

Twee halen één betalen

Ecologie en veiligheid Markermeer



Ecologie en veiligheid

Markermeer:

De randen van het Markermeer gefaseerd ecologiseren door mee te liften met de dijkversterkingen

Definitief

NMIJ Provincie Flevoland

Grontmij Nederland B.V.
Alkmaar, 12 juli 2012


Titel : Ecologie en veiligheid Markermeer:
'2 halen 1 betalen'

Subtitel : De randen van het Markermeer gefaseerd ecologiseren door
mee te liften met de dijkversterkingen

Projectnummer : 319877

Referentienummer : GM-0067755

Revisie : 3

Datum : 12 juli 2012 

Auteur(s) : Jän Kollen, Hans Jaspers

Gecontroleerd door : Mario Maessen

Paraaf gecontroleerd :

Goedgekeurd door : Jana Steenbergen

Paraaf goedgekeurd :

Contact : Grontmij Nederland B.V.
Robijnstraat 11
1812 RB Alkmaar
Postbus 214
1800 AE Alkmaar
T +31 72 547 57 57
F +31 72 547 57 50
www.grontmij.nl

Voorwoord

Aanleiding voor de opdracht

In het Algemeen Overleg RRAAM d.d. 21 december 2011 is door de Tweede Kamer met de minister van I&M gesproken over het TBES en het Optimalisatierapport. De Tweede Kamer heeft de minister van I&M verzocht om een open marktuitvraag te doen voor de natuurontwikkelingsplannen zoals beoogd in de RRAAM-ambitie. De Tweede Kamer wil op deze manier de creativiteit van de private sector optimaal benutten. De resultaten kunnen worden meegenomen in de besluitvorming naar de ontwerp-Rijksstructuurvisie eind 2012. De minister heeft tijdens het Algemeen Overleg positief op deze open marktuitvraag gereageerd.

Dit rapport is een onderdeel van het resultaat van die werkwijze.

De opdracht

In overleg met de opdrachtgever is afgesproken om accenten te leggen op:

- Een sterk accent op de luwtestructuren aan de Noord-Hollandse kant in de vorm van een zanddam (optie van een strekdam als alternatief voor zanddam) parallel aan de Noord-Hollandse kustlijn, verbonden met de kust middels een loodrechte zanddam. Aandachtspunt is de waterkwaliteit (blauwalg) en uitwisseling met de rest van het meer. Daarnaast monden vispassages in het ontwerp uit in het Markermeer. Hoe wordt gezorgd voor een overgang naar de luwte zone binnen de luwtestructuur? Voor de luwtestructuren kunnen twee opties voor locaties uitgewerkt worden:
 - * alleen luwtestructuren aan de Noord-Hollandse kust
 - * als alternatief; gedeeltelijk aan de Noord-Hollandse Kust, gedeeltelijk aan de kust van Flevoland (bijvoorbeeld op de locatie van de Vooroever Lepelaarplassen).
- Uitwerken van een luwtestructuur bij het Enkhuizerzand in de vorm van een zanddam met beperkte moeras vorming (hoe maak je dit moeras en hoe richt je het in?) Wat is de meerwaarde van een moeras op deze locatie (nu heeft Enkhuizerzand ecologisch hoge waarden)? Dit beperkte moeras komt in de plaats van het grootschalige moeras voorzien in het PRA.
- Uitwerken van synergiemogelijkheden met de versterking van de Houtribdijk door plaatsing van kribachtige zandbanken langs de dijk welke door aanslibbing mogelijk kunnen uitgroeien tot oeverdijken van zand c.q. moerasoevers.
- De gekozen aanpak met fasering en zonerings is een sterk onderdeel van de offerte. De aanpak van kleinschalig naar grootschalig zien wij graag terugkomen in het eindproduct.

De andere onderdelen worden tot een dusdanig niveau uitgewerkt dat het mogelijk blijft om een integrale visie met bijbehorende totale kostenraming op te stellen.

Zanddam versus stortstenen dammen

Het door WMIJ gevraagde accent op zanddammen spreekt ons erg aan. We hadden het als uitdagend alternatief aangeboden. In onze indicatieve kostenramingen waren van de meer traditionele stortstenen dammen uitgegaan. In deze rapportage richten we ons op de zanddammen. We hebben aan het eind van de rapportage (paragraaf 5.3) een korte vergelijking tussen stortstenen dammen en de hier gerapporteerde zanddammen opgenomen.

Rapportage / leeswijzer

De inleiding hebben we voor een groot deel overgenomen uit het rapport 'Naar een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem', Optimalisatierapport Werkmaatschappij Markermeer-IJmeer, 17 november 2011. Dit rapport samen met enkele recent verschenen rapporten zijn als basis gebruikt ook op enkele andere punten.

De inleiding beschrijft de historie van het Markermeer en de voorgeschiedenis van dit rapport. In hoofdstuk 3 beschrijven we het plan en de maatregelen. In hoofdstuk 4 wordt het plan getoetst op zijn ecologische en morfologische effecten.

In dat hoofdstuk wordt ook enige aandacht besteed aan de economie, recreatie, financiering en draagvlak. Dat wordt echter summier gehouden, omdat daar al uitvoerig op is ingegaan in het optimalisatierapport. In hoofdstuk 5 worden de kosten van het plan aangegeven. In bijlage 5 zijn die nader onderbouwd. Tenslotte wordt in hoofdstuk 6 een korte conclusie gegeven en een mogelijk vervolg.

De visualisaties van het plan en de dwarsdoorsneden van de maatregelen zijn in de bijlagen gegeven.

We hebben Professor Dr. Wolf Mooij gevraagd om een onafhankelijke mening. Die is hierna toegevoegd.

1. Het rapport "Ecologie en veiligheid Markermeer: "2 halen 1 betalen " van de Grontmij geeft invulling aan de marktuitvraag RRAAM die als doel heeft om de creativiteit van private partijen optimaal te benutten bij het realiseren van de natuurontwikkelingsplannen zoals beoogd in de RRAAM-ambitie.
2. Mij is gevraagd om als onafhankelijk deskundige een oordeel te geven over ecologische aspecten van het rapport vanuit mijn kennis van de aquatische ecologie in het algemeen en mijn specifieke kennis van het Markermeergebied in het bijzonder
3. Mijn algemene indruk is dat dit een gedegen studie is.
4. In het rapport wordt naar mijn mening op een innovatieve manier vorm gegeven aan de opdracht.
5. De belangrijkste afwijking van de PRA betreft het laten vallen van het geplande grootschalige moeras ten zuiden van de Houtribdijk.
6. Daarvoor in de plaats wordt er een traject geschetst waarin er op termijn moerasontwikkeling plaats kan vinden in de luwte gebieden.
7. Door deze moeras ontwikkeling mee te laten lopen met de dijkverzwaring zijn er kostenbesparingen mogelijk.
8. De onderliggende filosofie bij deze voorstellen die verwoordt wordt als "Eerst doen wat moet, later doen wat kan" het draagt naar mijn mening een risico in zich: "Van uitstel komt afstel". Het is van belang te realiseren dat het moeras, in welke vorm dan ook, een noodzakelijk geachte component van een toekomstbestendig ecosysteem is.
9. Zoals algemeen bekend en zoals ook in het WMIJ optimalisatie rapport op verschillende plekken verwoord zijn grootschalige ecologische processen moeilijk te voorspellen.
10. Er is dus geen zwart-wit antwoord te geven op de vraag of de door de Grontmij geschetste moeras ontwikkeling tot een vergelijkbare natuurwaarde en realisatie van natuurdoelstellingen gaat leiden als het oorspronkelijk geplande grootschalige moeras ten zuiden van de Houtribdijk.
11. Wel kan gezegd worden dat locatie van de moerasgebieden in de luwte zone veel beter aansluiten bij de natuurlijke morfologie van het gebied dan een moeras dat aangelegd wordt in een gebied met een aanzienlijke waterdiepte en een positie aan de dominante lagerwal van het meer.
12. Een nadeel van de positionering in de luwtegebieden is dat dit tot een versnippering van het moeras zal leiden, dat wil zeggen het grootschalige karakter er van gaat verloren.
13. Ongeacht de gekozen oplossing maakt het deels onvoorspelbare karakter van ecologische processen het noodzakelijk dat de planuitvoering vergezeld gaat van een gedegen monitoring campagne en begeleidend onderzoek.

Prof. Dr. Wolf Mooij, Nederlands Instituut voor Ecologie

Inhoudsopgave

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Samenvatting | 8 |
| 2 | Inleiding..... | 11 |
| 2.1 | Van beoogde inpoldering naar beschermd natuurgebied..... | 11 |
| 2.2 | Het Toekomstbestendig Ecologisch Systeem binnen RRAAM | 13 |
| 2.3 | Opdracht Werkmaatschappij Markermeer-IJmeer..... | 15 |
| 2.4 | Visie en missie WMIJ..... | 16 |
| 2.5 | De uitdaging..... | 17 |
| 3 | Plan: Zachte randen..... | 18 |
| 3.1 | Inleiding..... | 18 |
| 3.2 | Plan: Zachte randen..... | 20 |
| 3.2.1 | Korte termijn: voldoen aan N2000 en KRW | 23 |
| 3.2.1.1 | De doelen..... | 23 |
| 3.2.1.2 | De oplossingsrichtingen..... | 23 |
| 3.2.1.3 | De maatregelen | 25 |
| 3.2.2 | Middellange termijn, ruimte scheppen voor ontwikkelingen | 26 |
| 3.2.2.1 | De doelen..... | 26 |
| 3.2.2.2 | De oplossingsrichtingen..... | 26 |
| 3.2.2.3 | De maatregelen | 26 |
| 3.2.3 | Langere termijn, integratie en schaalgrootte natuur | 28 |
| 3.2.3.1 | De doelen..... | 28 |
| 3.2.3.2 | De oplossingsrichtingen..... | 28 |
| 3.2.3.3 | Maatregelen | 30 |
| 3.3 | Beheer en onderhoud | 32 |
| 3.3.1 | Onderhoud begroeiing | 32 |
| 3.3.2 | Onderhoud erosie | 32 |
| 4 | De pijlers | 33 |
| 4.1 | Pijler 1: Toets ecologie..... | 33 |
| 4.1.1 | Inleiding..... | 33 |
| 4.1.2 | Ecologische meerwaarde van luwtestructuren | 33 |
| 4.1.3 | Toetsing ontwerp aan de ecologische vereisten..... | 34 |
| 4.1.4 | Natura2000 en KRW | 36 |
| 4.1.5 | Meekoppelen met dijkversterking | 36 |
| 4.2 | Pijler 2: Morfologie | 37 |
| 4.2.1 | Inleiding..... | 37 |
| 4.2.2 | Evenwichtsprofiel | 37 |
| 4.2.3 | Zandlangstransport..... | 38 |
| 4.2.4 | Zandige oeverdijken..... | 38 |
| 4.3 | Pijler 3: Toets economie en gebruik | 39 |
| 4.3.1 | Recreatie en toerisme..... | 39 |
| 4.3.1.1 | Visserij..... | 39 |
| 4.4 | Pijler 4: Toets financiering..... | 39 |
| 4.4.1 | Optimalisatie grondstromen..... | 39 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.4.2 | Ontwikkeling financieringsinstrumenten | 40 |
| 4.5 | Draagvlak en communicatie..... | 41 |
| 5 | Fasering, investeringen en financiering | 42 |
| 5.1 | Fasering | 42 |
| 5.2 | Areaal per fase..... | 43 |
| 5.3 | Investeringen zanddammen..... | 44 |
| 5.4 | Zanddammen versus stortstenen dammen | 46 |
| 6 | Conclusie en vervolg..... | 47 |
| 6.1 | Conclusie | 47 |
| 6.2 | Vervolg..... | 47 |

Bijlage 1: Dwarsdoorsneden

Bijlage 2: Morfologie en achtergrondinformatie

Bijlage 3: Waterkwaliteit in baaien

Bijlage 4: Grondboringen

Bijlage 5: Kostenramingen

Bijlage 6: Visualisaties

1 Samenvatting

Het Markermeer is uniek

Het Markermeer is een uniek groot meer in de directe nabijheid van de woon en leefomgeving van veel mensen. Het biedt niet alleen veel kwaliteit voor die leefomgeving, maar is ook landelijk en Europees uniek door z'n ecologische potentie. Aanpassingen moeten in onze optiek dan ook meerdere belangen dienen. Ten eerste moet de ecologische situatie weer op orde en verder verbeteren, ten tweede vinden we dat de verbetering ook mag bijdragen aan de beleving van de woonomgeving en mag bijdragen aan verbetering van de recreatieve waarden. Uiteraard mogen bestaande waarden als vrij weids uitzicht, toegankelijkheid en grootschalig zeilareaal niet of nauwelijks aangetast worden. Het Markermeer is in onze optiek groot genoeg om aan de diverse belangen tegemoet te komen. Dat kan door een goede zonering van de functies. We denken dat ons plan daarvoor voldoende mogelijkheden biedt.

