rol van betekenis. De aangegane verplichtingen dragen slechts een moreel karakter.

	- <i>Overeenkomst inzake de bescherming van zeehonden in de Waddenzee.</i>	Op dit moment is het verdrag onderdeel van Europese wetgeving omvattende de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn. <i>Wetgeving: beperkt</i>
<i>Overeenkomst inzake de bescherming van Afrikaans-Euraziatische trekkende watervogels.</i>	Deze overeenkomst heeft als doel de bescherming van watervogels die ten minste een deel van het jaar zijn aangewezen op wetlands.	Zie: Verdrag van Bonn 'Inzake bescherming van trekkende wilde diersoorten (1979)
<i>Overeenkomst inzake de instandhouding van kleine walvisachtigen in de Oostzee en de Noordzee.</i>	Hoewel dit verdrag ook van toepassing is in de Waddenzee, is de praktische betekenis gering. De Nederlandse Waddenzee speelt als leefgebied voor walvisachtigen geen rol.	Zie: Verdrag van Bonn 'Inzake bescherming van trekkende wilde diersoorten (1979)
<i>Overeenkomst inzake de bescherming van zeehonden in de Waddenzee (1988).</i>	Het doel van de overeenkomst is de bescherming van de gewone zeehond (<i>Phoca vitulina</i>) in de Waddenzee (trilaterale overeenkomst).	Zie: Verdrag van Bonn 'Inzake bescherming van trekkende wilde diersoorten (1979)
OSPAR-verdrag, bijlage V (1998) (OSPAR Convention, 1992)	Bijlage V van het OSPAR-verdrag is gericht op de bescherming en het behoud van ecosystemen en biodiversiteit.	Hierin zijn geen directe beschermingsmaatregelen genomen maar van de partijen wordt wel verlangd dat zij (in samenwerking) strategieën, plannen en programma's ontwikkelen en 'noodzakelijke maatregelen' nemen om de ecosystemen en biodiversiteit in de regio te beschermen en aangetaste gebieden, 'waar haalbaar', te herstellen. Besluiten binnen OSPAR zijn in principe bindend, maar het verdrag speelt in de jurisprudentie geen actieve rol. <i>Wetgeving: geen</i>
Biodiversiteitsverdrag (CBD) (1992) (UNCED, 1992)	De doelstellingen van dit verdrag zijn het behoud van de biologische diversiteit (ook in zee), het duurzame gebruik van bestanddelen daarvan en de eerlijke en billijke verdeling van de voordelen voortvloeiende uit het gebruik van genetische rijkdommen, met inbegrip van passende toegang tot genetische rijkdommen en passende overdracht van de desbetreffende technologieën, rekening houdend met alle rechten met betrekking tot die rijkdommen en technologieën, en door middel van passende financiering.	Nederland moet het verdrag vertalen in nationale wet- en regelgeving en beleid. Gezien de nogal algemene en vrijblijvende formulering van het verdrag (veel bepalingen beginnen met 'voor zover mogelijk en passend') is hieraan al snel voldaan. Het verdrag heeft geen rechtstreekse werking. <i>Wetgeving: beperkt</i>
Werelderfgoed Verdrag (1972) (UNESCO, 1972)	Overeenkomst inzake de bescherming van het cultureel en natuurlijk erfgoed van de wereld. Het verdrag is een	Lidstaten verplichten zich het op de lijst opgenomen erfgoed zo goed mogelijk te beschermen en de bevolking te informeren over de waarde van het

	erkenning van de uitzonderlijke internationale waarde van de Waddenzee. erfgoed. Het verdrag legt echter vrijwel geen bindende verplichtingen op en speelt in de natuurbescherming hooguit een symbolische rol. <i>Wetgeving: geen</i>
EU	
Natura 2000 met SBZ (Speciale Beschermingszone)	Vogelrichtlijn (Vrl) (1979) (Raad van de Europese Gemeenschappen, 1979) De Vrl streeft naar het instandhouden van alle natuurlijk in het wild levende vogelsoorten in de EU. Regelgeving Art. 5 Vrl verplicht de staten een algemene regeling in te voeren voor de bescherming van alle natuurlijk in het wild levende vogelsoorten op het grondgebied van de EU. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen al dan niet zeldzame soorten. De lidstaten moeten verbieden de vogels opzettelijk te doden, te vangen, hun nesten en eieren te vernielen, in de natuur eieren van deze vogels te rapen, enz. Zowel de Vrl als de Hrl (art. 3 lid 2) verplichten de lidstaten beschermde gebieden aan te wijzen. De Vrl maakt daarbij onderscheid tussen het instellen van beschermingszones ten behoeve van alle natuurlijk in het wild levende vogelsoorten (art. 3 lid 2 onder a Vrl; niet afdwingbaar) en het aanwijzen van speciale beschermingszones (SBZs) ten behoeve van de in bijlage I genoemde soorten en trekvogels (art. 4 lid 1 en 2 Vrl) (met name trekkende watervogels waarvan 1% of meer van de totale populatie regelmatig in het betreffende gebied verblijft). Het aanwijzen van SBZs, zowel op grond van de Vrl als de Hrl, een communautaire verplichting en kan door de EU worden afgedwongen. Daarnaast zijn de lidstaten verplicht alle nodige maatregelen te nemen om voor alle natuurlijk in het wild levende vogelsoorten in de EU een voldoende gevarieerd leefgebied van voldoende omvang te beschermen, in stand te houden of te herstellen (art. 2 en 3 Vrl). Hiervoor kunnen beschermde gebieden worden ingesteld, maar dit doel mag ook met andere maatregelen gerealiseerd worden. Loopt een soort te sterk in aantal terug, dan is de lidstaat verplicht om maatregelen te nemen. <i>Wetgeving: bindend</i>
	Habitatrichtlijn (Hrl) (1992) (Raad van de Europese Gemeenschappen, 1992) De Hrl wil de biologische diversiteit instandhouden (en zo nodig herstellen) door het beschermen van natuurlijke habitats en wilde flora en fauna Regelgeving De gebiedsbescherming van reeds aangewezen SBZs is geregeld in art. 6 Hrl. Op grond van lid 1 moet Nederland (zo nodig) een beheerplan voor de SBZ Waddenzee maken. In zo'n beheerplan worden de maatregelen opgenomen die, uit ecologisch oogpunt, noodzakelijk zijn voor de instandhouding van de typen natuurlijke habitats van bijlage I en de soorten van bijlage II die in het gebied voorkomen. Daarnaast moeten deze habitats en soorten met wettelijke, bestuursrechtelijke of privaatrechtelijke middelen beschermd worden. Volgens lid 2 moeten passende maatregelen getroffen worden om er voor te zorgen dat de ecologische kwaliteit van het gebied niet verslechtert en de soorten waarvoor het gebied is aangewezen als SBZ niet zodanig verstoord worden dat dit een significant effect zou kunnen hebben. Projecten Wil men een plan of project uitvoeren dat niet nodig is voor het beheer van

	het gebied (dus niet in het beheerplan staat), dan moet er eerst gekeken worden of dit plan of project mogelijk zelf of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen voor het gebied kan hebben. Zijn dergelijke gevolgen uitgesloten, dan kan het plan of project zonder meer worden toegestaan. Kunnen significante gevolgen niet worden uitgesloten, dan is nader onderzoek nodig: er moet een passende beoordeling gemaakt worden van de gevolgen voor het gebied. Bij die passende beoordeling wordt rekening gehouden met de instandhoudingsdoelstellingen van dat gebied. De bevoegde nationale instanties mogen alleen toestemming geven voor dat plan of project 'nadat zij de zekerheid hebben verkregen dat het de natuurlijke kenmerken van het betrokken gebied niet zal aantasten' (lid 3). Als die zekerheid niet wordt verkregen, dan kan het plan of project niet doorgaan. Tenzij (lid 4) er geen alternatieve oplossingen zijn en het plan of project om dwingende redenen van groot openbaar belang toch moet worden uitgevoerd. Het kan daarbij ook gaan om redenen van sociale of economische aard. Dan moeten wel alle nodige compenserende maatregelen worden genomen om te zorgen dat het ecologisch netwerk Natura 2000 in stand blijft. Maar als het gaat om een gebied 'met een prioritair type natuurlijke habitat en/of een prioritaire soort', dan kunnen alleen dwingende redenen van groot openbaar belang worden gebruikt 'die verband houden met de menselijke gezondheid, de openbare veiligheid of met voor het milieu wezenlijke gunstige effecten'. Na advies van de EC mogen ook andere dwingende redenen van groot openbaar belang worden aangevoerd om uitvoering van het project te rechtvaardigen. Inmiddels blijkt dat de EC ook economische redenen accepteert. Het advies van de EC is niet juridisch bindend, maar als een land besluit het advies naast zich neer te leggen kan de EC wel juridische stappen ondernemen. <i>Wetgeving: bindend</i> M.e.r.-richtlijn (2014) (Raad van de Europese Gemeenschappen, 1992) Een milieueffectrapportage (m.e.r.) brengt de milieugevolgen van een project in beeld voordat er een besluit over wordt genomen. Zo kan de overheid die het besluit neemt de milieugevolgen bij haar afwegingen betrekken. Het plan kaders stelt voor activiteiten in het projectgebied waarvoor volgens de Wet milieubeheer een project-m.e.r. of een m.e.r.-beoordeling verplicht is, of als de ontwikkelingen binnen het project mogelijk tot significante gevolgen leiden voor Natura 2000-gebieden waardoor een Passende beoordeling nodig is. <i>Wetgeving: bindend</i> SMB-richtlijn (2004) (Raad van de Europese Gemeenschappen, 1992) De Strategische milieubeoordeling (SMB) is de beoordeling van bepaalde plannen op hun gevolgen voor het milieu. Hierbij gaat het om plannen die (uiteindelijk) kunnen leiden tot concrete projecten of activiteiten met mogelijk nadelige gevolgen voor het milieu. Door die milieueffecten al tijdens de voorbereiding van de plannen in beeld te brengen, krijgt het milieu bij de besluitvorming een volwaardige plaats en wordt een duurzame ontwikkeling bevorderd. Het SMB (Nederlands: planMER) moet de volgende inhoudelijke elementen bevatten: 1. Inhoud en doelstellingen van het plan en de mogelijke relatie met andere plannen. 2. Bestaande toestand van het milieu en de verwachte ontwikkelingen zonder uitvoering van het plan.
--	--

	3. Relevante beleidsdoelstellingen en de manier waarop het plan hiermee rekening houdt. 4. Mogelijk belangrijke nadelige milieugevolgen van het plan én van redelijke alternatieven. 5. Mogelijke gevolgen van het plan voor Vogelrichtlijn en/of Habitatrichtlijn-gebieden. 6. Mogelijke maatregelen om eventuele belangrijke nadelige milieugevolgen te voorkomen, te beperken of ongedaan te maken. 7. Een overzicht van de leemten in kennis of informatie. 8. De voorgenomen maatregelen voor monitoring. 9. Een voor een publiek begrijpelijke samenvatting. <i>Wetgeving: bindend</i>	
Kaderrichtlijn Water (2000) (Europees Parlement en de Raad, 2000)		•Herstel van zeegrasvelden en mosselbanken. •Herstel van zoet-zout overgangen. •Aanleg en verbeteren van vispassages voor zeeprik, rivierprik en fint. •Het inzetten op duurzaam toerisme en de beleving van natuur en landschap. •Een optimale waterkwaliteit. •Het duurzaam in stand houden van habitats voor onder meer vissen. •Vrije migratie van vissen tussen de Waddenzee en het zoete binnenwater.
Trilaterale Waddenzee Plan (TWP)		
<i>Overeenkomst inzake de bescherming van zeehonden in de Waddenzee (1988).</i> (UNEP, 1990)	Het doel van de overeenkomst is de bescherming van de gewone zeehond (<i>Phoca vitulina</i>) in de Waddenzee (trilaterale overeenkomst). Sinds 1994 is deze overeenkomst uitgebreid met de grijze zeehond.	<i>Zie: Verdrag van Bonn 'Inzake bescherming van trekkende wilde diersoorten (1979)</i>
6 ^e conferentie in Esbjerg (1991) (Trilaterale conferentie, 1991)	Het trilaterale beleid moest worden gericht op integratie van natuurbeschermingsbelangen en menselijke activiteiten in de breedste zin van het woord.	<i>Wetgeving: geen</i>
Nederland		
Wet natuurbescherming (vervanging van de Natuurbeschermingswet, Flora- en faunawet en de Boswet) (2017)		In de wet natuurbescherming zijn Europese wet- en regelgeving geïmplementeerd, zoals de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn. Het verschil met de vorige wetten is dat bij de financiering van natuurbeheer, decentrale overheden nu zelf verantwoordelijk zijn voor toepassing van de staatssteun- en aanbestedingsregels. <i>Wetgeving: bindend</i>
PKB "derde Nota Waddenzee" (2006) (Ministerie van VROM, 2006). Onderdeel van de Wet op de Ruimtelijke		Hierin is als hoofddoelstelling vastgelegd de duurzame bescherming en ontwikkeling van de Waddenzee als natuurgebied en het behoud van het unieke open landschap. Daarbij wordt de veiligheid van de bewoners gewaarborgd door een goede verdediging tegen de zee

Ordering (WRO)		en wordt ook de bereikbaarheid van de havens en de eilanden gewaarborgd. <i>Wetgeving: bindend</i>
Nationaal Natuurnetwerk (voorheen Ecologische Hoofdstructuur)		Verbinden en afronden van natuurgebieden. <i>Wetgeving: bindend</i>

Artikel 6 van de Habitatrichtlijn

(Raad van de Europese Gemeenschappen, 1992)

1. De Lid-Staten treffen voor de speciale beschermingszones de nodige instandhoudingsmaatregelen; deze behelzen zo nodig passende specifieke of van ruimtelijke-ordeningsplannen deel uitmakende beheersplannen en passende wettelijke, bestuursrechtelijke of op een overeenkomst berustende maatregelen, die beantwoorden aan de ecologische vereisten van de typen natuurlijke habitats van bijlage I en de soorten van bijlage II die in die gebieden voorkomen.

2. De Lid-Staten treffen passende maatregelen om ervoor te zorgen dat de kwaliteit van de natuurlijke habitats en de habitats van soorten in de speciale beschermingszones niet verslechtert en er geen storende factoren optreden voor de soorten waarvoor de zones zijn aangewezen voor zover die factoren, gelet op de doelstellingen van deze richtlijn een significant effect zouden kunnen hebben.

3. Voor elk plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van het gebied, maar afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor zo'n gebied, wordt een passende beoordeling gemaakt van de gevolgen voor het gebied, rekening houdend met de instandhoudingsdoelstellingen van dat gebied. Gelet op de conclusies van de beoordeling van de gevolgen voor het gebied en onder voorbehoud van het bepaalde in lid 4, geven de bevoegde nationale instanties slechts toestemming voor dat plan of project nadat zij de zekerheid hebben verkregen dat het de natuurlijke kenmerken van het betrokken gebied niet zal aantasten en nadat zij in voorkomend geval inspraakmogelijkheden hebben geboden.

4. Indien een plan of project, ondanks negatieve conclusies van de beoordeling van de gevolgen voor het gebied, bij ontstentenis van alternatieve oplossingen, om dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard, toch moet worden gerealiseerd, neemt de Lid-Staat alle nodige compenserende maatregelen om te waarborgen dat de algehele samenhang van Natura 2000 bewaard blijft. De Lid-Staat stelt de Commissie op de hoogte van de genomen compenserende maatregelen.

Wanneer het betrokken gebied een gebied met een prioritair type natuurlijke habitat en/of een prioritaire soort is, kunnen alleen argumenten die verband houden met de menselijke gezondheid, de openbare veiligheid of met voor het milieu wezenlijke gunstige effecten dan wel, na advies van de Commissie, andere dwingende redenen van groot openbaar belang worden aangevoerd.

Bijlage III

Schetsontwerpen &

MCA

Bijlage III Schetsontwerpen & MCA

- Bijlage III-A Resultaten MCA
- Bijlage III-B Schetsontwerpen
- Bijlage III-C Toelichting op criteria MCA



Bijlage III-A

Resultaten MCA

Resultaat multicriteria analyse schetsontwerpen

In onderstaande tabel staan de resultaten van de MCA weergegeven. De uitgewerkte MCA's zijn per ontwerpalternatief weergegeven in Bijlage III-B.

Naam ontwerpalternatief	Score
Mosselrif	7,3
Wierdijk	6,9
Mosselpan	6,8
Zomerdijk	6,5
Mosseleiland	6,5
Ecotopping/Elastocoast	6,0
Turbineveld	4,8



Bijlage III-B

Schetsontwerpen

Building with Nature ontwerpalternatief

Naam:

Mosselrif

Uitleg alternatief:

Het Mosselrif bestaat uit een kwelderlandschap dat wordt afgeschermd door een "Mosselrif" en strekdammen. Het rif bestaat uit een *submerged* breakwater gemaakt van materiaal met een ruw en/of poreus oppervlak. Op dit ruwe/poreuze oppervlak kunnen mosselen en wieren hechten.

Mosselen zijn voedsel voor diverse vogelsoorten in het Waddenzeegebied, zoals de noordse stern en de scholekster. Daarnaast trekt de aanwezigheid van mosselen ook bodemfauna aan die wordt gegeten door andere vogels zoals steltlopers en meeuwen. Hierdoor geeft de aanwezigheid van de mossel een stimulans aan de lokale voedselbeschikbaarheid. Ook zal de kering rekening houden met vissen. In het midden van de kering zal water met geringe snelheid passeren. Deze omstandigheden bieden samen met de voedselrijkheid (mosselen en wieren) uitstekende gelegenheden voor vissoorten om te rusten, te paaien en te kramen.

Het creëren van een buitendijkse kering zorgt ervoor dat de hydraulische belasting op de primaire dijk wordt verminderd. Een verminderde belasting zorgt voor een lagere en dus een goedkopere dijk. Daarnaast zorgt de dijk voor accretie van slib in het achterliggende gebied. Het hierdoor ontstaande kweldergebied biedt nieuw foerageer- en broedgebied voor op dit moment afnemende vogelpopulaties.

Naarmate de mosselpopulatie groeit, zal deze bijdragen aan de weerstand tegen het water. Ook de kweldervegetatie biedt een zekere ruwheid tegen jegens de hydraulische belasting.

Casestudy: Rijshoutdammen

Provincie Friesland & Provincie Groningen

Zoals te lezen valt in de historisch-geologische analyse in bijlage II-A werd er langs de Waddenzeekust rond de periode 1930-1960 een systeem van rijshoutdammen met greppels aangelegd. Hiervoor werd gebruikgemaakt van de vele werklozen in de jaren '30. De arbeiders heiden een dubbele palenrij in het slik en brachten vervolgens het rijshout ertussen aan. Het slibrijke water kon zo bij vloed over de dammen heen, waar het slib kon bezinken. Op het moment dat het weer eb werd, bleef deze slib achter in het nieuwe gebied. Door dit proces, in combinatie met verschillende stadia van ecologische successie, ontstond er een nieuwe kwelder (Waddenvereniging, 2015).

Kansen:

De verwachte voordelen tussen het conventionele- en het Building with Nature alternatief.

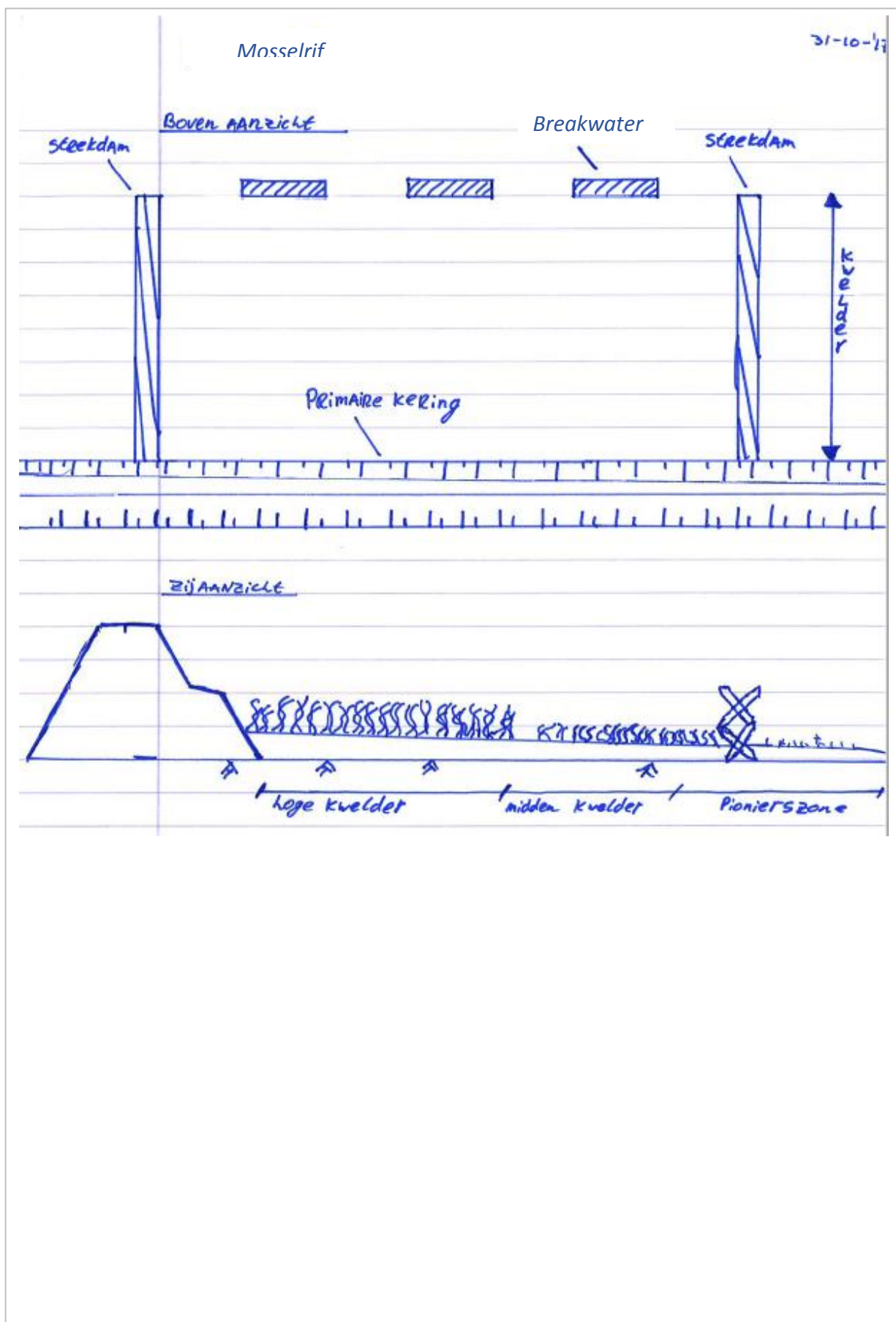
- Behalen ecologische doelstellingen door stimulans van mossel, vogel en vispopulaties.
- In plaats van het verhogen van de dijk, wegnemen (gedeelte van) hydraulische belasting.
- Aanwas van kwelderareaal, broed- en foerageergebied voor vogels.
- Waterkwaliteit wordt verbeterd door de zuiverende eigenschappen van mosselen.
- Goedkoper uit te voeren dan een traditionele dijkverbetering.
- Vermindering van overtollig slib vanwege filtering door mosselen.

Risico's:

Risicoanalyse van alle te verwachten technische, economische en ecologische risico's.

- *Technische risico's*
 - Plaatsing van breakwater wordt bemoeilijkt door zachte ondergrond. (bij plaatsing vanaf land)
 - Plaatsing van breakwater wordt bemoeilijk door geringe waterdiepte. (bij plaatsing vanaf vaartuig)
 - Ondergrond te onstabiel, kan (op termijn) leiden tot verschuiving breakwater.
- *Economische risico's*
 - Subsidies worden niet toegekend (Waddenfonds, Greendeal)
- *Ecologische risico's*
 - Juiste omstandigheden voor mosselgroei wordt niet bereikt.
 - Mosselen hechten zich niet aan de breakwater.

Ontwerpschets:



Mosselrif						
	Ecological Design Principles			Engineering Design Principles		
	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>
1	Continuity	8	Kwelder geleidelijke overgang land en zee. Mosselbank houdt sediment vast.	Requisite standard	8	Kwelder zorgt voor golfdemping. Mosselbank idem.
2	No direct human disturbance	7	Het gebied is vrij toegankelijk. Staat wel ver buitendijks.	Control of (environmental) variability	8	Kwelder past zich aan naar mate de zeespiegel stijgt. Mosselbank idem.
3	Endogeneity	9	Kwelder promoot oorspronkelijke soorten. Mosselbank promoot zowel de mossel als de Japanse oester (exoot maar goedgekeurd)	Reasonable cost	5	Mosselbank en kwelder leveren een besparing op ten opzichte van traditionele maatregelen. Echter kosten deze maatregelen zelf ook geld.
4	Population viability	9	De kwelder zorgt voor fauna uniek voor dit ecosysteem. Daarnaast is het systeem een belangrijk foerageergebied voor vogels. De mossel en bijbehorende fauna dienen als voedsel voor trek-/broedvogels.	Structural integrity, such as strength and stability	8	Breakwaters zijn een bewezen toepassing in de waterbouw. De mossel zorgt voor extra versteviging.
5	Opportunity for threatened species	9	Mosselbank zorgt voor de volgende bedreigde soorten: de mossel, de scholekster, de noorse stern en de visdief.	Reliability	5	De kwelder is een 'simpel' (low tech) ontwerp waarbij het ecosysteem zichzelf onderhoud. Mosselbank is afhankelijk van de mossel-/oestergroei. Er kunnen bijvoorbeeld ziektes ontstaan waardoor de mossel sterft.
6	Trophic web integrity	9	De mosselbank zorgt voor een toename van de mosselpopulatie. De mossel is erg belangrijk voor het ecosysteem.	Implementability	6	Kwelder - talud is getest. Vegetatie voor golfdemping is onbekend. Mosselbank - Breakwaters zijn getest en er bestaan ontwerphandleidingen. Mosselgroei is onbekend.
7	Opportunities for ecological succession	8	Kwelderopbouw wordt hersteld waardoor de successie verbetert. Door het gebruik van de mosseldijk is er echter geen sprake van volledige successie.	Adaptability	5	De functie van de mosselbank kan niet veranderen. De functie van een kwelder zal enkel veranderen als het gebied wordt ingepolderd.
8	Zone integrity	7	De mosselbank werkt tegen afslag, waardoor de overgang tussen kwelder en zee niet geheel aanwezig is. Dit gaat ten koste van de eerste zones van een kwelder.	Resilience	7	Kwelder heeft een beperkt aantal stormen wat het systeem achter elkaar kan weerstaan. Mosselbank kan langer stormen weerstaan. Ook het materiaal van de breakwater zal blijven bestaan.
9	Characteristic (in)organic cycles	5	Er worden geen disrupties verwacht in de natuurlijke cycli.	Appropriate boundary conditions and loads	-	
10	Characteristic physicalchemical water quality	9	Mosselen/oesters filteren het water van slib. Hierdoor wordt de waterkwaliteit verbeterd naar een meer natuurlijke concentratie.			
11	Resilience	8	Kwelder kan na kwelderafslag herstellen. Mosselbank idem.			
Gemiddelde		8,00		Gemiddelde	6,50	
Totaalgemiddelde						7,25

Building with Nature ontwerpalternatief

Naam:

Mosseleiland

Uitleg alternatief:

Het Mosseleiland is een alternatief waarbij er een breakwater met een kromme vorm voor de dijk wordt aangelegd. Deze kustverdediging wordt aan de achterzijde aangevuld met zand. Hierdoor ontstaat er een kwelderlandschap. Het ontstane landschap biedt een toegevoegde waarde voor vogels om langs de waterlijn foerageren en te broeden.

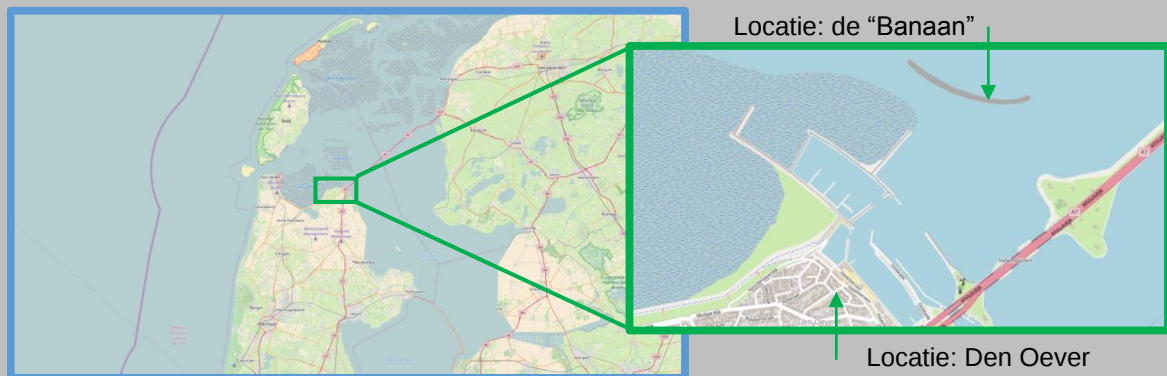
Casestudy: Vogelsand Den Oever

Vogelbescherming Nederland

Vogelsand is een concept waarbij een bestaande breakwater, namelijk de “Banaan” bij Den Oever, gebruikt wordt om een vogeleiland van 50 ha te creëren.

Om te kijken of dit ontwerp haalbaar is, is er een morfologische studie uitgevoerd om en nabij de breakwater. Uit deze studie is gebleken dat het ontwerp voor een periode van 40 tot 100 jaar stabiel blijft en alleen grote stormen zorgen voor sedimentafname van het eiland.

Het opgespoten zand achter het vogeleiland zorgt voor het ontstaan van verschillende zones achter de breakwater. Zo ontstaat er direct achter de “Banaan” een hoge kwelder die vervolgens afloopt richting het water. Het gevolg van deze grote verscheidenheid aan vegetatie is dat afnemende vogelsoorten een broed- en foerageerplaats kunnen krijgen. Deze soorten zijn de eider, aalscholver, dwergstern, kluut, visdief, noordse stern, grote stern en de bontbekplevier.



Figuur 1 Locatie de "Banaan" nabij Den Oever (OpenStreetMap, 2017)

Kansen:

De verwachte voordelen tussen het conventionele- en het Building with Nature alternatief.

Het Mosseleiland biedt voordelen voor verschillende diersoorten. Vogels krijgen de mogelijkheid om langs de waterlijn te foerageren. Voor verschillende vogelpopulaties ontbreekt deze mogelijkheid op dit moment in de Waddenzee. Daarnaast kunnen mosselen groeien op de breakwater, waardoor de mosselpopulatie de mogelijkheid krijgt om te herstellen.