Maatregelen en kosten

In opdracht van Werkmaatschappij Markermeer-IJmeer is het Grontmij alternatief uitgewerkt om de randen van het Markermeer te 'ecologiseren' om invulling te geven aan de wens tot een "Toekomstbestendig Ecologisch systeem" TBES voor minder maatschappelijke kosten. Als referentiekader is het zogenaamde Publiek Referentie Alternatief (PRA) gebruikt. Dat alternatief gaat op hoofdlijnen uit van:

- 1 aanleg van 4500 ha grootschalig moeras nabij de Houtribdijk aan Lelystad zijde;
- 2 12 km golfbrekers als luwtmaatregel voor de Noord-Hollandse kust;
- 3 300 ha vooroever bij de Lepelaarsplassen;
- 4 vispassages van Markermeer naar polders en IJsselmeer;
- 5 extra vaardoelen en stranden;
- 6 systematische monitoring en onderzoek.

De kosten van het PRA alternatief zijn geraamd op 631 miljoen euro (inclusief btw, doch exclusief opslagen). Met inbegrip van toeslagen sluit het PRA alternatief op 816 miljoen.

Het alternatief van de Grontmij gaat uit van het gefaseerd aanleggen van:

- 1 13,5 km zanddam als luwtmaatregel voor de Noord-Hollandse kust tussen Hoorn en Edam;
- 2 4,2 km zanddam als luwtmaatregel voor de NH kust tussen Marken en Durgedam;
- 3 8 km zanddam als luwtmaatregel op het Enkhuizerzand langs de Houtribdijk (Enkh. zijde);
- 4 13,5 km oeverdijk langs de Noord-Hollandse kust tussen Hoorn en Edam;
- 5 4,2 km oeverdijk langs de NH kust tussen Marken en Durgedam;
- 6 10 km oeverdijk langs de de Houtribdijk (Lelystad zijde);
- 7 ondieptes Enhuizerzand (20 ha), Hoorn-Edam (70 ha), Marken-Durgedam (25 ha), Houtribdijk (35 ha);
- 8 vispassages van Markermeer naar polders en IJsselmeer (idem PRA);
- 9 extra vaardoelen en stranden (idem PRA, doch meer areaal vanuit maatregelen 1 t/m 3);
- 10 systematische monitoring en onderzoek (idem PRA).

De kosten van bovenstaand idee zijn inclusief toeslagen en btw geraamd op € 282 tot 572 miljoen. De grote marge zit in de onzekerheid in hoeverre de dijkversterking kan en wil bijdragen aan de kosten van de luwtstructuren en oeverdijken.

Indien de 13,5 + 4,2 + 8 km zanddammen als stortstenen dammen worden aangelegd bedragen de kosten €165 tot 338 miljoen.

Effect op ecologie

In het Grontmij alternatief wordt eerst uitgegaan van het behalen van de Natura 2000 en KRW doelstellingen. Daarvoor is de aanleg van luwtemaatregelen essentieel. We verwachten dat maatregel 1 daarvoor afdoende is (1.700 ha luwte). Voor het gewenste surplus kunnen ook de maatregelen 2 en 3 worden uitgevoerd (700 ha + 1.600 ha luwte). Door die maatregelen ontstaat (juridische) ruimte voor ruimtelijke ontwikkelingen. De volgende stap is het realiseren van extra land-water overgangen en ondiepe zones achter de luwtestructuren (maatregelen 4,5 en 7). Daarmee wordt een klein deel van het oppervlak achter de luwtestructuren omgezet in ondiepe zones (70 ha Edam Volendam + 20 ha Enkhuizerzand + 25 ha Marken Durgerdam). Die ondiepe zones kunnen zich ontwikkelen tot moerassystemen. In principe kan achter de luwtestructuren $1.700 + 700 + 1.600 = 4.000$ ha moeras worden aangelegd. Daarvoor is echter aanvullend grondverzet nodig. Omdat het voor de Natura2000 en KRW doelen vooral gaat om het creëren van luwte voor watervogels en ondergedoken waterplanten, denken we dat het aanleggen van grootschalig moeras achter de luwtestructuren niet wenselijk is.

De schaal van de luwtestructuren zijn wel dusdanig (1,5 km breed en in totaal ruim 20 km lang), dat verwacht mag worden dat er plaats is voor grootschalige natuur.

Het aanleggen van een oeverdijk langs de Houtribdijk (maatregel 6) creëert extra land-water overgang. Deze maatregel is uit financierings oogpunt interessant als die gecombineerd wordt met de versterking van de Houtribdijk.

Andere effecten

Door de aanleg van brede luwtestructuren ontstaan er meer kansen voor recreatie en natuurbeleving. Nu wordt het Markermeer vooral recreatief gebruikt door grotere zeilschepen en wordt vanaf de dijken genoten van het uitzicht.

Achter de luwtestructuren ontstaat ruimte voor kleinschaliger recreatie. Dat kan in de vorm van zeilen met kleinere boten, recreëren op strandjes of natuurbeleving van het gebied. Het uitzicht vanaf de dijk naar de horizon blijft behouden, wel verandert het uitzicht. Vanaf de dijk kan het luwtegebied in z'n geheel worden overzien.

Het Markermeer blijft vanaf de kust toegankelijk. Via de nieuwe zanddammen kan de nieuwe Markermeeroever bereikt worden.

Vervolg

Één van de grootste aandachtspunten voor het vervolg is draagvlak vanuit de omgeving. Daarvoor kunnen realistische praktijk voorbeeldprojecten bruikbaar zijn.

Concreet denken we aan de volgende voorbeeldprojecten:

- leg bij de Houtribdijk een stuk vooroeverdijk aan. In de bocht nabij de Houtribsluizen is de meest logische plaats (kosten orde € 250.000,00 tot € 500.000,00);
- leg op het Enkhuizerzand een stuk zanddam aan (kosten orde € 250.000,00 tot € 500.000,00);
- Schelpensubstraat achter de zanddam voor hechttingsplaatsen voor mosselen. Hier zijn al positieve ervaringen mee opgedaan (kosten voor 2 ha orde € 25.000,00).

Bovenstaande maatregelen leveren voor een relatief klein bedrag veel concreet bruikbare ervaring op. De vooroeverdijk langs de Houtribdijk kan een voorbeeld zijn voor de rest van de Houtribdijk en de dijken langs de Noord-Hollandse kust. De zanddam op het Enkhuizerzand is een voorbeeld voor de rest van de zanddam op het Enkhuizerzand en voor de zanddammen langs de Noord-Hollandse kust.

Het aanleggen van een (kleine) luwtestructuur langs de Noord-Hollandse kust met zand of stortsteen kost direct al tientallen miljoenen. Daarom is dat minder geschikt als voorbeeld.

Verder kan het volgende gedaan worden:

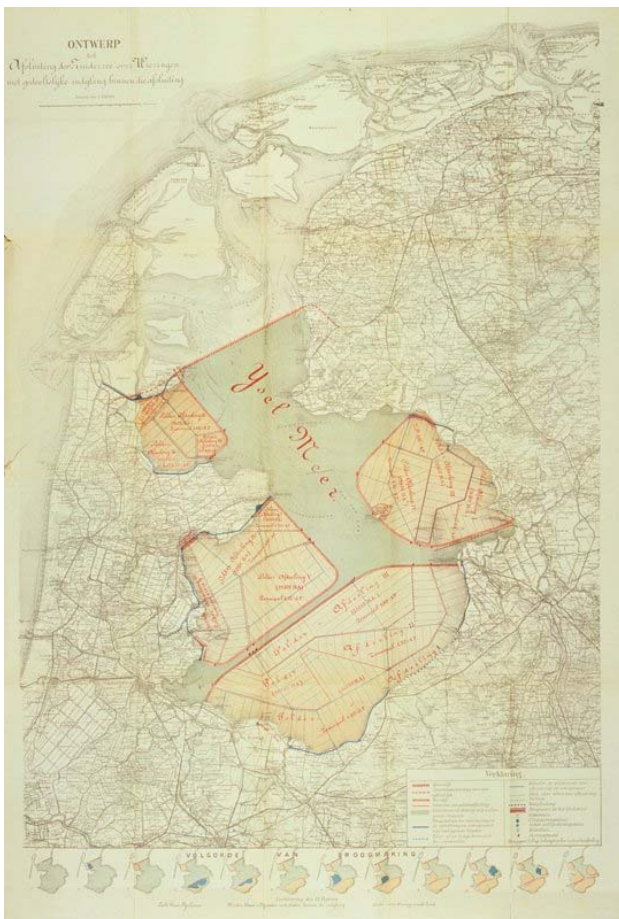
- nader onderzoek naar de wateruitwisseling en waterkwaliteit in de voorgestelde baaien;
- een verdere ecologische optimalisatie van het ontwerp;
- nader onderzoek naar de synergie met de dijkversterkingen (luwte-effect en oeverdijkeffect);
- inpassen lokale wensen in de voorgestelde oplossingen.

2 Inleiding

De inleiding is grotendeels overgenomen uit het rapport “Optimalisatie­rapport WMIJ (PRA)”. De overgenomen tekst is in een grijs­ tint weergegeven.

2.1 Van beoogde inpoldering naar beschermd natuurgebied (bron optimalisatie­rapport begin)

Decennialang was het Markermeer gereserveerd voor de afronding van de Zuiderzeewerken met de beoogde aanleg van de Markerwaard. Zo lang deze reser­vering van kracht was, werd prag­matisch omgegaan met het ecologisch beheer van dit gebied. Met de vast­stelling van de Nota Ruimte in 2006 werd de reser­vering voor inpoldering definitief in­getrokken. Eerder was het gebied al aangewezen als speciale beschermingszone in het kader van de Vogel­richtlijn en als internationaal erkend Wetland­gebied.¹ Daarmee is het gebied behouden als grootschalig open water in het hart van Nederland.



Figuur 2.1: Historische kaart Zuiderzeewerken

Anticiperend op de beslissing om Markermeer en IJmeer als open water te behouden, hebben 7 maatschappelijke organisaties en overheden, waaronder de provincies Flevoland en Noord-Holland, in 2005 de *Toekomstvisie IJmeer* opgesteld. Deze stelt dat een gerichte investering in de groen-blauwe kwaliteit een essentiële voorwaarde is voor een verdere stedelijke ontwikkeling van de as Schiphol-Amsterdam-Almere. De toekomstvisie legt de basis voor wat later het Toekomstbestendig Ecologisch Systeem is geworden. Het vormt de kiem voor een natuurinclusief ontwerp op regionale schaal. In de Noordvleugelbrief van augustus 2006 onderkent ook het kabinet dat hier een ‘natuuropgave’ te vervullen is. Provincies Noord-Holland en Flevoland kregen het verzoek om samen met regionale en maatschappelijke partijen en het rijk een nader uitgewerkte langetermijnvisie op te stellen. Ook stelde het kabinet de financiële middelen ter beschikking voor een onderzoeksprogramma naar de verbetermogelijkheden van het Markermeer en het IJmeer. Parallel aan deze ontwikkeling werden voorbereidingen getroffen om Markermeer en IJmeer samen aan te wijzen tot beschermd natuurgebied.

Het kabinet bracht in die periode (2008) de Structuurvisie Randstad 2040 uit.

¹ In het kader van de Conventie van Ramsar 1971.

Hierin kiest het kabinet op termijn voor een ruimtelijk concept waarin het IJmeer en het Markermeer samen met het IJsselmeer onderdeel uitmaken van de veel grotere Groenblauwe Delta, waartoe ook het Groene Hart behoort.

De provincies hebben de opdracht van het kabinet aangegrepen en in 2009 het *Toekomstbeeld Markermeer-IJmeer* neergelegd. Het Toekomstbeeld beschrijft hoe het Markermeer en IJmeer kan uitgroeien tot een vitaal en gevarieerd natuurgebied, krachtig genoeg om ook andere ontwikkelingen zoals klimaatverandering, verstedelijking, infrastructurele investeringen, economische groei en toenemende recreatie te kunnen accommoderen. Het ecologisch systeem van Markermeer en IJmeer moeten daarvoor kwalitatief worden verbeterd, zodat een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem ontstaat (TBES). Om aldus het huidige, kwetsbare systeem om te vormen naar een toekomstbestendig systeem, moet aan vier ecologische vereisten worden voldaan:

1. heldere randen langs de kust;
2. een gradiënt in slib van helder naar troebel water;
3. land-waterzones van formaat;
4. versterkte ecologische verbindingen.

Verschillende, onderling samenhangende maatregelen en ingrepen zijn geformuleerd om dat te bewerkstelligen. Met de maatregelen is een investeringsbedrag gemoeid van € 1 miljard (prijspeil 2008, inclusief btw).

Op 6 november 2009 heeft het kabinet de verschillende plannen met elkaar verbonden in de RAAM-brief gericht aan de Tweede Kamer. Deze bevat de Rijksbesluiten Amsterdam Almere Markermeer. Centraal staat een drievoudige ambitie voor verstedelijking, bereikbaarheid en natuur. Daarmee omarmt het kabinet het streven naar een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem. Tegelijkertijd heeft het kabinet aangegeven dat optimalisatie van de plannen noodzakelijk is alvorens tot uitvoering te kunnen komen. De kosten van de onderdelen van de drievoudige ambitie tezamen worden in de RAAM-brief geraamd op € 5 tot 8 miljard, waarvan circa € 1 miljard voor de totstandbrenging van het complete TBES. Het programma RRAAM (Rijks-Regioprogramma Amsterdam-Almere-Markermeer) is gestart om een optimalisatie en kostenbesparing tot stand te brengen voor alle onderdelen.