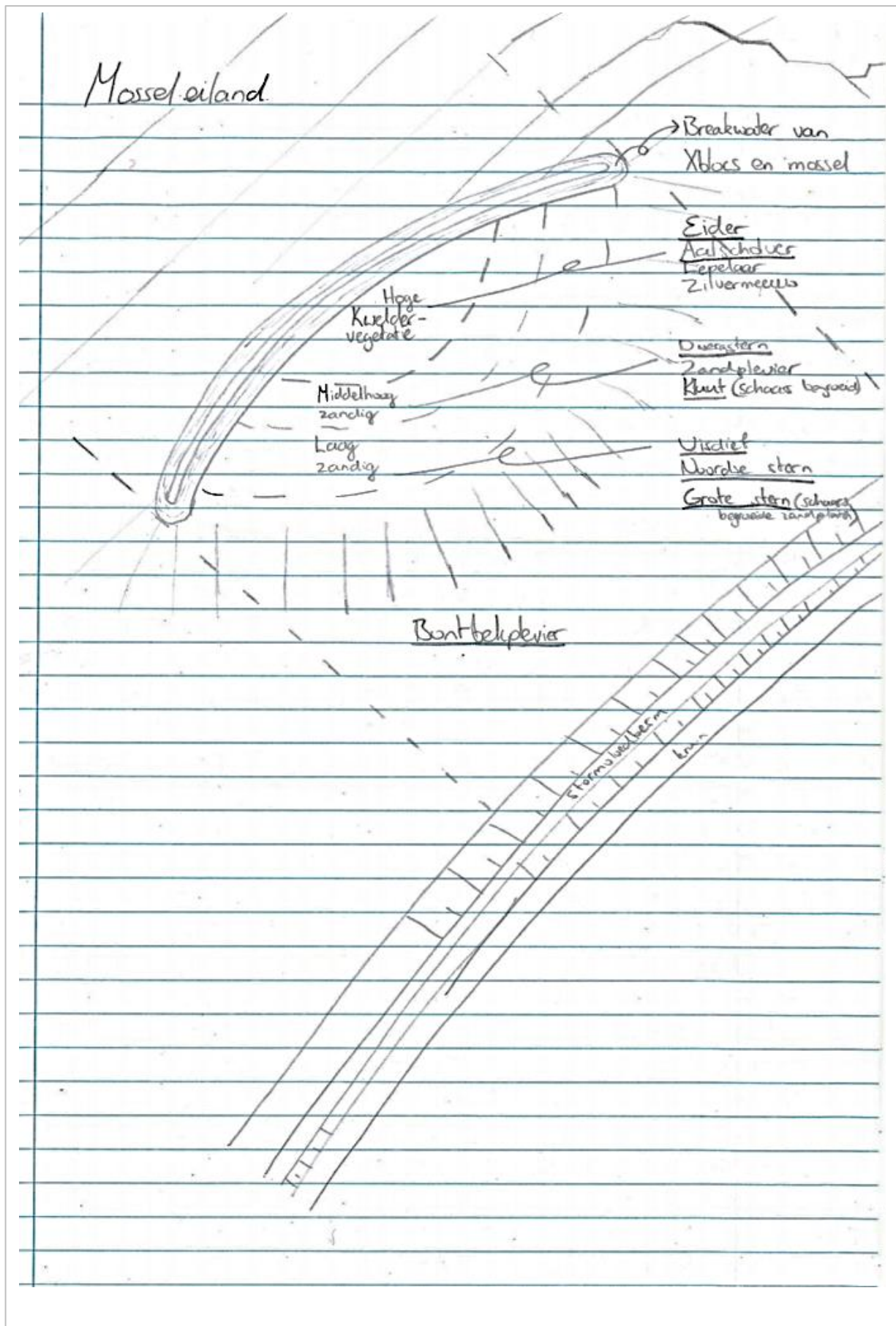
De waterveiligheid wordt verbeterd doordat het eiland golven breekt. Hiervoor is het van belang dat het eiland dicht bij de kust ligt.

Risico's:

Risicoanalyse van alle te verwachten technische, economische en ecologische risico's.

- *Technische risico's*
 - De ondergrond van slib kan ervoor zorgen dat de breakwater niet goed op zijn plek blijft liggen.
 - Het zand achter de breakwater kan wegspoelen door morfologische veranderingen.
- *Economische risico's*
 - Bepaalde subsidies kunnen niet worden toegewezen.
- *Ecologische risico's*
 - Mosselen kunnen zich niet hechten aan de breakwater.
 - Het eiland ligt te laag voor vogels om te kunnen broeden. Hierdoor kunnen nesten wegspoelen bij hoogwater en/of stormen.

Ontwerpschets:



Mosseleiland

	Ecological Design Principles			Engineering Design Principles		
	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>
1	Continuity	2	Het eiland is onderhevig aan erosie en accretie. Er is geen volledige continuïteit tussen verschillende stadia. Daarnaast wordt door het aanleggen van een eiland de aanwezige stromingen onderbroken.	Requisite standard	8	Mosselbank zorgt voor golfdemping.
2	No direct human disturbance	9	Het eiland is in principe niet toegankelijk voor het publiek.	Control of (environmental) variability	7	Mosselbank past zich aan naar mate de zeespiegel stijgt.
3	Endogeneity	8	Mosselbank promoot zowel de mossel als de Japanse oester (exoot maar goedgekeurd).	Reasonable cost	5	Mosselbank levert een besparing op ten opzichte van traditionele maatregelen. Echter kost deze maatregel zelf ook geld.
4	Population viability	8	De mossel en bijbehorende fauna dienen als voedsel voor trek-/broedvogels.	Structural integrity, such as strength and stability	8	Breakwaters zijn een bewezen toepassing in de waterbouw. De mossel zorgt voor extra versteviging.
5	Opportunity for threatened species	9	Mosselbank zorgt voor de volgende bedreigde soorten: de mossel, de scholekster, de noorse stern en visdief.	Reliability	5	Mosseleiland is afhankelijk van de mossel-/oestergroei. Er kunnen bijvoorbeeld ziektes ontstaan waardoor de mossel en/of oester sterft.
6	Trophic web integrity	8	De mosselbank zorgt voor een toename van de mosselpopulatie. De mossel is erg belangrijk voor het ecosysteem.	Implementability	6	Mosselbank - Breakwaters zijn getest. Mosselgroei is onbekend.
7	Opportunities for ecological succession	6	De traditionele dijk blijft bestaan, er is sprake van enige successie op het mosseleiland. Echter is dit niet vergelijkbaar met een kwelder.	Adaptability	2	De functie van de mosselbank kan niet veranderen.
8	Zone integrity	7	Het eiland zorgt voor meer habitattypen. Hieronder ook kostbaar vogelbroed-gebied.	Resilience	7	Mosseleiland kan langer stormen weerstaan. Ook het materiaal van de breakwater zal blijven bestaan.
9	Characteristic (in)organic cycles	5	Er worden geen disrupties verwacht in de natuurlijke cycli.	Appropriate boundary conditions and loads	-	
10	Characteristic physicalchemical water quality	7	Mosselen/oesters filteren het water van slib. Hierdoor wordt de waterkwaliteit verbeterd naar een meer natuurlijke concentratie.			
11	Resilience	8	Mosselbank kan na afslag herstellen. Kwelder idem.			
Gemiddelde		7,00		Gemiddelde	6,00	
Totaalgemiddelde						6,50

Building with Nature ontwerpalternatief

Naam:

Zomerdijk

Uitleg alternatief:

De Zomerdijk biedt een combinatie van waterveiligheid en ecologie. Door het toepassen van een Zomerdijk als breakwater kan het tussenliggende gebied worden ingericht voor natuur.

De buitenste dijk breekt het grootste gedeelte van de golfslag. Hierdoor hoeft de primaire kering minder of niet verzaamd te worden. In het tussenliggende gebied krijgt de natuur vrij spel. Hier ontstaat door de werking van de getijden een natuurlijke kwelder met een grote diversiteit aan vegetatie. Het getij zorgt daarnaast voor opslibbing op de ontstane kwelder. Naast het tegengaan van natuurlijke inklinking, zorgt deze maatregel dus voor bodemstijging.

De kwelder biedt ruimte voor vogels om te overtijden, te broeden en te foerageren. Daarnaast kan in een klein gebied toerisme worden toegestaan. Hierdoor biedt dit alternatief ook een economische bijdrage aan het gebied.

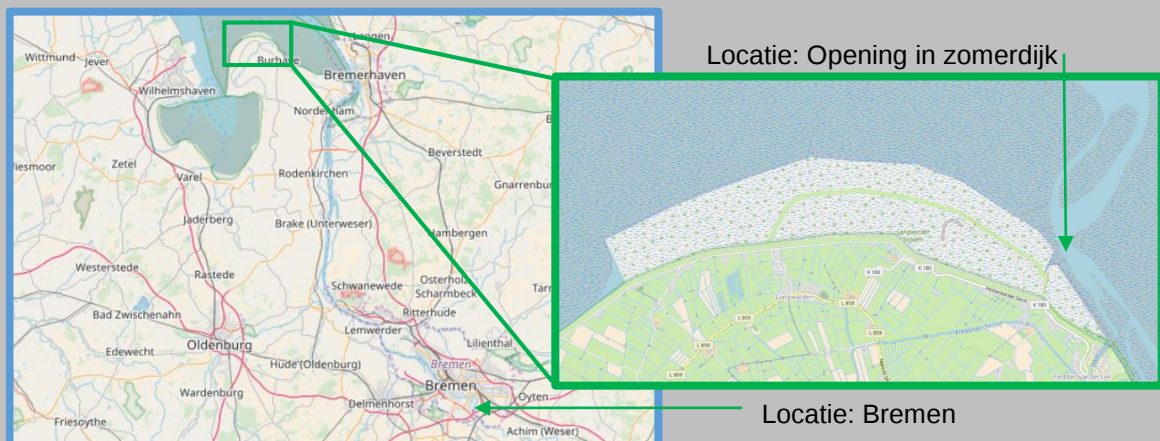
Casestudy: Langwarder Groden (Duitsland)

Nationalpark Wattenmeer

Langwarder Groden was voor de dijkopening in 2015 een zomerpolder tussen Wilhelmshaven en Bremerhaven. Nadat besloten is om de dijk langs de bestaande Waddengeul te openen, wordt de polder blootgesteld aan het getij. Het gevolg hiervan, is dat het gras van de polder heeft plaatsgemaakt voor de vegetatie van de pionierszone.

Het gedeelte van de polder dat het verst van de opening ligt, is een aantrekkelijk broed- en foerageergebied geworden voor vogels.

Daarnaast is in het midden van de polder een vlinderpad aangelegd waar toeristen rond kunnen lopen en de effecten van verschillende dijktypen in een golfsimulator kunnen bekijken.



Figuur 1 Locatie Langwarder Groden (Duitsland) (OpenStreetMap, 2017)

Kansen:

De verwachte voordelen tussen het conventionele- en het Building with Nature alternatief.

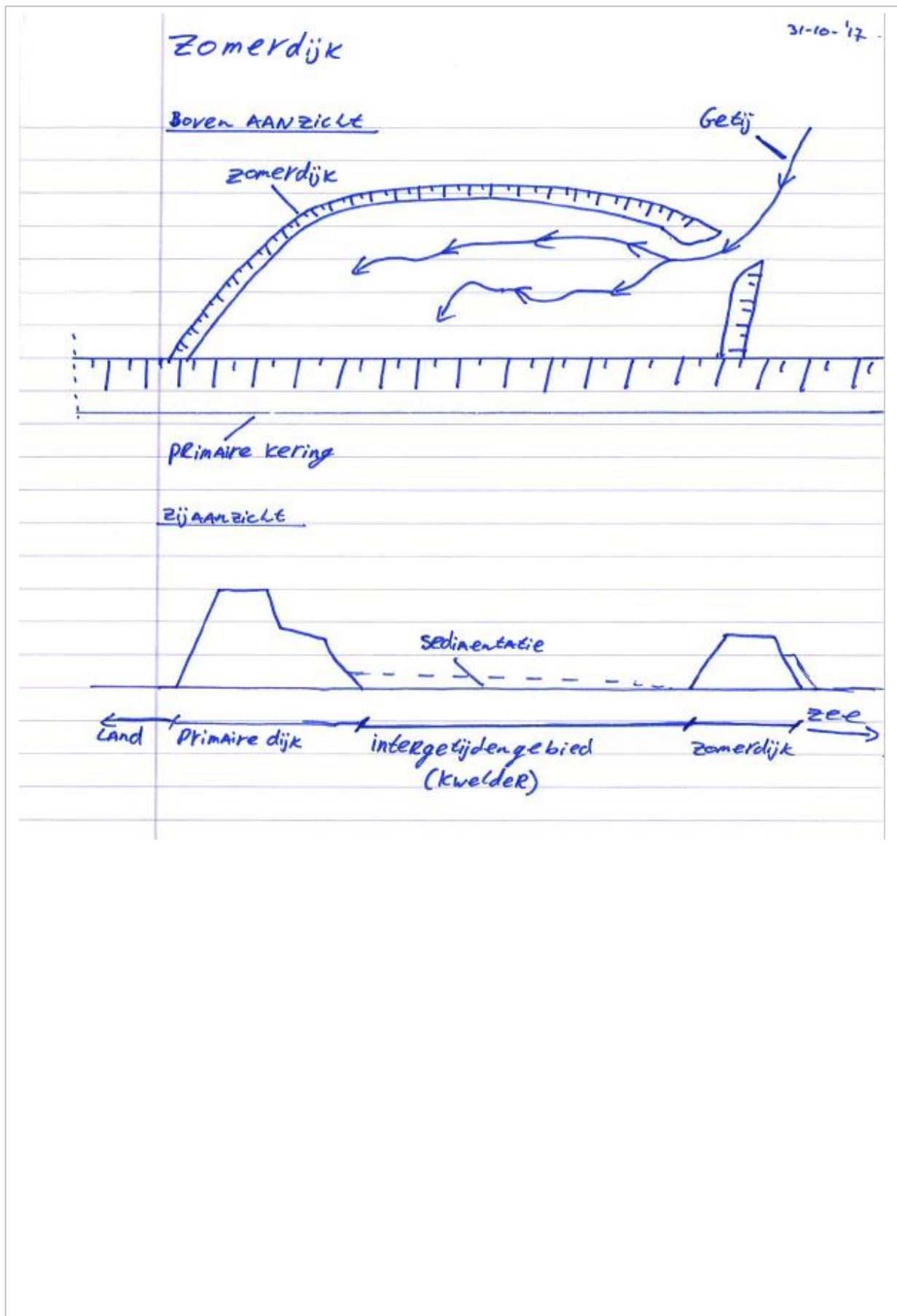
- Een (relatief) goedkope verbetering van de waterveiligheid (afhankelijk van locatie).
- Realisatie van een natuurgebied met kweldervegetatie.
- Areaal voor vogels om te overtijden, broeden en foerageren.
- Toeristische impuls voor het gebied door het realiseren van een uniek natuurgebied met wandelpad en uitkijktoren (optioneel).
- Ophoging van de bodem door natuurlijke processen.

Risico's:

Risicoanalyse van alle te verwachten technische, economische en ecologische risico's.

- *Technische risico's*
 - Zomerdijk wordt zwaarder belast dan aangenomen en moet worden versterkt.
- *Economische risico's*
 - Zomerdijk moet na realisatie nog worden versterkt, hier is een aanvullende investering voor nodig.
- *Ecologische risico's*
 - De locatie is te ruig voor het vestigen van pioniersvegetatie.
 - Toerisme zorgt voor meer overlast dan op voorhand aangenomen.

Ontwerpschets:



Zomerdijk

Zomerdijk						
	Ecological Design Principles			Engineering Design Principles		
	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>
1	Continuity	6	Het openzetten van de polder heeft invloed op de continuïteit van het sedimenttransport. Tijdens vloed komt er sediment in de voormalige polder en bezinkt daar. Eerder zou dit sediment elders bezinken.	Requisite standard	6	De zomerdijk zorgt (waarschijnlijk) samen met de kweldervegetatie voor golfdemping op de primaire kering.
2	No direct human disturbance	3	Toegang naar de kwelder is toegestaan. Waarschijnlijk zal er echter ook enig toerisme plaatsvinden.	Control of (environmental) variability	7	De kwelder zal meegroeien naarmate de zeespiegel stijgt.
3	Endogeneity	8	Kwelder stimuleert de populatie van oorspronkelijke diersoorten.	Reasonable cost	7	Landeigenaren en pachters zullen afgekocht moeten worden. Dat is een grote kostenpost. De ingreep zelf (afgraven van een stukje dijk) is relatief goedkoop.
4	Population viability	8	Het openstellen van de polder creëert een intergetijdengebied dat kan dienen als broedlocatie en foerageergebied. Dit heeft een positief effect op verschillende (bedreigde) vogelpopulaties.	Structural integrity, such as strength and stability	5	De huidige primaire dijk zal waarschijnlijk verhoogd moeten worden. De kwelder zorgt voor meer stabiliteit.
5	Opportunity for threatened species	8	Het gecreëerde kweldergebied geeft mogelijkheden voor vogels die willen broeden en foerageren.	Reliability	4	Als water in het gebied blijft staan zou piping kunnen optreden.
6	Trophic web integrity	6	Het ecosysteem zal veranderen van een zoetwater systeem naar een zoutwater systeem.	Implementability	7	Na een aantal kleine aanpassingen kan dit worden toegepast in een buitendijkse polder.
7	Opportunities for ecological succession	9	Binnen het voormalige poldergebied zal de aangroei van een kwelder beginnen met de pioniersbegroeiing. Hierna zullen andere vegetatietypen volgen.	Adaptability	8	Het gebied kan relatief gemakkelijk in oorspronkelijke staat hersteld worden.
8	Zone integrity	7	Het toevoegen van een nieuwe kwelderzone zal compenseren voor het afgeslagen kwelderareal in de Waddenzee.	Resilience	7	Doordat de zomerdijk veel hydraulische belasting opneemt zal de primaire kering minder belast worden. Hierdoor is deze kering weerbaarder voor een tweede storm.
9	Characteristic (in)organic cycles	5	Er worden geen disrupties verwacht in de natuurlijke cycli.	Appropriate boundary conditions and loads	-	
10	Characteristic physical/chemical water quality	6	De natuur kan zijn gang gaan. Hierdoor zal een natuurlijke balans ontstaan. Een onzekerheid is eventuele verontreiniging uit de ondergrond.			
11	Resilience	7	Bij storm is dit in de beginfase een kwetsbaar gebied, omdat de vegetatie dan nog minimaal is. Naar mate meer planten het gebied bedekken zal de kwetsbaarheid afnemen.			
Gemiddelde		6,64		Gemiddelde	6,38	
Totaalgemiddelde						6,51

Building with Nature ontwerpalternatief

Naam:

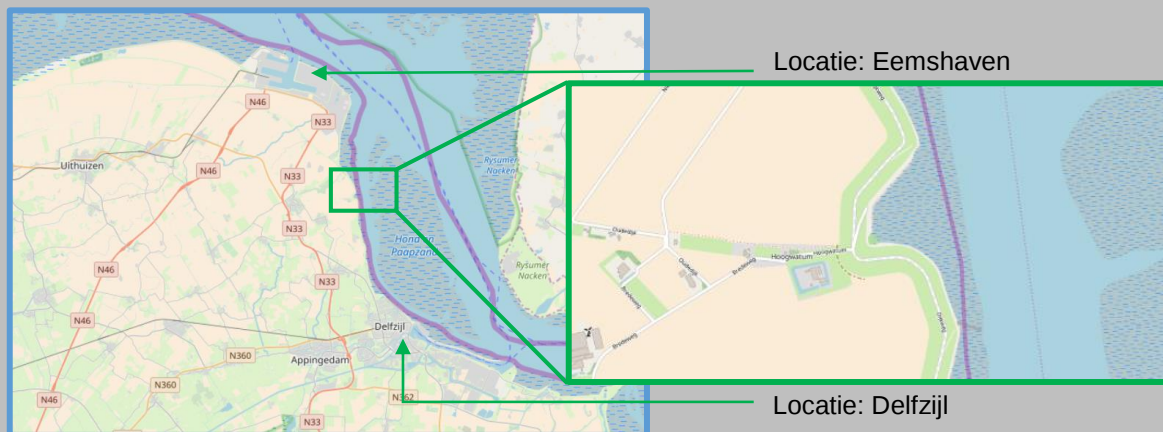
Mosselpan

Uitleg alternatief:

Dit alternatief maakt gebruik van een inlaatconstructie in de primaire kering. Het achterliggende gebied wordt omdijkt, waardoor er een “kom” ontstaat achter de dijk. Aangezien het voor dit gebied niet uitmaakt wat het zoutgehalte is (in tegenstelling tot bijvoorbeeld landbouwgebied), is het mogelijk om een grote hoeveelheid overslag toe te staan. Indien de voorliggende dijk overslagbestendig gemaakt wordt, kan deze lager komen te liggen dan bij een conventionele oplossing. De inlaatconstructie wordt voorzien van een getijdeturbine, waardoor er elektriciteit kan worden opgewekt. In het tussengebied wordt mosselteelt gerealiseerd. Naast de economische waarde van de mosselen, filteren mosselen ook het slib en algen uit het water.

Casestudy: Dubbele Dijk Provincie Groningen

De Dubbele Dijk is een innovatief dijkconcept van de Provincie Groningen. Het concept maakt onderdeel uit van het onderzoek van de POV Waddenzeedijken. Het pilotproject bestaat uit twee delen. Het water wordt in het zuidelijke deel ingelaten. In dit deel wordt het slib opgevangen, waarna het water (zonder slib) doorstroomt naar het noordelijke deel. In het noordelijke deel vindt kokkel- en zoute groenteteelt plaats.



Figuur 1 Locatie Dubbele Dijk (OpenStreetMap, 2017)

Kansen:

De verwachte voordelen tussen het conventionele- en het Building with Nature alternatief.

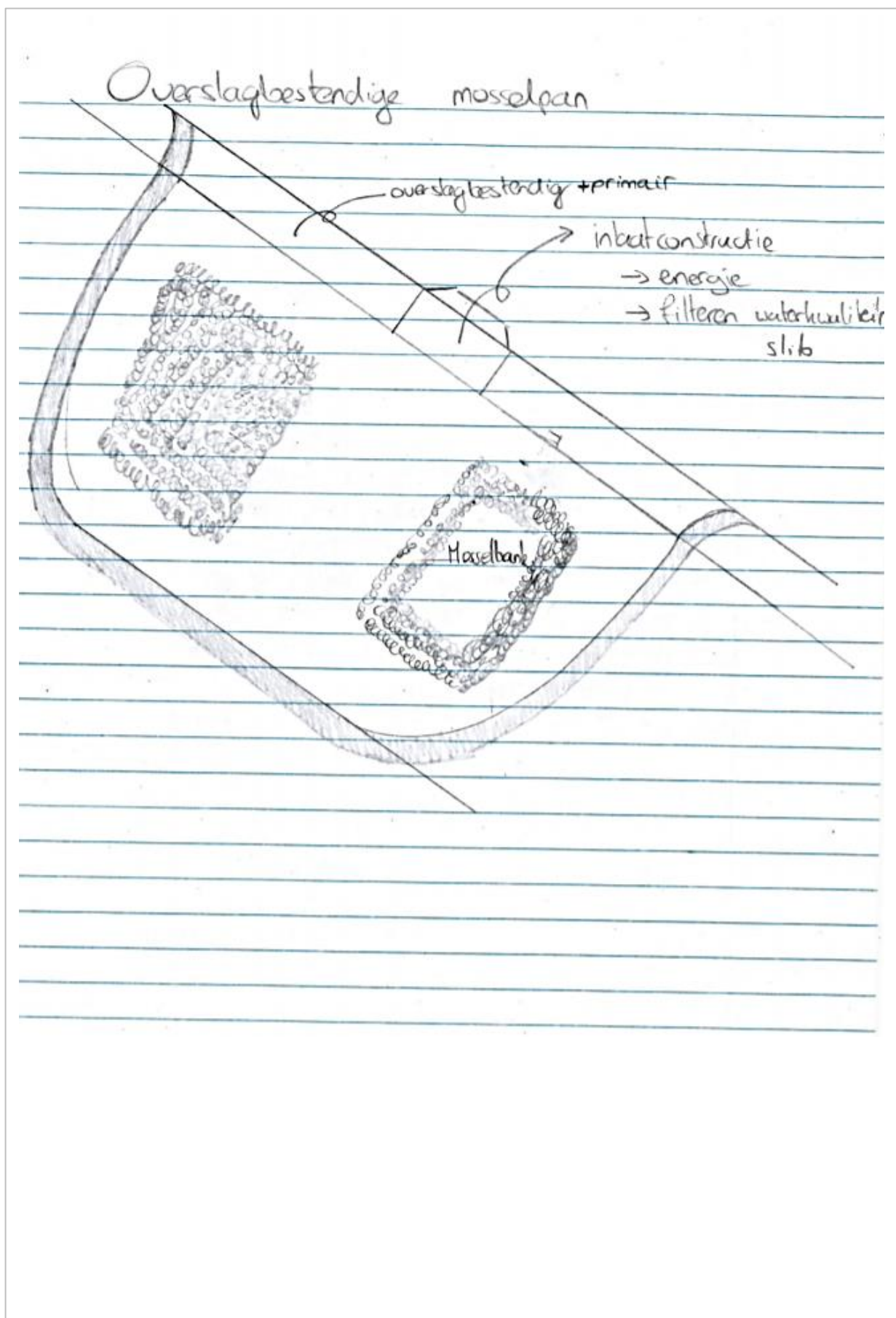
- Vanwege het achterliggende gebied kan de primaire kering overslagbestendig worden gemaakt.
- Door plaatsing van een turbine kan er elektriciteit worden opgewekt.
- De waterkwaliteit wordt verbeterd door een filter te plaatsen in de inlaatconstructie.
- De geteelde mosselen kunnen worden uitgezet en zo bijdragen aan natuurdoelstellingen.
- De geteelde mosselen kunnen verkocht worden.
- De geteelde mosselen filteren slib en kunnen hierdoor een deel van de oplossing van het slibprobleem in de Eems-Dollard zijn.
- Het gebied heeft potentiële toeristische waarde.
- De mosselen worden gebruikt als foerageergebied voor afnemende vogelsoorten.

Risico's:

Risicoanalyse van alle te verwachten technische, economische en ecologische risico's.

- *Technische risico's*
 - Vanwege de hoge hoeveelheid slib kan het systeem van de inlaatconstructie vastlopen.
 - Kennis met betrekking tot overslagbestendige dijken blijkt niet toereikend. De maximaal toelaatbare overslag kan kleiner zijn dan verwacht.
- *Economische risico's*
 - De vraag naar mosselen daalt substantieel.
 - De vraag naar groene energie daalt substantieel.
- *Ecologische risico's*
 - Een hoge concentratie mosselen zorgt eventueel voor nadelen voor andere soorten.
 - Een hoge concentratie mosselen zorgt voor een toename van (ongewenste) soorten.

Ontwerpschets:



Mosselpan

	Ecological Design Principles			Engineering Design Principles		
	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>
1	Continuity	8	Voor dit alternatief komt het getij tot in de pan, waardoor het een (iets) natuurlijkere getijdestroom krijgt.	Requisite standard	8	De dijk zal overslagbestendig worden gemaakt.
2	No direct human disturbance	4	Er zal een wandelpad door een gedeelte van de "pan" gaan. Hier zal enige verstoring plaats vinden. Het gaat echter om een klein gedeelte van het totale gebied.	Control of (environmental) variability	6	De dijk wordt traditioneel (+ overslagbestendig) versterkt.
3	Endogeneity	9	Dit alternatief focust zich op het herstellen van de mosselpopulatie in het Waddenzeegebied.	Reasonable cost	6	Landeigenaren en pachters zullen afgekocht moeten worden. Dat is een grote kostenpost. Ook zullen er duikers door de primaire kering worden geboord en turbines worden geplaatst.
4	Population viability	8	Het openstellen van dit gebied creëert een (gedeeltelijk) intergetijdengebied dat kan dienen als foerageergebied voor vogels. Daarnaast helpt de mosselkweek op termijn het populatieherstel van deze soort in de Waddenzee.	Structural integrity, such as strength and stability	7	De huidige primaire dijk zal waarschijnlijk verhoogd/verbeterd moeten worden. Door overslagbestendigheid hoeft de dijk niet te veel verstevigd te worden.
5	Opportunity for threatened species	8	Dit alternatief focust zich op het herstellen van de mosselpopulatie in het Waddenzeegebied. Vogels kunnen hier foerageren.	Reliability	4	Als water in het gebied blijft staan zou piping kunnen optreden.
6	Trophic web integrity	8	De mosselbank zorgt voor een toename van de mosselpopulatie. De mossel is erg belangrijk voor het ecosysteem.	Implementability	4	Het kan worden toegepast in een buitendijkse polder of het geheel kan binnendijs worden aangelegd. Wel moeten er inlaatconstructies worden aangelegd.
7	Opportunities for ecological succession	6	Er zal geen ruimte zijn voor successie in dit gebied. Enkel de groei van mosselen zal kleine fauna stimuleren.	Adaptability	7	Het gebied is geschikt voor allerlei verschillende soorten zeelandbouw.
8	Zone integrity	8	Het gebied zelf zal niet bijdragen aan de weerbaarheid van het gebied. Wel kunnen gekweekte (volwassen) mosselen worden uitgezet in de Waddenzee, wat voor populatieherstel kan zorgen.	Resilience	8	Doordat primaire overslagbestendige dijk veel hydraulische belasting opneemt zal de achterliggende kering minder belast worden en alleen dienen als "opvangbasin". Hierdoor is deze kering weerbaarder voor een tweede storm.
9	Characteristic (in)organic cycles	5	Er worden geen disrupties verwacht in de natuurlijke cycli.	Appropriate boundary conditions and loads	-	

10	Characteristic physicalchemical water quality	9	De waterkwaliteit zal verbeteren door de aanwezigheid van de mosselen. Zij filteren het water en zorgen zo voor een betere kwaliteit. Door toepassing van metalen filter (dmv garnalenhuiden) zal ook de waterkwaliteit worden verbeterd.			
11	Resilience	7	Onder natuurlijke omstandigheden zal het ecosysteem niet snel herstellen van een daling in de populatie. Door invloed van de mens zal de streefpopulatie wel behouden kunnen worden.			
Gemiddelde		7,27		Gemiddelde	6,25	
Totaalgemiddelde						6,76

Building with Nature ontwerpalternatief

Naam:

Ecotopping/Elastocoast

Uitleg alternatief:

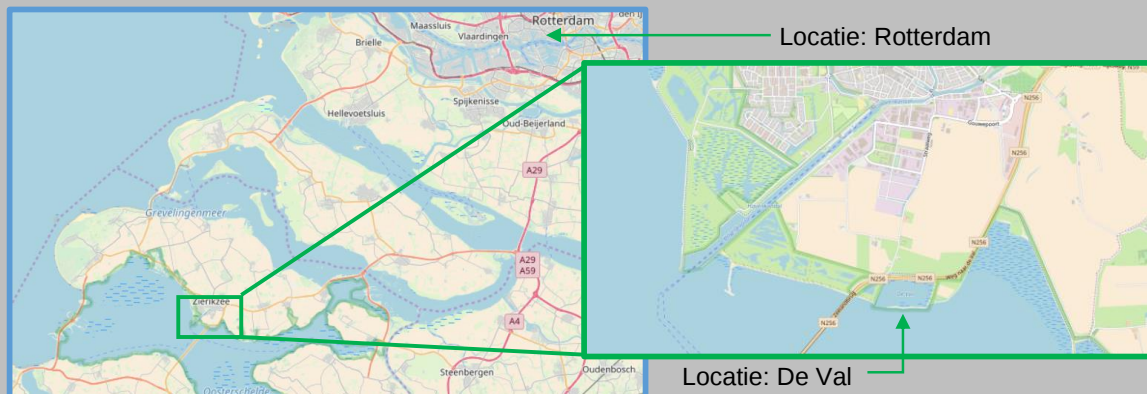
Ecotopping en Elastocoast zijn allebei materialen met grofweg dezelfde werking. Door het toepassen van dit materiaal wordt er een ruwe structuur op de buitenzijde van de dijk gerealiseerd waar mosselen, wieren en algen zich op kunnen hechten. Het materiaal wordt aangebracht tussen de hoog- en laagwaterlijn. Aangezien dit gebied de meeste voedselrijkheid bevat, kunnen wieren en mosselen zich vestigen in deze zone. Het idee is dat wanneer mosselen zich op de bekleding vestigen, de bekleding sterker wordt.

Casestudy: Elastocoast / Ecotopping

Rijkswaterstaat/Hogeschool Zeeland

Het doel van materialen als Elastocoast en Ecotopping is het aanbrengen van een ruwe laag op de bekleding van de dijk. De zone waar mosselen en oesters kunnen groeien is tussen laag- en hoogwater. In deze intergetijdenzone biedt dit oppervlak naast hechtingsmogelijkheden ook schuilmogelijkheden voor diverse organismen, zoals weekdieren en kreeftachtigen.

Bij De Val in Zeeland, zijn er tijdens de dijkversterking in 2015 diverse proefvakken gerealiseerd. Uit de voorlopige resultaten blijkt dat toevoeging van dit materiaal een 'significante bijdrage levert aan de begroeiing van het gietasfalt' (Land en Water, 2017).



Figuur 1 Locatie De Val bij Zierikzee (OpenStreetMap, 2017)

Kansen:

De verwachte voordelen tussen het conventionele- en het Building with Nature alternatief.

De voordelen van een dijkbekleding van Ecotopping of Elastocoast zijn vooral ecologisch. Door een goede hechttingsplaats te maken, wordt er gewerkt aan een rijkere overgang tussen dijk en zee. Voor de waterveiligheid kunnen de mosselen ook van betekenis zijn. Hiervoor moet echter wel het gehele oppervlak begroeid zijn.

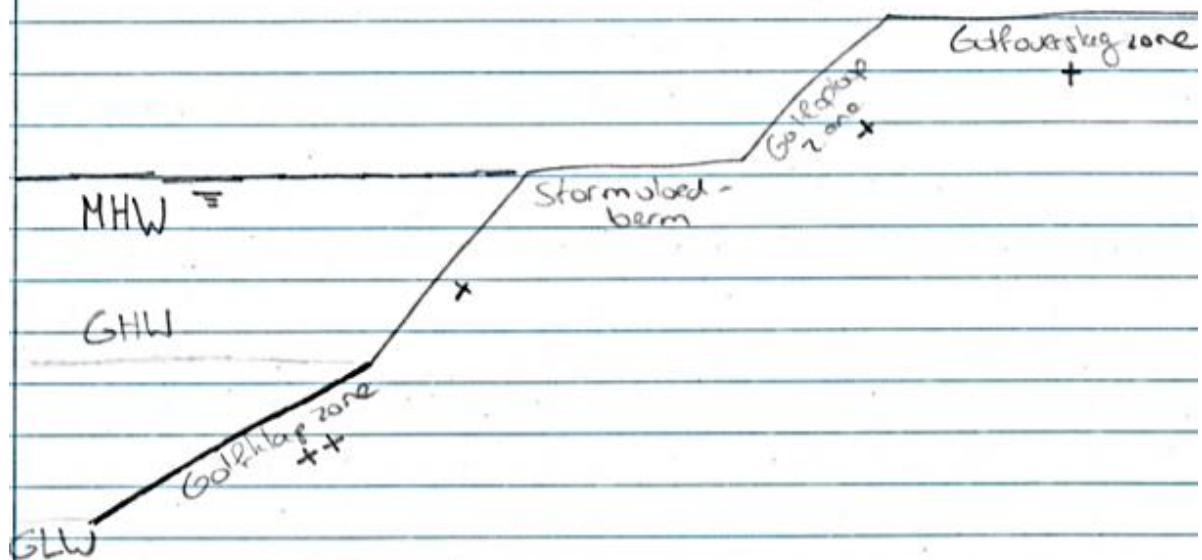
Risico's:

Risicoanalyse van alle te verwachten technische, economische en ecologische risico's.

- *Technische risico's*
 - Risico's zijn te verwachten in de sterkte van het materiaal. Conventionele maatregelen kunnen sterker zijn, waardoor er meer materiaal toegepast dient te worden.
- *Economische risico's*
 - Indien er meer materiaal wordt toegepast vallen de kosten ook hoger uit.
 - Bepaalde subsidies kunnen wegvallen.
- *Ecologische risico's*
 - De mosselen/wieren kunnen zich niet hechten aan het materiaal.

Ontwerpschets:

Ecotopping / Elastocoast



Ecotopping/Elastocoast

	Ecological Design Principles			Engineering Design Principles		
	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>
1	Continuity	5	De overgang tussen dijk en zee verbeterd, maar dit heeft geen effect voor de sedimenthuishouding en waterstromen.	Requisite standard	7	De mossel-/oesterbank groeit op de bekleding. De bekleding wordt hierdoor versterkt.
2	No direct human disturbance	5	Het gebied is vrij toegankelijk voor het publiek.	Control of (environmental) variability	7	Mosselbank past zich aan naar mate de zeespiegel stijgt.
3	Endogeneity	8	Het materiaal biedt bescherming voor een inheemse soort: de mossel	Reasonable cost	7	De elastocoast kan worden aangebracht op bestaande bekleding. Ecotopping heeft een vergelijkbare prijs met hillblocks.
4	Population viability	7	Het materiaal biedt bescherming voor de beschermde soort: de mossel.	Structural integrity, such as strength and stability	7	De bekleding garandeert de stabiliteit en sterkte.
5	Opportunity for threatened species	7	Dit alternatief focust zich op het herstellen van de mosselpopulatie in het Waddenzeegebied.	Reliability	7	In potentie zorgt de begroeiing op de bekleding voor de sterkte. Deze groeit weer aan indien beschadigd.
6	Trophic web integrity	8	De mossel wordt gezien als 'keystone' soort, waar een heel ecosysteem van afhankelijk is.	Implementability	4	Op het moment nog experimenteel.
7	Opportunities for ecological succession	5	Het materiaal biedt geen mogelijkheden voor successie.	Adaptability	1	De veranderlijkheid van de oplossing is niet groot. Voordat een nieuwe versterking kan worden uitgevoerd, dienen de mosselen verwijderd te worden.
8	Zone integrity	6	Het materiaal geeft één specifieke zone meer areaal.	Resilience	4	Na de eerste storm komen de golven op het aanhechtingsmateriaal waarbij deze af kan laten.
9	Characteristic (in)organic cycles	5	Er worden geen disrupties verwacht in de natuurlijke cycli.	Appropriate boundary conditions and loads	-	
10	Characteristic physicalchemical water quality	8	Mosselen/oesters filteren het water van slib. Hierdoor wordt de waterkwaliteit verbeterd naar een meer natuurlijke concentratie.			
11	Resilience	7	Mosselbank kan na afslag herstellen.			
Gemiddelde		6,45		Gemiddelde	5,50	
Totaalgemiddelde						5,98

Building with Nature ontwerpalternatief

Naam:

Turbineveld

Uitleg alternatief:

De hypothese van dit alternatief is het verminderen van de hydraulische belasting door turbines te plaatsen in de meest dynamische zone voor de dijk. De turbines zetten de hydraulische belasting om in beweging, hierbij wordt elektriciteit gegenereerd.

Doordat de hydraulische belasting wordt verminderd hoeft de dijk minder opgehoogd te worden. Daarnaast wordt plaatselijk de stroomsnelheid dermate verminderd dat sedimentatie zal gaan optreden. Door dit alternatief in te zetten in gebieden die onderhevig zijn aan erosie wordt van een probleem een kans gemaakt.

Kansen:

De verwachte voordelen tussen het conventionele- en het Building with Nature alternatief..

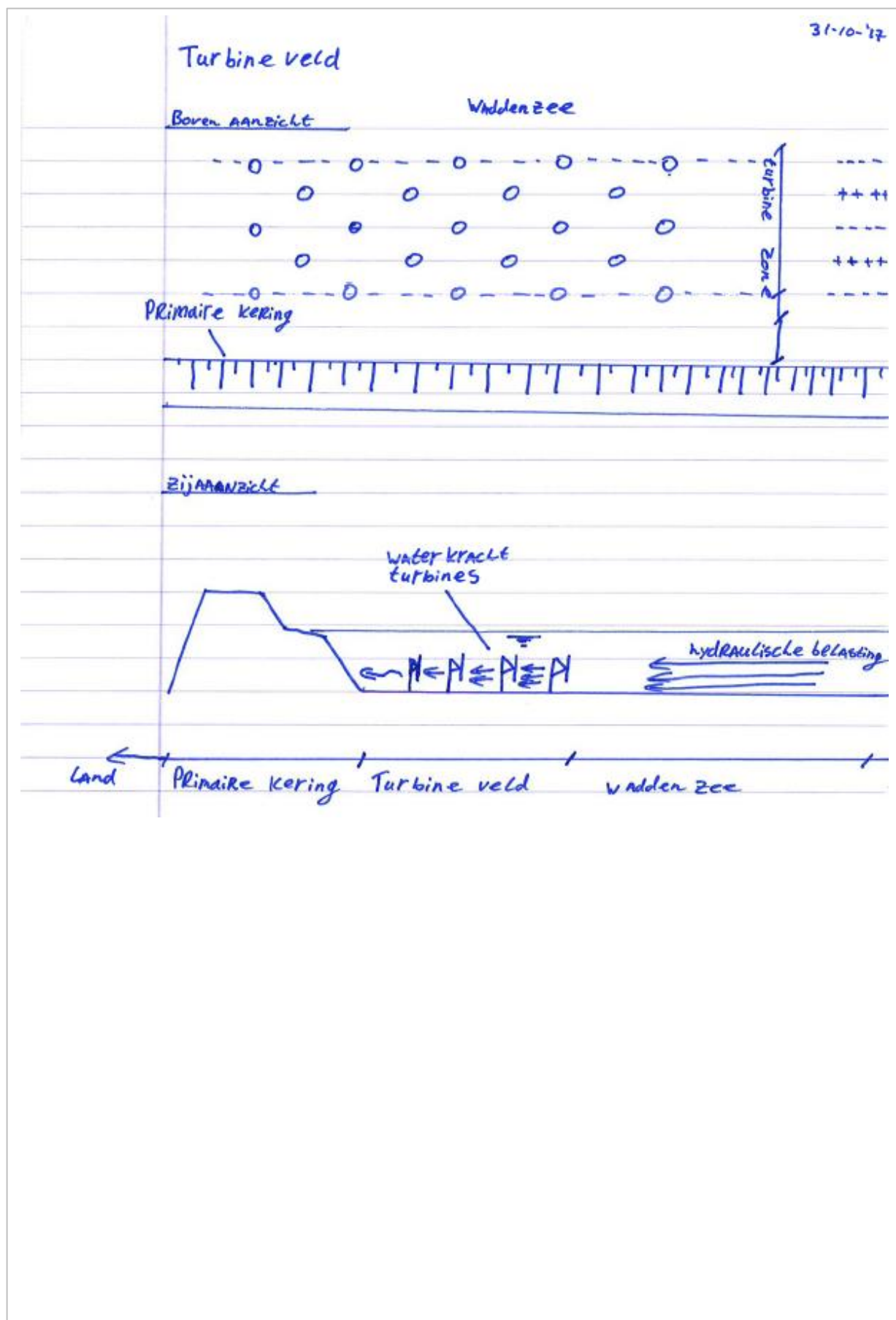
- Reduceren van hydraulische belasting op de primaire kering.
- Opwekking van groene energie.
- Sedimentatie realiseren op plaatsen die onderhevig zijn aan erosie.

Risico's:

Risicoanalyse van alle te verwachten technische, economische en ecologische risico's.

- *Technische risico's*
 - Bij het uitvallen van de turbines zal de hydraulische belasting niet worden verminderd.
 - De turbines kunnen na uitval lastig gerepareerd worden.
- *Economische risico's*
 - De investering kan zichzelf niet terugverdienen vanwege tegenvallende energieopwekking.
- *Ecologische risico's*
 - De turbines kunnen mogelijk lokale ecologische processen verstoren.

Ontwerpschets:



Turbineveld

	Ecological Design Principles			Engineering Design Principles		
	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>
1	Continuity	3	Door het toepassen van dit alternatief zal de waterstroming worden aangepast. Gevolg hiervan is dat ook de sedimenthuishouding hierdoor verandert.	Requisite standard	7	Het verminderen van de hydraulische belasting vermindert de dijkhoogte.
2	No direct human disturbance	8	Het is vanwege de veiligheid niet toegestaan om het gebied te betreden.	Control of (environmental) variability	5	De turbines zijn gedimentioneerd op maatgevende omstandigheden. De turbines nemen naar verloop van tijd niet verder toe.
3	Endogeneity	5	Het zal de populatie noch versterken, noch doen afnemen.	Reasonable cost	4	De turbines verminderen de hydraulische belasting waardoor de dijk minder verhoogd moet worden. Daarentegen hebben de turbines wel een hoge aanschafwaarde. Deze kosten dienen door energiewinning terugverdiend te worden.
4	Population viability	6	Heeft geen direct effect op de populatie. Wel zal er overtollig slib uit het systeem gefilterd worden, wat de waterkwaliteit zal doen verbeteren.	Structural integrity, such as strength and stability	6	De turbines zorgen ervoor dat de dijk minder verstervigd dient te worden.
5	Opportunity for threatened species	5	De nestgelegenheden op de palen hebben een positief effect op de vogelpopulatie. Er zal overtollig slib uit het systeem gefilterd worden, wat de waterkwaliteit zal doen verbeteren. Dit zal een postieve uitwerking hebben op verschillende functies van het ecosysteem.	Reliability	4	De turbines kunnen stukgaan.
6	Trophic web integrity	4		Implementibility	5	Kan op veel locaties voor een dijk worden toegepast. Echter moet de effectiviteit eerst worden getest.
7	Opportunities for ecological succession	5	Hier is geen ruimte voor successie	Adaptability	1	Het is een vaststaand ontwerp.
8	Zone integrity	5	Door locatiespecifiek slib te laten bezinken kan het huidige gebied in stand gehouden worden.	Resilience	5	De constructie is niet extra bestand tegen meerdere stormen.
9	Characteristic (in)organic cycles	5	Er worden geen disrupties verwacht in de natuurlijke cycli.	Appropriate boundary conditions and loads	-	
10	Characteristic physicalchemical water quality	6	Er zal overtollig slib uit het systeem gefilterd worden, wat de waterkwaliteit zal verbeteren. Dit zal een goede werking hebben op verschillende diersoorten.			
11	Resilience	3	Indien de turbines uitvallen of beschadigen, dienen deze gerepareerd te worden.			
Gemiddelde		5,00		Gemiddelde	4,63	
Totaalgemiddelde						4,81

Building with Nature ontwerpalternatief

Naam:

Wierdijk

Uitleg alternatief:

De Wierdijk bestaat uit een gaasscherp dat geplaatst wordt tussen de hoge kwelder en de midden kwelder. Tijdens stormen slaat een gedeelte van de kwelder af. De afgeslagen vegetatieresten komen vervolgens klem te zitten tussen het scherm en de kwelder. Na de storm loopt het water weer uit de Wierdijk, maar blijft de vegetatie ertussen liggen. De vegetatie vormt onder druk een harde massa, waarbij het hoge zoutgehalte zorgt voor een goede conservering.

Casestudy: Wierdijk

Zuiderzee (huidig IJsselmeer)

Zoals te lezen valt in de historisch-geologische analyse in bijlage II-A werden de dijken in het Zuiderzeegebied versterkt met ter plaatste aanwezige materiaal. Dit zeegras (wieren genoemd) werd achter een paalconstructie voor de dijk geplaatst. Door de massa van het wier zelf, en het broeiproces wat er binnenin ontstond een vaste massa met een laagsgewijze structuur. De wierdijk kon lange tijd veerkrachtig weerstand bieden tegen golfaanvallen (LOLA landscape architects, 2015).

Kansen:

De verwachte voordelen tussen het conventionele- en het Building with Nature alternatief.

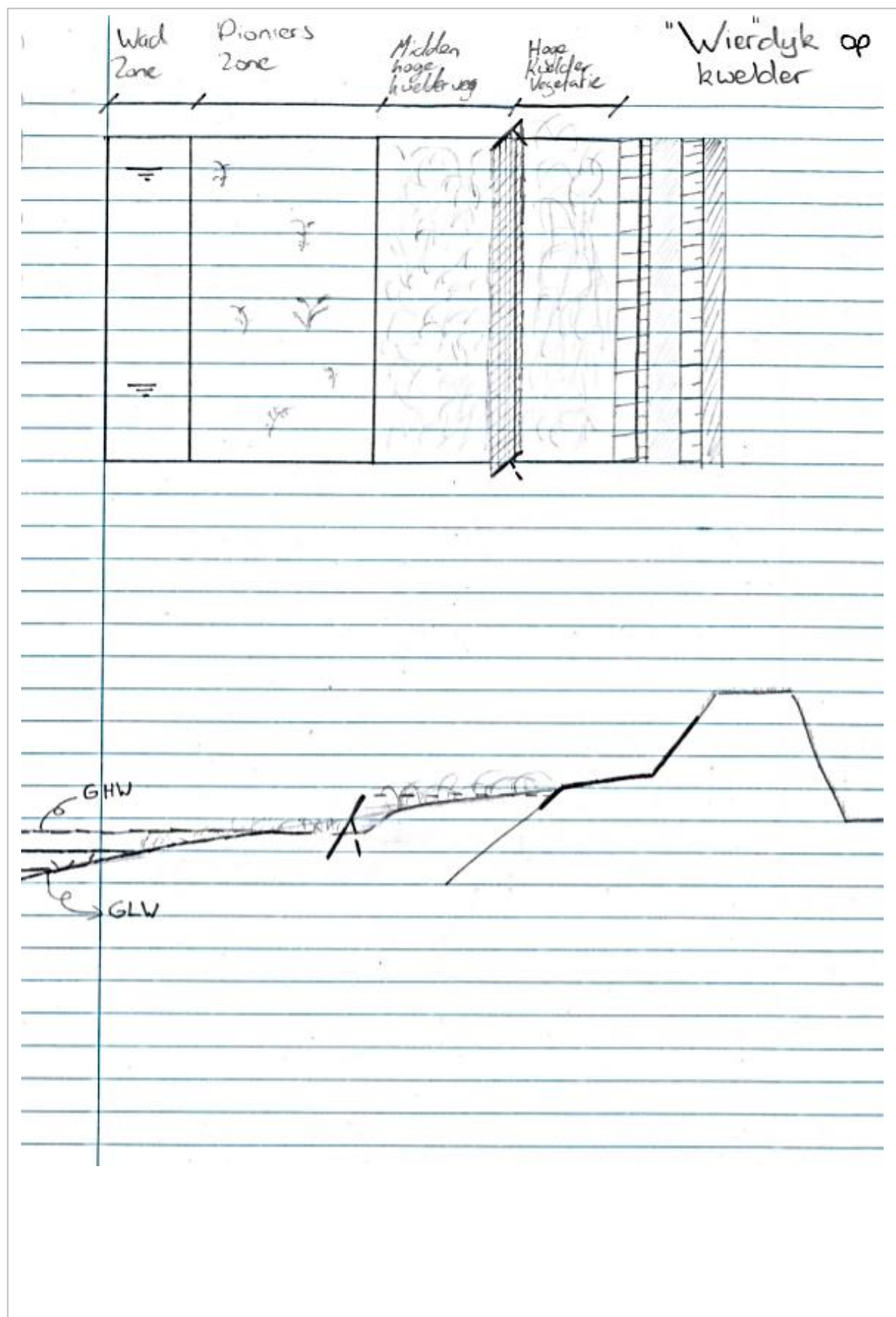
De Wierdijk zal gebruikt worden als vervanging van huidige kwelderbeschermwerken, zoals rijshoutdammen. De voordelen zijn vooral te verwachten in de kosten. De Wierdijk is relatief goedkoop en is behoeft weinig tot geen onderhoud. Aangezien de dijk zelf geen golfaanval tegenhoudt, zal de Wierdijk weinig tot niet beschadigen. Daarnaast kan er in het ontwerp al rekening gehouden worden met eventuele verhoging van het scherm in de toekomst.

Risico's:

Risicoanalyse van alle te verwachten technische, economische en ecologische risico's.

- *Technische risico's*
 - Technische risico's zijn vooral te vinden in de fundering. De kwelderondergrond bestaat vooral uit slib en klei, waardoor de fundering waarschijnlijk duurder uitvalt.
- *Economische risico's*
 - Economische risico's kunnen, naast de eerder benoemde eventuele versterkte fundering, bestaan uit de prijs van het materiaal van de Wierdijk en het al dan niet toekennen van subsidies voor het project.
- *Ecologische risico's*
 - Ecologische risico's zijn het niet kunnen migreren tussen de dijk en de zee voor verschillende diersoorten. De Wierdijk zou dan als barrière optreden.

Ontwerpschets:



Wierdijk

	Ecological Design Principles			Engineering Design Principles		
	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>	<i>Titel</i>	<i>Score (1-9)</i>	<i>Uitleg</i>
1	Continuity	4	Dit concept zorgt voor een vermindering van continuïteit tussen de dijk en de zee. De water- en zandstromen worden alleen onderbroken bij de wierdijk.	Requisite standard	7	De wierdijk zorgt voor een versterking van de kwelder. Hierdoor kan de kwelder behouden blijven. Dit bevordert de waterveiligheid.
2	No direct human disturbance	5	De kwelder is vrij toegankelijk. Vanaf de wierdijk is het lastig verder richting zee te komen. Dit is positief voor de (al dan niet) aanwezige pionierszone.	Control of (environmental) variability	7	Op het moment dat de zeespiegel stijgt, groeit de kwelder mee. Het gevolg is dat de wierdijk ook meegroeit na kleine menselijke aanpassingen.
3	Endogeneity	8	De kwelder promoot van origine voorkomende soorten.	Reasonable cost	9	De oplossing behoeft alleen kosten voor een gaashek en palen.
4	Population viability	7	Populaties krijgen op de kwelder de ruimte en mogelijkheden om zich te ontwikkelen.	Structural integrity, such as strength and stability	8	Alleen het hek dient te blijven staan. De vegetatie erachter zakt op natuurlijke wijze inelkaar.
5	Opportunity for threatened species	5	De kwelder en de wierdijk zorgen niet voor bedreigde soorten.	Reliability	8	Het water kan door het hek heen en zorgt voor weinig tot geen schade. De methode is vroeger getest. Echter moet de wijze getest worden voor hoge kweldervegetatie in plaats van wieren.
6	Trophic web integrity	5	De kwelder en de wierdijk zorgen niet voor 'keystone' soorten.	Implementability	5	De hekken kunnen zo geconstrueerd worden, dat een verhoging er meteen op geplaatst kan worden. Ook kunnen de hekken gemakkelijk verwijderd worden.
7	Opportunities for ecological succession	8	Dit concept zorgt voor een redelijke continuïteit tussen de dijk en de zee. De vegetatie wordt alleen onderbroken bij de wierdijk.	Adaptability	9	Indien de dijk beschadigt, beschadigt de kwelder ook. Hierdoor breekt vegetatie af, welke terechtkomt in de wierdijk.
8	Zone integrity	6	Het concept zorgt voor meer habitattypen, met name de hoge kwelder.	Resilience	9	
9	Characteristic (in)organic cycles	5	Er worden geen disrupties verwacht in de natuurlijke cycli.	Appropriate boundary conditions and loads	-	
10	Characteristic physicalchemical water quality	6	De kwelder neemt verschillende chemicaliën op door het groeien van de vegetatie.			
11	Resilience	8	Als een gedeelte van de wierdijk afslaat, komt er weer nieuw materiaal vanuit de kwelder in terecht.			
Gemiddelde		6,09		Gemiddelde	7,75	
Totaalgemiddelde						6,92



Bijlage III-C

Toelichting op
criteria MCA

Engineering: Building with Nature MOOC

Ecological Design Principles

by Prof. dr. Jill H. Slinger, Graciela del Carmen Nava Guerrero and Michelle Marijt

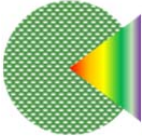
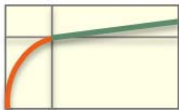
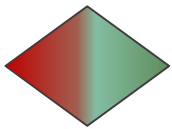
- *What does nature-friendly design mean?*
- *What are the principles upon which it is based?*
- *How do you include ecosystem-based thinking in your hydraulic engineering design practice?*

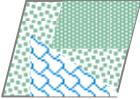
Answering these questions enables a multi-disciplinary negotiation space to emerge between ecology, environmental science and engineering design. This document attempts to answer the questions by expounding a set of eleven Ecological Design Principles.

Remember, we are not discussing the potential impacts of the infrastructure on the environment, nor are we evaluating the goods and services deriving to humans from an ecosystem. Instead, we are learning how to make design choices that accord more fully with the character and functional integrity of the ecosystem.

By applying the Ecological Design Principles fully across multiple time and scales, you can ensure that the inherent character and functional integrity of the ecosystem is maintained. Moreover, if you apply them along with the Engineering Design Principles, you connect your hydraulic engineering design choices with choices to conserve, restore or provide opportunities for the ecosystem. That is, you practice Building with Nature!

1. Continuity 	Continuity of water and sediment flows and land-water interfaces in the ecosystem. An ecosystem can be well connected or very fragmented. A connected ecosystem allows the exchange of both living and non-living resources. For instance, dams can interrupt the continuum of a river, and alter the quantity of water and sediments available in the downstream river. This can also impair the migration of fish species such as salmon and trout. Populations of salmon can only thrive when they have access to both fresh and salt water habitats. In another example, coastal defences such as closed groynes can interrupt the longshore transport of sediments, whereas an open groyne system continues to allow some sediment transport.	Vold and Buffett (2008) Freeman (1987) Sheaves (2009) Bélisle (2005)
2. No direct human disturbance 	This aims to minimize or prevent direct human disturbance on the ecosystem. Where direct disturbance occurs, the health of the ecosystem may be affected. For instance, when dunes are forming, it is important that colonizing pioneer plants are not stepped upon and damaged.	Vold and Buffett (2008) Lotze et al. (2006) Hannah, Lohse, Hutchinson, Carr, & Lankerani, 1994

3. Endogeneity 	Level of invasion of an ecosystem by exotic species, as reflected by the relative abundance of indigenous and invasive species. A high number of indigenous species, that belong in the local environment, is preferred above invasive colonisation. Invasive species can limit the survival opportunities of native species. Therefore, a hydraulic structure or its associated activities should preferably not advantage invasive species above indigenous species. For example, the Zebra mussel is an invasive species in European and north-American waters. Also, in restoring mangroves areas indigenous mangrove species are preferred above non-indigenous species. This has two main reasons; (1) the survival rates of non-indigenous species might differ significantly, and (2) the introduction of non-indigenous species can lead to unwanted 'invasion' of the original ecosystems.	Vold and Buffett (2008) Lotze et al. (2006) Alpert, Bone, and Holzapfel (2000) Suarez, Bolger, and Case (1998) Gordon (1998) D'Antonio and Meyerson (2002) Stohlgren et al. (1999)
4. Population viability 	A population is a local, connected group of individuals of the same species that inhabits a specific area. A population is considered viable when it has the ability to persist. The viability of a population is determined by reproduction, growth and death rates and population size. The population size must exceed a critical threshold to be viable. When its size falls below the critical threshold, the population may face extinction owing to a lower reproduction rate (and slow growth rate) in relation to the death rate. An infrastructure should not threaten the ability of populations to persist, but instead should provide opportunities for endangered populations.	Vold and Buffett (2008) Boyce (1992) Akçakaya and Sjögren-Gulve (2000)
5. Opportunity for threatened species 	Threatened species are species specifically identified (on the IUCN-red list, for example) as those whose ability to maintain viable populations is compromised. This can be due to habitat loss. Hydraulic infrastructures can help threatened species by offering new habitats, restoring connectivity and improving circulation, for instance. This criterion focuses specifically on species whose survival is known to be threatened and not on ensuring the viability of the population of all species in a particular location i.e. criterion 4.	Cullen, Fairburn, and Hughey (2001) Wearn, Reuman, and Ewers (2012) Possingham, Lindenmayer, and Norton (1993) Foin et al. (1998)

6. Trophic web integrity 	Ecosystems are complex networks in which matter, energy and living beings interact. A fully representative trophic web (food web) exhibits interactions between producers (plants and phytoplankton), consumers (e.g. birds, fish and clams) and decomposers (microorganisms and insects) that maintain the energy flow within the system. When critical species, also known as keystone species, are missing the integrity of the trophic web is harmed and the ecosystem is no longer healthy. For example, when herbivores (plant eating organisms) are missing from a coral reef environment, algae take over and smother the coral.	Vold and Buffett (2008) Mengak, Rutledge, and McDonald (2009) Kay and Schneider (1992) Karr (1981) Pusceddu, Gambi, Manini, and Danovaro (2007)
7. Opportunities for ecological succession 	Ecological succession is the natural change in the species composition of an ecosystem over time. Succession occurs when organisms alter the environment in such a way that they create habitats for other species. For instance, pioneer plant species that grow on a newly forming dune facilitate habitat formation for secondary vegetation as the dune becomes more stable. The ecosystem achieves its climax state when tertiary vegetation such as woodland is fully established. According to this principle, opportunities for the process of dynamic change should be ongoing and need to be offered for each and every stage from pioneer to climax.	Vold and Buffett (2008) Sousa (1979) Sklar, Costanza, and Day (1985) Ashkannejhad and Horton (2006) Doing (1985) Mitsch, Zhang, Anderson, Altor, and Hernández (2005)
8. Zone integrity 	Zone integrity aims to ensure that the natural mosaic of the ecosystem is fully represented. The presence of the full range of zonal diversity is a condition for ecosystem health. When one or more zones are missing, the integrity of the ecosystem is compromised. For instance, an estuarine salt marsh is characterized by a continuum from submerged mud flat to the upland zone that is only occasionally inundated. A missing or under-represented zone signals an imbalance in the ecosystem, possibly in response to atypical abiotic forcing or habitat disturbance.	Doing (1985)
9. Characteristic (in)organic cycles 	This principle relates to the integrity of the throughputs of carbon, nitrogen, phosphorous and silicon in an ecosystem. Inorganic and organic cycles that are fully representative and that function at all levels within their natural ranges, act to support and enable ecosystem character and functioning. When the throughputs are disrupted or pushed outside their natural ranges, the character and	Lotze et al. (2006) Karr and Dudley (1981) Mengak et al. (2009) Rabouille, Mackenzie, and Ver (2001)

	functioning of the ecosystem can alter. For instance, when dunes receive an excessive supply of nitrogen via air pollution, tertiary dune vegetation growth is over-stimulated and the natural dynamic movement of sand is limited.	
10. Characteristic physical-chemical water quality 	Water quality parameters such as temperature, salinity and dissolved oxygen strongly influence aquatic ecosystem functioning. This principle aims to maintain the water quality states within their natural range of variability over time and space. When water quality parameters are within their dynamic natural ranges, ecosystem functions are supported. Otherwise, harmful atypical events can be triggered. For example, when water exchange is limited, hypoxic (low levels of dissolved oxygen) or anoxic (no dissolved oxygen) areas can develop. In the ocean, areas in which the dissolved oxygen levels are not sufficient for the crabs, clams and fish to survive are termed “dead zones”.	Lotze et al. (2006) Karr and Dudley (1981)
11. Resilience 	Resilience is the capacity of the ecosystem to recover and maintain its integrity after disturbance(s). Therefore, an ecosystem is resilient when it is able to withstand and even benefit from reasonable, foreseeable disturbances. The effects of disturbances depend on their duration, magnitude and frequency of occurrence. An ecosystem is considered vulnerable when its character and functional integrity will already alter after small disturbances. Vulnerable ecosystems have a low resilience.	Vold and Buffett (2008) Holling (1973) Peterson, Allen, and Holling (1998) Gunderson (2000)

As ecosystems are networks in which matter, energy and living beings interact, the 11 Ecological Design Principles can never be fully independent of one another. For instance, limiting human disturbance (principle 2) can improve opportunities for ecological succession (principle 7), and improving the population viability (principle 4) of a keystone species can have effects on the trophic web integrity (principle 6). In a similar vein, ensuring that characteristic (in)organic cycles (principle 9) are maintained can assist in ensuring that dissolved oxygen levels remain within their naturally occurring ranges, and so ensure characteristic physical-chemical water quality (principle 10).