In juni 2011 heeft het kabinet Rutte de bovenstaande lijn bekrachtigd in de Ontwerp Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (SVIR). Deze structuurvisie is de opvolger van de Nota Ruimte, de Nota Mobiliteit en de Structuurvisie Randstad 2040. De Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte bevat een integrale landsdekkende visie en geeft een totaalbeeld van het ruimtelijk- en mobiliteitsbeleid op Rijksniveau. In de Ontwerp-SVIR wordt de RRAAM-opgave benoemd als integrale opgave van nationaal belang: *“Opgaven van nationaal belang in dit gebied zijn: (...) Het mogelijk maken van de drievoudige schaalsprong in het gebied Amsterdam-Almere-Markermeer (woningbouw, werkgelegenheid, infrastructuur en groen/blauw) samen met betrokken overheden (RRAAM)”*.

In 2011 zijn de maatregelen geoptimaliseerd. Dat heeft geresulteerd in een bijstelling van de raming naar €631,- miljoen (aanneemsom, inclusief btw). Dit bedrag is exclusief onvoorzien en VTA (voorbereiding, toezicht en advies).

Optimalisatie kosten "eindbeeld" TBES: -40%

| Geoptimaliseerd (2011) | | | Basis (2008) | |
|--|------------------------------------|------------|--------------------------------------|-------------|
| Totaal (prijspeil 2011, € mln) | | 631 | | 1080 |
| maatregel | omvang | € mln | omvang | € mln |
| Grootschalig moeras | ca. 4500 ha | 518 | ca. 4500 | 555 |
| Luwtemaatregelen | geen strekdam 12 km golfbrekers | 0 17 | 2x3 km strekdam 16 km golfbrekers | 6 21 |
| Diepe putten | geen extra putten | 0 | 7 putten | 125 |
| Vooroever Lepelaarplas-sen | 300 ha | 60 | 1000 ha | 188 |
| Binnendijkse natuur | geen extra ha | 0 | 1000 ha extra | 94 |
| Vispassages | KRW | 1 | KRW | 1 |
| Recreatief medegebruik | vaardoeven/stranden | 23 | vaardoeven/stranden | 23 |
| Monitoring en onvoorzien | systematisch | 12 | geen | 0 |
| Totaal (prijspeil 2008) | | 583 | | 1013 |
| Prijscorrectie 2008-2011 | 6,6% over kosten | ±48 | | ±67 |
| Uitvoeringstermijn ca. 40 jaar = € 15 miljoen per jaar | | | | |

Deze raming is gebaseerd op de het volgende beeld.

Geoptimaliseerd TBES

- land-water overgangen (grootschalig moeras, vooroevers)
- luwte Hoornse Hop (slibbeheersing, helder water)
- optimale grondstromen (zandwinning en natuuraanleg)
- synergie met dijkversterking (bij luwte en moerasaanleg)
- vispassages
- seizoensgebonden peil



Figuur 2.2 Maatregelen geoptimaliseerd TBES conform PRA alteratief

2.2 Het Toekomstbestendig Ecologisch Systeem binnen RRAAM

In de RAAM-brief wordt de totstandkoming van het Toekomstbestendig Ecologisch Systeem naar voren gebracht als het verbindend element in de integrale ontwikkeling van de Noordvleugel van de Randstad tot een internationaal concurrerende topregio. Niet alleen is een krachtige en duurzame ecologische kwaliteit een doel op zich zelf. Ook biedt de geschetste versterking op ecologisch systeemniveau ruimte om investeringen in verstedelijking en infrastructuur op een verantwoorde en juridisch correcte manier vorm te geven.

De totstandbrenging van het TBES is, met andere woorden, randvoorwaardelijk voor de beoogde ontwikkeling van de Metropoolregio Amsterdam.

Deze onderlinge verbondenheid en het belang van het Toekomstbestendig Ecologisch Systeem is in de RAAM-brief als volgt verwoord:

“De drie schaa sprongen [wonen/werken, bereikbaarheid, ecologie] zijn ruimtelijk met elkaar verbonden en versterken elkaar. Elke sprong zorgt er voor dat het systeem als geheel beter gaat functioneren. De groei naar een duurzame metropoolregio kan niet gemaakt worden wanneer één van de sprongen [onderdelen] ontbreekt of minder aandacht krijgt.”

“Als eerste vraagt het groen-blauwe systeem om verbetering en investering, omdat het de basis vormt voor de infrastructuur en verstedelijking. Niet alleen om een goede kwaliteit te realiseren, maar ook om ontwikkelingen juridisch mogelijk te maken [binnen de kaders van de Natuurwetgeving]. Door versterking van het Markermeer en IJmeer ontstaat een robuust groen-blauw netwerk. Dit netwerk is bestand tegen de grotere stedelijke druk en biedt kansen voor bijzondere woonmilieu's [...]. Het kabinet heeft daarom alle keuzes zorgvuldig afgewogen met telkens de drievoudige schaa sprong als uitgangspunt.”

Bron: RAAM-brief, 2009

De juridische invalshoek van deze benadering is in de RAAM-brief als volgt verder toegelicht:

“Bij de RAAM-projecten moeten alle beleidsopties met ruimtelijke consequenties in en rond het Markermeer/IJmeer passend worden beoordeeld op hun mogelijke schadelijke effecten op de natuur in het kader van Natura 2000. [...] In de RAAM-brief legt het kabinet de intentie vast om te komen tot het TBES en verbindt het zich nu aan een betekenisvolle eerste stap. Het TBES (als ‘surplus’ waarmee intensivering van het ruimtegebruik binnen de natuurwetgeving mogelijk moet worden gemaakt) moet een zodanige omvang, kwaliteit en robuustheid hebben dat het de effecten van verstedelijking en ook de gecumuleerde effecten van de overige beleidsopties en andere ontwikkelingen kan mitigeren. De Europese Commissie heeft op 8 april 2009 een brief aan de provincie Flevoland gestuurd waarin algemene principiële steun wordt betuigd aan een benadering op basis van natuurinclusieve planning en verder wordt opgemerkt dat: ‘Als de passende beoordeling tot de conclusie leidt dat het plan, met alle individuele componenten, de natuurlijke kenmerken van het gebied niet zal aantasten, of dat het plan zelfs zal bijdragen tot het bereiken van de gebiedsdoelen, kunnen de bevoegde nationale instanties met het plan akkoord gaan’.²”

Het TBES is dus de natuurcomponent van een drievoudig strategisch ontwikkelingsplan voor de Noordvleugel van de Randstad.

² RAAM-brief 2009, pagina 64 en 65.

2.3 Opdracht Werkmaatschappij Markermeer-IJmeer

Binnen het programma RRAAM werken Rijk en regio samen aan de optimalisatieopdracht van het kabinet. Daarvoor zijn vier werkmaatschappijen opgericht en een Projectteam Hollandse Brug, die ieder afzonderlijk rapporteren op de hoofdonderdelen van het programma³. Zij hebben de opdracht gekregen om voor hun onderdelen beslisinformatie te genereren op basis waarvan de betrokken overheden tot nadere besluitvorming kunnen komen. Leidend onderdeel daarvan is de Rijksstructuurvisie RRAAM, voorzien in 2014.

Werkmaatschappij Almere-Centrum Weerwater (WACW)

De WACW heeft de opdracht om een gebiedsontwikkelingsplan op te stellen voor Almere Centrum Weerwater en daarbij de aanpassingen aan de A6 en de lokale wegen te integreren, gebruik makend van de mogelijkheden die de Crisis- en Herstelwet daarvoor biedt.

Werkmaatschappij Almere-Oosterwold (WAO)

De WAO heeft de opdracht om een ontwikkelingsstrategie op te stellen voor het gebied aan de oostzijdse van Almere, die uitgaat van organische stedenbouw in een landschapelijke setting. De ontwikkeling van dit gebied moet geld opleveren voor de ontwikkelingen aan de westkant van Almere.

Werkmaatschappij Amsterdam- Almere (WAA)

De WAA richt zich op de bereikbaarheidscomponent (in het bijzonder een IJmeerverbinding Amsterdam-Almere), in combinatie met gebiedsontwikkeling aan de westkant van Almere, die gedeeltelijk buitendijks is voorzien (Almere Pampus en Almere IJland).

Werkmaatschappij Markermeer-IJmeer (WMIJ)

De WMIJ⁴ heeft tot opdracht om de ecologische component te optimaliseren. De WMIJ richt zich op het haalbaar en betaalbaar maken van het Toekomstbeeld Markermeer-IJmeer zoals dat door de regionale partijen is vastgesteld.

Opdracht WMIJ:

- Formuleren maatregelenpakket en investeringsstrategie voor de realisatie van een Toekomstbestendig Ecologisch Systeem (TBES).
- Optimaliseren en uitwerken van het TBES mede in relatie tot ruimtelijke en infrastructuurontwikkelingen in Markermeer en IJmeer, opdat er in 2012 zicht is op een uitvoerbaar en financierbaar plan, waarover in 2014 een besluit kan worden genomen.

Beoogd resultaat:

- Beslisinformatie voor een besluit over optimalisatie, operationalisering en financiering van het TBES;
- Beslisinformatie voor een besluit over de uitvoering van de 1e fase TBES (2012);
- Start voorbereiding uitvoering 2e fase TBES (2012) opdat dit in 2014 in uitvoering kan worden genomen.

Uitgangspunt

Uitgangspunt van het TBES is dat er een robuust ecologisch systeem moet ontstaan, dat voldoet aan ten minste de vereisten van Natura 2000 en dat daarnaast ruimte biedt voor infrastructuurontwikkelingen en ruimtelijke ontwikkelingen in het Markermeer en IJmeer (o.a. IJmeerlijn en westelijke ontwikkeling Almere).

³ Voor een uitgebreide beschrijving van de invulling van het programma RRAAM zij verwezen naar de rapportages en correspondentie van de Minister van IenM aan de Tweede Kamer.

⁴ Zie voor de samenstelling van de WMIJ en de bestuurlijke aansturing het Colofon bij dit rapport.

Financieel referentiekader

Het financieel referentiekader voor de optimalisatie is de Financieringsstudie Toekomstbeeld Markermeer-IJmeer. Deze financieringsstudie raamt de kosten voor het TBES op € 1 miljard (prijspeil 2008; inclusief BTW).

Bron: *Werkplan RRAAM, 6 mei 2010*

2.4 Visie en missie WMIJ

Bij de uitvoering van haar opdracht stelt de WMIJ het Toekomstbeeld Markermeer-IJmeer van 2009 centraal. Dit Toekomstbeeld schetst de ontwikkeling van het Markermeer en IJmeer tot een van de natuuriconen van Nederland. Het gebied heeft de potentie om door te ontwikkelen tot een van Europa's grootste en kwalitatief belangrijkste aaneengesloten wetlands. Nederland zet hiermee ook een grote stap om te voldoen aan haar verplichtingen met betrekking tot de biodiversiteit van natte natuur in Europa. Het Toekomstbeeld rekent af met achteruitgang van de natuurkwaliteit door te investeren in een robuuste en veerkrachtige natuur, met behoud van de openheid van het gebied, die uniek is in de stedelijke agglomeraties van Europa.

Tegelijkertijd bepleit het Toekomstbeeld een ontwikkeling die de natuurmaatregelen combineert met recreatieve ontwikkeling, actieve natuurbeleving en een toegevoegde waarde voor de kwaliteit van het leven in de regio. De cultuurhistorische kwaliteiten van het gebied, waar de opkomst en bloei van zeevaart en handel in verschillende Zuiderzeesteden centraal staan (met Amsterdam als wereldberoemd monumentaal centrum), biedt de basis voor een unieke, dynamische en zeer aantrekkelijke locatie voor de toekomst. Met een duurzame doorontwikkeling van het rijke verleden in dit kansrijke perspectief, kan het gebied de toets en concurrentieslag met andere topregio's in Europa glansrijk doorstaan.

Het Toekomstbeeld is tot stand gekomen in een breed samengesteld Samenwerkingsverband Toekomstagenda Markermeer - IJmeer. Naast de betrokken ministeries en de provincies Flevoland en Noord-Holland hebben daarin thans zitting de gemeenten Amsterdam, Almere, Drechterland, Edam-Volendam, Hoorn en Lelystad⁵, het waterschap Zuiderzeeland (namens de drie betrokken waterschappen), de ANWB, Staatsbosbeheer en de Vereniging Natuurmonumenten. De WMIJ zet in het kader van haar opdracht het inspirerende werk van deze organisaties samen met hen en vele andere betrokkenen voort. Het Toekomstbeeld Markermeer-IJmeer staat aan de basis van de Missie en Visie van de WMIJ.

Visie en missie van de WMIJ zijn vastgesteld in de Stuurgroep RRAAM van december 2010, in overeenstemming met het Opdrachtgeversoverleg Ecologie IJsselmeergebied OEIJ⁶.

Visie WMIJ

Markermeer en IJmeer vormen tezamen een uniek gebied met grote ecologische en cultuurhistorische waarden, waarin de interactie tussen mens en omgeving al eeuwenlang een fascinerende combinatie oplevert van ecologie, economie en cultuur. Centraal staat de dynamiek in de verbinding tussen water en land, in de Nederlandse delta die deel uitmaakt van het Europese netwerk. Het breed gedragen Toekomstbeeld Markermeer-IJmeer bevat de elementen voor een veerkrachtig toekomstbestendig ecologisch systeem gecombineerd met landschap, cultuurbeleving en economische gebiedsontwikkeling. Deze zijn essentieel om de uitzonderlijke internationale toppositie van de regio vast te houden en te versterken.