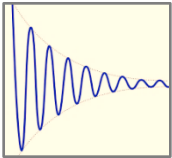
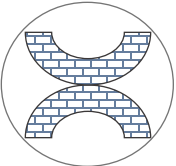
By applying the 11 Ecological Design Principles fully across multiple time and scales, however, you can connect your hydraulic engineering design choices with choices to conserve, restore or provide opportunities for the ecosystem.

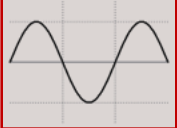
Engineering Design Principles

by Prof. dr. Jill H. Slinger

What is the essence of engineering design? What are the principles upon which it is based?

Answering these two questions enables the connection to ecological design, or nature-friendly design. If engineers can explain why they think and act in a particular way when designing, and if other professionals understand what motivates engineers, a multi-disciplinary negotiation space emerges. Therefore, this document attempts to answer the questions by expounding a set of eight Engineering Design Principles. Each of these principles describes an aspect that an engineer considers when design infrastructure.

1. Requisite standard 	A structure should withstand all conditions apart from those exceeding the design criteria. Examples include Dutch dikes which are built to withstand a 1 in 10000 year storm surge.
2. Control of (environmental) variability 	Control of environmental variability to ensure access, connection or supply. For instance, a lock is designed to connect two bodies of water in such a way that ships can move from one body of water to the other, by the control of the water level within the lock. A breakwater has a dual function - withstanding variability (to a requisite safety standard) and ensuring accessibility by controlling the variability of the wave conditions behind the breakwater. A major dam in a river is designed to control the variability in river flow by storing it to ensure supply. The more variable the river flow, the larger the dam needed to provide a particular assurance of supply.
3. Reasonable cost 	A pragmatic consideration of the costs and the benefits of certain infrastructure. While an unnecessarily expensive structure is not likely to be built, a cost-cutting version may not continue to meet the safety standard in the long term. A professional engineer is responsible for the trade-off between minimizing costs while maintaining standards.
4. Structural integrity, such as strength and stability 	A structure should be built of appropriate material and in an appropriate fashion to prevent unsteadiness or imbalance, yet retaining its resistance to loading. This requires the maintenance of structural integrity: strength, stability and stiffness. The structure should remain in position. For example, when large rocks or concrete blocks of a breakwater are placed directly on a sandy substrate, the structure can become unstable and subsides or slumps as time passes.

5. Reliability 	A structure should continue to function smoothly and well, and should not require many repairs. In general, the simpler the structure, the more likely it is to be reliable. This principle also incorporates the idea of maintenance: a structure can be maintained so that it remains reliable.
6. Implementability 	Checking whether an infrastructure is feasible and reasonable to construct and operate. Tried and tested methods are generally preferred above entirely novel ones. An exception is the Eastern Scheldt storm surge barrier, for which many new design and construction methods had to be developed.
7. Adaptability 	Taking potential future changes in the function of an infrastructure into account in the design phase. Applying adaptability to the design of a quay, for instance, would consider the need to raise and/or re-use it at a later stage to accommodate the next generation of ships, with deeper draughts.
8. Resilience 	Capacity of an engineering structure to withstand a second shock, or sudden high load, of similar magnitude to the first and yet retain its structural integrity and continue to meet the functional requirements. An example is a flood protection barrier successfully withstanding first one flood without significant structural damage, then being subjected to another big flood, and successfully withstanding this.
9. Appropriate boundary conditions and loads 	When designing, each engineer seeks to reconcile the function required of the infrastructure with the hydraulic boundary conditions and load that it will experience. They do this to a required standard, and at reasonable cost.

Further reading

Voorendt, M.Z. (2015). The 'Delft design method' for hydraulic engineering. Technical report, Delft University of Technology. Delta Technology, Design & Governance Series. Bee's Books, Amsterdam. ISBN/EAN: 978-90-74767-19-4

Dym, C. L., & Little, P. (2004). Engineering design: A project-based introduction. Wiley.

Bijlage IV
Voorlopige
Ontwerpen

Bijlage IV Voorlopige Ontwerpen

Bijlage IV-A Referentieontwerp

Bijlage IV-A-01 Ontwerpschets

Bijlage IV-A-02 Berekening: Overslagdebiet

Bijlage IV-A-03 Berekening: Kruinhoogte

Bijlage IV-B Mosselrif

Bijlage IV-B-01 Ontwerpschets

Bijlage IV-B-02 Berekening: Kruinhoogte

Bijlage IV-B-03 SSK

Bijlage IV-B-04 TEEB

Bijlage IV-C Wierdijk

Bijlage IV-C-01 Ontwerpschets

Bijlage IV-C-02 Berekening: Kruinhoogte

Bijlage IV-C-03 SSK

Bijlage IV-C-04 TEEB

Bijlage IV-D Mosselpan

Bijlage IV-D-01 Ontwerpschets

Bijlage IV-D-02 Berekening: Kruinhoogte

Bijlage IV-D-03 SSK

Bijlage IV-D-04 TEEB

Bijlage IV-E Presentatie Provincie Groningen

Bijlage IV-F Toelichting Natuurbaten



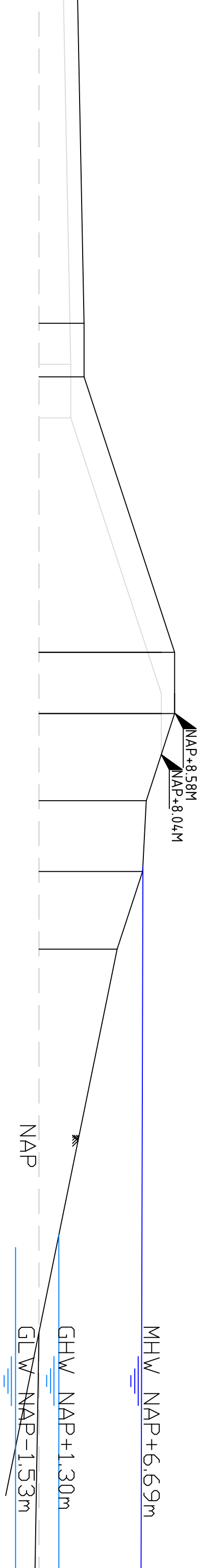
Bijlage IV-A

Referentieontwerp

Bijlage IV-A-01

Ontwerpschets

Zijaanzicht



Bijlage IV-A-02

*Berekening:
Overslagdebiet*

Hydra-NL Versienummer: 2.3.5 augustus 2017
Gebruikersnaam = Aldershof
Datum berekening = 21-11-2017 10:05:28

Invoerdatabase = DEMO_Waddenzee.mdb
Versie golfoverslagmodule = 16.1.1.0

Locatie = WZ_1_6-6_dk_00211
X-coördinaat = 253977 m
Y-coördinaat = 604550 m

Profiel

Aanwezige dijkhoogte = 8,08 m+NAP
Uitwendige dijknormaal = 0,00 °

Dijkprofielcoördinaten		Taludruwheids-
Afstand	Hoogte	factor
40,43 m	1,40 m	0,90
51,56 m	3,80 m	0,90
59,18 m	5,28 m	0,90
67,38 m	6,54 m	0,90
73,24 m	8,08 m	

Type berekening = Overslagdebiet
Kruinhoogte = 8,08 m+NAP

Illustratiepunt

Waterstand = 6,69 m+NAP
Significante golfhoogte = 2,29 m
Spectrale golfperiode = 4,89 s
Golfrichting t.o.v. Noord = 7,00 °

Berekend overslagdebiet = 32,7 l/s/m



Bijlage IV-A-03

*Berekening:
Kruinhoogte*



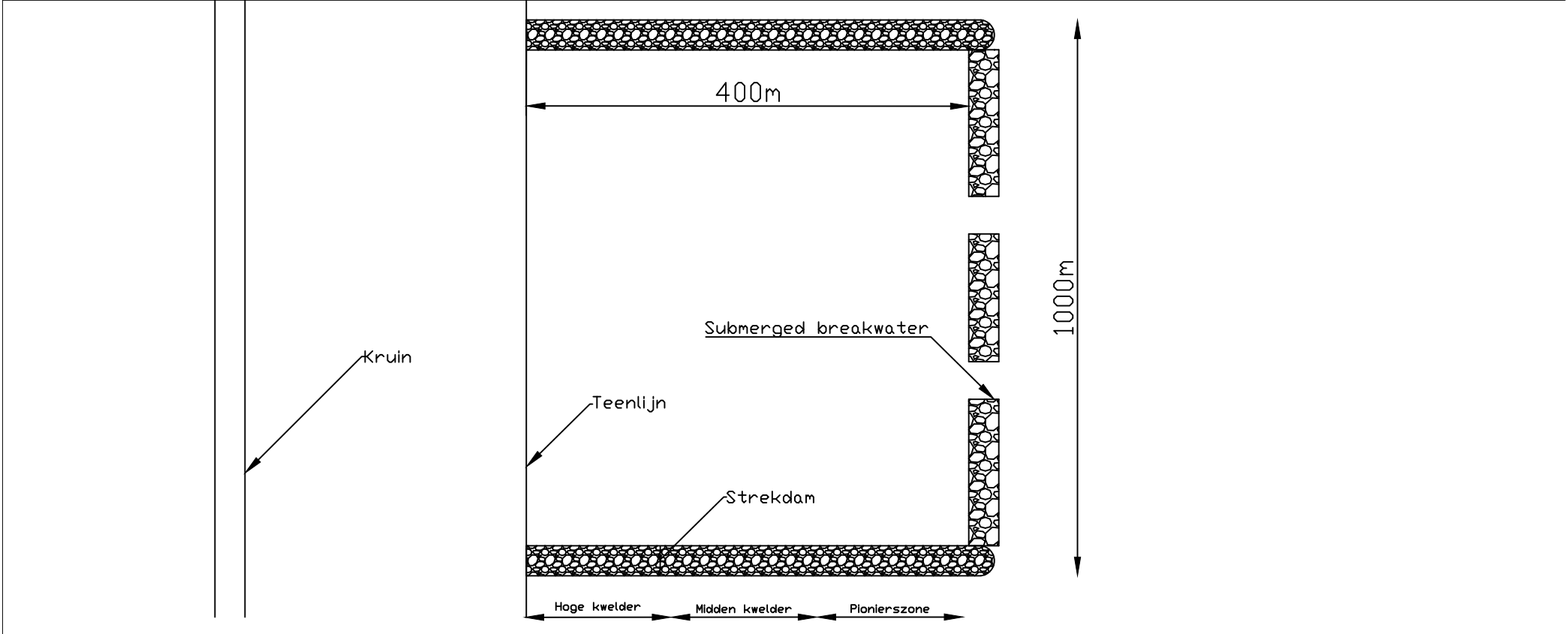
Bijlage IV-B

Mosselrif

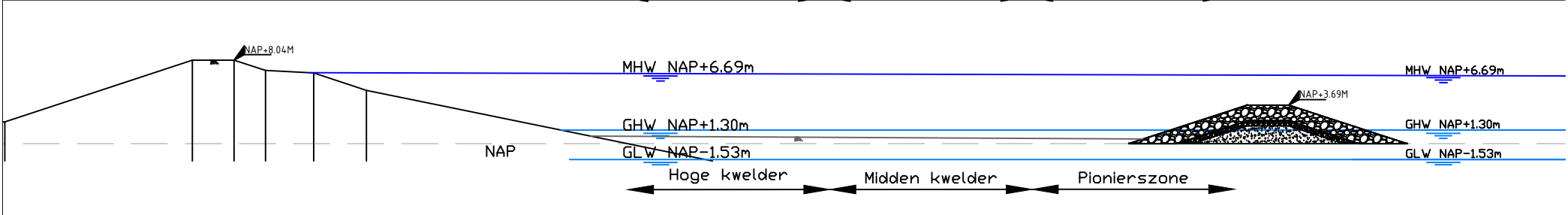
Bijlage IV-B-01

Ontwerpschets

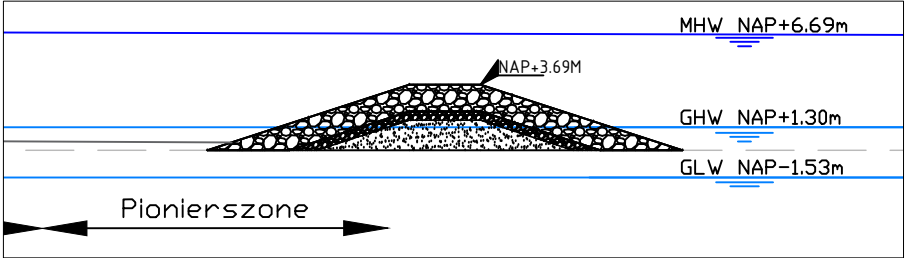
Bovenaanzicht



Zijaanzicht



Detail A





Bijlage IV-B-02

*Berekening:
Kruinhoogte*

```
Hydra-NL                               Versienummer: 2.3.5
augustus 2017
Gebruikersnaam                         = Gebruiker
Datum berekening                       = 21-12-2017 12:18:32
```

```
Invoerdatabase           = DEMO_Waddenzee.mdb
Versie golfoverslagmodule = 16.1.1.0
```

Locatie = WZ_1_6-6_dk_00211
X-coördinaat = 253977 m
Y-coördinaat = 604550 m

Profiel	
Aanwezige dijkhoogte	= 8,08 m+NAP
Uitwendinge dijknormaal	= 0,00 °

Dijkprofielcoördinaten		Taludruwheids-
Afstand	Hoogte	factor
40,43 m	1,40 m	0,90
51,56 m	3,80 m	0,90
59,18 m	5,28 m	0,90
67,38 m	6,54 m	0,90
73,24 m	8,08 m	

Type berekening = Hydraulisch belastingniveau, Golfoverslag
 Overslagdebiet = 10,00 l/s/m

Illustratiepunt		
Waterstand	=	6,69 m+NAP
Significante golfhoogte	=	1,30 m
Spectrale golfperiode	=	4,90 s
Golfrichting t.o.v. Noord	=	7,00 °

Hydraulisch belastingniveau = 7,89 m+NAP

Bijlage IV-B-03

SSK

Project: Mosselrif - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema

Prijspeil raming: 01-01-17
Datum raming: 06-12-17

Colofon

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Project:

Project
Omschrijving / specificatie
Projectfase
Opdrachtgever
Projectmanager
Manager projectbeheersing
Technisch manager

Mosselrif
Building with Nature in de Waddenzee
Voorlopig ontwerp (VO)
POV Waddenzeedijken
Marco Veendorp & Ron Hölscher

Raming:

Type raming
Datum opstelling raming
Opsteller raming
Mede opstellers raming
Versie raming
Status raming
Prijspeil raming
Valuta

Deterministische raming
06-12-17
P.R.Sinnema
M.J.Aldershof
V0.1
Definitief
01-01-17
Euro

Archivering:

Project-/dossier-/SAP-nummer
Documentnummer raming
Nummer kostenrapportage
Bestandsnaam raming
Locatie (map) opgeslagen raming

SSK-Rekenmodel Mosselrif.xlsm
G:\00 Algemeen\01 archiefdata\Financieel

Toetsing:

Raming intern getoetst door
Datum interne toetsing
Raming extern getoetst door
Datum externe toetsing

Parafering:

Paraaf opsteller raming
Paraaf interne toetser
Paraaf externe toetser
Paraaf projectleider
Paraaf manager projectbeheersing
Paraaf projectmanager

Project: Mosselrif - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken
 Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema

Prijspeil raming: 01-01-17
 Datum raming: 06-12-17

Samenvatting LCC en deelramingen

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Deelramingen	Geactiveerd	Investerings- kosten	Levensduur- kosten	Project- kosten	Investerings- kosten	Levensduur- kosten	Project- kosten	Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten
		Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar
		Projectkosten			Projectkosten (contante waarde) met 2,5% over 1 jaar			Niet gekapitaliseerd
Deelraming Mosselrif	Ja	€ 1.951.511	€ -	€ 1.951.511	€ 1.951.511	€ -	€ 1.951.511	€ - [€/jaar]
Objectoverstijgende risico's	Ja	€ 1.700	€ -	€ 1.700	€ 1.700	€ -	€ 1.700	€ - [€/jaar]
Scheefte		€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ - [€/jaar]
BTW	Ja	€ 410.174	€ -	€ 410.174	€ 410.174	€ -	€ 410.174	€ - [€/jaar]
Projectkosten inclusief BTW		€ 2.363.386	€ -	€ 2.363.386	€ 2.363.386	€ -	€ 2.363.386	€ - [€/jaar]
		Ok			Ok			

	Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten (toekomstige situatie) over 1 jaar	€ - [€/jaar]
	Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten (huidige situatie) over 1 jaar	€ - [€/jaar]
	Verschil gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten	€ - [€/jaar]

Handige checks binnen investeringskosten (incl. BTW):

Verhouding voorziene kosten t.o.v. investeringskosten	100%	10%	Verhouding nader te detaileren bouw- t.o.v. benoemde bouwkosten (excl. BTW)
Verhouding risicoreservering t.o.v. investeringskosten	0%	20%	Verhouding indirecte bouw- t.o.v. benoemde bouwkosten (excl. BTW)
Investeringskosten	100%	0%	Verhouding engineeringskosten t.o.v. bouwkosten
Verhouding risicoreservering t.o.v. voorziene kosten binnen investeringskosten	0%	0%	Verhouding overige bijkomende kosten t.o.v. bouwkosten
Verhouding scheefte t.o.v. deterministische investeringskosten	n.v.t.	1,60	Opslagfactor investeringskosten t.o.v. benoemde bouwkosten
Gemiddeld percentage BTW in de raming van de investeringskosten	21,00%		
Is de financiële planning (€) gelijk aan de raming (€) van de investeringskosten?	Ja		1 Looptijd in jaren van de investeringskosten: vanaf 1 t/m 1

Handige checks binnen levensduurkosten (incl. BTW):

Verhouding voorziene kosten t.o.v. levensduurkosten	0%	0%	Verhouding nader te detaileren levensduur- t.o.v. benoemde levensduurkosten (excl. BTW)
Verhouding risicoreservering t.o.v. levensduurkosten	0%	0%	Verhouding indirecte levensduur- t.o.v. benoemde levensduurkosten (excl. BTW)
Levensduurkosten	0%		
Verhouding risicoreservering t.o.v. voorziene kosten binnen levensduurkosten	0%	0,00%	Percentage gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten t.o.v. investeringskosten, in toekomstige situatie
Verhouding scheefte t.o.v. deterministische investeringskosten	n.v.t.	0,00%	Percentage gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten t.o.v. investeringskosten, in huidige situatie
Gemiddeld percentage BTW in de raming van de levensduurkosten	-		
Is de financiële planning (€) gelijk aan de raming (€) van de levensduurkosten?	Ja		1 Looptijd in jaren van de levensduurkosten: vanaf 1 t/m 1

Handige checks binnen projectkosten (incl. BTW):

Is de financiële planning (€) gelijk aan de raming (€) van de projectkosten?	Ja	1 Looptijd in jaren van de projectkosten (lifecycle): vanaf 1 t/m 1
--	----	---

Project: Mosselrif - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken
 Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R. Sinnema

Prijspeil raming: 01-01-17
 Datum raming: 06-12-17

Samenvatting SSK							Versie 3.05a (18 juni 2014)					
Kostengroepen Kostencategorieën	Directe kosten			Indirecte kosten	Voorziene kosten	Risicoreservering	Totaal					
	Benoemd	Nader te detaileren										
Investeringskosten (indeling naar categorie):												
Bouwkosten	€	1.476.174	€	147.617	€	327.720	€	1.951.511	€	-	€	1.951.511
Vastgoedkosten	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-
Engineeringskosten	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-
Overige bijkomende kosten	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-
Subtotaal investeringskosten	€	1.476.174	€	147.617	€	327.720	€	1.951.511	€	-	€	1.951.511
Objectoverstijgende risico's									€	1.700	€	1.700
Investeringskosten deterministisch	€	1.476.174	€	147.617	€	327.720	€	1.951.511	€	1.700	€	1.953.211
Scheefte									€	-	€	-
Investeringskosten exclusief BTW							€	1.951.511	€	1.700	€	1.953.211
BTW							€	409.817	€	357	€	410.174
Investeringskosten inclusief BTW							€	2.361.329	€	2.057	€	2.363.386
Investeringskosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 2,5% en looptijd van 1 jaar									€		€	2.363.386
Bandbreedte : met 70% zekerheid liggen de investeringskosten inclusief BTW tussen							€	-	en	€	-	-
Variatiecoëfficiënt									-			
Levensduurkosten:												
Subtotaal levensduurkosten	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-
Objectoverstijgende risico's									€	-	€	-
Levensduurkosten deterministisch	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-
Scheefte									€	-	€	-
Levensduurkosten exclusief BTW							€	-	€	-	€	-
BTW							€	-	€	-	€	-
Levensduurkosten inclusief BTW							€	-	€	-	€	-
Levensduurkosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 2,5% en looptijd van 1 jaar									€		€	-
Bandbreedte : met 70% zekerheid liggen de levensduurkosten inclusief BTW tussen							€	-	en	€	-	-
Variatiecoëfficiënt									-			
Projectkosten inclusief BTW							€	2.361.329	€	2.057	€	2.363.386
Projectkosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 2,5% en looptijd van 1 jaar											€	2.363.386
Budgetvaststelling investeringskosten:												
Investeringskosten inclusief BTW							€	2.361.329	€	2.057	€	2.363.386
Organisatiegebonden kosten			0%	€	2.363.386		€	-			€	-
Onzekerheidsreserve (in te vullen door financier)									€	-	€	-
Reservering scope wijzigingen (in te vullen door financier)									€	-	€	-
Aan te houden risicoreservering en totaal budget investeringskosten							€	2.361.329	€	2.057	€	2.363.386
Budgetvaststelling levensduurkosten:												
Levensduurkosten inclusief BTW							€	-	€	-	€	-
Organisatiegebonden kosten			0%	€	-		€	-			€	-
Onzekerheidsreserve (in te vullen door financier)									€	-	€	-
Reservering scope wijzigingen (in te vullen door financier)									€	-	€	-
Aan te houden risicoreservering en totaal budget levensduurkosten							€	-	€	-	€	-

Project: Mosselrif - Projectnr.: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken		Prijspeil raming: 01-01-17	
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema		Datum raming: 06-12-17	
Probabilistische resultaten		Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Probabilistische berekeningsmethode			
Simulatie datum Simulatie aantal Afhankelijkheid Verdeling Over- en onderschrijdingswaarde			
Probabilistische resultaten investeringskosten			
Deterministische investeringskosten inclusief BTW = modus (T_waarde) Scheefte investeringskosten inclusief BTW Probabilistische investeringskosten inclusief BTW = gemiddelde (Mu_waarde) Variatiecoëfficiënt investeringskosten Standaardafwijking investeringskosten Scheefheid Minimum waarde Maximum waarde P5 (investeringskosten met 95% kans op overschrijding) P15 (investeringskosten met 85% kans op overschrijding) P50 (investeringskosten met 50% kans op overschrijding) = mediaan P85 (investeringskosten met 15% kans op overschrijding) P95 (investeringskosten met 5% kans op overschrijding)		€2.363.386 €- <	

Project: Mosselrif - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken		Prijspeil raming:	01-01-17
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema		Datum raming:	06-12-17
Probabilistische resultaten			Versie 3.05a (18 juni 2014)
Probabilistische berekeningsmethode			
Simulatiedatum Simulatieaantal Afhankelijkheid Verdeling Over- en onderschrijdingswaarde			

Project: Mosselrif - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken		Prijspeil raming: 01-01-17	
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema		Datum raming: 06-12-17	
Probabilistische resultaten		Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Probabilistische berekeningsmethode			
Simulatie datum			
Simulatie aantal			
Afhankelijkheid			
Verdeling			
Over- en overschrijdingswaarde			
Probabilistische resultaten projectkosten			
Deterministische projectkosten inclusief BTW = modus (T_waarde)		€	2.363.386
Scheefte projectkosten inclusief BTW		€	-
Probabilistische projectkosten inclusief BTW = gemiddelde (Mu_waarde)			
Variatiecoëfficiënt projectkosten			
Standaardafwijking projectkosten			
Scheefheid			
Minimum waarde			
Maximum waarde			
P5 (projectkosten met 95% kans op overschrijding)			
P15 (projectkosten met 85% kans op overschrijding)			
P50 (projectkosten met 50% kans op overschrijding) = mediaan			
P85 (projectkosten met 15% kans op overschrijding)			
P95 (projectkosten met 5% kans op overschrijding)			

Project: Mosselrif - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken				Prijspeil raming: 01-01-17	
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R. Sinnema				Datum raming: 06-12-17	
Objectoverstijgende risico's					Versie 3.05a (18 juni 2014)
Deelraming aan					Totaal
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs	
Objectoverstijgende risico's investeringskosten:		Kans	Eenheid	Gevolg	Totaal
Code	REALISATIEFASE		k*g	€	-
Code	Onwerkbare omstandigheden buitendijks door extreem hoge waterstanden	10,00%	k*g	€ 8.500	€ 850
Code	Totaal benoemde risicobijdrage Mosselrif Realisatiefase		k*g	€ 850	€ -
Code	Niet benoemde risicobijdrage Mosselrif Realisatiefase	100,00%	k*g	€ 850	€ 850
Code	Totaal risicobijdrage Mosselrif Realisatiefase		k*g	€ 1.700	€ -
		0,09%	t.o.v. subtotaal investeringskosten		
OORINV	Totaal objectoverstijgende risico's investeringskosten			€	1.700
	Totaal objectoverstijgende risico's investeringskosten gekapitaliseerd			€	1.700

BTW		Spreidingen hvd %		Spreidingen prijzen %	
%		Hvd L (%)	Hvd U (%)	Prijs L (%)	Prijs U (%)
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%					
21,00%		Leeg	Leeg	Leeg	Leeg

Project: Mosselrif - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken						Prijspeil raming: 01-01-17					
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R. Sinnema						Datum raming: 06-12-17					
Deelraming Mosselrif						Versie 3.05a (18 juni 2014)					
Deelraming aan						Totaal		BTW		Spreidingen hvd %	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs				%		Hvd L (%)	Hvd U (%)
Investeringskosten:											
Code	Aanbrengen mosselrif	1.000,00	m	€	-	21,00%		0%	0%	0%	0%
Code	Steenbestorting D1500	33.150,00	m3	€	22,42	21,00%	743.223	25%	25%	25%	25%
Code	Steenbestorting 10-60	22.320,00	T	€	25,00	21,00%	558.000	25%	25%	25%	25%
Code	Filterdoek Geolon PP 40 180 gr/m2	15.550,00	m2	€	2,70	21,00%	41.985	25%	25%	25%	25%
Code	Aanbrengen zandkern	14.940,00	m3	€	8,90	21,00%	132.966	25%	25%	0%	0%
00-BDBK	Benoemde directe bouwkosten			€	1.476.174	21,00%	1.476.174				
00-NTDBK	Nader te detaileren bouwkosten (%)	10,00%	%	€	147.617	21,00%	147.617	0%	0%		
00-DBK	Directe bouwkosten			€	1.623.791	21,00%	1.623.791				
00-IBKEK99	Eenmalige kosten (%)	1,00%	%	€	16.238	21,00%	16.238	0%	0%		
00-IBKABK	Algemene bouwplaatskosten (%)	1,00%	%	€	16.238	21,00%	16.238	0%	0%		
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	6,00%	%	€	97.427	21,00%	97.427	0%	0%		
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	7,00%	%	€	122.759	21,00%	122.759	0%	0%		
00-IBKW1	Winst (%)	2,00%	%	€	37.529	21,00%	37.529	0%	0%		
00-IBKR1	Risico (%)	2,00%	%	€	37.529	21,00%	37.529	0%	0%		
00-IBK	Indirecte bouwkosten	20,18%	t.o.v. directe bouwkosten	€	327.720	21,00%	327.720				
00-VBK	Voorziene bouwkosten			€	1.951.511	21,00%	1.951.511				
00-BK	Bouwkosten Deelraming Mosselrif			€	1.951.511	21,00%	1.951.511				
00-BDVK	Benoemde directe vastgoedkosten			€	-	0,00%	-				
00-DVK	Directe vastgoedkosten			€	-	0,00%	-				
00-IVK	Indirecte vastgoedkosten		t.o.v. directe vastgoedkosten	€	-	0,00%	-				
00-VVK	Voorziene vastgoedkosten			€	-	0,00%	-				
00-RVK	Risico's vastgoedkosten		t.o.v. voorziene vastgoedkosten	€	-	0,00%	-				
00-VK	Vastgoedkosten Deelraming Mosselrif			€	-	0,00%	-				
00-BDEK	Benoemde directe engineeringkosten			€	-	0,00%	-				
00-DEK	Directe engineeringkosten			€	-	0,00%	-				
00-IEK	Indirecte engineeringkosten		t.o.v. directe engineeringkosten	€	-	0,00%	-				
00-VEK	Voorziene engineeringkosten			€	-	0,00%	-				
00-REK	Risico's engineeringkosten		t.o.v. voorz. engineeringkosten	€	-	0,00%	-				
00-EK	Engineeringkosten Deelraming Mosselrif			€	-	0,00%	-				
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten			€	-	0,00%	-				
00-DOBK	Directe overige bijkomende kosten			€	-	0,00%	-				
00-IOBK	Indirecte overige bijkomende kosten		t.o.v. directe overige bijk. kosten	€	-	0,00%	-				
00-VOBK	Voorziene overige bijkomende kosten			€	-	0,00%	-				
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten		t.o.v. voorz. overige bijk. kosten	€	-	0,00%	-				
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Mosselrif			€	-	0,00%	-				
00-INV	Investeringskosten Deelraming Mosselrif			€	1.951.511	21,00%	1.951.511	Ingevuld	Ingevuld	Ingevuld	Ingevuld
	Investeringskosten Deelraming Mosselrif (contante waarde)			€	1.951.511						
Levensduurkosten:											
		Aantal keren	Eenheid	Kosten per keer	Totaal levensduur						
00-BDLEV	Benoemde directe levensduurkosten			€	-	0,00%	-				
00-DLEV	Directe levensduurkosten			€	-	0,00%	-				
00-ILEV	Indirecte levensduurkosten		t.o.v. directe levensduurkosten	€	-	0,00%	-				
00-VLEV	Voorziene levensduurkosten			€	-	0,00%	-				
00-RLEV	Risico's levensduurkosten		t.o.v. voorziene levensduurkosten	€	-	0,00%	-				
00-LEV	Levensduurkosten Deelraming Mosselrif			€	-	0,00%	-	Leeg	Leeg	Leeg	Leeg
	Levensduurkosten Deelraming Mosselrif (contante waarde)			€	-						
00-LCC	Investerings- & levensduurkosten Deelraming Mosselrif			€	1.951.511	21,00%	1.951.511				
	Investerings- & levensduurkosten Deelraming Mosselrif (contante waarde)			€	1.951.511						

Bijlage IV-B-04

TEEB

Resultaten natuurbaten TEEB methode

					Mosselrif	
Natuurbaten	Eenheid kwantificering	Aantal	Eenheid monetarisering	Geld (in €)	Oppervlakte (in ha)	Totale baten
Zuiveringsbaten: Nitraat	Kg N per ha per jaar	324	Zuiveringskosten RWZI per kg N	€ 2,20	40	€ 28.512,00
Zuiveringsbaten: Fosfaat (d.m.v. plantopname, sedimentatie)	Kg P per ha per jaar	25	Zuiveringskosten RWZI per kg P	€ 0,50	40	€ 500,00
Zuiveringsbaten: Metalenbinding	Kg Cd, per ha per jaar	7686	Zuiveringskosten RWZI per kg	€ 0,31	40	€ 95.306,40
Zuiveringsbaten: Koolstofafbraak/bezinking	Kg Cd, per ha per jaar	1500	Zuiveringskosten RWZI per kg C (BZV reductie)	€ 0,15	40	€ 8.880,00
Mosselen	Ton mosselen per ha per jaar	7,6	prijs per per ton schelpdieren	€ 1.380,00	0,4	€ 4.179,43
Klimaatbaten	Ton C per ha per jaar	0,0015	Waarde per ton C (in biomassa)	€ 49,50	40	€ 2,97
Sedimentafvang (sediment uit water naar land)	Kuub sediment per ha per jaar	200,0	Baggerkosten per kuub schoon sediment	€ 6,00	40	€ 48.000,00
Groene elektriciteitswinning	kWh per jaar	2024018	Prijs per kWh	€ 0,05	0	€ -
Verervingsbaten biodiversiteit			Wtp/donatie per km per jaar	€ 2,10	1	€ 2,10
Totaal					€	185.382,90



Bijlage IV-C

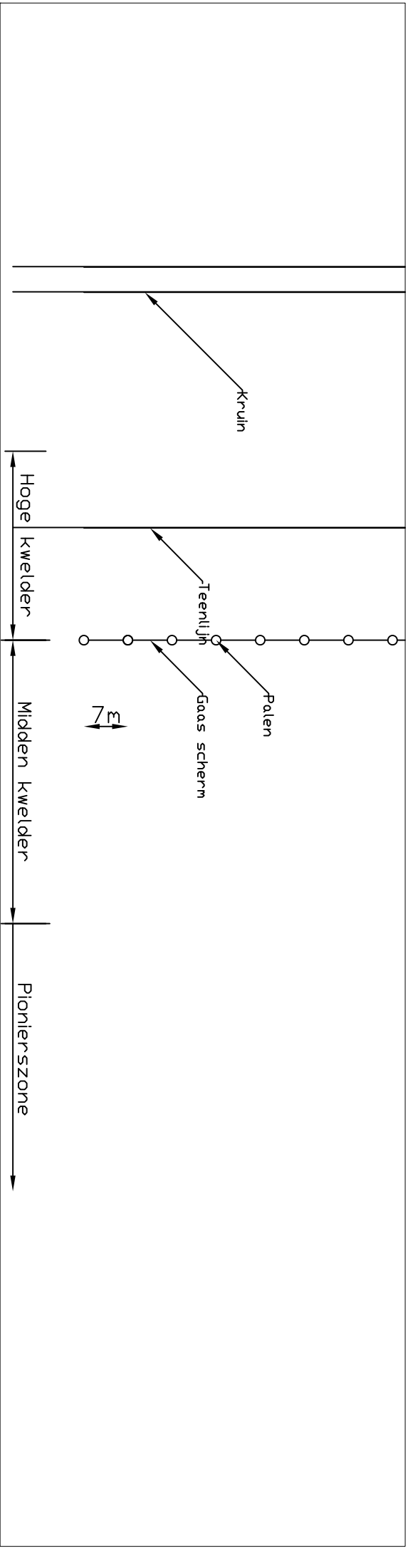
Wierdijk



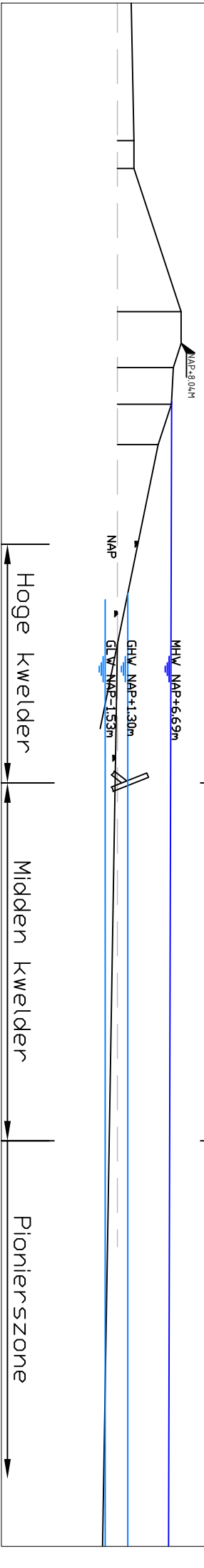
Bijlage IV-C-01

Ontwerpschets

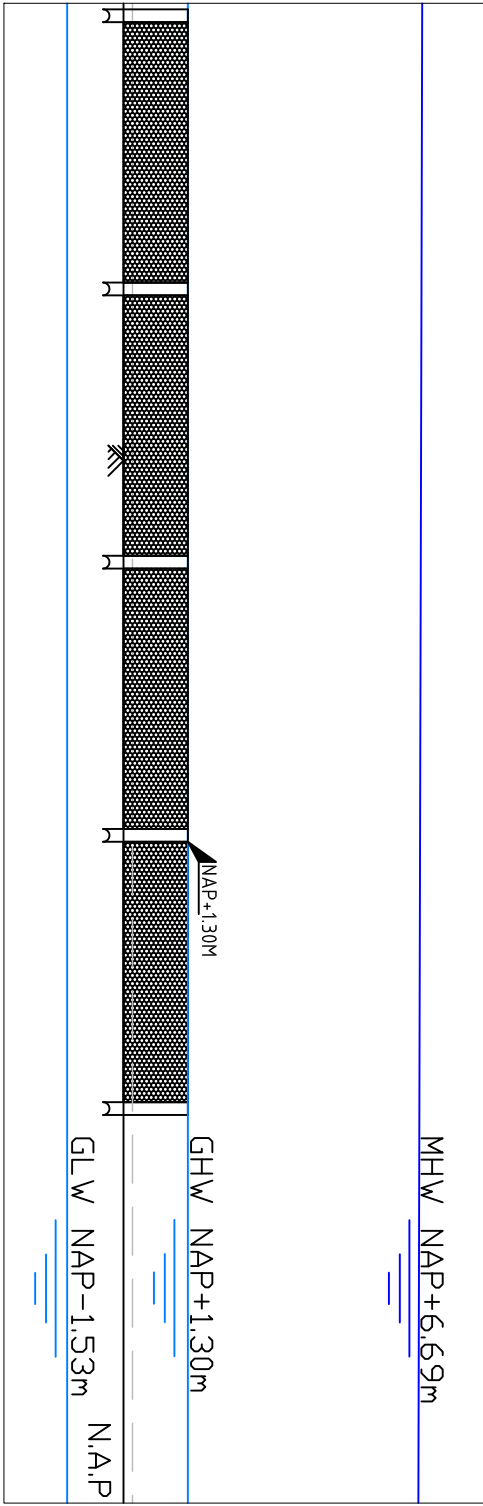
Bovenaanzicht



Zijaanzicht



Detail A





Bijlage IV-C-02

*Berekening:
Kruinhoogte*

```
Hydra-NL                               Versienummer: 2.3.5
augustus 2017
Gebruikersnaam                         = Gebruiker
Datum berekening                       = 21-12-2017 12:30:13
```

augustus 2017

Gebruikersnaam

```
Invoerdatabase           = DEMO_Waddenzee.mdb
Versie golfoverslagmodule = 16.1.1.0
```

Versie golfoverslagmodule = 16.1⁻1.0

Locatie = WZ_1_6-6_dk_00211
X-coördinaat = 253977 m
Y-coördinaat = 604550 m

X-coördinaat = $25\overline{3977} \text{ m}$

Y-coördinaat = 604550 m

Profiel	
Aanwezige dijkhoogte	= 8,08 m+NAP
Uitwendinge dijknormaal	= 0,00 °

Uitwendige dijknormaal = 0,00 °

Dijkprofielcoördinaten		Taludruwheids-
Afstand	Hoogte	factor
40,43 m	1,40 m	0,90
51,56 m	3,80 m	0,90
59,18 m	5,28 m	0,90
67,38 m	6,54 m	0,90
73,24 m	8,08 m	

Afstand	Hoogte	factor
---------	--------	--------

40,43 m 1,40 m 0,90

51,56 m 3,80 m 0,90

59,18 m 5,28 m 0,90

67,38 m 6,54 m 0,90

73,24 m 8,08 m

Type berekening = Hydraulisch belastingniveau, Golfoverslag
 Overslagdebiet = 10,00 l/s/m

Overslagdebiet = 10,00 l/s/m

Illustratiepunt		
Waterstand	=	6,69 m+NAP
Significante golfhoogte	=	1,67 m
Spectrale golfperiode	=	4,90 s
Golfrichting t.o.v. Noord	=	7,00 °

Waterstand = 6,69 m

Significante golfhoogte = 1,67 m

Spectrale golfperiode = 4,90 s

Golfrichting t.o.v. Noord = 7,00 °

Hydraulisch belastingniveau = 8,16 m+NAP

Bijlage IV-C-03

SSK

Project: Wierdijk - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken
 Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema

Prijspeil raming: 01-01-17
 Datum raming: 06-12-17

Colofon

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Project:

Project
 Omschrijving / specificatie
 Projectfase
 Opdrachtgever
 Projectmanager
 Manager projectbeheersing
 Technisch manager

Wierdijk
 Building with Nature in de Waddenzee
 Voorloptig ontwerp (VO)
 POV Waddenzeedijken
 Marco Veendorp & Ron Hölscher

Raming:

Type raming
 Datum opstelling raming
 Opsteller raming
 Mede opstellers raming
 Versie raming
 Status raming
 Prijspeil raming
 Valuta

Deterministische raming
 06-12-17
 P.R.Sinnema
 M.J.Aldershof
 V0.1
 Definitief
 01-01-17
 Euro

Archivering:

Project-/dossier-/SAP-nummer
 Documentnummer raming
 Nummer kostenrapportage
 Bestandsnaam raming
 Locatie (map) opgeslagen raming

SSK-Rekenmodel Wierdijk aangepast.xlsm
 G:\Bijlagen\Bijlagen\Bijlage IV

Toetsing:

Raming intern getoetst door
 Datum interne toetsing
 Raming extern getoetst door
 Datum externe toetsing

Parafering:

Paraaf opsteller raming
 Paraaf interne toetser
 Paraaf externe toetser
 Paraaf projectleider
 Paraaf manager projectbeheersing
 Paraaf projectmanager

Project: Wierdijk - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken
 Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema

Prijspeil raming: 01-01-17
 Datum raming: 06-12-17

Samenvatting LCC en deelramingen

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Deelramingen	Geactiveerd	Investerings- kosten	Levensduur- kosten	Project- kosten	Investerings- kosten	Levensduur- kosten	Project- kosten	Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten
		Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar
		Projectkosten			Projectkosten (contante waarde) met 2,5% over 1 jaar			Niet gekapitaliseerd
Deelraming Wierdijk	Ja	€ 807.956	€ -	€ 807.956	€ 807.956	€ -	€ 807.956	€ - [€/jaar]
Objectoverstijgende risico's	Ja	€ 2.400	€ -	€ 2.400	€ 2.400	€ -	€ 2.400	€ - [€/jaar]
Scheefte		€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ - [€/jaar]
BTW	Ja	€ 170.175	€ -	€ 170.175	€ 170.175	€ -	€ 170.175	€ - [€/jaar]
Projectkosten inclusief BTW		€ 980.531	€ -	€ 980.531	€ 980.531	€ -	€ 980.531	€ - [€/jaar]
		Ok			Ok			Ok

		Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten (toekomstige situatie) over 1 jaar		€ - [€/jaar]
		Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten (huidige situatie) over 1 jaar		€ - [€/jaar]
		Verschil gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten		€ - [€/jaar]

Handige checks binnen investeringskosten (incl. BTW):

Verhouding voorziene kosten t.o.v. investeringskosten	100%	10%	Verhouding nader te detailleren bouw- t.o.v. benoemde bouwkosten (excl. BTW)
Verhouding risicoreservering t.o.v. investeringskosten	0%	20%	Verhouding indirecte bouw- t.o.v. benoemde bouwkosten (excl. BTW)
Investeringskosten	100%	0%	Verhouding engineeringskosten t.o.v. bouwkosten
Verhouding risicoreservering t.o.v. voorziene kosten binnen investeringskosten	0%	0%	Verhouding overige bijkomende kosten t.o.v. bouwkosten
Verhouding scheefte t.o.v. deterministische investeringskosten	n.v.t.	1,60	Opslagfactor investeringskosten t.o.v. benoemde bouwkosten
Gemiddeld percentage BTW in de raming van de investeringskosten	21,00%		
Is de financiële planning (€) gelijk aan de raming (€) van de investeringskosten?	Ja		1 Looptijd in jaren van de investeringskosten: vanaf 1 t/m 1

Handige checks binnen levensduurkosten (incl. BTW):

Verhouding voorziene kosten t.o.v. levensduurkosten	0%	0%	Verhouding nader te detailleren levensduur- t.o.v. benoemde levensduurkosten (excl. BTW)
Verhouding risicoreservering t.o.v. levensduurkosten	0%	0%	Verhouding indirecte levensduur- t.o.v. benoemde levensduurkosten (excl. BTW)
Levensduurkosten	0%		
Verhouding risicoreservering t.o.v. voorziene kosten binnen levensduurkosten	0%	0,00%	Percentage gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten t.o.v. investeringskosten, in toekomstige situatie
Verhouding scheefte t.o.v. deterministische investeringskosten	n.v.t.	0,00%	Percentage gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten t.o.v. investeringskosten, in huidige situatie
Gemiddeld percentage BTW in de raming van de levensduurkosten	-		
Is de financiële planning (€) gelijk aan de raming (€) van de levensduurkosten?	Ja		1 Looptijd in jaren van de levensduurkosten: vanaf 1 t/m 1

Handige checks binnen projectkosten (incl. BTW):

Is de financiële planning (€) gelijk aan de raming (€) van de projectkosten?	Ja	1 Looptijd in jaren van de projectkosten (lifecycle): vanaf 1 t/m 1
--	----	---

Project: Wierdijk - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken
 Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R. Sinnema

Prijspeil raming: 01-01-17
 Datum raming: 06-12-17

Samenvatting SSK				Versie 3.05a (18 juni 2014)			
Kostengroepen Kostencategorieën	Directe kosten			Voorziene kosten	Risicoreservering	Totaal	
	Benoemd	Nader te detaileren	Indirecte kosten				
Investeringskosten (indeling naar categorie):							
Bouwkosten	€ 611.159	€ 61.116	€ 135.681	€ 807.956	€ -	€ 807.956	
Vastgoedkosten	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
Engineeringskosten	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
Overige bijkomende kosten	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
Subtotaal investeringskosten	€ 611.159	€ 61.116	€ 135.681	€ 807.956	€ -	€ 807.956	
Objectoverstijgende risico's					€ 2.400	€ 2.400	
Investeringskosten deterministisch	€ 611.159	€ 61.116	€ 135.681	€ 807.956	€ 2.400	€ 810.356	
Scheefte					€ -	€ -	
Investeringskosten exclusief BTW				€ 807.956	€ 2.400	€ 810.356	
BTW				€ 169.671	€ 504	€ 170.175	
Investeringskosten inclusief BTW				€ 977.627	€ 2.904	€ 980.531	
Investeringskosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 2,5% en looptijd van 1 jaar						€ 980.531	
Bandbreedte : met 70% zekerheid liggen de investeringskosten inclusief BTW tussen				€ -	en	€ -	
Variatiecoëfficiënt					-		
Levensduurkosten:							
Subtotaal levensduurkosten	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
Objectoverstijgende risico's					€ -	€ -	
Levensduurkosten deterministisch	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
Scheefte					€ -	€ -	
Levensduurkosten exclusief BTW				€ -	€ -	€ -	
BTW				€ -	€ -	€ -	
Levensduurkosten inclusief BTW				€ -	€ -	€ -	
Levensduurkosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 2,5% en looptijd van 1 jaar						€ -	
Bandbreedte : met 70% zekerheid liggen de levensduurkosten inclusief BTW tussen				€ -	en	€ -	
Variatiecoëfficiënt					-		
Projectkosten inclusief BTW				€ 977.627	€ 2.904	€ 980.531	
Projectkosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 2,5% en looptijd van 1 jaar						€ 980.531	
Budgetvaststelling investeringskosten:							
Investeringskosten inclusief BTW				€ 977.627	€ 2.904	€ 980.531	
Organisatiegebonden kosten		0%	€ 980.531	€ -		€ -	
Onzekerheidsreserve (in te vullen door financier)					€ -	€ -	
Reservering scope wijzigingen (in te vullen door financier)					€ -	€ -	
Aan te houden risicoreservering en totaal budget investeringskosten				€ 977.627	€ 2.904	€ 980.531	
Budgetvaststelling levensduurkosten:							
Levensduurkosten inclusief BTW				€ -	€ -	€ -	
Organisatiegebonden kosten		0%	€ -	€ -		€ -	
Onzekerheidsreserve (in te vullen door financier)					€ -	€ -	
Reservering scope wijzigingen (in te vullen door financier)					€ -	€ -	
Aan te houden risicoreservering en totaal budget levensduurkosten				€ -	€ -	€ -	

Project: Wierdijk - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken		Prijspeil raming: 01-01-17	
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema		Datum raming: 06-12-17	
Probabilistische resultaten		Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Probabilistische berekeningsmethode			
Simulatie datum Simulatie aantal Afhankelijkheid Verdeling Over- en onderschrijdingswaarde			
Probabilistische resultaten investeringskosten			
Deterministische investeringskosten inclusief BTW = modus (T_waarde)		€	980.531
Scheefte investeringskosten inclusief BTW		€	-
Probabilistische investeringskosten inclusief BTW = gemiddelde (Mu_waarde)			
Variatiecoëfficiënt investeringskosten			
Standaardafwijking investeringskosten			
Scheefheid			
Minimum waarde			
Maximum waarde			
P5 (investeringskosten met 95% kans op overschrijding)			
P15 (investeringskosten met 85% kans op overschrijding)			
P50 (investeringskosten met 50% kans op overschrijding) = mediaan			
P85 (investeringskosten met 15% kans op overschrijding)			
P95 (investeringskosten met 5% kans op overschrijding)			
Risicobijdragen investeringskosten (kostenposten die de grootte van de standaardafwijking bepalen)		Afbeelding 1. Kansdichtheidsfunctie en kansverdelingsfunctie van de investeringskosten	
Probabilistische resultaten levensduurkosten			
Deterministische levensduurkosten inclusief BTW = modus (T_waarde)		€	-
Scheefte levensduurkosten inclusief BTW		€	-
Probabilistische levensduurkosten inclusief BTW = gemiddelde (Mu_waarde)			
Variatiecoëfficiënt levensduurkosten			
Standaardafwijking levensduurkosten			
Scheefheid			
Minimum waarde			
Maximum waarde			
P5 (levensduurkosten met 95% kans op overschrijding)			
P15 (levensduurkosten met 85% kans op overschrijding)			
P50 (levensduurkosten met 50% kans op overschrijding) = mediaan			
P85 (levensduurkosten met 15% kans op overschrijding)			
P95 (levensduurkosten met 5% kans op overschrijding)			
Risicobijdragen levensduurkosten (kostenposten die de grootte van de standaardafwijking bepalen)		Afbeelding 2. Kansdichtheidsfunctie en kansverdelingsfunctie van de levensduurkosten	

Project: Wierdijk - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken		Prijspeil raming:	01-01-17
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema		Datum raming:	06-12-17
Probabilistische resultaten			Versie 3.05a (18 juni 2014)
Probabilistische berekeningsmethode			
Simulatiedatum Simulatieaantal Afhankelijkheid Verdeling Over- en onderschrijdingswaarde			

Project: Wierdijk - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken		Prijspeil raming:	01-01-17
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema		Datum raming:	06-12-17
Probabilistische resultaten		Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Probabilistische berekeningsmethode			
Simulatie datum			
Simulatie aantal			
Afhankelijkheid			
Verdeling			
Over- en onderschrijdingswaarde			
Probabilistische resultaten projectkosten			
Deterministische projectkosten inclusief BTW = modus (T_waarde)		€	980.531
Scheefte projectkosten inclusief BTW		€	-
Probabilistische projectkosten inclusief BTW = gemiddelde (Mu_waarde)			
Variatiecoëfficiënt projectkosten			
Standaardafwijking projectkosten			
Scheefheid			
Minimum waarde			
Maximum waarde			
P5 (projectkosten met 95% kans op overschrijding)			
P15 (projectkosten met 85% kans op overschrijding)			
P50 (projectkosten met 50% kans op overschrijding) = mediaan			
P85 (projectkosten met 15% kans op overschrijding)			
P95 (projectkosten met 5% kans op overschrijding)			
Risicobijdragen projectkosten (kostenposten die de grootte van de standaardafwijking bepalen)		Afbeelding 3. Kansdichtheidsfunctie en kansverdelingsfunctie van de projectkosten	

Project: Wierdijk - Projectnr.: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken

Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R. Sinnema

Prijspeil raming: 01-01-17

Datum raming: 06-12-17

Objectoverstijgende risico's					Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Deelraming aan					Totaal	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Objectoverstijgende risico's investeringskosten:		Kans	Eenheid	Gevolg	Totaal	
	REALISATIEFASE		k*g	€	-	
	Onwerkbare omstandigheden buitendijks door extreem hoge waterstanden	10,00%	k*g	€	12.000	€ 1.200
	Totaal benoemde risicobijdrage Wierdijk Realisatiefase		k*g	€	1.200	€ -
	Niet benoemde risicobijdrage Rijke Dijk Realisatiefase	100,00%	k*g	€	1.200	€ 1.200
	Totaal risicobijdrage Wierdijk Realisatiefase		k*g	€	2.400	€ -
		0,30%	t.o.v. sub totaal investeringskosten			
OORINV	Totaal objectoverstijgende risico's investeringskosten				€	2.400
	Totaal objectoverstijgende risico's investeringskosten gekapitaliseerd				€	2.400
Objectoverstijgende risico's levensduurkosten:		Kans	Eenheid	Gevolg	Totaal	
		0,00%	t.o.v. sub totaal levensduurkosten			
OORLEV	Totaal objectoverstijgende risico's levensduurkosten				€	-
	Totaal objectoverstijgende risico's levensduurkosten gekapitaliseerd				€	-

BTW		Spreidingen hvd %		Spreidingen prijzen %	
%		Hvd L (%)	Hvd U (%)	Prijs L (%)	Prijs U (%)
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%					
21,00%		Leeg	Leeg	Leeg	Leeg
0,00%		Leeg	Leeg	Leeg	Leeg

Project: Wierdijk - Projectnr.: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema					Prijspeil raming: 01-01-17 Datum raming: 06-12-17							
Deelraming Wierdijk					Versie 3.05a (18 juni 2014)							
Deelraming aan					Totaal		BTW					
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			%	Spreidingen hvd %	Spreidingen prijzen %			
								Hvd L (%)	Hvd U (%)	Prijs L (%) Prijs U (%)		
Investeringskosten:					Hoeveelheid	Eenheid	Prijs					
200.010 200.010 220.030 220.010 220.020 220.020	Plaatsen kwelderscherm	1.000,00	m	€	-	€	21,00%	0%	0%	0%	0%	
	Betonnen palen (0.1 m*0.1 m*4.0 m) (l*b*h) h.o.h=7.0m	143,00	st	€	93,00	€	13.299	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Gaasscherm 2.10 m*7.00 m (h*I)	1.000,00	m	€	9,56	€	9.560	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Subtotaal kwelderscherm			€	22.859,00	€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
						€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
						€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
	Binnendijks					€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
	Ontgraven toplaag (incl. vervoer naar depot 2,5 km) 0,10 m dik	4.500,00	m3	€	3,20	€	14.400	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Ontgraven kleibekleding (incl. vervoer naar depot 2,5 km) 0,50 m dik	22.500,00	m3	€	3,20	€	72.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Leveren en aanbrengen zand in ophoging	18.000,00	m3	€	8,90	€	160.200	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Aanbrengen kleibekleding (incl. vervoer uit depot) 0,50 m dik	22.500,00	m3	€	3,20	€	72.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Leveren en aanbrengen kleibekleding, CAT 1 t.b.v. aanvulling	1.200,00	m3	€	18,00	€	21.600	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Aanbrengen toplaag (incl. vervoer uit depot) 0,10 m dik	4.500,00	m3	€	3,20	€	14.400	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Subtotaal binnendijks			€	354.600,00	€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
						€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
					€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%	
	Terreininrichting en verhardingen					€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
107.010	Verwijderen terreininrichting	10,00	euro	€	100,00	€	1.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
107.020	Verwijderen diverse verhardingen en toegangen	1,00	euro	€	3.000,00	€	3.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
107.030	Verwijderen asfaltverharding onderhoudspad	2.000,00	m2	€	9,00	€	18.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
501.030	Aanbrengen onderhoudspad 120 mm asfalt op 250 mm fundering	2.000,00	m2	€	28,00	€	56.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
701.010	Aanbrengen terreininrichting e.d.	10,00	euro	€	120,00	€	1.200	21,00%	25%	25%	0%	0%
701.020	Aanbrengen diverse verhardingen en toegangen	1,00	euro	€	4.500,00	€	4.500	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Subtotaal terreininrichting en verhardingen			€	83.700,00	€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
						€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
						€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
801.010	Tijdelijke bouwwegen					€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
	bouwwegen (rijplatenbaan) 2m1 breed	1.000,00	m	€	150,00	€	150.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Subtotaal tijdelijke bouwwegen			€	150.000,00	€	-	21,00%	0%	0%	0%	0%
00-BDBK	Benoemde directe bouwkosten					€	611.159	21,00%				
00-NTDBK	Nader te detailleren bouwkosten (%)	10,00%	%	€	611.159	€	61.116	21,00%	0%	0%		
00-DBK	Directe bouwkosten					€	672.275	21,00%				
00-IBKEK99	Eenmalige kosten (%)	1,00%	%	€	672.275	€	6.723	21,00%	0%	0%		
00-IBKABK	Algemene bouwplaatskosten (%)	1,00%	%	€	672.275	€	6.723	21,00%	0%	0%		
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	6,00%	%	€	672.275	€	40.336	21,00%	0%	0%		
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	7,00%	%	€	726.057	€	50.824	21,00%	0%	0%		
00-IBKW1	Winst (%)	2,00%	%	€	776.881	€	15.538	21,00%	0%	0%		
00-IBKR1	Risico (%)	2,00%	%	€	776.881	€	15.538	21,00%	0%	0%		
00-IBK	Indirecte bouwkosten	20,18%	t.o.v. directe bouwkosten			€	135.681	21,00%				
00-VBK	Voorziene bouwkosten					€	807.956	21,00%				
00-BK	Bouwkosten Deelraming Wierdijk					€	807.956	21,00%				
00-BDVK	Benoemde directe vastgoedkosten					€	-	0,00%				
00-DVK	Directe vastgoedkosten					€	-	0,00%				
00-IVK	Indirecte vastgoedkosten		t.o.v. directe vastgoedkosten			€	-	0,00%				
00-VVK	Voorziene vastgoedkosten					€	-	0,00%				
00-RVK	Risico's vastgoedkosten		t.o.v. voorziene vastgoedkosten			€	-	0,00%				
00-VK	Vastgoedkosten Deelraming Wierdijk					€	-	0,00%				
00-BDEK	Benoemde directe engineeringkosten					€	-	0,00%				
00-DEK	Directe engineeringkosten					€	-	0,00%				
00-IEK	Indirecte engineeringkosten		t.o.v. directe engineeringkosten			€	-	0,00%				
00-VEK	Voorziene engineeringkosten					€	-	0,00%				
00-REK	Risico's engineeringkosten		t.o.v. voorz. engineeringkosten			€	-	0,00%				
00-EK	Engineeringkosten Deelraming Wierdijk					€	-	0,00%				
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten					€	-	0,00%				
00-DOBK	Directe overige bijkomende kosten					€	-	0,00%				
00-IOBK	Indirecte overige bijkomende kosten		t.o.v. directe overige bijk.kosten			€	-	0,00%				

Project: Wierdijk - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken					Prijspeil raming:	01-01-17								
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema					Datum raming:	06-12-17								
Deelraming Wierdijk							Versie 3.05a (18 juni 2014)							
Deelraming aan							Totaal		BTW		Spreidingen hvd %		Spreidingen prijzen %	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			%	Hvd L (%)	Hvd U (%)	Prijs L (%)	Prijs U (%)			
00-VOBK	Voorziene overige bijkomende kosten			€	-	0,00%								
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten		t.o.v. voorz. overige bijk. kosten	€	-	0,00%								
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Wierdijk			€	-	0,00%								
00-INV	Investeringskosten Deelraming Wierdijk			€	807.956	21,00%	Ingevuld	Ingevuld	Leeg	Leeg				
	Investeringskosten Deelraming Wierdijk (contante waarde)			€	807.956									
Levensduurkosten:		Aantal keren	Eenheid	Kosten per keer	Totaal levensduur									
00-BDLEV	Benoemde directe levensduurkosten			€	-	0,00%								
00-DLEV	Directe levensduurkosten			€	-	0,00%								
00-ILEV	Indirecte levensduurkosten		t.o.v. directe levensduurkosten	€	-	0,00%								
00-VLEV	Voorziene levensduurkosten			€	-	0,00%								
00-RLEV	Risico's levensduurkosten		t.o.v. voorziene levensduurkosten	€	-	0,00%								
00-LEV	Levensduurkosten Deelraming Wierdijk			€	-	0,00%	Leeg	Leeg	Leeg	Leeg				
	Levensduurkosten Deelraming Wierdijk (contante waarde)			€	-									
00-LCC	Investerings- & levensduurkosten Deelraming Wierdijk			€	807.956	21,00%								
	Investerings- & levensduurkosten Deelraming Wierdijk (contante waarde)			€	807.956									