Missie WMIJ

De WMIJ zet zich in om het Toekomstbeeld Markermeer-IJmeer in de context van de RAAM-brief nader uit te werken, te concretiseren en haalbaar te maken, zodat het in uitvoering genomen kan worden, steunend op een breed draagvlak in het perspectief van de duurzame ontwikkeling van de gehele regio.

⁵ Tot medio 2011 waren de Noord-Hollandse gemeenten vertegenwoordigd door de gemeente Waterland in plaats van de gemeenten Hoorn en Drechterland.

⁶ Het OEIJ bestaat uit bestuurders van de provincies Noord-Holland en Flevoland, Rijkswaterstaat, Ministerie van EL&I (voorzitter) en Ministerie van I&M.

(bron optimalisatierapport einde)

2.5 De uitdaging

De in het voorwoord aangegeven uitdaging is het tegen aanmerkelijk lagere kosten behalen van de doelen. We hebben die uitdaging opgepakt door de volgende werkwijze voor te stellen:

- op korte termijn (2013-2022) halen van Nature 2000 en KRW doelen door:
 - * luwte maatregelen te plannen op plaatsen die minder diep en/of hydraulisch kwetsbaar zijn;
 - * door de vispassages conform optimalisatiestudie uit te voeren;
- op middellange termijn (2022-2031) ruimte scheppen voor ontwikkelingen door een ecologisch surplus:
 - * door extra luwtmaatregelen;
- op lange termijn ecologische moeras schaalgrootte creëren door:
 - * door mee te liften met dijkversterkingprojecten (2016-2021);
 - * verontdiepen van de luwtes (2031-2044);
 - * zonerings van de luwtes (recreatie / natuur).

Het markante verschil met het PRA optimalisatie alternatief is de keuze voor verzachting van de oevers rondom het Markermeer in plaats van kiezen voor één plaats. Op de zeer lange termijn (na 2044) zien we een Markermeer voor ons dat aan alle zijden omzoomd is met brede natuurlijke oevers (orde 1500 – 2000 m breed). De oevers zijn dusdanig breed dat binnen de oevers grootschalige moerasstructuren kunnen ontstaan en gevarieerde kustvormen (baaien, lagunes). Het beeld is schematisch weergegeven in figuur 2.3.



Groen: 2013 - 2044
Geel: na 2044

Figuur 2.3: Zeer lange termijn, zachte randen rondom het gehele Markermeer.

3 Plan: Zachte randen

3.1 Inleiding

In paragraaf 3.2 wordt het plan beschreven en in 3.3 het beheer en onderhoud. In deze inleiding geven we onze overwegingen die tot het plan hebben geleid.



Figuur 3.1: Overzicht van maatregelen

De in figuur 3.1 geschetste maatregelen zijn:

1. Luwtedammen langs de Noord-Hollandse kust;
2. Luwtedam Enkhuizerzand;
3. Oeverdijken langs Noord-Hollandse kust van Hoorn naar Durgerdam;
4. Oeverdijk langs zuidoost deel Houtribdijk;
5. Vispassages (idem PRA).

Het basisprincipe is: “robuuste baaien creëren langs de randen van het Markermeer”.

In uw uitvraag noemt u vier ecologische vereisten. Deze ecologische vereisten wilt u voor minder maatschappelijke kosten realiseren dan het publiek referentie alternatief (PRA). Onderstaand geven we aan waar onze visie c.q. uitwerking overeenkomt met het PRA en waar sprake is van optimalisatie in doelen, tijd en geld.



Voorbeeld: De Gouwzee is een robuuste baai

1. Heldere randen langs de kust

Dit uitgangspunt vullen we volledig in. We willen dit uitgangspunt benadrukken en zelfs zwaarder invullen omdat onzes inziens deze vereiste aansluit bij de primaire doelen van N2000 en KRW. We kiezen om deze doelstelling te realiseren waar dat het meest eenvoudig en voordelig kan. Dat is langs de Noord-Hollandse Markermeer kust en op het Enkhuizerzand.

De filosofie is: Ruim uitbreiden heldere randen langs de kust

2. Een gradiënt in slib van helder naar troebel water

We laten grote delen van het Markermeer zoals ze zijn. Daar is nu al een gradiënt aanwezig. We stellen in onze basisplannen geen verandering voor in de diepe delen van het Markermeer. We creëren wel meer helder water langs een groter deel van de kust, dus er ontstaan ook meer gradiënten. Vooral in de openingen van de baaien zullen gradiënten gaan ontstaan van helder naar troebel water.

De filosofie is: Meer overgangen van helder naar troebel

3. Land-waterzones van formaat

Op dit punt wijken we af van de PRA. We concentreren ons in eerste instantie op de N2000 en KRW doelen en voor de eerste fase niet op moerasdoelen (die zijn niet wettelijk opgelegd). We scheppen met de door ons voorgestelde maatregelen wel ruimte voor grootschalige land-water overgangen. Achter de luwtestructuren kunnen land-water overgangen worden gemaakt. Vanuit kostenoogpunt is het logisch om dat te doen in combinatie met de dijkversterkingen. Dat draagt bij aan de verzachting van de harde grens tussen land en water.

We positioneren de land-water overgangen echter op andere locaties vanwege kosten (minder diep) en mogelijkheden van werk met werk (dijkversterkingen).

De filosofie is: Eerst doen wat moet, later doen wat kan.

4. Versterken ecologische relaties

We nemen de vispassages volledig mee. Hier leveren we niet op in, omdat vanuit de KRW de vismigratie één van de hoofddoelstellingen is. Bovendien draagt een goede visstand bij aan de Natura2000 doelstellingen. Wel hebben we de aantekening dat de vispassages van Markermeer naar binnenwater minder nodig zijn als er in de baaien voldoende paaiplaatsen beschikbaar komen voor de vis in het Markermeer.

Door de door ons gekozen positionering zal de ecologische relatie (verzachting harde overgang) tussen Markermeer en achterland verbeterd worden. Daarnaast leiden de ontwikkelingen tot versterking van ecologische relaties langs de kust. Zo verwachten we dat door de voorgestelde maatregelen langs de Houtribdijk de ecologische relatie (verbinding) tussen Flevoland en Noord-Holland verbetert.

De filosofie is: Paaiplaatsen rondom het Markermeer, echter met behoud van vispassages naar binnenwater

Doelen Natura2000 en KRW

De doelstellingen van Natura2000 en KRW houden we vast. In aanvulling op deze doelen bieden we op termijn met de plannen ruimte voor grootschalige land-water overgangen en moerasontwikkeling.

3.2 Plan: Zachte randen

In figuur 3.1 is het plan weergegeven om de Natura2000 en KRW doelen te behalen. Dat plan kan gefaseerd worden uitgevoerd. Op de zeer lange termijn kan het plan van de 'zachte randen' nog verder worden uitgebreid tot rondom het gehele Markermeer. Daarin zijn ook zachte randen aangebracht in de diepere delen van het Markermeer (langs de Flevoland kant) en langs delen waar de dijkversterking net is afgerond (tussen Enkhuizen en Hoorn). Daar is echter nu geen synergie voordeel meer te behalen. Dat beeld is schematisch in figuur 2.3 weergegeven. In deze rapportage concentreren we ons op het in figuur 3.1 weergegeven beeld.

In het PRA wordt de volgende fasering gehanteerd:

Fase 2: Korte termijn 2013-2022

Fase 3: Middellange termijn 2022-2031

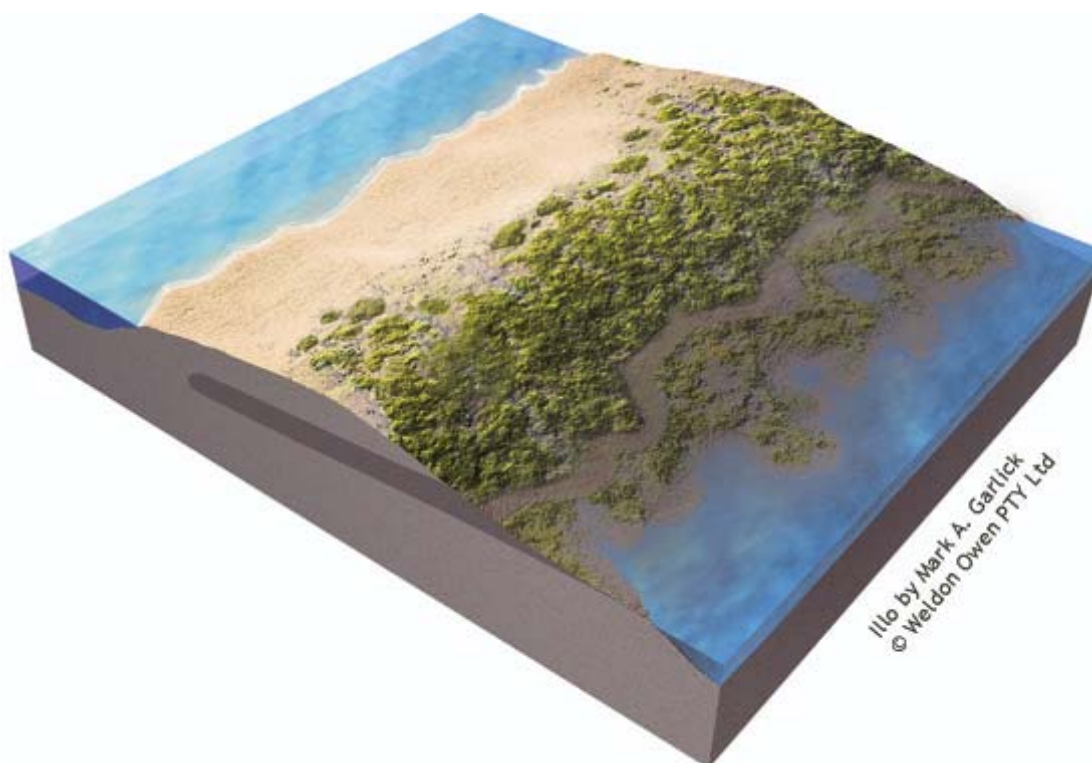
Fase 4: Lange termijn

N.B. Fase 1 is al uitgevoerd en bestond uit het voortraject.

In het PRA plan wordt er op de lange termijn naar gestreefd om de TBES doelstellingen te behalen (dus na 2031). Ons voorstel is echter om de dijkversterkingen te integreren met de TBES doelstellingen. De dijkversterkingen zijn gepland van 2016 – 2021. Daarmee vallen ze in de korte termijn. In dit document worden ze echter onder de lange termijn gerapporteerd. In hoofdstuk 5 gaan we nader op de fasering in.

In ons plan nemen we de PRA maatregelen voor vispassages, vaardoelen en peilfluctuaties onverkort over. Die maatregelen zijn niet sterk kostenbepalend voor het TBES.

In ons plan wordt uitgegaan van zanddammen en een zandige versterking van de dijken door de aanleg van zandige zones voor de te versterken dijken. In bijlage 2 wordt nader ingegaan op die zandige oplossingen. In het tekstkader hieronder wordt kort ingegaan op de morfologie van zandkusten.



Dwarsprofiel Barrier Island

Morfologie van zandkusten

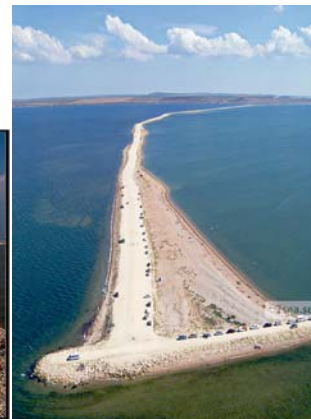
Ca. 13 % van alle kusten in de wereld zijn zandige kusten. Deze kusten komen in allerlei (golf)klimatologische omstandigheden voor. Zowel in getijdengebieden als in gebieden zonder getij en zowel in zoutwater als in zoetwater gebieden. De crux is dan ook niet het (golf)klimaat of het zee- of meer-karakter, maar simpelweg het al of niet aanwezig zijn van voldoende zand.

De zeespiegelstijging is al sinds de laatste ijstijd aan de gang, dus al ca. 10.000 jaar. De laatste decennia versnelt de stijging door klimaatverandering. De (zandige) kusten passen zich daarop aan. Die aanpassing wordt door ons ervaren als erosie. Golfklimaat en stroming hebben zowel opbouwende krachten (anders zouden er immers geen zandige kusten bestaan) als afbrekende krachten. Het dynamische evenwicht (en de aanwezigheid van voldoende zand) bepaalt of zandige kusten aanwezig kunnen zijn.

De perceptie van zandige kusten is erosie. Zoals boven aangegeven klopt dat ook door de zeespiegelstijging. Als wordt ingezoomd op achterliggende processen is het echter mogelijk om zand in je voordeel te gebruiken. Voor de Noordzeekust wordt dat inmiddels gedaan. Die trendbreuk in denken heeft enkele decennia geduurd.