Bijlage IV-C-04

TEEB

Resultaten natuurbaten TEEB methode

					Wierdijk	
Natuurbaten	Eenheid kwantificering	Aantal	Eenheid monetarisering	Geld (in €)	Oppervlakte (in ha)2	totale baten2
Zuiveringsbaten: Nitraat	Kg N per ha per jaar	324	Zuiveringskosten RWZI per kg N	€ 2,20	30 €	21.384,00
Zuiveringsbaten: Fosfaat (d.m.v. plantopname, sedimentatie)	Kg P per ha per jaar	25	Zuiveringskosten RWZI per kg P	€ 0,50	30 €	375,00
Zuiveringsbaten: Metalenbinding	Kg Cd, per ha per jaar	7686	Zuiveringskosten RWZI per kg	€ 0,31	30 €	71.479,80
Zuiveringsbaten: Koolstofafbraak/bezinking	Kg Cd, per ha per jaar	1500	Zuiveringskosten RWZI per kg C (BZV reductie)	€ 0,15	30 €	6.660,00
Mosselen	Ton mosselen per ha per jaar	7,6	prijs per per ton schelpdieren	€ 1.380,00	0 €	-
Klimaatbaten	Ton C per ha per jaar	0,0015	Waarde per ton C (in biomassa)	€ 49,50	30 €	2,23
Sedimentafvang (sediment uit water naar land)	Kuub sediment per ha per jaar	200,0	Baggerkosten per kuub schoon sediment	€ 6,00	30 €	36.000,00
Groene elektriciteitswinning	kWh per jaar	2024018	Prijs per kWh	€ 0,05	0 €	-
Verervingsbaten biodiversiteit			Wtp/donatie per km per jaar	€ 2,10	1 €	2,10
Totaal					€	135.903,13



Bijlage IV-D

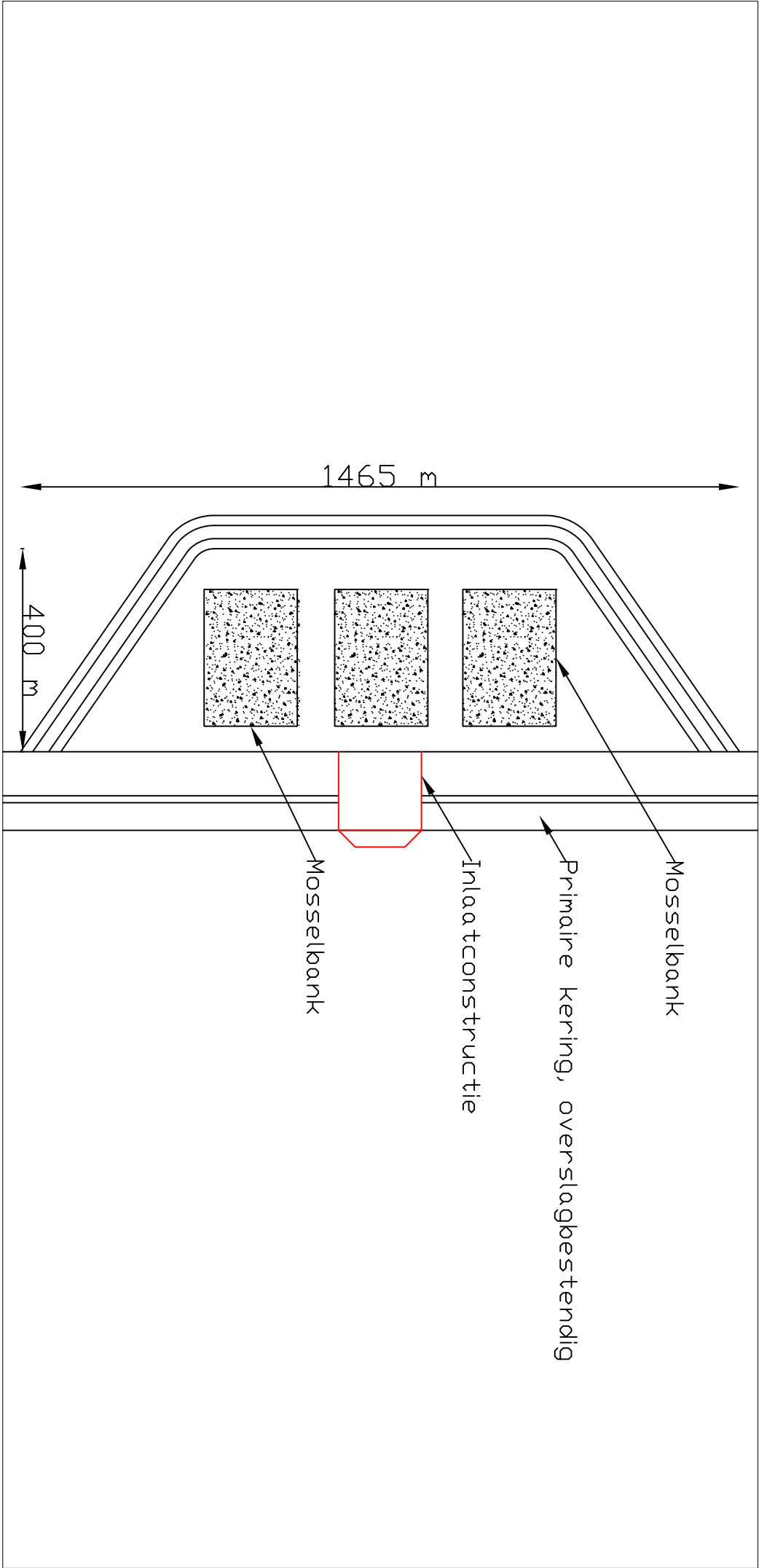
Mosselpan



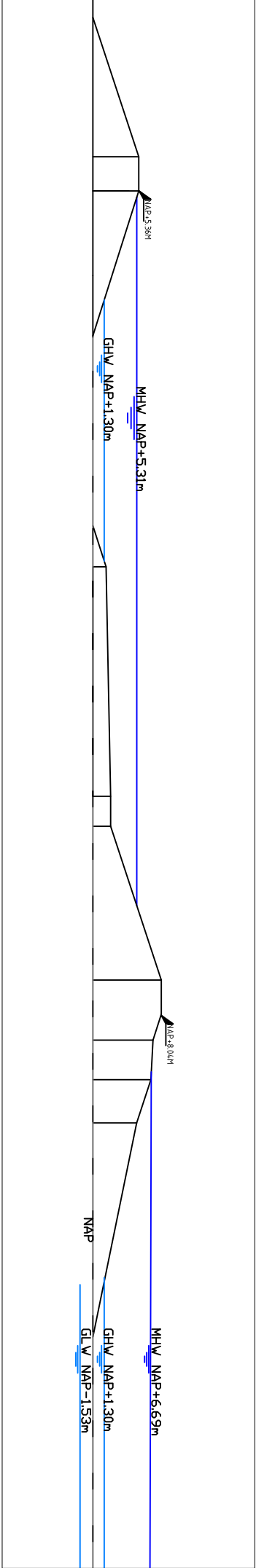
Bijlage IV-D-01

Ontwerpschets

Bovenaanzicht



Zijaanzicht





Bijlage IV-D-02

*Berekening:
Kruinhoogte*

Hydra-NL Versienummer: 2.3.5 augustus 2017
Gebruikersnaam = Aldershof
Datum berekening = 22-11-2017 16:31:13

Invoerdatabase = DEMO_Waddenzee.mdb
Versie golfoverslagmodule = 16.1.1.0

Locatie = WZ_1_6-6_dk_00211
X-coördinaat = 253977 m
Y-coördinaat = 604550 m

Profiel

Aanwezige dijkhoogte = 4,00 m+NAP
Uitwendige dijknormaal = 0,00 °

Dijkprofielcoördinaten		Taludruwheids-
Afstand	Hoogte	factor
0,00 m	0,00 m	1,00
12,12 m	4,00 m	

Type berekening = Hydraulisch belastingniveau, Golfoverslag
Overslagdebiet = 10,00 l/s/m

Illustratiepunt

Waterstand = 4,17 m+NAP
Significante golfhoogte = 1,14 m
Spectrale golfperiode = 3,02 s
Golfrichting t.o.v. Noord = 7,00 °

Hydraulisch belastingniveau = 5,36 m+NAP

Bijlage IV-D-03

SSK

Project: Mosselpan - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema

Prijspeil raming: 01-01-17
Datum raming: 06-12-17

Colofon

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Project:

Project
Omschrijving / specificatie
Projectfase
Opdrachtgever
Projectmanager
Manager projectbeheersing
Technisch manager

Mosselpan

Building with Nature in de Waddenzee
Voorlopig ontwerp (VO)
POV Waddenzeedijken
Marco Veendorp & Ron Hölscher

Raming:

Type raming
Datum opstelling raming
Opsteller raming
Mede opstellers raming
Versie raming
Status raming
Prijspeil raming
Valuta

Deterministische raming
06-12-17
P.R.Sinnema
M.J.Aldershof
V0.1
Definitief
01-01-17
Euro

Archivering:

Project-/dossier-/SAP-nummer
Documentnummer raming
Nummer kostenrapportage
Bestandsnaam raming
Locatie (map) opgeslagen raming

SSK-Rekenmodel Moselpan.xlsm
G:\Bijlagen\Bijlagen\Bijlage IV

Toetsing:

Raming intern getoetst door
Datum interne toetsing
Raming extern getoetst door
Datum externe toetsing

Parafering:

Paraaf opsteller raming
Paraaf interne toetser
Paraaf externe toetser
Paraaf projectleider
Paraaf manager projectbeheersing
Paraaf projectmanager

Project: Mosselpan - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken
 Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema

Prijspeil raming: 01-01-17
 Datum raming: 06-12-17

Samenvatting LCC en deelramingen

Versie 3.05a (18 juni 2014)

Deelramingen	Geactiveerd	Investerings- kosten	Levensduur- kosten	Project- kosten	Investerings- kosten	Levensduur- kosten	Project- kosten	Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten
		Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar	Looptijd 1 jaar
		Projectkosten			Projectkosten (contante waarde) met 2,5% over 1 jaar			Niet gekapitaliseerd
Deelraming Mosselpan	Ja	€ 12.971.320	€ -	€ 12.971.320	€ 12.971.320	€ -	€ 12.971.320	€ - [€/jaar]
Objectoverstijgende risico's	Ja	€ 4.200	€ -	€ 4.200	€ 4.200	€ -	€ 4.200	€ - [€/jaar]
Scheefte		€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ - [€/jaar]
BTW	Ja	€ 2.724.859	€ -	€ 2.724.859	€ 2.724.859	€ -	€ 2.724.859	€ - [€/jaar]
Projectkosten inclusief BTW		€ 15.700.379	€ -	€ 15.700.379	€ 15.700.379	€ -	€ 15.700.379	€ - [€/jaar]
		Ok			Ok			Ok

	Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten (toekomstige situatie) over 1 jaar	€ - [€/jaar]
	Gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten (huidige situatie) over 1 jaar	€ - [€/jaar]
	Verschil gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten	€ - [€/jaar]

Handige checks binnen investeringskosten (incl. BTW):

Verhouding voorziene kosten t.o.v. investeringskosten	100%	10% Verhouding nader te detaileren bouw- t.o.v. benoemde bouwkosten (excl. BTW)
Verhouding risicoreservering t.o.v. investeringskosten	0%	20% Verhouding indirecte bouw- t.o.v. benoemde bouwkosten (excl. BTW)
Investeringskosten	100%	0% Verhouding engineeringskosten t.o.v. bouwkosten
Verhouding risicoreservering t.o.v. voorziene kosten binnen investeringskosten	0%	0% Verhouding overige bijkomende kosten t.o.v. bouwkosten
Verhouding scheefte t.o.v. deterministische investeringskosten	n.v.t.	1,60 Opslagfactor investeringskosten t.o.v. benoemde bouwkosten
Gemiddeld percentage BTW in de raming van de investeringskosten	21,00%	
Is de financiële planning (€) gelijk aan de raming (€) van de investeringskosten?	Ja	1 Looptijd in jaren van de investeringskosten: vanaf 1 t/m 1

Handige checks binnen levensduurkosten (incl. BTW):

Verhouding voorziene kosten t.o.v. levensduurkosten	0%	0% Verhouding nader te detaileren levensduur- t.o.v. benoemde levensduurkosten (excl. BTW)
Verhouding risicoreservering t.o.v. levensduurkosten	0%	0% Verhouding indirecte levensduur- t.o.v. benoemde levensduurkosten (excl. BTW)
Levensduurkosten	0%	
Verhouding risicoreservering t.o.v. voorziene kosten binnen levensduurkosten	0%	0,00% Percentage gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten t.o.v. investeringskosten, in toekomstige situatie
Verhouding scheefte t.o.v. deterministische investeringskosten	n.v.t.	0,00% Percentage gemiddeld jaarlijkse onderhoudskosten t.o.v. investeringskosten, in huidige situatie
Gemiddeld percentage BTW in de raming van de levensduurkosten	-	
Is de financiële planning (€) gelijk aan de raming (€) van de levensduurkosten?	Ja	1 Looptijd in jaren van de levensduurkosten: vanaf 1 t/m 1

Handige checks binnen projectkosten (incl. BTW):

Is de financiële planning (€) gelijk aan de raming (€) van de projectkosten?	Ja	1 Looptijd in jaren van de projectkosten (lifecycle): vanaf 1 t/m 1
--	----	---

Project: Mosselpan - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken
 Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R. Sinnema

Prijspeil raming: 01-01-17
 Datum raming: 06-12-17

Samenvatting SSK							Versie 3.05a (18 juni 2014)					
Kostengroepen Kostencategorieën	Directe kosten			Indirecte kosten	Voorziene kosten	Risicoreservering	Totaal					
	Benoemd	Nader te detaileren										
Investeringskosten (indeling naar categorie):												
Bouwkosten	€	9.811.844	€	981.184	€	2.178.292	€	12.971.320	€	-	€	12.971.320
Vastgoedkosten	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-
Engineeringskosten	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-
Overige bijkomende kosten	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-
Subtotaal investeringskosten	€	9.811.844	€	981.184	€	2.178.292	€	12.971.320	€	-	€	12.971.320
Objectoverstijgende risico's									€	4.200	€	4.200
Investeringskosten deterministisch	€	9.811.844	€	981.184	€	2.178.292	€	12.971.320	€	4.200	€	12.975.520
Scheefte									€	-	€	-
Investeringskosten exclusief BTW							€	12.971.320	€	4.200	€	12.975.520
BTW							€	2.723.977	€	882	€	2.724.859
Investeringskosten inclusief BTW							€	15.695.297	€	5.082	€	15.700.379
Investeringskosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 2,5% en looptijd van 1 jaar											€	15.700.379
Bandbreedte : met 70% zekerheid liggen de investeringskosten inclusief BTW tussen							€	-	en	€	-	
Variatiecoëfficiënt										-		
Levensduurkosten:												
Subtotaal levensduurkosten	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-
Objectoverstijgende risico's									€	-	€	-
Levensduurkosten deterministisch	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-	€	-
Scheefte									€	-	€	-
Levensduurkosten exclusief BTW							€	-	€	-	€	-
BTW							€	-	€	-	€	-
Levensduurkosten inclusief BTW							€	-	€	-	€	-
Levensduurkosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 2,5% en looptijd van 1 jaar											€	-
Bandbreedte : met 70% zekerheid liggen de levensduurkosten inclusief BTW tussen							€	-	en	€	-	
Variatiecoëfficiënt										-		
Projectkosten inclusief BTW							€	15.695.297	€	5.082	€	15.700.379
Projectkosten inclusief BTW (contante waarde), discontovoet van 2,5% en looptijd van 1 jaar											€	15.700.379
Budgetvaststelling investeringskosten:												
Investeringskosten inclusief BTW							€	15.695.297	€	5.082	€	15.700.379
Organisatiegebonden kosten			0%	€	15.700.379		€	-			€	-
Onzekerheidsreserve (in te vullen door financier)									€	-	€	-
Reservering scope wijzigingen (in te vullen door financier)									€	-	€	-
Aan te houden risicoreservering en totaal budget investeringskosten							€	15.695.297	€	5.082	€	15.700.379
Budgetvaststelling levensduurkosten:												
Levensduurkosten inclusief BTW							€	-	€	-	€	-
Organisatiegebonden kosten			0%	€	-		€	-			€	-
Onzekerheidsreserve (in te vullen door financier)									€	-	€	-
Reservering scope wijzigingen (in te vullen door financier)									€	-	€	-
Aan te houden risicoreservering en totaal budget levensduurkosten							€	-	€	-	€	-

Project: Mosselpan - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken		Prijspeil raming: 01-01-17	
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema		Datum raming: 06-12-17	
Probabilistische resultaten		Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Probabilistische berekeningsmethode			
Simulatie datum Simulatie aantal Afhankelijkheid Verdeling Over- en onderschrijdingswaarde			
Probabilistische resultaten investeringskosten			
Deterministische investeringskosten inclusief BTW = modus (T_waarde)		€	15.700.379
Scheefte investeringskosten inclusief BTW		€	-
Probabilistische investeringskosten inclusief BTW = gemiddelde (Mu_waarde)			
Variatiecoëfficiënt investeringskosten			
Standaardafwijking investeringskosten			
Scheefheid			
Minimum waarde			
Maximum waarde			
P5 (investeringskosten met 95% kans op overschrijding)			
P15 (investeringskosten met 85% kans op overschrijding)			
P50 (investeringskosten met 50% kans op overschrijding) = mediaan			
P85 (investeringskosten met 15% kans op overschrijding)			
P95 (investeringskosten met 5% kans op overschrijding)			
Risicobijdragen investeringskosten (kostenposten die de grootte van de standaardafwijking bepalen)		Afbeelding 1. Kansdichtheidsfunctie en kansverdelingsfunctie van de investeringskosten	
Probabilistische resultaten levensduurkosten			
Deterministische levensduurkosten inclusief BTW = modus (T_waarde)		€	-
Scheefte levensduurkosten inclusief BTW		€	-
Probabilistische levensduurkosten inclusief BTW = gemiddelde (Mu_waarde)			
Variatiecoëfficiënt levensduurkosten			
Standaardafwijking levensduurkosten			
Scheefheid			
Minimum waarde			
Maximum waarde			
P5 (levensduurkosten met 95% kans op overschrijding)			
P15 (levensduurkosten met 85% kans op overschrijding)			
P50 (levensduurkosten met 50% kans op overschrijding) = mediaan			
P85 (levensduurkosten met 15% kans op overschrijding)			
P95 (levensduurkosten met 5% kans op overschrijding)			
Risicobijdragen levensduurkosten (kostenposten die de grootte van de standaardafwijking bepalen)		Afbeelding 2. Kansdichtheidsfunctie en kansverdelingsfunctie van de levensduurkosten	

Project: Mosselpan - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken		Prijspeil raming:	01-01-17
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema		Datum raming:	06-12-17
Probabilistische resultaten			Versie 3.05a (18 juni 2014)
Probabilistische berekeningsmethode			
Simulatiedatum Simulatieaantal Afhankelijkheid Verdeling Over- en onderschrijdingswaarde			

Project: Mosselpan - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken		Prijspeil raming: 01-01-17	
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R.Sinnema		Datum raming: 06-12-17	
Probabilistische resultaten		Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Probabilistische berekeningsmethode			
Simulatie datum			
Simulatie aantal			
Afhankelijkheid			
Verdeling			
Over- en onderschrijdingswaarde			
Probabilistische resultaten projectkosten			
Deterministische projectkosten inclusief BTW = modus (T_waarde)		€	15.700.379
Scheefte projectkosten inclusief BTW		€	-
Probabilistische projectkosten inclusief BTW = gemiddelde (Mu_waarde)			
Variatiecoëfficiënt projectkosten			
Standaardafwijking projectkosten			
Scheefheid			
Minimum waarde			
Maximum waarde			
P5 (projectkosten met 95% kans op overschrijding)			
P15 (projectkosten met 85% kans op overschrijding)			
P50 (projectkosten met 50% kans op overschrijding) = mediaan			
P85 (projectkosten met 15% kans op overschrijding)			
P95 (projectkosten met 5% kans op overschrijding)			

Project: Mosselpan

-

Projectnr: -

Opdr.gever: POV Waddenzeedijken

Prijspeil raming:

01-01-17

Versie raming: V0.1

-

Status: Definitief

-

Opgesteld door: P.R. Sinnema

Datum raming:

06-12-17

Objectoverstijgende risico's					Versie 3.05a (18 juni 2014)	
Deelraming aan					Totaal	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs		
Objectoverstijgende risico's investeringskosten:		Kans	Eenheid	Gevolg	Totaal	
Code	REALISATIEFASE		k*g	€	-	
Code	Onwerkbare omstandigheden binnendijs door extreme weersomstandigheden	10,00%	k*g	€ 21.000	€	2.100
Code	Totaal benoemde risicobijdrage Mosselpan Realisatiefase		k*g	€ 2.100	€	-
Code	Niet benoemde risicobijdrage Mosselpan Realisatiefase	100,00%	k*g	€ 2.100	€	2.100
Code	Totaal risicobijdrage Mosselpan Realisatiefase		k*g	€ 4.200	€	-
		0,03%	t.o.v. sub totaal investeringskosten			
OORINV	Totaal objectoverstijgende risico's investeringskosten			€	4.200	
	Totaal objectoverstijgende risico's investeringskosten gekapitaliseerd			€	4.200	
Objectoverstijgende risico's levensduurkosten:		Kans	Eenheid	Gevolg	Totaal	
		0,00%	t.o.v. sub totaal levensduurkosten			
OORLEV	Totaal objectoverstijgende risico's levensduurkosten			€	-	
	Totaal objectoverstijgende risico's levensduurkosten gekapitaliseerd			€	-	

BTW		Spreidingen hvd %		Spreidingen prijzen %	
%		Hvd L (%)	Hvd U (%)	Prijs L (%)	Prijs U (%)
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%				0%	0%
21,00%					
21,00%		Leeg	Leeg	Leeg	Leeg
0,00%		Leeg	Leeg	Leeg	Leeg

Project: Mosselpan - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R. Sinnema					Prijspeil raming: 01-01-17 Datum raming: 06-12-17					
Deelraming Mosselpan					Versie 3.05a (18 juni 2014)					
Deelraming aan					Totaal		BTW		Spreidingen hvd %	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			%		Hvd L (%)	Hvd U (%)
Investeringskosten:										
200.050	Lengte achterliggende kering t.b.v. Noorderlijk pand	1.465,00	m1		€ -	21,00%			0%	0%
	Ontgraven klei				€ -	21,00%			0%	0%
	Ontgraven klei uit tussengebied, vervoeren en in depot tbv achterliggende kering	230.133,00	m3	€ 2,30	€ 529.306	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Ontgraven klei uit tussengebied, vervoeren en in depot tbv dijkverbetering	211.681,00	m3	€ 2,30	€ 486.866	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Subtotaal ontgraven klei		euro	€ 1.016.172,20	€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
220.030	Leveren zand				€ -	21,00%			0%	0%
	Leveren zand, vervoer naar tijdelijk depot	141.188,00	m3	€ 8,90	€ 1.256.573	21,00%	25%	25%	0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
220.040	Aanleggen achterliggende kering				€ -	21,00%			0%	0%
	Aanbrengen & verwerken zand in dijklichaam	18.452,00	m3	€ 3,11	€ 57.386	21,00%	25%	25%	0%	0%
200.050	Aanbrengen & verwerken klei in dijklichaam	141.188,00	m3	€ 2,30	€ 324.732	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Subtotaal ontgraven klei aanleggen achterliggende kering		euro	€ 382.118,12	€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
501.030	Asfaltbekleding				€ -	21,00%			0%	0%
	Aanbrengen asfalt binnentalud 120 mm asfalt op 250 mm fundering	46.000,00	m2	€ 28,00	€ 1.288.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Aanbrengen Elastocoast	46.000,00	m2	€ 7,13	€ 327.980	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Subtotaal aanbrengen asfaltbekleding binnentalud		euro	€ 1.615.980,00	€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
	Aanbrengen duikers				€ -	21,00%			0%	0%
	Aankoop + installatie duikers 3-voudige beveiliging	1,00	st	€ 5.230.000,00	€ 5.230.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Aankoop + installatie garnalenfilter	12,00	m1	€ 25.000,00	€ 300.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Subtotaal aanbrengen duikers		euro	€ 5.530.000,00	€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
					€ -	21,00%			0%	0%
	Bijkomende kosten				€ -	21,00%			0%	0%
	verwijderen afasteringen en terreininrichting + afvoeren	1,00	euro	€ 3.000,00	€ 3.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
	aanbrengen afasteringen en terreininrichting	1,00	ehd	€ 8.000,00	€ 8.000	21,00%	25%	25%	0%	0%
	Subtotaal bijkomende kosten		euro	€ 11.000,00	€ -	21,00%			0%	0%
00-BDBK	Benoemde directe bouwkosten				€ 9.811.844	21,00%				
00-NTDBK	Nader te detailleren bouwkosten (%)	10,00%	%	€ 9.811.844	€ 981.184	21,00%	0%	0%		
00-DBK	Directe bouwkosten				€ 10.793.028	21,00%				
00-IBKEK99	Eenmalige kosten (%)	1,00%	%	€ 10.793.028	€ 107.930	21,00%	0%	0%		
00-IBKABK	Algemene bouwplaatskosten (%)	1,00%	%	€ 10.793.028	€ 107.930	21,00%	0%	0%		
00-IBKUK	Uitvoeringskosten (%)	6,00%	%	€ 10.793.028	€ 647.582	21,00%	0%	0%		
00-IBKAK1	Algemene kosten (%)	7,00%	%	€ 11.656.470	€ 815.953	21,00%	0%	0%		
00-IBKW1	Winst (%)	2,00%	%	€ 12.472.423	€ 249.448	21,00%	0%	0%		
00-IBKR1	Risico (%)	2,00%	%	€ 12.472.423	€ 249.448	21,00%	0%	0%		
00-IBK	Indirecte bouwkosten	20,18%	t.o.v. directe bouwkosten		€ 2.178.292	21,00%				
00-VBK	Voorziene bouwkosten				€ 12.971.320	21,00%				
00-BK	Bouwkosten Deelraming Mosselpan				€ 12.971.320	21,00%				
00-BDVK	Benoemde directe vastgoedkosten				€ -	0,00%				
00-DVK	Directe vastgoedkosten				€ -	0,00%				
00-IVK	Indirecte vastgoedkosten		t.o.v. directe vastgoedkosten		€ -	0,00%				
00-VVK	Voorziene vastgoedkosten				€ -	0,00%				
00-RVK	Risico's vastgoedkosten		t.o.v. voorziene vastgoedkosten		€ -	0,00%				
00-VK	Vastgoedkosten Deelraming Mosselpan				€ -	0,00%				
00-BDEK	Benoemde directe engineeringskosten				€ -	0,00%				
00-DEK	Directe engineeringskosten				€ -	0,00%				
00-IEK	Indirecte engineeringskosten		t.o.v. directe engineeringskosten		€ -	0,00%				
00-VEK	Voorziene engineeringskosten				€ -	0,00%				
00-REK	Risico's engineeringskosten		t.o.v. voorz. engineeringskosten		€ -	0,00%				
00-EK	Engineeringskosten Deelraming Mosselpan				€ -	0,00%				

Project: Mosselpan - Projectnr: - Opdr.gever: POV Waddenzeedijken						Prijspeil raming: 01-01-17					
Versie raming: V0.1 - Status: Definitief - Opgesteld door: P.R. Sinnema						Datum raming: 06-12-17					
Deelraming Mosselpan						Versie 3.05a (18 juni 2014)					
Deelraming aan						Totaal		BTW		Spreidingen hvd %	
Code	Omschrijving post	Hoeveelheid	Eenheid	Prijs			%			Hvd L (%)	Hvd U (%)
00-BDOBK	Benoemde directe overige bijkomende kosten			€	-		0,00%				
00-DOBK	Directe overige bijkomende kosten			€	-		0,00%				
00-IOBK	Indirecte overige bijkomende kosten		t.o.v. directe overige bijk.kosten	€	-		0,00%				
00-VOBK	Voorziene overige bijkomende kosten			€	-		0,00%				
00-ROBK	Risico's overige bijkomende kosten		t.o.v. voorz. overige bijk. kosten	€	-		0,00%				
00-OBK	Overige bijkomende kosten Deelraming Mosselpan			€	-		0,00%				
00-INV	Investeringskosten Deelraming Mosselpan			€	12.971.320		21,00%	Ingevuld	Ingevuld	Leeg	Leeg
	Investeringskosten Deelraming Mosselpan (contante waarde)			€	12.971.320						
Levensduurkosten:		Aantal keren	Eenheid	Kosten per keer	Totaal levensduur						
00-BDLEV	Benoemde directe levensduurkosten			€	-		0,00%				
00-DLEV	Directe levensduurkosten			€	-		0,00%				
00-ILEV	Indirecte levensduurkosten		t.o.v. directe levensduurkosten	€	-		0,00%				
00-VLEV	Voorziene levensduurkosten			€	-		0,00%				
00-RLEV	Risico's levensduurkosten		t.o.v. voorziene levensduurkosten	€	-		0,00%				
00-LEV	Levensduurkosten Deelraming Mosselpan			€	-		0,00%	Leeg	Leeg	Leeg	Leeg
	Levensduurkosten Deelraming Mosselpan (contante waarde)			€	-						
00-LCC	Investerings- & levensduurkosten Deelraming Mosselpan			€	12.971.320		21,00%				
	Investerings- & levensduurkosten Deelraming Mosselpan (contante waarde)			€	12.971.320						



Bijlage IV-D-04

TEEB

Resultaten natuurbaten TEEB methode

					Mosselpan	
Natuurbaten	Eenheid kwantificering	Aantal	Eenheid monetarisering	Geld (in €)	Oppervlakte (in ha)3	totale baten3
Zuiveringsbaten: Nitraat	Kg N per ha per jaar	324	Zuiveringskosten RWZI per kg N	€ 2,20	10,58	€ 423.060,00
Zuiveringsbaten: Fosfaat (d.m.v. plantopname, sedimentatie)	Kg P per ha per jaar	25	Zuiveringskosten RWZI per kg P	€ 0,50	10,58	€ 4.487,00
Zuiveringsbaten: Metalenbinding	Kg Cd, per ha per jaar	7686	Zuiveringskosten RWZI per kg	€ 0,31	0	€ -
Zuiveringsbaten: Koolstofafbraak/bezinking	Kg Cd, per ha per jaar	1500	Zuiveringskosten RWZI per kg C (BZV reductie)	€ 0,15	0	€ -
Mosselen	Ton mosselen per ha per jaar	7,6	prijs per per ton schelpdieren	€ 1.380,00	10,58	€ 110.554,53
Klimaatbaten	Ton C per ha per jaar	0,0015	Waarde per ton C (in biomassa)	€ 49,50	0	€ -
Sedimentafvang (sediment uit water naar land)	Kuub sediment per ha per jaar	200,0	Baggerkosten per kuub schoon sediment	€ 6,00	10,58	€ 12.696,99
Groene elektriciteitswinning	kWh per jaar	2024018	Prijs per kWh	€ 0,05	40	€ -
Verervingsbaten biodiversiteit			Wtp/donatie per km per jaar	€ 2,10	0	€ -
Totaal					€	550.798,53



Bijlage IV-E

Presentatie

Provincie Groningen

PRESENTATIE ONTWERPALTERNATIEF RIJKE DIJK

Werkatelier alternatieve scenario's tussengebied Dubbele Dijk



Welkom!