Rondom het Markermeer zijn ca. 70 kleine zandstrandjes aanwezig. Deze liggen er al decennia zo niet eeuwen. In 2005 heeft R. van der Weij onderzoek gedaan naar de omstandigheden waaronder deze strandjes voorkomen ("De Markermeerstranden onderzocht", afstudeerscriptie, TU Twente / Grontmij, september 2005). Er is geen duidelijke relatie tussen golfklimaat en voorkomen en er is ook geen duidelijke relatie tussen oriëntatie en windrichtingen. Wel is er een duidelijke relatie met de vorm van het achterland. Nagenoeg alle strandjes komen voor in binnenwaartse knikken in de dijk. Er moet dan wel voldoende zand (of vaak schelpen) aanwezig zijn. De voorzichtige conclusie is: zand of schelpenstrandjes komen voor in een natuurlijke vorm voor in binnenwaartse knikken in de dijk als er voldoende zandig materiaal aanwezig is (zie ook bijlage 3 en hoofdstuk 4.2). Dat voorkomen is onafhankelijk van oriëntatie of golfklimaat. Groot voordeel van het Markermeer is het ontbreken van zeespiegelstijging.

Natuurlijke schoorwallen en oeverwallen (Engelse termen Spits and Barrier Islands) komen over de wereld in allerlei vormen voor. Hier enkele voorbeelden:



Sea of Azov (naast Zwarte Zee), lange natuurlijke schoorwallen



Links: Chesil beach (oostkust Engeland), 30 km lange oeverwal

Rechts: Long Point Spit, Lake Erie, 5 km afgebeeld, zoet water 55 m diep

De morfologie van zandige kusten is nog niet volledig wetenschappelijk doorgrond. Dat maakt het lastig om voorspellend aan te geven wat er precies zal gebeuren als zandige oevers / zanddammen worden aangelegd. Om dat te ondervangen pleiten we bij voorbaat om proefprojecten uit te voeren. De potentie van de oplossing verantwoord dat.

3.2.1 Korte termijn: voldoen aan N2000 en KRW

3.2.1.1 De doelen

De korte termijndoelen worden gericht op dat wat nodig is om de N2000 en KRW-doelen te bereiken en hiermee ruimtelijke ontwikkelingen op de korte termijn mogelijk te maken.

Wat is hiervoor nodig? Het Markermeer is in het kader van Natura 2000 aangewezen voor kranswervevegetaties, broedende aalscholvers en visdief en foeragerende/rustende vis-/schelpdier/waterplantetende vogels en voor foeragerende meervleermuis. Driehoeksmosselen en visstand (spiering) gaan sterk achteruit, kranswervevegetaties blijven gelijk. Dit heeft met name gevolgen voor de op vis- en driehoeksmosselen foeragerende watervogels die in aantal achteruitgaan. Daarbij worden de foerageermogelijkheden beperkt door gebrek aan ongestoorde gebieden, wat een spanningsveld oplevert met de toenemende behoefte aan recreatie. De ecologische toestand in het Markermeer gaat achteruit. Het is nog niet duidelijk of die trend zich doorzet, of het zich zal gaan stabiliseren in een nieuw evenwicht of dat er zelfs langzaam weer een herstel kan optreden. In ieder geval is het duidelijk dat de Natura2000 en KRW doelstellingen voorlopig niet op 'eigen kracht' kunnen worden behaald.



Kranswervevelden



Watervogels

Omdat hierdoor voor een aantal soorten de instandhoudingsdoelen niet worden gehaald, is elke nieuwe ingreep *mogelijk significant* en wordt hierdoor de ontwikkeling van andere functies belemmerd. Voor waterplanten geldt dit in mindere mate maar projecten op de verkeerde plek kunnen ook hier snel leiden tot *significante effecten*. De maatregelen op de korte termijn dienen zich in eerste instantie te richten op het stoppen van de negatieve trends en op het leggen van een basis voor het bereiken van de instandhoudingsdoelen op de middenlange termijn.

Prioritaire maatregelen die daaraan bijdragen zijn:

- 1 Verondieping van oeverzones ten behoeve van waterplanten;
- 2 Luwtes creëren voor het beperken van dynamiek en creëren van helder water ten behoeve van waterplanten, driehoeksmossel en paaiplaatsen voor vis;
- 3 Rust creëren door zonerings van de waterrecreatie;
- 4 Vispassages naar het IJsselmeer om de visstand te verhogen.

Door de eerste drie op zoveel mogelijk plaatsen te doen waar het nu niet al te diep is in verband met kosten, kunnen de doelen op een zo efficiënt mogelijke manier worden gerealiseerd. Deze maatregelen zijn ook goed voor de visstand vis en hiermee ook voor de KRW. Grootschalige land-water zones dragen in onze ogen niet prioritair bij aan de ontwikkeling van de N2000- en KRW-doelsoorten en laten we daarom in deze fase achterwege.

3.2.1.2 De oplossingsrichtingen

Algemeen

Onze oplossingsrichting is gericht op het ombuigen van de neerwaartse trend van de N2000- en KRW-doelsoorten in fase 2⁷, om deze in fase 3 uit te bouwen tot het gewenste surplus annex gewenste (ontwikkelings)robuustheid van het systeem.

We willen dat doen door voort te bouwen op al behaalde successen en door zoveel mogelijk gebruik te maken van werk met werk en combinaties en integratie met andere functies.

⁷ Fase 1 is de onderzoeksfase. Deze is al ten dele uitgevoerd.

Een eerste begin

De hoofdbestanddelen uit onze oplossingsrichting voor fase 2 bestaan uit luwtestructuren langs de Noord-Hollandse kust. De gebieden achter de luwtestructuren bieden plaats voor de ontwikkeling van N2000 en KRW-doelsoorten.

Basisprincipe luwtestructuur

zanddammen plus oeverdijk en moeraszones

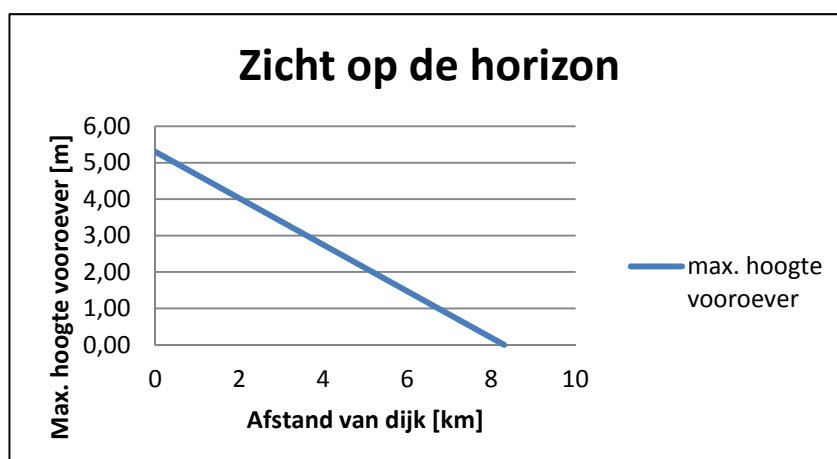


Figuur 3.2 Basisprincipe luwtestructuur

Op 1,5 tot 2 km afstand uit de kust wordt een langgerekte zanddam aangelegd. Op de juiste plaatsen laten we openingen in de luwtestructuur. Bijvoorbeeld bij water in- en uitlaten en bij havens. Achter de luwtestructuur beperken we de achterlangsstroming door het aanbrengen van verondiepingen. In de meest eenvoudige vorm is dat een (zand)dam loodrecht op de kustlijn. De elementen worden landschappelijk zo natuurlijk mogelijk ingepast.

Zicht op de horizon

Vrij uitzicht vanaf de dijk naar de waterlijn aan de horizon is een gewaardeerde kwaliteit van het Markermeer. De afstand van een zichtpunt op de dijk (ooghoogte = ca. 5,4 m) is door de bolling van de aarde ongeveer $Ah = \sqrt{h \cdot 13}$. Daarin is Ah de afstand tot de horizon en is h de ooghoogte. Bij een ooghoogte van 5,4 m ligt de horizon 8,4 km weg. In onderstaande figuur is die zichtlijn naar de horizon schematisch weergegeven (blauwe lijn). Door te zorgen dat het plan voldoende ver onder de blauwe lijn blijft, blijft het vrije uitzicht naar de horizon intact. Op 2 km afstand is het wenselijk om niet hoger te gaan dan ca. 2 à 2,5 m.



Voor de grootte van de opening van de baai gaan we uit van 500 tot 1000 m. Die grootte laat een voldoende uitwisseling met het Markermeerwater toe, bovendien ontstaan zo over de breedte van de opening de gewenste gradienten tussen helder en troebel. De maximum maat van de opening wordt bepaald door de gewenste luwte achter de dammen en eventueel de gewenste beperking van de golfaanval op de dijk.

Voor de invulling van de luwtestructuren maakt het in onze ogen essentieel verschil of wordt uitgegaan van parallelstructuren die achterlangs volledig doorstroomt worden (à la luwtestructuur bij Kinselmeer) of wordt uitgegaan van baaistructuren die slechts van één zijde wateruitwisseling hebben (het baaiconcept à la Gouwee en Naviduct natuurcompensatie). We hebben aanwijzingen dat de laatste beter invulling geven aan de N2000 en KRW doelstellingen dan de eerste. In hoofdstuk 4.1 Pijler 1: Toets ecologie wordt daar verder op ingegaan. Opgemerkt kan worden dat beide oplossingen in kosten vergelijkbaar zijn. Ook kunnen beide basisprincipes in de vorm van eilanden worden uitgevoerd.

3.2.1.3 De maatregelen

Hoorn - Edam

Tussen Hoorn en Edam wordt 9,5 km zanddam aangelegd. Deze zanddammen zijn met dwarsdammen met de kust verbonden. De totale lengte van de dwarsdammen is 4 km. In bijlage 1 is een principeprofiel van de dwarsdoorsnede weergegeven (excl. de zetting). Het dwarsoppervlak is ca. 850 m². Verondersteld wordt dat de dam 1,5 m zakt (slappe ondergrond). Ter compensatie is ca. 450 m² extra dwarsoppervlak nodig. Totaal is 1300 m² dwarsoppervlak nodig voor de zanddammen. In tabel 3.1 is aangegeven hoeveel materiaal nodig is om de zanddammen aan te leggen.

Door aanleg van de zanddammen ontstaat ca. 17 km² baai.



Figuur 3.3 Zanddammen langs kust Hoorn-Edam

Hier is gekozen voor drie dammen die los van elkaar verbonden zijn met de kust. Daardoor blijven de huidige oeverfuncties goed verbonden met het Markermeer. De zeilboten kunnen ruim tussen de baaiopeningen door varen en de wateruitwisseling via gemalen en inlaten blijft ook intact.

Tabel 3.1 **Maatregelen**

| | lengte | dwarsoppervlak | inhoud |
|------------|--------|----------------|----------------|
| | km | m ² | m ³ |
| Zanddam 1 | 2 | 1300 | 2600000 |
| Dwarsdam 1 | 1,5 | 1300 | 1950000 |
| Zanddam 2 | 2,5 | 1300 | 3250000 |
| Dwarsdam 2 | 1,5 | 1300 | 1950000 |
| Zanddam 3 | 5 | 1300 | 6500000 |
| Dwarsdam 3 | 1 | 1300 | 1300000 |
| Totaal | 13,5 | | 17550000 |

3.2.2 *Middellange termijn, ruimte scheppen voor ontwikkelingen*

3.2.2.1 De doelen

De doelen voor de middellange termijn stemmen wat inhoud betreft overeen met de korte termijn. We willen echter meer luwte creëren, zodat een surplus ontstaat ten opzichte van de N2000- en KRW-verplichtingen. Dit schept ruimte voor de gewenste andere ruimtelijke ontwikkelingen.

3.2.2.2 De oplossingsrichtingen

Enkhuizerzand

Bij het Enkhuizerzand zijn mogelijkheden om extra luwte te scheppen. Dit gebied is al relatief ondiep en ligt (mede daarom) buiten de meest gebruikte (recreatie)vaargebieden. Het Enkhuizerzand wordt zo omgevormd tot een ondiep luwtegebied. De slibstroom vanuit het Markermeer kan het gebied niet binnendringen doordat het gebied maar aan één zijde open is. Verwacht wordt dat het gebied begroeid zal raken met ondergedoken waterplanten. Het wordt een paaiplaats voor vis en een geschikt gebied voor driehoeksmosselen. Aan de open zijde zal een gradiënt in slibconcentratie ontstaan. Aan die zijde kan ook slib bezinken. Binnen het gebied zijn uitbreidingen mogelijk in de vorm van zandbanken en / of stukken moeras. Binnen het gebied ligt bij de ingang van de Naviductcompensatie al een klein zandstrandje. Dat kan eventueel worden uitgebreid.

Marken Durgerdam

De luwtestructuur langs de Noord-Hollandse kust kan verder naar het zuiden worden uitgebreid op het traject Marken – Durgerdam. Op dat traject moet de dijk nog versterkt worden. Synergie met de dijkversterking is mogelijk.