P.R. Sinnema & M.J. Aldershof

DATUM: 16-11-2017



Introductie

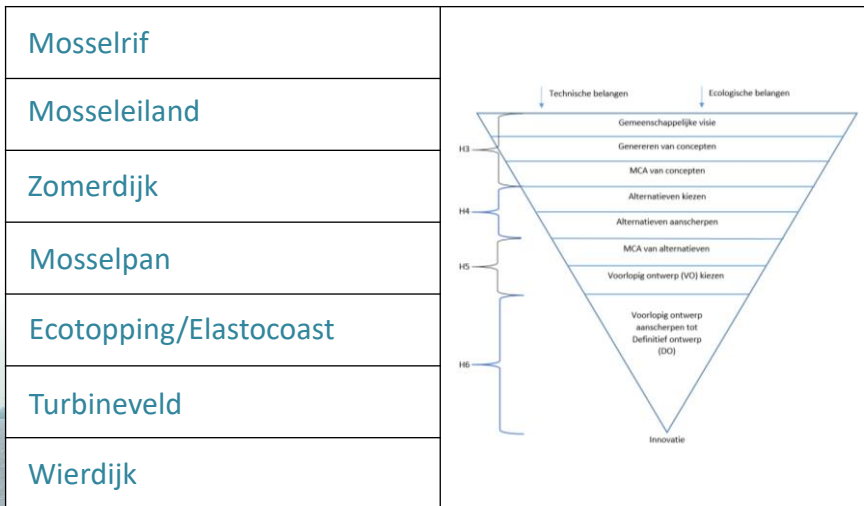
- Voorstellen (wie, wat, waar)
- Alternatievenstudie Rijke Dijk

Onderzoeksvragen Rijke Dijk:

- Maatregelen en materialen voor natuurvriendelijke overgangen;
- Waar toe te passen;
- Oplossing voor welke faalmechanismen;
- Levensduurverwachting en beheer en onderhoud;
- Neveneffecten op de omgeving;
- Lessen uit pilotproject elders toepassen.



7 Concepten

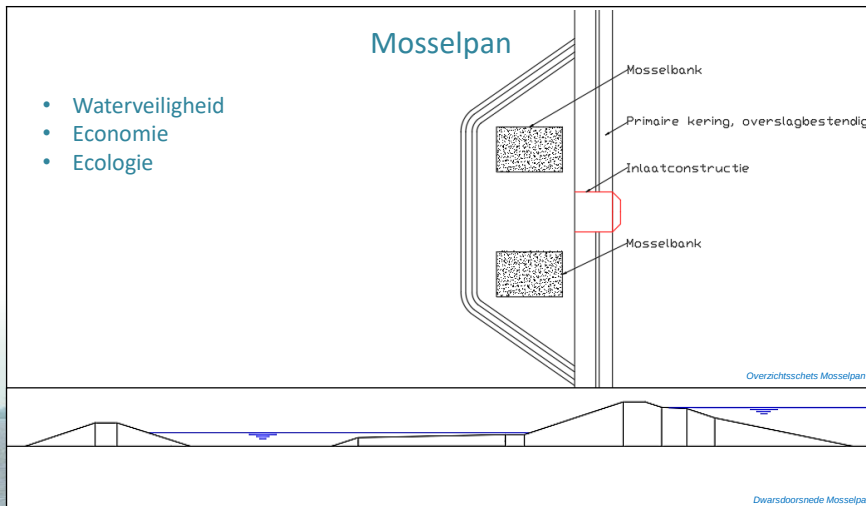


3 Alternatieven

Mosselrif	Mosselpan	Wierdijk
<u>Waterveiligheid:</u> Kwelderafslag	<u>Waterveiligheid:</u> Overslagbestendig	<u>Waterveiligheid:</u> Kwelderafslag
<u>Ecologie:</u> - Mosselpopulatie - Kweldervegetatie	<u>Ecologie:</u> - Filteren zeewater - Tegengaan slibvorming - Mosselpopulatie - Foerageergebied	<u>Ecologie:</u> Kweldervegetatie



Uitgelicht alternatief voor sessie



Waterveiligheid

Overslagbestendig:

- $X < 50$ l/s/m d.m.v. versterkt gras en doorgroeistenen.
- $50 < X < 100$ l/s/m d.m.v. gesloten steenconstructies (gezette steen, basalt blokkenmatten).
- $100 < X < 125$ l/s/m d.m.v. open steenasfalt of Elastocoast.
 - Conclusie: minder overgedimensioneerde dijk.

Golfoverslag simulator in 2008 bij Kattendijkje in Zeeland





Economie

Mosselteelt:

- 85% wordt gebruikt voor de export.
- Offshore opbrengst: €1,65 miljoen per km² (IMARES, 2016). Voor het gehele noordelijk pand betekent dit $(306.844/1.000.000 \cdot 1,65 =) \text{€}0,51 \text{ miljoen/jaar}$.

Toerisme:

- Kiek over Diek.
- Toeristisch overstappunt (TOP)
- Mogelijkheid: Sense of Place (kunstobject).
- Mogelijkheid: Lokaal aanwezig restaurant.

Groene energie:

- Verkoop of lokaal gebruik energie (volgende slide).



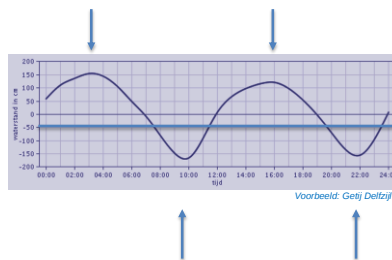
Groene energie

Potentiële energie:

- 4 x per dag in- en uitlaat

		Noord	Zuid	Totaal
V	(in m3)	8,68E+05	3,73E+05	1,24E+06
Epotentieel	(in joule)	2,41E+10	1,04E+10	3,45E+10
Watttotaal	(in joule/s)	1,07E+06	4,61E+05	1,53E+06
	tussen 40			
Rendement	en 60%	50%	50%	50%
Potentieel huishoudens	(in aantal)	852	366	1218
Potentieel huishoudens	(in aantal)	1339	576	1915

Potentieel aantal huishoudens





Ecologie

- Herstel natuurlijke mosselbanken in de Waddenzee.
- Creëren van foerageergebied voor diverse vogelsoorten. (Eider, kluut, bontbekplevier, strandplevier en scholekster)
- Filteren van het zeewater door filtersysteem in de inlaatconstructie.
- Vermindering van *het slibgehalte* in het estuarium (volgende slide).



Vermindering slibgehalte

In inlaat:

- Gebruikmaken van het 'Spoelzee' principe.

In mosselpan:

- Mosselen versnellen het sedimentatieproces tot wel 40 keer (Widdows et al. , 1998).





Samenvatting

<u>Waterveiligheid</u>	<u>Economie</u>	<u>Ecologie</u>
• Overslagbestendig	<u>Mosselteelt</u> • Noordelijk pand schatting €0,51 miljoen/jaar. <u>Toerisme</u> <u>Groene energie</u> • Noordelijk pand schatting 1339 huishoudens.	• Mosselpopulatie (onderdeel convenant). • Foerageergebied • Filtersysteem (mosselen en inlaat).



SAMEN WERKEN

De waterschappen Hunze en Aa's, Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân voeren dit project uit onder de paraplu van het hoogwaterbeschermingsprogramma.

In dit programma werken Rijk en waterschappen samen om Nederland te beschermen tegen overstromingen, nu en in de toekomst.

www.pov-waddenzeedijken.nl

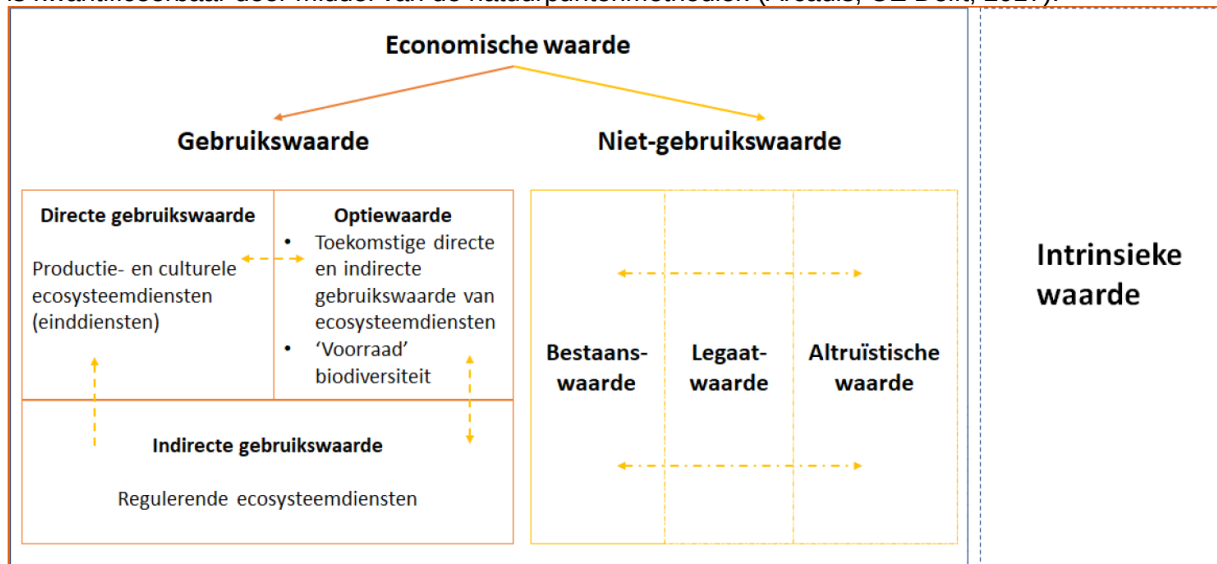


Bijlage IV-F

Toelichting
Natuurbaten

TOELICHTING NATUURBATEN

De natuurbaten zijn onderverdeeld in een economische waarde en een intrinsieke waarde (Figuur 1). Van deze natuurbaten zijn op het moment van schrijven alleen de ecosysteemdiensten en de biodiversiteit kwantificeerbaar. Hiervan zijn alleen de ecosysteemdiensten uit te drukken in geld, doordat mensen direct gebruik maken van de 'goederen en diensten' die de natuur voortbrengt. De biodiversiteit is kwantificeerbaar door middel van de natuarpuntenmethodiek (Arcadis; CE Delft, 2017).



Figuur 1 Economische waarden van natuur

1 ECONOMISCHE WAARDE

De economische waarde is onder te verdelen in de gebruikswaarde en de niet-gebruikswaarde.

- De gebruikswaarde bestaat uit de consumptie of het gebruik van de natuur. Dit bestaat uit:
 - Directe gebruikswaarde (veelal productie- en culturele ecosysteemdiensten)
 - Indirecte gebruikswaarde (veelal regulerende ecosysteemdiensten)
 - Optiewaarde (de toekomstige directe of indirecte gebruiksmogelijkheden van ecosysteemdiensten en de 'voorraad' biodiversiteit)
- De niet-gebruikswaarde bestaat uit de waarde die een persoon aan natuur hecht, zonder dat deze persoon deze natuur gebruikt.
 - Bestaanswaarde (waarde die gehecht wordt door huidige generaties aan natuur omdat het bestaat)
 - Legaatwaarde (waarde die gehecht wordt aan het bestaan van natuur voor toekomstige generaties)
 - Altruïstische waarde (waarde hechten dat anderen gebruik kunnen maken van natuur)

Omdat enkel de ecosysteemdiensten (directe gebruikerswaarde) en de biodiversiteit kwantificeerbaar zijn worden deze hieronder toegelicht.

1.1 Ecosysteemdiensten

De directe gebruikswaarde van ecosysteemdiensten is kwantificeerbaar door middel van de TEEB-methode. In het Voorlopig Ontwerp (VO) is de methode gebruikt om ecosysteemdiensten uit te drukken in geld. Deze methode maakt gebruik van kengetallen (Witteveen+Bos, 2006) en is reeds toegepast bij verschillende projecten.

De TEEB-studie voor de voorlopige ontwerpen is gebaseerd op een voorgaande TEEB-studie: TEEB-onderzoek Waterlandse Zeedijk voor de Provincie Noord Holland (Witteveen+Bos, 2015). In dit rapport zijn de baten globaal geraamd. Er is hiervoor gekozen omdat het doel van een TEEB-studie is om een gevoel te krijgen van de kosten en baten verhouding en om aan te geven welke baten het meeste potentieel hebben. Indien er in een later stadium van een project gekozen moet worden tussen diverse baten kan dat aan de hand hiervan gedaan worden.

1.2 Biodiversiteit

De biodiversiteit levert geen directe kwantificeerbare monetaire waarde op. Dit betekent echter niet dat het geen waarde heeft. De biodiversiteit heeft namelijk invloed op de economische waarde voor de gebruikswaarde en de niet-gebruikswaarde (Arcadis; CE Delft, 2017).

- De gebruikswaarde bestaat uit de diensten die de biodiversiteit levert, zodat de productie- en culturele- en regulerende ecosysteemdiensten plaats kunnen vinden.
- De niet-gebruikswaarde bestaat uit het voortbestaan van soorten flora en fauna en het belang dat mensen hieraan hechten.

Om de waarde van de biodiversiteit toch te kunnen kwantificeren, is de methodiek 'natuurpunten' bedacht. De natuurpuntenindicator is een maatstaf voor de verandering van de kwaliteit en kwantiteit van biodiversiteit in natuurgebieden. Hiervoor worden de veranderingen vergeleken met het referentieontwerp. Dit levert het totaal aan toegevoegde natuurpunten op. Door dit totaal vervolgens te delen door de ontwerpkosten, kan een vergelijking gemaakt worden voor verschillende ontwerpen (Arcadis; CE Delft, 2017).

1.2.1 Natuurpunten-methodiek

Natuurpunten zijn een graadmeter voor verandering in kwaliteit en kwantiteit van biodiversiteit. De methodiek geeft een nauwkeurige afspiegeling van de biodiversiteitseffecten bij een ingreep in de Nederlandse natuur (Arcadis; CE Delft, 2017).

De methode kan beleidsmakers ondersteunen in het maken van een keuze, bijvoorbeeld:

- Het wegen van de natuurwaarde in maatschappelijke kosten- batenanalyses;
- Het wegen van natuurwaarde in beleidsbeslissingen;
- Vergelijken van de toekomstige staat met de huidige staat;
- Vergelijken van verschillende maatregelen.

De natuurpunten worden bepaald aan de hand van Vergelijking 11:

$$\text{Natuurpunten} = \text{kwaliteit} * \text{weegfactor} * \text{oppervlakte}$$

kwaliteit = De kwaliteit van het natuurstype ten opzichte van de maximaal mogelijke kwaliteit.

weegfactor = De weegfactor geeft het belang van een natuurstype weer.

oppervlakte = Het oppervlak van het natuurstype in hectare.

1.2.2 Kwaliteit

De kwaliteit van een gebied wordt bepaald door het voorkomen van flora- en fauna. De Noordzee herbergt een groot aantal gebruiksfuncties, hierdoor staan de natuur en biodiversiteit onder druk. In welke mate dit het geval is wordt bepaald met de natuurkwaliteit als maat voor de biodiversiteit.

De kwaliteit is de verhouding (in procenten) tussen de huidige toestand en een natuurlijke referentie. Hierbij is de maximaal mogelijke kwaliteit, bij een volledig natuurlijke toestand zonder beïnvloeding van de mens, 100% (Wortelboer F. , 2010).

Per natuurstype zijn kenmerkende soorten vastgesteld. Door alleen de kenmerkende soorten van het betreffende natuurstype mee te rekenen in de kwaliteit wordt voorkomen dat een toename van algemene systeemvreemde soorten de natuurwaarde laten toenemen. Door niet alleen zeldzame soorten op te nemen, maar ook meer algemene soorten, wordt ervoor gezorgd dat de indicator ook bij een minder goede toestand (zonder gebiedseigen soorten) toch een zekere gevoeligheid behoudt (Wortelboer R. , 2015).

Om de kwaliteit van een natuurstype te bepalen is actuele data nodig over de toestand en het voorkomen van flora en fauna. In de praktijk houdt dit in dat er data van alle flora en fauna aanwezig moet zijn. Voor de Waddenzee is een studie uitgevoerd waarin deze data is verzameld en gebundeld (Wortelboer F. , 2010). In de rapportage zijn kengetallen gegeven voor natuurstypen in de Waddenzee. Deze zijn in de scriptie toegepast.

1.2.3 Weegfactor

De Natuurpunten-methode geeft met de weegfactor een aanduiding in welke mate een natuurstype van belang is voor de nationale biodiversiteit. Hierbij is het voorkomen van soorten die van nature thuishoren in het betreffende natuurstype van belang. Het voorkomen van soorten wordt, evenals de kwaliteit, door

waarnemingsdata bepaald. Op basis van soortenlijsten per natuurtype wordt een weegfactor bepaald. De volgende stappen worden hierbij doorlopen (Wortelboer R. , 2015):

1. Bepaal de uniciteit per soort:

$$Uniciteit_{soort} = 1 / \text{aantal natuurtypes waarin de soort voorkomt}$$

2. Bereken de som van de uniciteit van alle soorten voor het natuurtype

$$Uniciteit_{Natuurtype} = \sum Uniciteit_{soort}$$

3. Bereken het gemiddelde van de som uniciteit van alle natuurtypen

$$Uniciteit_{Gemiddeld, alle natuurtypen} = \sum Uniciteit_{Natuurtype} / \text{Aantal natuurtypen}$$

4. Bereken de weegfactor per natuurtype

$$Weegfactor_{Natuurtype} = Uniciteit_{Natuurtype} / Uniciteit_{Gemiddeld, alle natuurtypen}$$

In de scriptie zijn weegfactoren, die bepaald zijn volgens bovenstaande methode, toegepast uit de rapportages (Wortelboer F. , 2010) en (Wortelboer R. , 2015).

1.2.4 Oppervlakte

Aan elk natuurtype wordt een oppervlakte toegekend in hectare. De kwaliteit en weegfactor worden met het oppervlakte vermenigvuldigd waarna het aantal natuurlpunten bepaald is.

Bijlage V
Definitief ontwerp

Bijlage V Definitief Ontwerp

- Bijlage V-A Presentatie & enquête
 - Bijlage V-A-01 Presentatie Themamiddag Rijke Dijk
 - Bijlage V-A-02 Enquête
 - Bijlage V-A-03 Resultaten enquête
- Bijlage V-B Waterveiligheid Mosselrif
 - Bijlage V-B-01 Transmissie kweldervegetatie
 - Bijlage V-B-02 Mosselrif Quick Assessment Tool (MQAT)
- Bijlage V-D Natuurwaarde calculatie
 - Bijlage V-C-01 Natuurpunten
 - Bijlage V-C-02 Uitwerking natuurtypen
- Bijlage V-C DO- tekening Mosselrif



Bijlage V-A

Presentatie &
enquête



Bijlage V-A-01

Presentatie
themamiddag
Rijke Dijk

PRESENTATIE THEMAMIDDAG RIJKE DIJK

Rijke Dijk in de Praktijk



Welkom!

P.R. Sinnema & M.J. Aldershof

DATUM: 06-12-2017

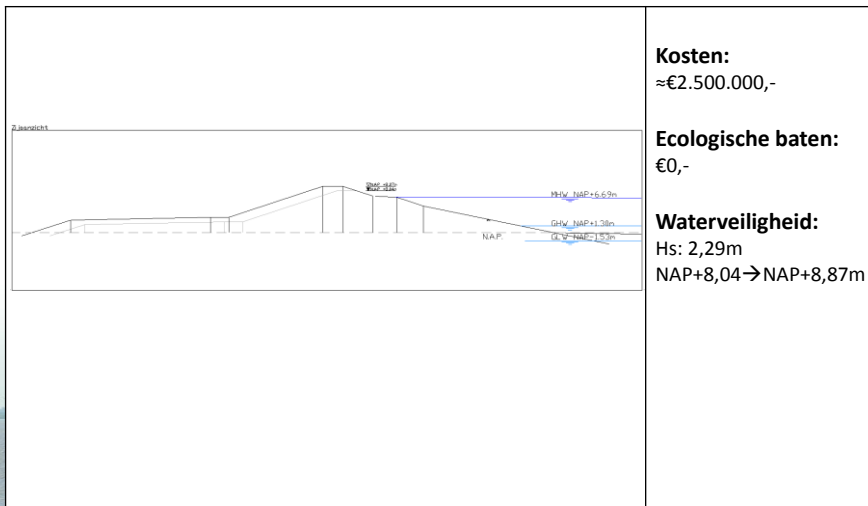


Introductie

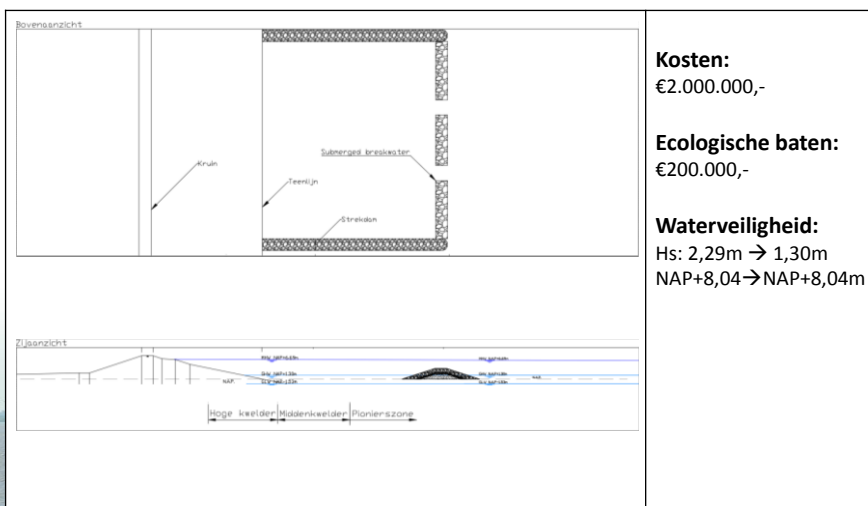
- Voorstellen (wie, wat, waar)
- Alternatievenstudie Rijke Dijk
- Van VO naar DO
- Stemronde ontwerpalternatieven



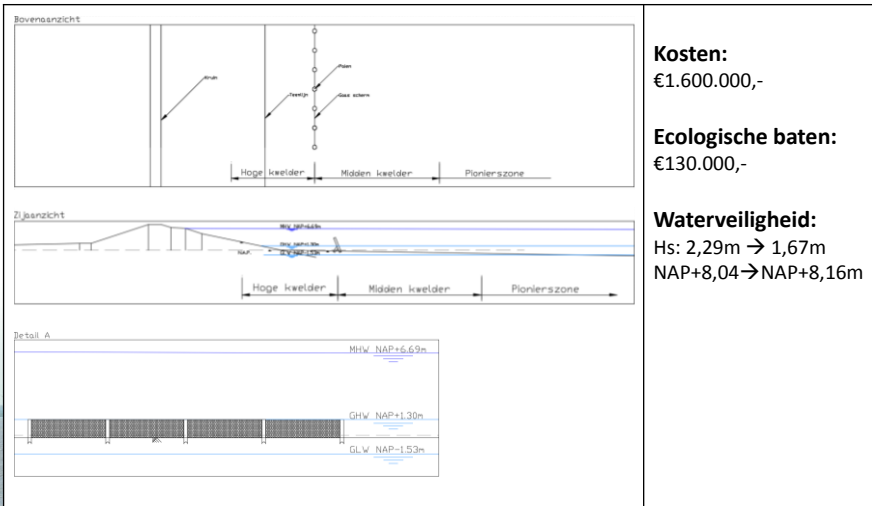
Referentieontwerp

POV | **waddenzeedijken**

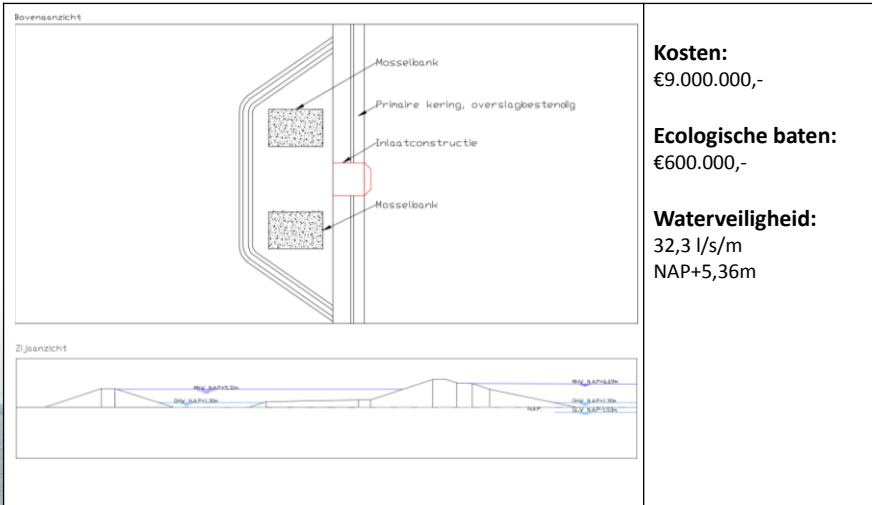
Voorlopig ontwerp 1 - Mosselrif



Voorlopig ontwerp 2 - Wierdijk

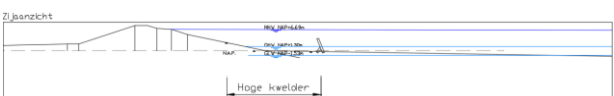
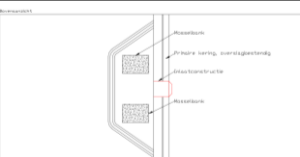


Voorlopig ontwerp 3 - Mosselpan



Overzicht voorlopige ontwerpen

Referentie	Kosten: ≈€2.500.000,- Waterveiligheid: Hs: 2,29m NAP+8,04 → NAP+8,87m
-------------------	---

Mosselrif 	Kosten: €2.000.000,- Baten (/jaar): €200.000,- Waterveiligheid: Hs: 2,29m → 1,30m NAP+8,04 → NAP+8,04m
Wierdijk 	Kosten: €1.600.000,- Baten (/jaar): €130.000,- Waterveiligheid: Hs: 2,29m → 1,67m NAP+8,04 → NAP+8,41m
Mosselpan 	Kosten: €9.000.000,- Baten (/jaar): €600.000,- Waterveiligheid: 32,3 l/s/m NAP+5,36m

(Kosten zijn per km)

SAMEN WERKEN

De waterschappen Hunze en Aa's, Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân voeren dit project uit onder de paraplu van het hoogwaterbeschermingsprogramma.

In dit programma werken Rijk en waterschappen samen om Nederland te beschermen tegen overstromingen, nu en in de toekomst.



Bijlage V-A-02

Enquête

Enquête themamiddag Rijke Dijk

Enquête behorende bij de Themamiddag Rijke Dijk (6-12-2017) van de POV Waddenzeedijken

***Vereist**

Introductieronde

1. Wat is uw functie? *

Markeer slechts één ovaal.

- ☐ Waterveiligheidsspecialist
- ☐ Ecoloog/Natuurbeheerder *Ga naar vraag 6.*
- ☐ Innovator *Ga naar vraag 6.*
- ☐ Afstudeerbegeleider HBO
- ☐ Anders: _____

Beoordeling Waterveiligheid

Referentieontwerp

Bij iedere vraag dient elk ontwerpalternatief gescoord te worden als +(positief), 0 (neutraal) of - (negatief) ten aanzien van het referentieontwerp.

2. Is de constructie betrouwbaar tijdens een maatgevende storm? *

Markeer slechts één ovaal per rij.

	+	0	-
Wierdijk	☐	☐	☐
Mosselrif	☐	☐	☐
Mosselpan	☐	☐	☐

3. Is de constructie direct beschikbaar voor een snel opvolgende maatgevende storm? *

Markeer slechts één ovaal per rij.

	+	0	-
Wierdijk	☐	☐	☐
Mosselrif	☐	☐	☐
Mosselpan	☐	☐	☐

4. Is de constructie gemakkelijk te onderhouden? *

Markeer slechts één ovaal per rij.

	+	0	-
Wierdijk	☐	☐	☐
Mosselrif	☐	☐	☐
Mosselpan	☐	☐	☐

5. Is de constructie veilig voor bezoekers van het gebied? **Markeer slechts één ovaal per rij.*

	+	0	-
Wierdijk	☐	☐	☐
Mosselrif	☐	☐	☐
Mosselpan	☐	☐	☐

Beoordeling Maatschappelijke criteria

Referentieontwerp

Bij iedere vraag dient elk ontwerpalternatief gescoord te worden als +(positief), 0 (neutraal) of - (negatief) ten aanzien van het referentieontwerp.

6. Is de constructie vandalismebestendig? **Markeer slechts één ovaal per rij.*

	+	0	-
Wierdijk	☐	☐	☐
Mosselrif	☐	☐	☐
Mosselpan	☐	☐	☐

7. Hoe scoort de constructie op het gebied van ecologie/milieu? **Markeer slechts één ovaal per rij.*

	+	0	-
Wierdijk	☐	☐	☐
Mosselrif	☐	☐	☐
Mosselpan	☐	☐	☐

8. Is de constructie de economische investering (kosten/baten) waard? **Markeer slechts één ovaal per rij.*

	+	0	-
Wierdijk	☐	☐	☐
Mosselrif	☐	☐	☐
Mosselpan	☐	☐	☐

9. Is de constructie politiek haalbaar? **Markeer slechts één ovaal per rij.*

	+	0	-
Wierdijk	☐	☐	☐
Mosselrif	☐	☐	☐
Mosselpan	☐	☐	☐

Afronding**10. Welke constructie heeft jouw voorkeur? ****Markeer slechts één ovaal.*

- ☐ Wierdijk
- ☐ Mosselrif
- ☐ Mosselpan

11. Wat zou jij (vanuit jouw expertise) aan het ontwerp aanpassen?

Bedankt voor jouw deelname!

Mogelijk gemaakt door





Bijlage V-A-03

Resultaten
enquête

ENQUÊTE THEMAMIDDAG RIJKE DIJK

Op 6 december 2017 vond de Themamiddag Rijke Dijk plaats bij het waterschap Noorderzijlvest. Onderdeel van deze themamiddag was een presentatie waarin de voorlopige ontwerpen gepresenteerd zijn aan een panel van experts, bestaande uit waterveiligheidsspecialisten en ecologen/natuurbeheerders. In deze presentatie werden de resultaten voor de waterveiligheid, de kosten en de baten in beeld gebracht. De resultaten van de na de presentatie gehouden enquête zijn weergegeven in onderstaande tabel.

	RAMSS(H)EEP	Waterveiligheidsspecialist		
		Ecoloog/Natuurbeheerder		
		Wierdijk	Mosselrif	Mosselpan
Reliability	Is de constructie betrouwbaar tijdens een maatgevende storm?	5,8	6,7	6,7
Availability	Is de constructie direct beschikbaar voor een snel opvolgende maatgevende storm?	4,2	5,8	5,8
Maintainability	Is de constructie gemakkelijk te onderhouden?	1,7	2,5	1,7
Safety	Is de constructie veilig voor bezoekers van het gebied?	5,0	7,5	5,8
Security	Is de constructie vandalismebestendig?	6,3	7,5	5,0
Environment	Hoe scoort de constructie op het gebied van ecologie/milieu?	5,0	8,8	6,3
Economics	Is de constructie de economische investering (kosten/baten) waard?	6,3	8,8	7,5
Politics	Is de constructie politiek haalbaar?	6,5	8,8	6,3
Gemiddelde waterveiligheid		4,17	5,63	5,00
Gemiddelde ecologie		6,00	8,44	6,25
Totaalgemiddelde		5,08	7,03	5,63
Referentiealternatief		5,00	5,00	5,00
Verbetering waterveiligheid		83%	113%	100%
Verbetering ecologie		120%	169%	125%
Verbetering totaal		102%	141%	113%

Tabel 1 Resultaten enquête Themamiddag Rijke Dijk

Resultaten Enquête

Uit de enquête zijn de volgende resultaten naar voren gekomen:

- **De Wierdijk**
Op de waterveiligheid scoort dit ontwerp slechter dan het referentieontwerp. Dit heeft te maken met de beschikbaarheid voor het geval van een direct opvolgende storm en de mogelijkheden voor onderhoud van de constructie. Op ecologie/economie scoort het ontwerp enigszins beter dan het referentieontwerp. Dit komt vooral doordat de constructie politiek haalbaar geacht wordt.
- **Het Mosselrif**
Op de waterveiligheid scoort dit ontwerp enigszins beter dan het referentieontwerp. Dit komt vooral omdat de experts het gemak van onderhoud betwijfelen, terwijl de constructie wel veilig geacht wordt tijdens een storm en voor bezoekers van het gebied. Op ecologie/economie scoort het ontwerp aanzienlijk beter dan het referentieontwerp. Het panel heeft dan ook veel vertrouwen in de ecologische meerwaarde van het ontwerp.
- **De Mosselpan**
Op de waterveiligheid scoort dit ontwerp hetzelfde als het referentieontwerp. Dit komt omdat het panel ondanks het gemak van onderhoud, vertrouwen heeft in de betrouwbaarheid van de constructie. Op ecologie/economie scoort het ontwerp iets beter dan het referentieontwerp. Dit komt omdat men denkt dat het ontwerp de economische investering waard is.



Bijlage V-B

Waterveiligheid
Mosselrif (DO)



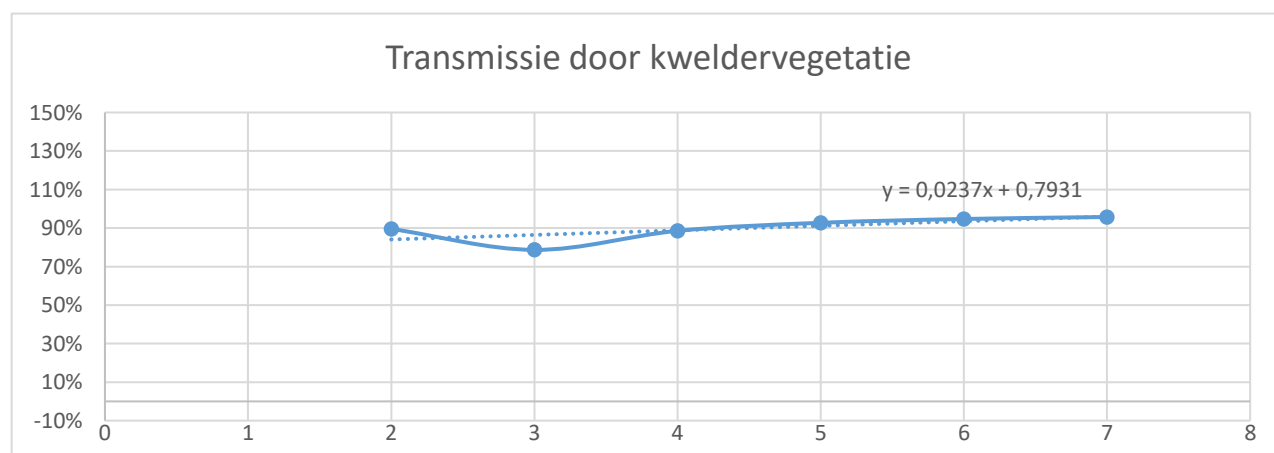
Bijlage V-B-01

Transmissie
kweldervegetatie

locatie	Breedte Voorland [m]	Significante golfhoogte [m] per waterstand [m+NAP]					
		2	3	4	5	6	7
WZ_3_vl38-00002	250	0,1789	0,49192	0,90411	1,33447	1,77057	2,2376
WZ_3_vl38-00002	250	0,17882	0,48782	0,9027	1,33321	1,77227	2,23057
WZ_3_vl38-00002	250	0,17845	0,48503	0,89933	1,32866	1,76658	2,24116
WZ_3_vl38-00002	250	0,17855	0,48474	0,89611	1,32717	1,76834	2,24966
WZ_3_vl38-00068	250	0,17294	0,49573	0,8999	1,32549	1,75634	2,19464
WZ_3_vl38-00068	250	0,17918	0,4885	0,90098	1,33085	1,77724	2,26632
WZ_3_vl38-00068	250	0,17844	0,48606	0,89697	1,32295	1,75567	2,19623
WZ_3_vl38-00068	250	0,17843	0,47641	0,88863	1,32112	1,75612	2,1748
WZ_3_vl38-00136	250	0,1783	0,48999	0,89778	1,33063	1,75867	2,12731
WZ_3_vl38-00136	250	0,17836	0,49398	0,90654	1,33834	1,77649	2,20869
Bodemruwheids-coëfficiënt k = 0,09	Gemiddelde significante golfhoogte [m] 0,178037 0,48802 0,89931 1,32929 1,76583 2,2127						

locatie	Breedte Voorland [m]	Significante golfhoogte [m] per waterstand [m+NAP]					
		2	3	4	5	6	7
WZ_3_vl38-00002	250	0,19661	0,59378	1,00659	1,43148	1,86422	2,33291
WZ_3_vl38-00002	250	0,19661	0,59271	1,00541	1,43039	1,86626	2,32617
WZ_3_vl38-00002	250	0,1966	0,59148	1,00263	1,42584	1,86058	2,3366
WZ_3_vl38-00002	250	0,19633	0,59096	0,99881	1,42326	1,86144	2,34411
WZ_3_vl38-00068	250	0,19789	0,5912	1,00135	1,42166	1,8495	2,28992
WZ_3_vl38-00068	250	0,19662	0,59338	1,00434	1,42806	1,8711	2,36029
WZ_3_vl38-00068	250	0,19641	0,59172	0,99992	1,41998	1,84901	2,29155
WZ_3_vl38-00068	250	0,19634	0,58866	0,9942	1,41829	1,84952	2,26899
WZ_3_vl38-00136	250	0,19646	0,59278	1,00092	1,42637	1,85158	2,21751
WZ_3_vl38-00136	250	0,19631	0,59409	1,00781	1,43486	1,86966	2,30413
Bodemruwheids-coëfficiënt k = 0,007	Gemiddelde significante golfhoogte [m] 0,196618 0,59208 1,0022 1,42602 1,85929 2,30722						

Transmissie							
Waterstanden	[m+NAP]	2	3	4	5	6	7
Ct,vegetatie	[-]	90%	79%	89%	93%	95%	96%





Bijlage V-B-02

Mosselrif Quick
Assessment Tool
(MQAT)

Mosselrif Quick Assessment Tool (MQAT)

Golfransmissiecoëfficiënt significante golfhoogte (in Ct)

Project: Dijkversterkingsproject Koeheel – Lauwersmeer
Hectometerpaal (dijkpaal): 11,55 – 11,65

Zelf in te vullen (geel):

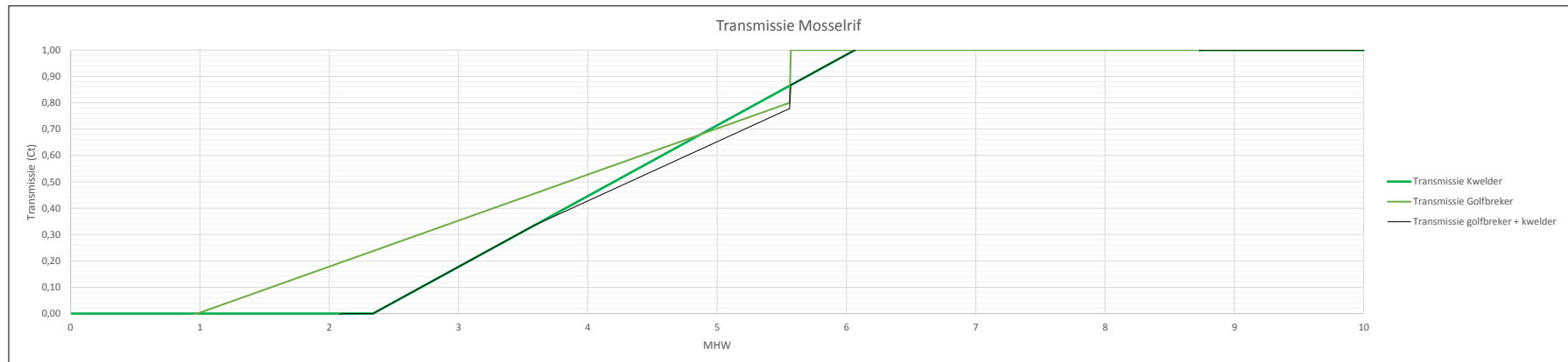
Hydraulische randvoorwaarden	
Springtijniveau	1,50 [m+NAP]
g	9,81 [m/s ²]
L0	37,49 [m]

Faalmechanisme: Hoogte (overloop/overslag)		
MHW	6,69	m+NAP
Hs, inkomend	2,29	[m]
Tm-1,0, inkomend	4,90	[s]
Hs, benodigd	1,50	m+NAP
Ct, benodigd	66%	
ξ	1,62	[-]

Faalmechanisme: Zetsteen (bekleding)								
Waterstand	Hs (Huidig)	Hs (Voldoet)	Tp	Lo	ξ	Rc	Maximale transmissie	Transmissie Mosselrif
[m t.o.v NAP]	[m]	[m]	[s]	[m]	[-]	[m]	[%]	[%]
1,0	0,51	0,31	2,50	9,76	1,75	2,10	60,0%	0,0%
1,5	0,51	0,31	2,50	9,76	1,75	1,60	60,0%	0,0%
2,0	0,84	0,50	2,98	13,87	1,63	1,10	60,0%	0,0%
2,5	1,18	0,71	3,49	19,02	1,61	0,60	60,0%	0,0%
3,0	1,50	0,90	4,01	25,11	1,64	0,10	60,0%	15,0%
3,5	1,78	1,07	4,42	30,50	1,66	-0,40	60,0%	31,2%
4,0	1,98	1,19	4,86	35,88	1,73	-0,90	60,0%	45,1%
4,5	1,94	1,16	5,23	42,71	1,88	-1,40	60,0%	60,0%

Iteratief bepalen:

Kruinhoogte mosselrif	3,10	[m+NAP]
Kruinbreedte mosselrif	2,00	[m]
Hoek van inval	0,40	[-]



Transmissie golfbreker voor het faalmechanisme bekleding (zetsteen)										
Ct door golfbreker	Limieten golfbreker									Hs na golfbreker
[%]	[-]									[m]
-1,40	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
-1,01	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
-0,25	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00
0,10	0,10	0,096568	0,096568	0,096567649	0,096568	0,096568	0,096568	0,096568	0,10	0,11
0,30	0,30	0,300444	0,300444	0,300444038	0,300444	0,300444	0,300444	0,300444	0,30	0,45
0,44	0,44	0,437449	0,437449	0,437448839	0,437449	0,437449	0,437449	0,437449	0,44	0,78
0,55	0,55	0,550691	0,550691	0,550690837	0,550691	0,550691	0,550691	0,550691	0,55	1,09
0,67	0,67	0,674589	0,674589	0,67458949	0,674589	0,674589	0,674589	0,674589	0,67	1,31

Transmissie vegetatie		
Ct door vegetatie	Hs na vegetatie	Hs na vegetatie
[%]	[m]	[m]
0,75	0,38	0,38
0,78	0,40	0,40
0,80	0,67	0,67
0,83	0,97	0,97
0,85	1,28	1,28
0,88	1,56	1,56
0,90	1,78	1,78
0,93	1,79	1,79

Totale transmissie		
Ct totaal	Ct totaal	Hs totaal
[m]	[m]	[m]
-0,25	0,00	0,00
-0,23	0,00	0,00
-0,20	0,00	0,00
-0,08	0,00	0,00
0,15	0,15	0,23
0,31	0,31	0,56
0,45	0,45	0,89
0,60	0,60	1,16

Totale transmissie<vuistregel?	
Maximale Hs (vuistregel)	Mosselrif of vuistregel?
[m]	[m]
0,00	0,00
0,00	0,00
0,25	0,00
0,50	0,00
0,75	0,23
1,00	0,56
1,25	0,89
1,50	1,16



Bijlage V-C

Natuurbaten
Mosselrif (DO)



Bijlage V-C-01

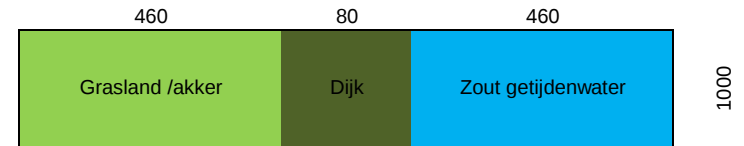
Natuurpunten
(DO)

Natuurwaarde-indicator biodiversiteit

Huidige situatie

Natuurtype	Gemiddelde kwaliteit	Aantal hectare	Weegfactor	Natuurpunten
Graslanden en akkers	53%	46,00	0,40	9,75
Dijk*	42%	8,00	0,50	1,66
Intergetijdenzone in beschut kustwater	39%	46,00	0,70	12,56
Kwelder	33%	0,00	2,44	0,00
<i>Totaal</i>		<i>100,0</i>		<i>23,97</i>

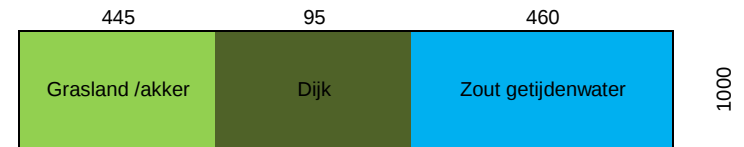
Schets van de huidige situatie (maten in meters)



Referentieontwerp

Natuurtype	Gemiddelde kwaliteit	Aantal hectare	Weegfactor	Natuurpunten
Graslanden en akkers	53%	44,50	0,40	9,43
Dijk*	42%	9,50	0,50	1,97
Intergetijdenzone in beschut kustwater	39%	46,00	0,70	12,56
Kwelder	33%	0,00	2,44	0,00
<i>Totaal</i>		<i>100,0</i>		<i>23,96</i>

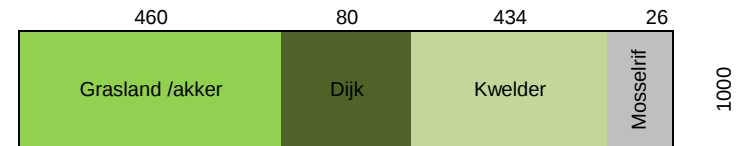
Schets van het referentieontwerp (maten in meters)



Toekomstige situatie

Natuurtype	Gemiddelde kwaliteit	Aantal hectare	Weegfactor	Natuurpunten
Graslanden en akkers	53%	46,00	0,40	9,75
Dijk*	42%	8,00	0,50	1,66
Intergetijdenzone in beschut kustwater	39%	0,00	0,70	0,00
Kwelder	33%	43,40	2,44	34,95
Golfbreker*	36%	2,60	1,05	0,98
<i>Totaal</i>	<i>41%</i>	<i>100,0</i>	<i>1,17</i>	<i>47,34</i>

Schets van het Mosselrif (maten in meters)



Referenties:

De getallen in bovenstaande tabellen zijn gekleurd op basis van geraadpleegde bron.

Blauw = Waarden afkomstig uit: R.Wortelboer Natuurpunten als methode voor het evalueren van de effecten van ruimtelijke ingrepen, Deltaris (2015)

Oranje = Waarden afkomstig uit: Sijsma et al. 2009, Natuureffecten in de MKBA's van projecten voor integrale gebiedsontwikkeling, PBL (2009)

Groen= Waarden afkomstig uit: F.G.Wortelboer, Natuurkwaliteit en biodiversiteit van de Nederlandse zoute wateren, PBL (2010)

* De waarden voor natuurtype 'dijk' en 'golfbreker' zijn bepaald in het tabblad 'uitgewerkte aannames'

Resultaten natuurwaarde-indicator biodiversiteit

Vergelijking natuurlpunten ecosystemen

Verbetering natuurwaarde mosselrif t.o.v. huidige situatie	97,5%
Verbetering natuurwaarde mosselrif t.o.v. referentie ontwerp	97,6%

Conclusie:

Bij een binnendijkse versterking (het referentieontwerp) blijft de natuurwaarde gelijk ten opzichte van de huidige situatie. Bij het aanleggen van Mosselrif zal een toename van 97,5% in natuurwaarde optreden. De toename is vooral te erkennen aan de verandering van het natuurstype 'Intergetijdenzone in beschut kustwater' naar 'kwelder'. Het oppervlakte van deze natuurstypen blijft ongeveer gelijk maar de weegfactor van de kwelder aanzienlijk hoger. Dit komt omdat dit type natuur minder vaak voorkomt en meer ruimte biedt aan bedreigde diersoorten.



Bijlage V-C-02

Uitwerking natuurtypen

Afleiding kwaliteit en weegfactor van natuurtype: Dijk

Bepaald voor huidige situatie.

Oppervlakte: 8,00 Hectare

Subnatuurtypen:	Gemiddelde kwaliteit	Aanwezigheid in subnatuurtype	Aantal hectare	Weegfactor
Grasbekreiding (gelijkgesteld aan grasland/akkerland)	53%	50,0%	4,00	0,40
Onderhoudsweg/fietspad**	n.b.**	5,0%	0,40	0,00
Stenig milieu*	36%	22,5%	1,80	0,20
Hard substraat zout getijdenwater*	36%	22,5%	1,80	1,05
Gewogen gemiddelde	42%			0,50

Aanname in deze bepaling:

De dijk van de huidige situatie bestaat uit:

22,5% stenig milieu

22,5% hard substraat zout getijdenwater

50% grasland

5% onderhoudsweg/fietspad

* Voor dit type is tot op heden geen kwaliteit bepaald. Hiervoor is een waarde aangenomen. De kwaliteit is ingeschat door het gemiddelde van de buitendijkse natuurtypen 'kwelder' en 'zout getijdenwater' te bepalen.

** Voor asfalt is geen gemiddelde kwaliteit vastgesteld. Deze is echter niet van belang aangezien de weegfactor nul is.

Afleiding kwaliteit en weegfactor van natuurtype: Golfbreker

Bepaald voor de toekomstige situatie.

Oppervlakte: 2,60 Hectare

Subnatuurtypen:	Gemiddelde kwaliteit	Aanwezigheid in subnatuurtype	Aantal hectare	Weegfactor
Hard substraat en riffen in beschut kustwater***	36%	100,0%	2,60	1,05

Aanname in deze bepaling:

*** De gemiddelde kwaliteit is bepaald vanuit het gemiddelde van de natuurtypen 'kwelder' en 'Intergetijdenzone in beschut kustwater'. Gezien de golfbreker zich in dezelfde omstandigheden als deze natuurtypen bevindt is dit een goede benadering.

Referenties:

De getallen in bovenstaande tabellen zijn gekleurd op basis van geraadpleegde bron.

Blauw = Waarden afkomstig van: R.Wortelboer Natuurpunten als methode voor het evalueren van de effecten van ruimtelijke ingrepen, Deltaris (2015)

Oranje = Waarden afkomstig uit: Sijtsma et al. 2009, Natuureffecten in de MKBA's van projecten voor integrale gebiedsontwikkeling, PBL (2009)

Donkerblauw = Waarden afkomstig uit correspondentie met dhr. R.Wortelboer. Zie textvak (Expert 11).

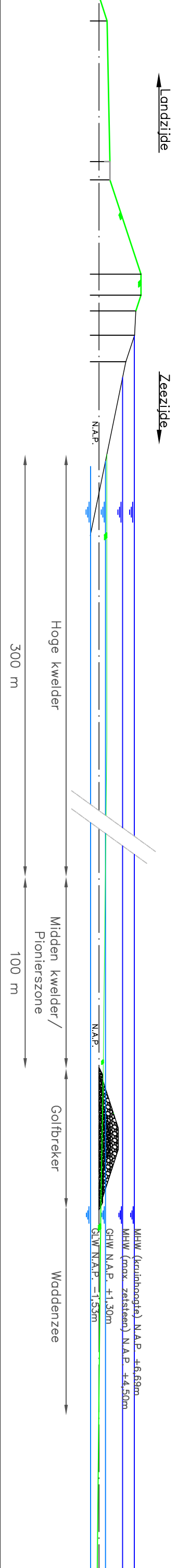


Bijlage V-D

DO tekening
Mosselrif

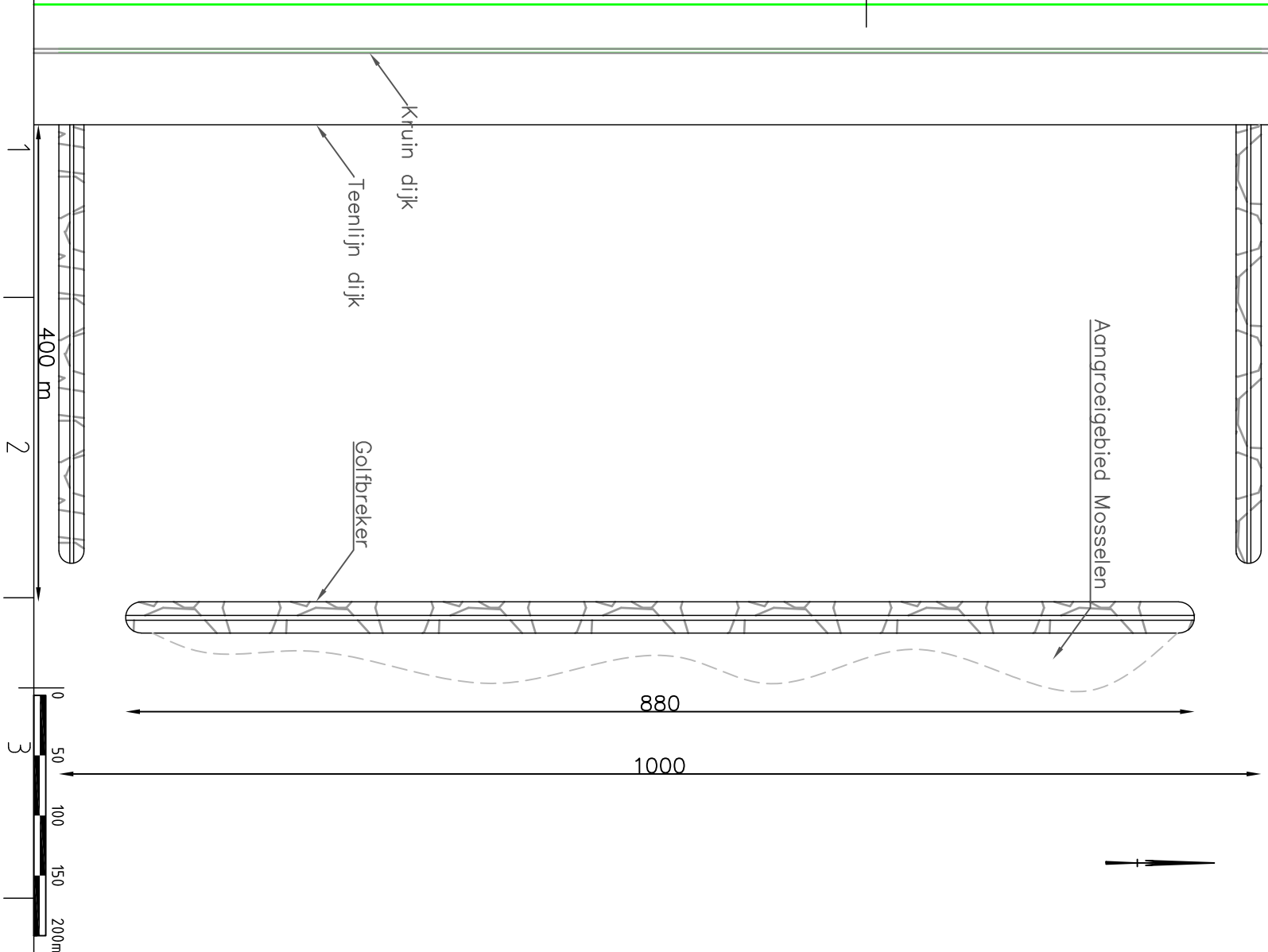
Zijaanzicht

SCHAAL 1 : 750



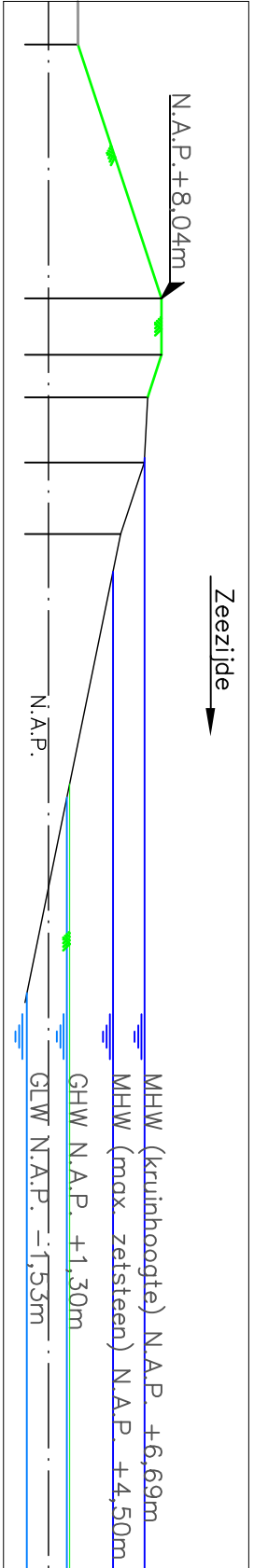
Bovenaanzicht

SCHAAL 1 : 5000



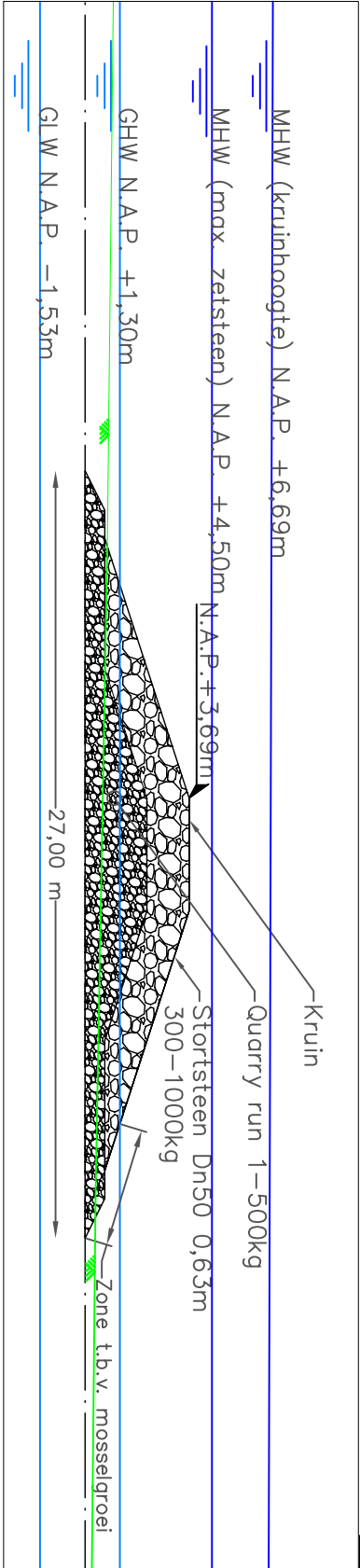
Detail

SCHAAL 1 : 500



Detail

SCHAAL 1 : 250



Project: POV Waddenzeedijken

Deelproject: Rijke Dijk

Onderdeel: DO Mosselrif

POV waddenzeedijken PROJECT OVERSTIJGENDE VERKENNING HWBP			
Tekenaar:	P.R.Sinema	Schaal	Variërend
Datum	14-01-2017	Formaat	A3
Bladnummer	01	van	01 Bladen
Tekeningnaam	MOSSELRIF DO_NLCS		

ACADEMIE VOOR

ARCHITECTUUR, BOUWKUNDE & CIVIELE TECHNIEK

Toestemmingsformulier tot opname en beschikbaarstelling afstudeerscriptie in een digitale kennisbank



De Hanzehogeschool heeft een digitale kennisbank opgezet waarin de Hanzehogeschool scripties die door studenten in het kader van hun studie aan de Hanzehogeschool hebben geschreven, toegankelijk worden gemaakt voor derden. Hierdoor wordt het proces van creatie, verwerving en deling van kennis binnen het onderwijs mogelijk gemaakt en ondersteund.

De in de kennisbank opgenomen scripties zullen gedurende minimaal zes jaar in de kennisbank worden opgenomen en toegankelijk gemaakt voor potentiële gebruikers binnen en buiten de Hogeschool. Om opname en beschikbaarstelling mogelijk te maken dient dit toestemmingsformulier te worden ingevuld en ondertekend.

Door opname en beschikbaarstelling in de digitale kennisbank wordt het auteursrecht niet overgedragen.

Indien je toestemming wilt geven, vul je naam en de titel van de afstudeerscriptie hieronder in.

Rechten en plichten student indien de afstudeerscriptie wordt gepubliceerd:

P.R.Sinnema en M.J.Aldershof (hierna de student(en)) verleent(en) aan de Hanzehogeschool kosteloos de niet-exclusieve toestemming om zijn afstudeerscriptie getiteld:

“Buidling with Nature in de Waddenzee” op te nemen in de digitale kennisbank

en om deze afstudeerscriptie beschikbaar te stellen aan gebruikers binnen en buiten de Hanzehogeschool. Hierdoor mogen gebruikers de afstudeerscriptie geheel of gedeeltelijk kopiëren en bewerken. Gebruikers mogen dit alleen doen en de resultaten publiceren indien dit gebeurt voor eigen studie en/of onderwijs- en onderzoeksdoeleinden en onder de vermelding van de naam van de student en de vindplaats van de afstudeerscriptie.

De toestemming om de afstudeerscriptie aan derden beschikbaar te stellen gaat in vanaf het moment dat hiervoor getekend is.

De student verklaart dat de stagebiedende organisatie dan wel de opdrachtgever van de afstudeerscriptie geen bezwaar heeft tegen opname en beschikbaarstelling van de afstudeerscriptie in de digitale kennisbank.

Verder verklaart de student dat hij of zij toestemming heeft van de rechthebbende van materiaal dat de student niet zelf gemaakt heeft om dit materiaal als onderdeel van de afstudeerscriptie op te nemen in de digitale kennisbank en aan derden binnen en buiten de Hanzehogeschool beschikbaar te stellen.

Indien je geen toestemming geeft omdat de afstudeerscriptie vertrouwelijk is, kun je dat hieronder aankruisen:

- De afstudeerscriptie is vertrouwelijk en mag niet worden gepubliceerd:



Rechten en plichten gebruiker indien de afstudeerscriptie word gepubliceerd:

Door dit toestemmingsformulier mag een gebruiker van de digitale kennisbank de afstudeerscriptie geheel of gedeeltelijk kopiëren en/of geheel of gedeeltelijk bewerken. Gebruikers mogen dit alleen doen en de resultaten publiceren indien dit gebeurt voor eigen studie en/of onderwijs- en onderzoeksdoeleinden en onder de vermelding van de naam van de student en de vindplaats van de afstudeerscriptie.

Hieronder tekenen door alle studenten van de afstudeergroep bij al dan niet verlenen van toestemming voor het publiceren van het afstudeerwerk:

Datum: 22-01-2017

Naam student:	Paul R. Sinnema	Opleiding: Civiele Techniek
Studentnummer:	317096	Afstudeerrichting: Harbour, Coasts and Dredging E-mailadres: p.r.sinnema@gmail.com

Naam student:	Marco J. Aldershof	Opleiding: Civiele Techniek
Studentnummer:	323498	Afstudeerrichting: Harbour, Coasts and Dredging E-mailadres: marcoaldershof@live.nl

*Dit formulier graag uploaden in OnStage bij de aangegeven stap.
Het formulier hoeft niet geprint te worden.*