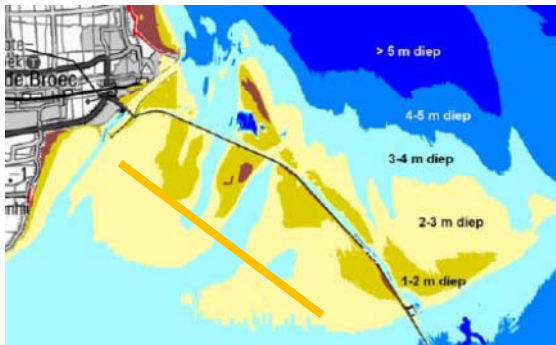
3.2.2.3 De maatregelen

Enkhuizerzand

Door aanleg van een ca. 8 km lange zanddam ontstaat een baai met een oppervlak van 16 km². De zanddam is aan de kopse einden beschermd met (zanddichte) stortstenen dammen die loodrecht op de zanddam staan. Deze zorgen voor opsluiting van de zanddam. Het zand kan dan niet wegspoelen van de koppen van de zanddam.

De lengte van de zanddam wordt bepaald door de diepte van het Enkhuizerzand. Gekozen is voor een ligging op maximaal 2,5 m waterdiepte (zie figuur 3.4).

De zanddam op het Enkhuizerzand kan van gebiedseigen materiaal gemaakt worden. Dat heeft als voordeel dat er diepte verschillen achter de dam kunnen ontstaan. Bovendien mag verwacht worden dat het instromende slib zal bezinken in de verdiepingen. Zo ontstaat meer differentiatie.



Figuur 3.4 Dieptes Enkhuizerzand

In figuur 3.5 is te zien dat gekozen is voor één grote baai. Dat om de gewenste robuustheid te krijgen en om het aantal kopse einden van de zanddam te beperken. Het is echter te overwegen om twee baaien te maken met een opening op het diepe deel. Het gebiedseigen zand kan dan eventueel uit het diepe deel gewonnen worden.

Enkhuizerzand met lange zanddam plus eventueel zandbanken en moeras



Zanddam

Kenmerken:

- Zanddam dynamisch stabiel
- Groot ondiep luwtegebied
- Ondiepe zones / waterplanten
- Opsluiting van de dam aan kopse einden

Figuur 3.5 Zanddam op Enkhuizerzand

Tabel 3.2 Maatregelen

| | lengte | dwarsoppervlak | inhoud |
|---------------------------|------------|----------------|----------------|
| | km | m ² | m ³ |
| Zanddam | 8 | 700 | 5.600.000 |
| Stortsteen dwarsdammen | 2 * 300 m' | 35 | 21.000 |

Door aanleg van de zanddam ontstaat ca. 16 km² baai.

Marken - Durgerdam

Tussen Marken en Durgerdam wordt 4 km zanddam aangelegd. Deze zanddam is op één plaats met de kust verbonden. In bijlage 1 is een principeprofiel van de dwarsdoorsnede weergegeven. Het dwarsoppervlak is ca. 850 m². Verondersteld wordt dat de dam 1,5 m zakt (door slappe ondergrond). Ter compensatie is ca. 450 m² extra dwarsoppervlak nodig. Totaal is 1300 m² dwarsoppervlak nodig voor de zanddammen. In tabel 3.2 is aangegeven hoeveel materiaal nodig is om de zanddammen aan te leggen.

Door aanleg van de zanddammen ontstaat ca. 7 km² baai.



Figuur 3.6 Zanddam langs kust Marken-Durgerdam

De dam is op één plaats met het achterland verbonden. Op die wijze ontstaat één grote zuidelijke baai en een kleinere noordelijke baai. Er zijn zover bekend langs de oever geen functies die in direct contact staan met het Markermeer. De dam doorbreekt die dus niet.

Tabel 3.3 Maatregelen

| | lengte | dwarsoppervlak | inhoud |
|----------|--------|----------------|----------------|
| | km | m ² | m ³ |
| Zanddam | 4 | 1300 | 5200000 |
| Dwarsdam | 0,2 | 1300 | 260000 |
| Totaal | 4,2 | | 5460000 |

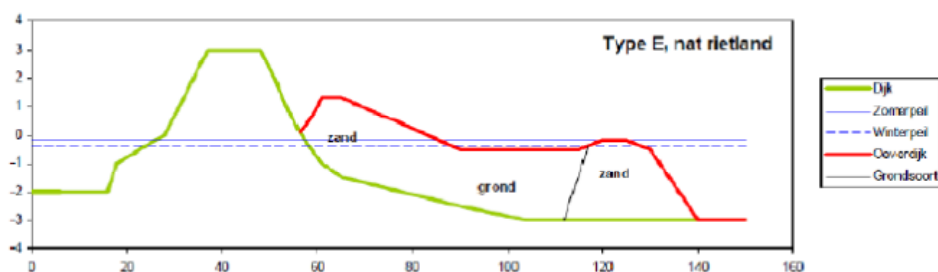
3.2.3 Langere termijn, integratie en schaalgrootte natuur

3.2.3.1 De doelen

Op de langere termijn kunnen de ontwikkelingen die zijn ingezet op de middenlange termijn verder worden uitgebreid met grootschalige ontwikkelingen van moeras. Deze ontwikkelingen kunnen bestaan uit een nadere invulling van land-waterovergangen langs de oevers in de luwtezones of realisatie van een groot aaneengesloten moerasgebied. In het eerste concept ontstaat een maximaal randeffect met verzachting van de overgang van water naar land, die mede dient als een ecologische verbinding langs de oevers van het Markermeer. Hiervan zullen met name moerasbroedvogels profiteren van kleinschalige moerasgebieden als Roerdomp, water-ral, blauwborst en grote karekiet. In het concept van grootschalig aaneengesloten moeras ontstaan mogelijkheden voor soorten die een groot ruimtegebruik hebben zoals de bruine kieken-dief, zeearend maar ook zoogdieren als de bever en zelfs de eland.

3.2.3.2 De oplossingsrichtingen

Voor de gewenste land-water overgangen gaan we in onze aanpak uit van het grootschalig toepassen van ecologische oeverdijken, gezien de mogelijke synergie met de dijkversterking.



Figuur 1c, de vormvaste brede, begroeide oeverdijkvariant (grasland en rietland) met vooroeververdediging (zanddrempel met erosiebescherming).

Figuur 3.7 Oeverdijk Type E (bron: Ecoshape, Perspectief Natuurlijke keringen, augustus 2011)

Deze oeverdijken kunnen op zeer veel manieren worden vorm gegeven. Het in figuur 3.7 weer-gegeven voorbeeld gaat uit van een zandzone aan de Markermeerzijde. Een traditionele golfbreker met eventueel ondiepe luwte aan de achterzijde is ook mogelijk.

Minstens zo belangrijk als de invulling van veiligheid en ecologie is de meekoppeling en verbetering van de bestaande functies langs de Noord-Hollandse dijk (recreatie, uitwatering, waterinlaat, beleving e.d.). Belangrijke waarden als uitzicht, weidsheid, direct contact met waterlijn moeten bewaard blijven of worden versterkt. We pleiten voor een vaste hoofdlijn op basis van veiligheid en instandhoudingsdoelen met aandacht voor lokale invulling. Op plaatsen waar al conflicterende functies aanwezig zijn (zoals jachthaven of water in- of uitlaten), stellen we geen luwtestructuur en oeverdijk voor.

Zandkustlijn



Figuur 3.8 Voorbeeld van invulling van luwtestructuur

Invulling ruimte tussen luwtestructuur en oude dijk Noord-Hollandse kust

De ruimte tussen de luwtestructuur en de dijk kan op zeer veel verschillende manieren worden ingevuld. Het meest voordelig is uiteraard vooralsnog geen invulling. We verwachten echter wel dat enige verontdieping lokaal wenselijk is. Een qua kosten goede tweede is de vooroeverdijk. Deze is ca. 100 m breed. Door deze ook enigszins gevarieerd aan te leggen kunnen interessante land-water overgangen ontstaan.

Een lange termijn mogelijkheid is het gebied verder op goed gekozen locaties opvullen met bijvoorbeeld (à la vooroeverers Medemblik-Andijk): verontdiepingen, zandbanken, moeraszones, eilanden, baaitjes en zandstrandjes. Het materiaal kan voor de baaiopeningen worden weggehaald. Dit heeft als bijkomend voordeel dat de winputten als bezinkputten zullen werken en er daardoor minder slib in de baaien komt. Lokaal verdiepen binnen de baaien is ook een aantrekkelijke optie.

De invulling zal in nauw overleg met de belanghebbenden moeten plaatsvinden. Voor de natuur is een goede zonering gewenst. De luwte opvullen aan de luwtestructuurzijde geeft voor de natuur meer rustmogelijkheden dan opvulling aan de dijk zijde. Voor de bewoners is het belangrijk dat weidsheid en toegang tot de nieuwe kustlijn gewaarborgd blijven. Door een goede zonering kan een groot natuurgebied ontstaan.

Enkhuizerzand

Achter de zanddam kunnen op het Enkhuizerzand enkele zandplaten en eventueel enkele stukjes moerasgebied worden aangelegd. Dit kan met materiaal van het Enkhuizerzand.

Houtribdijk

De Houtribdijk ligt morfologisch gunstig op de wind en golfrichting. De dominante windrichting ligt tussen West en Zuidwest. Dat betekent dat eenmaal aangebracht zandig materiaal redelijk goed blijft liggen. Langs dat deel van de dijk kan dan ook effectief een oeverdijk worden aangelegd. Het kan nodig zijn om op bepaalde afstanden kribachtige elementen aan te brengen of extra materiaal aan te brengen om te anticiperen op het verwachte (beperkte) langtransport van het zandige materiaal. Dat laatste kan in de vorm van zandbanken, die hebben dan ook direct een ecologische functie. Een andere optie is een zeer flauw onderwatertalud (ca. 1:50) van de waterlijn tot de ca. 1,5 m dieptelijn. De golven breken dan buitengaats en erachter onstaat voldoende rust voor bijvoorbeeld (water)riet (à la Friese kust).

Houtribdijk met oeverdijk plus zandbanken



Figuur 3.9 Oeverdijk langs Houtribdijk met extra zandbanken

3.2.3.3 Maatregelen

De maatregelen voor de invulling en de synergie met dijkversterking beschrijven we per locatie.

Noord-Hollandse kust

Door de aanleg van de luwtestructuren neemt de golfaanval op de kust met een factor 2 à 3 af (afhankelijk van de grootte van de baaiopening en de ligging van de dijk t.o.v. de baaiopening). Dijkverhoging is daardoor niet meer nodig (zie ook bijlage 2). De luwtestructuren hebben geen invloed op de wind-opzet. Die blijft voor de extreme situatie tot ca. 0,97 m + NAP reiken. De dijken langs de Noord-Hollandse kust zijn niet stabiel genoeg. Een oplossing voor dat stabiliteitsprobleem is de aanleg van een oeverdijk. Door de aanwezigheid van de luwtestructuur hoeft die oeverdijk minder zwaar beschermt te worden. Een oeverdijk van zandig materiaal kan volstaan. We schatten de benodigde hoeveelheid zand op ca. $225 \text{ m}^3/\text{m}^1$. Als aangehouden wordt dat 15 km dijk op die manier versterkt wordt, gaat het om $18.000 \text{ m}^1 * 225 \text{ m}^3/\text{m}^1 = \text{ca } 4$ miljoen m^3 zand. (in de luwtestructuren was ca. 23 miljoen nodig, dus in totaal ca. 27 miljoen).

Aanvullend kan het gebied achter de luwtestructuren nog verondiept en verdiept worden voor meer differentiatie. Uitgegaan is van 5 verondiepingen van $2 * 270 * 1000 \text{ m}^3$ achter de luwte structuur tussen Hoorn en Edam en van 2 verondiepingen van $2 * 250 * 1000 \text{ m}^3$ achter de luwte structuur tussen Marken en Durgerdam.

Tabel 3.4 Maatregelen

| | lengte | dwarsoppervlak | inhoud |
|----------------------------|--------|----------------|--------------|
| | km | m^2 | m^3 |
| Oeverdijk Hoorn-Edam | 13,5 | 225 | 3.037.500 |
| Oeverdijk Marken-Durgerdam | 4,2 | 225 | 945.000 |
| Ondieptes Hoorn-Edam | 1,35 | 1000 | 1.350.000 |
| Ondieptes Marken-Durgerdam | 0,5 | 1000 | 500.000 |

Enkhuizerzand

Door aanleg van de luwtestructuur op het Enkhuizerzand zal de golfaanval op de dijk afnemen. Hierdoor kan de dijkversterking minder zwaar worden uitgevoerd.

Uitgegaan wordt van 3 ondieptes van $1 * 250 * 250 \text{ m}^3$

Tabel 3.5 **Maatregelen**

| | aantal | verondieping | oppervlak | inhoud |
|------------------|--------|--------------|--------------|--------------|
| | | m | m^2 | m^3 |
| Enkele ondieptes | 3 | 1 | $250 * 250$ | 187.500 |

Houtribdijk (zuidoost deel)

De maatregelen bestaan uit de aanleg van een oeverdijk en het aanleggen van 4 extra ondieptes van $4 * 250 * 250 \text{ m}^3$.

Tabel 3.6 **Maatregelen**

| | lengte | dwarsoppervlak | inhoud |
|-----------------|--------|---------------------------|--------------|
| | km | m^2 | m^3 |
| Oeverdijk | 10 | 650 (waarvan 225 zetting) | 6.500.000 |
| Extra ondieptes | 1 | 1000 | 1.000.000 |



Zand en schelpenoever bij Onderdijk aan het IJsselmeer

3.3 Beheer en onderhoud

De zanddammen zullen onderhouden moeten worden. Op plaatsen waar teveel erosie optreedt, zal extra zand moeten worden aangebracht. De zanddammen zullen begroeid raken. De delen die aan golfaanval blootstaan zullen vrij blijven van begroeiing (rondom de waterlijn van -0,5 tot + 0,5 m ten opzichte van waterlijn). Verder boven de waterlijn zullen planten gaan groeien. Door 2 maal per jaar te maaien kan een opgaande begroeiing worden voorkomen. In bijlage 5 (einde bijlage) zijn de onderhoudskosten berekend.

3.3.1 Onderhoud begroeiing

Door de stevige zandbodem en door de langgerekte structuren zijn die zanddammen met normaal materieel te maaien. Als de dammen tweemaal per jaar gemaaid worden is geen opgaande begroeiing te verwachten. Het totale te maaien areaal is weergegeven in tabel 3.7.

Tabel 3.7 Areaal onderhoud

| | lengte | breedte | opp | |
|-----------------------|--------|---------|----------------|-----|
| | km | m | m ² | ha |
| Hoorn-Edam | 13,5 | 100 | 1350000 | 135 |
| Marken-Durgerdam | 4,2 | 100 | 420000 | 42 |
| Enkhuizerzand | 8 | 100 | 800000 | 80 |
| Oeverdijk NH kust | 15 | 50 | 750000 | 75 |
| Oeverdijk Houtribdijk | 10 | 50 | 500000 | 50 |
| | | | | 382 |

De kosten van maaien zijn ca. € 250,- per ha. Bij 2 maal per jaar bedragen de kosten dus jaarlijks voor 382 ha. € 200.000,-. Een andere optie is het laten begrazen van de zanddammen en oeverdijken.

Opgemerkt moet worden dat bovenstaande kosten uitgaan van een eenvoudig en doelmatig beheer. Bijzonder beheer voor het behalen van bepaalde natuurdoelen is niet meegenomen, omdat die voor het behalen van het hoofddoel 'voldoen aan de Natura2000 en KRW doelen' niet van belang zijn.

3.3.2 Onderhoud erosie

De koppen van de zanddammen zijn gevoelig voor erosie. Langs de Noord-Hollandse kust zijn 4 zanddammen gepland. Er zijn dus 8 koppen van zanddammen. Op basis van indicatieve zandtransportberekeningen wordt een erosie van ca. 2000 tot 5000 m³/jaar verwacht. Voor de berekening van de onderhoudsinspanning wordt uitgegaan van 4000 m³/jaar per zanddamkop.

Tabel 3.8 Onderhoud zanddammen erosie

| erosie | aantal | erosief | erosie per jaar | m ³ |
|----------------------|--------|---------|-----------------|----------------|
| dammen Hoorn-Edam | 6 | stuks | 4000 | 24000 |
| dam Marken-Durgerdam | 2 | stuks | 4000 | 8000 |

Verondersteld wordt dat het bijstorten van zand ca. €10,- per m³ kost. De jaarlijkse kosten bedragen dan ca. €0,5 miljoen per jaar. Het is echter niet logisch om elk jaar de erosies te compenseren. Een noodzakelijke frequentie van eens per 3 à 5 jaar is aannemelijk. Bovenstaande onderhoudshoeveelheden zijn een bovengrens. We verwachten in de praktijk minder onderhoudsbehoefte.

4 De pijlers

Het plan wordt getoetst aan de hand van de vier pijlers:

- ecologie;
- morfologie;
- economie en gebruik;
- financiering.

In 4.4 wordt aangegeven hoe wij het plan qua draagvlak inschatten en hoe het draagvlak eventueel vergroot kan worden

4.1 Pijler 1: Toets ecologie

4.1.1 Inleiding

In uw uitvraag noemt u een viertal ecologische vereisten. Onderstaand geven we aan waar onze visie c.q. uitwerking overeenkomt met het PRA en waar sprake is van optimalisatie in doelen. In eerste instantie wordt een overzicht gegeven van de ervaring met de ecologische meewaarde van luwtestructuren. Vervolgens vindt een toetsing plaats van het ontwerp aan de ecologische vereisten. Tenslotte vindt een toetsing plaats aan Natura2000 en KRW.

4.1.2 Ecologische meerwaarde van luwtestructuren

Uit onderzoek blijkt dat luwtedammen voor alle onderzochte soortengroepen een (aanzienlijke) toegevoegde waarde hebben. Vooral voor ondergedoken waterplanten en in mindere mate mosselen is het belangrijk dat de dammen dwars op de wind liggen met zo min mogelijk instroming van slibrijk water. Des te minder slibaanwas achter de dam, des te meer planten en mosselen aanwezig kunnen zijn. Voor vissen lijkt de slibrijkdom achter de dam minder relevant, maar in grote lijnen hebben dammen die dwars op de overheersende windrichting liggen (zuidwesten) de hoogste ecologische potenties. Voor kranswieren is een diepte van ca. één meter het meest ideaal (weinig vraat) en een diepte van ca. twee meter leidt tot meer fonteinkruiden. Gebieden met een open vegetatie aan fonteinkruiden hebben meer potenties voor mosselen en (jonge) vis dan dichte kranswievelden. Een variatie in diepte is dus belangrijk om in alle ecotopen te kunnen voorzien.

Een luwtestructuur kan dus het voorkomen van mosselen ten goede komen (voorkomen opwerping; bieden van hard substraat) en leiden tot grotere dichtheden mosselen (Muiden). Echter, als de luwtestructuur tot grote ophoping van slib leidt, verhindert dit de vestigingsmogelijkheden waardoor dichtheden van mosselen lager zijn (Pampushaven, vaargeulen bij Muiden en dam voor de Oostvaardersdijk).

Locaties met veel oude schelpen hebben meer potentie voor mosselen; ook een wat hardere bodem met zand kan positief effect hebben. Het aanbrengen van dergelijk geschikt substraat in de omgeving van een luwtestructuur zal daarom positief werken op de dichtheid aan mosselen. De dammen zelf hebben in veel gevallen ook dat effect door de aanwezigheid van hard substraat als golfbreker.

Aanwezigheid van vegetatie heeft positief effect op *Dreissena* (vice versa ook). De verzamelde gegevens leveren geen eenduidig beeld op van de rol van verschillende soorten vegetatie (*Chara* vs *Potamogeton*). Wel is bekend dat zeer dichte velden met kranswieren (onder andere *Chara*) negatief werken op dichtheid aan mosselen en waarschijnlijk ook vis.

Naast de zebramossel komt tegenwoordig ook de nauw verwante Quagga-mossel voor in het IJsselmeergebied. Daarnaast zijn ook andere exoten (korfmosselen) en inheemse soorten (erw-

tenmosselen, zwanenmosselen) aanwezig in het Markermeer en IJmeer. Het onderzoek aan de dammen langs de Oostvaardersdijk en Houtribdijk laten zien dat de Quagga-mossel het bestand aan mosselen voortaan grotendeels bepaalt. Het onderzoek van Bij de Vaate (2011) bevestigt dit.

Er zijn geen verschillen in gemiddeld biovolume per schelp tussen de deelgebieden gevonden. Dit geeft indicatie dat groeiomstandigheden voor individuele schelpen min of meer gelijk zijn voor het gehele Markermeer.

Er is nog veel onduidelijk over de ideale morfologische omstandigheden voor (jonge) vis. Belangrijke vragen hierbij: Hoe ziet een ideaal gebied (morfologie en sedimentatie) er uit om in alle levensstadia van de vis te kunnen voorzien en welke effecten zijn er mee te behalen op de visgemeenschap in het hele meer?

Algemene conclusie van de monitoring is dat de luwtedammen een (aanzienlijke) toegevoegde waarde kunnen hebben voor alle onderzochte soortengroepen. Deze meerwaarde is wel sterk afhankelijk van de locatie, waarbij waterbeweging, slib en waterdiepte de sleutelfactoren zijn. Vooral voor ondergedoken waterplanten en in mindere mate mosselen is het belangrijk dat de dammen dwars op de wind liggen met zo min mogelijk instroming van slibrijk water. De waterdiepte moet daarbij dusdanig groot zijn dat de vraat door watervogels beperkt blijft. Bij een diepte van ca. 2 meter krijgen ook fonteinkruiden weer een voordeel ten opzichte van de (dichte) kranswieren. Dergelijke gebieden hebben ook meer potenties voor (jonge) vis en mosselen. Op basis van de resultaten van monitoring (interne concept documenten RWS) trekken wij de conclusie dat ontwerp van een robuuste baai het meest kansrijk is.

4.1.3 Toetsing ontwerp aan de ecologische vereisten

De vier toetscriteria zijn:

- Heldere randen;
- Gradiënten
- Land –water zones
- Versterken ecologische relaties

1. Heldere randen langs de kust

Dit uitgangspunt vullen we volledig in. We willen dit uitgangspunt benadrukken en zelfs zwaarder invullen omdat ons inziens deze vereiste aansluit bij de primaire doelen van N2000 en KRW. Dat luwtestructuren leiden tot bijzondere ontwikkelingen is te zien op kleinere en grotere locaties langs het Markermeer, o.a. Gouwzee, Hockeysticks etc.

Door de aanleg van luwtestructuren is er minder waterbeweging, waardoor er minder slib in de waterkolom aanwezig zal zijn en hiermee het water helderder. Hiermee nemen de groeiomstandigheden voor waterplanten toe. Echter niet alleen het doorzicht maar ook de waterdiepte is van belang. Door de luwtestructuren in de ondiepere delen langs de Noord-Hollandse kust en Enkhuizer zand te situeren wordt de potenties op korte termijn gerealiseerd met relatief beperkte inspanningen.

De luwtestructuren langs de NH-kust worden op circa 2km van de kust aangelegd. Hierbij wordt rekening gehouden met de aanwezigheid van de huidige watervegetatie die bestaat uit fonteinkruidvelden. Tevens wordt hiermee de gewenste schaal gecreëerd die een substantiële bijdrage kan leveren op het schaalniveau van het Markermeer. Een dergelijke schaal is daarbij robuuster met betrekking tot ongewenste variaties met betrekking tot de waterkwaliteit en bloei van blauwalgen.

De aanleg van luwtestructuren op locaties waar nu reeds watervegetaties aanwezig zijn zal leiden tot veranderingen in de soortensamenstelling van soortenarme pioniervegetaties van door-groeide fonteinkruid naar soortenrijkere watervegetaties met ondergedoken en drijvende waterplanten. Hiervan profiteren plantenetende vogels waaronder diverse eendensoorten.

In fase 2 ontstaat een areaal van circa 160ha aan ondiep water (<1,5m) en in fase 3 nog eens 25ha extra. De toename aan waterplanten leidt tot meer schuilmogelijkheden en paaiplaatsen voor vissen. Een toename aan vis zal leiden tot een toename aan visetende vogels als sterns.

Helderder water zal ook leiden tot meer ontwikkelingsmogelijkheden voor driehoeksmosselen. In fase 2 ontstaat een areaal van meer dan 1500ha aan dieper water en in fase 3 bijna 700ha. De ontwikkelingsmogelijkheden kunnen nog worden versterkt door schelpenbanken aan te brengen. Wij stellen voor deze banken aan te leggen in de diepere delen van het Enkhuizerzand. De ontwikkeling van schelpenbanken leiden tot toename van voedsel voor schelpdieretende vogels als de toppereend en de kuifeend.

Om te voorkomen dat er bloei van blauwalgen optreedt, is het van belang dat er voldoende uitwisseling van water met het Markermeer is (zie bijlage 3). Dit betekent dat de openingen niet te klein moeten zijn. Door de loodrechte dwarsdammen die de zanddammen en de kust verbinden ook in zand uit te voeren ontstaat de mogelijkheid om de hoogte hiervan in combinatie met monitoring af te stemmen op de gewenste ontwikkelingen. Omdat de waterbeweging die nu aanwezig is dan wel in de praktijk gaat optreden is namelijk niet vooraf exact te voorspellen. We verwachten dat de baaien voldoende robuust zijn voor het behalen van een goede waterkwaliteit. Mocht uit monitoring echter blijken dat om die redenen of een andere reden (bijv. meer dynamiek in de baai) het toch gewenst zijn om de baaien onderling beperkt te verbinden, dan kan dat eenvoudig door het lokaal verlagen van de zanddammen. In één van de visualisaties in bijlage 6 (de zanddam met eilandjes) is zelfs uitgegaan van doorwaadbare zanddammen als dwarsverbinding.

Door de luwtestructuren uit te voeren in zand wordt gebruik gemaakt van gebiedseigen materialen in plaats van stortsteen. In de lagere meer dynamische delen aan de buitenzijde van de dammen zal weinig begroeiing ontstaan. In de ondiepe waterzone kan langs de dam een rietvegetatie ontstaan. In de ondiepe zone boven de gemiddelde waterlijn zullen wilgen gaan groeien. Hoger op de zanddammen zullen pioniervegetaties ontwikkelen van open zand, waaronder ruigtesoorten. Zonder beheer zullen struiken en uiteindelijk bomen opslaan. Door de vegetatie extensief te maaien en opslag te verwijderen kan een vegetatie ontstaan die een waardevol broedbiotoop kan vormen voor vogels, waaronder meeuwenkolonies en een standplaats voor bijzondere plantensoorten.

2. Een gradiënt in slib van helder naar troebel water

We laten grote delen van het Markermeer zoals ze zijn. Daar is nu al een gradiënt aanwezig. We stellen in onze basisplannen geen verandering voor in de diepe delen van het Markermeer. We creëren wel meer helder water langs een groter deel van de kust, dus er ontstaan ook meer gradiënten.

Gradiënten zijn van belang voor vissen die kunnen vluchten in troebeler water voor predatoren. Aan de andere kant is het voor viseters als visdief van belang dat ze minder direct zichtbaar zijn voor prooivissen. Het vangstsucces van sterns kent een optimum in water dat niet al te helder is, maar ook niet al te troebel. De aanwezigheid van gradiënten garandeert dat dit optimum ergens aanwezig is. Het is hierbij van belang dat de gradiënten zo breed mogelijk zijn. Dit kan worden bereikt door de openingen in de luwtestructuren niet te klein te maken. De ontwikkeling van watervegetatie draagt overigens in belangrijke mate bij aan schuilmogelijkheden van vissen, waardoor het belang van slibgradiënten afneemt. Deze laatste zijn met name functioneel in onbegroeide wateren.

3. Land-waterzones van formaat

Op dit punt kijken we af van de PRA. We concentreren ons in eerste instantie op de N2000 en KRW doelen en voor de eerste fase niet op moerasdoelen (die zijn niet wettelijk opgelegd). We scheppen met de door ons voorgestelde maatregelen wel ruimte voor grootschalige land-water overgangen. Achter de luwtestructuren kunnen land-water overgangen worden gemaakt. Vanuit kosten oogpunt is het logisch om dat te doen in combinatie met de dijkversterkingen. Dat draagt bij aan de verzachting van de harde grens tussen land en water.

We positioneren de land-water overgangen echter op andere locaties vanwege kosten (minder diep) en mogelijkheden van werk met werk (dijkversterkingen).

De filosofie is dus: eerst doen wat moet, later doen wat kan.

Voor het Enkhuizerzand stellen we een beperkte moerasontwikkeling voor. Hiermee kan belangrijke ervaring worden opgedaan voor verdere uitbreiding in de toekomst. Van deze moerasontwikkeling profiteren vooral moerasvogels. Door de moerasontwikkeling af te wisselen met kreken en baaien kan een gedifferentieerd milieu ontstaan, met waterplanten en paaiplaatsen voor vissen vergelijkbaar met de natuurontwikkeling bij het Naviduct.

4. Versterken ruimtelijke ecologische relaties

We nemen de vispassages volledig mee. Hier leveren we niet op in, omdat vanuit de KRW de vismigratie één van de hoofddoelstellingen is. Bovendien draagt een goede visstand bij aan de Natura2000 doelstellingen.

Door de door ons gekozen positionering van de natuurontwikkeling zal de ecologische relatie (verzachting harde overgang) tussen Markermeer en achterland verbeterd worden. Door de locatie van de baaien aan te laten sluiten op uitwateringspunten van het achterland kan de migratie van vis via vispassages naar het Markermeer plaatsvinden. Door het creëren van paaiplaatsen in de oeverzone neemt de betekenis voor vispassages overigens af omdat de het belang van paaiplaatsen in het achterland minder groot wordt.

Daarnaast leiden de ontwikkelingen tot versterking van ecologisch relaties langs de kust. Zo verwachten we dat door de voorgestelde maatregelen langs de Houtribdijk de ecologische relatie (verbinding) tussen Flevoland en Noord-Holland verbeterd. Aan de Noord-Hollandse kust worden de migratie- en uitwisselingsmogelijkheden langs de kust versterkt.

4.1.4 Natura2000 en KRW

De doelstellingen van Natura2000 en KRW houden we vast. In aanvulling op deze doelen bieden we op termijn met de plannen ruimte voor grootschalige land-water overgangen en moerasontwikkeling.

In het kader van Natura2000 richt het ontwerp zich vooral op de vis- (fuut, visdief) en schelpdieretende vogels (kuifeend, toppereend, tafeleend), waarvoor het gebied is aangewezen. Door afname aan driehoeksmosselen en spiering bevinden de populaties in het Markermeer zich onder het instandhoudingsdoel en is verbetering van de kwaliteit van het foerageergebied het meest urgent. Vanuit de KRW zijn de doelen met name gericht op verbetering van de visstand als uitbreiding van watervegetaties.

Door aanleg van de luwtestructuren wordt de ontwikkeling van waterplantvegetaties bevordert, waarmee paaiplaatsen en opgroeigebieden voor vis worden gecreëerd: afzetmogelijkheden van eieren op waterplanten, voedsel in de vorm van waterplanten, fytoplankton en ongewervelden en schuilgelegenheid onder en tussen waterplanten. De juveniele vis kan als basisvoedsel dienen voor viseters als visdief en fuut. De gradiënten in slibgehalte in de monding van de baaien bieden zowel extra schuilgelegenheid voor vissen als foerageermogelijkheden voor viseters. De verheldering van het water achter de luwtestructuren leidt tot betere ontwikkelingsmogelijkheden voor zoetwatermosselen, die het basisvoedsel vormen voor schelpdieretende eenden. Door zonering van recreatie en natuur kan de noodzakelijke rust die nodig is, om het gebied ook daadwerkelijk geschikt te maken als foerageergebied.

In welke mate de luwtestructuren in de voorgestelde omvang een bijdrage leveren aan het bereiken van de instandhoudingsdoelen is afhankelijk van de mate waarin de waterplanten en driehoeksmosselen zich ontwikkelen. Dit zal door monitoring moeten worden vastgesteld.

4.1.5 Meekoppelen met dijkversterking

Aan de NH kust dragen de zanddammen bij aan de beperking van de belasting van de bestaande dijk en wordt de noodzaak tot grootschalige versterking hier minder groot. Dit is in het belang van de bestaande natuurwaarden op de dijk en de oeverzone ervan. De oeverdijken

langs de bestaande dijk vormen een dynamische zandige overgang naar de baaien. Op de langere termijn kan moerasvorming door aanvulling van grond een verdere bijdrage leveren aan de natuurwaarden in combinatie met een bijdrage aan de veiligheid.

Op het Enkhuizer zand ontstaat ter weerszijden van de zanddam een dynamische zandoever, die aan de waterzijde onbegroeid is. Langs het zuidoost deel van de Houtribdijk ontstaat ook een dynamische zandige oever. Door het aanbrengen van enkele extra ‘zandkribben’ kan dat dynamische effect versterkt worden. In ‘Verkenning natuurontwikkeling Houtribdijk, RWS 2005’ is aangegeven dat zandige verstuvende oevers wel in het gebied thuishoren maar daar nu niet aanwezig zijn. Verondersteld wordt dat 100 ha van dat type al een sterke verhoging van de natuurwaarde van het Markermeergebied geeft in de vorm van bijzondere flora en fauna. De onbegroeide strandjes bieden broedgebied voor o.a. plevieren.

4.2 Pijler 2: Morfologie

In bijlage 2 wordt ingegaan op de morfologie van zandige kusten.

4.2.1 Inleiding

Langs 13 % van de kusten in de wereld komen strandwallen voor. Dat zijn zandige kusten die gevormd zijn door wind(golven) en stroming. Dergelijke zandige kusten komen ook in (zoet) binnenwater voor. In Lake Erie komt een dergelijke kustvorm als spit (schoorwal) voor. Het voorkomen van zandige kusten is afhankelijk van de aanwezigheid van voldoende zand en een golfklimaat. Golven hebben zowel afbrekende als opbouwende krachten. Het proces en de vorm kunnen versterkt worden door stromingen langs de kust. Nederland dankt zijn bestaan aan de aanwezigheid van strandwallen (de duinenrijen).

Strandwallen die los van het achterland liggen worden in het Engels Barrier Islands genoemd. Die naam geeft goed de werking van dergelijke kustvormen weer.



Strandwal vorming bij Schardam



Schoorwal in de Sea of Azov

In het Markermeer ontbreekt zand rondom de waterlijn. Aanbrengen van zand zal leiden tot strandwal vorming. Het is uiteraard logisch om het aangebrachte zand op zo'n wijze aan te brengen dat het zo goed mogelijk aansluit bij de natuurlijke processen. Dan is minder zand nodig en is de veelal gewenste voorspelbaarheid het grootst.

4.2.2 Evenwichtsprofiel

Zandstranden hebben een dwarsprofiel dat past bij de samenstelling van het zandige materiaal. Grove zandstranden, kiezelstranden of schelpen stranden hebben een relatief steil evenwichtsprofiel. Fijne zandstranden hebben juist een flauw evenwichtsprofiel. In figuur B2.3 in bijlage 2 zijn een aantal evenwichtsprofielen getekend. Zanddammen of oeverdijken van grof zand vergen minder materiaal. De beschikbaarheid en prijs van het zand is bepalend voor het te gebruiken materiaal.

Pleistoceen zand dat in de ondergrond van het Markermeer aanwezig is, is vaak wat grover dan het zand dat (beperkt) beschikbaar is in het Holocene pakket. Op het Enkhuizerzand ligt ook veel Holoceen zand (zie bijlage 4). Dat bovenste zandpakket is ca 5 m dik en relatief fijn (rond 100).

Het evenwichtsprofiel van fijn zand (150 µm) is gemiddeld ca. 1:40.

4.2.3 Zandlangtransport

Erosie en aanzanding worden bepaald door verschillen in zandlangtransport. Als het zandlangtransport overal langs de zanddam even groot is zal er geen erosie of aanzanding optreden. Het afgevoerde zand wordt immers weer gecompenseerd door het aangevoerde zand. Op plaatsen waar discontinuïteiten aanwezig zijn, zal aanzanding of erosie optreden. Dat is bijvoorbeeld aan het begin en eind van de zanddammen.

De hoeveelheid zandtransport wordt bepaald door de golfwerking en de stroming. In het Markermeer is nauwelijks stroming aanwezig. Het zandtransport wordt in het Markermeer volledig bepaald door de windgolven (die ook stroming kunnen veroorzaken). Golven die loodrecht op een kust invallen geven geen zandlangtransport. Andere richtingen wel. De netto som van het zandtransport vanuit al die richtingen bepaald het uiteindelijke netto zandtransport. Bij kusten die loodrecht op de dominante golfrichtingen liggen is minder zandtransport te verwachten dan kusten die daar schuin op liggen.

Voor het bepalen van bovenstaande zijn de windrichtingen die richting kust waaien het meest bepalend. De windrichtingen vanaf de kust zijn nauwelijks relevant. Langs de kusten van het Markermeer verwachten we op basis van enkele indicatieve zandlangtransportberekeningen transporten van ca. 0 tot 3000 m³/jaar. Opgemerkt moet worden dat zandlangtransport berekeningen niet erg nauwkeurig zijn. Deze berekeningen moeten getoetst worden aan lokale praktijk waarden. Die zijn echter niet beschikbaar.

4.2.4 Zandige oeverdijken

Het principe van evenwichtprofielen kan ook gebruikt worden voor de aanleg van zandlichamen voor dijken. Als die zandlichamen groot genoeg zijn, hebben ze voor de dijkversterking een tweeledige functie:

- Ze beperken de golfloop tegen de dijken, de dijken hoeven daarom minder hoog te zijn;
- Ze zorgen bij een voldoende omvang voor extra stabiliteit, eventuele bestaande instabiliteit wordt daardoor weggenomen.

Golfloop

Langs flauwe zandstranden met een talud van ca. 1:40 is de golfloop beperkt. Deze is maximaal 0,3 à 0,5 m bij extreme stormen (zie bijlage 2). Dit zal ook gelden voor de zandige oeverdijken.

Stabiliteit

Zandlichamen voor dijken nemen als het ware de stabiliteit van de dijk over. Als het zandlichaam voldoende groot is, is de stabiliteit van de dijk zelf voor de veiligheid niet meer van direct belang.

Stormafslagprofiel

Voor de Noordzeekust wordt het benodigde duinvolume berekend met zogenoemde DUROS berekeningen. Dat zijn feitelijk volumezandbalans berekeningen. Door het storten van extra zand langs de dijk en het zorgen voor een evenwichtsprofiel dat voldoende hoog doorloopt (bijv. tot +1,5 à 2,5 m NAP) is er voldoende zandreserve voor het weerstaan van extreme stormen. Het profiel dat na de storm achterblijft, zal zich gedurende 'normale' omstandigheden weer herstellen tot een evenwichtsprofiel. Zodoende ontstaat een dynamisch evenwicht. De hoeveelheid aan te brengen zand is afhankelijk van de te verwachten windopzet en golfhoogte. Deze is langs de Houtribdijk groter dan langs de Noord Hollandse kust. De aanleg van baaien zal de golfhoogte verder doen afnemen.

4.3 Pijler 3: Toets economie en gebruik

Voor deze toets wordt op de hoofdlijn verwezen naar het optimalisatierapport. Daarin staan de effecten op recreatie en toerisme, duurzame energie en visserij aangegeven. Hier beperken we ons tot de projectspecifieke effecten.

4.3.1 *Recreatie en toerisme*

Door de aanleg van baaien langs de Noord-Hollandse kust wordt het gebied recreatief breder bruikbaar. Er ontstaat ruimte voor extensieve recreatie en natuurbeleving. Dit zal een impuls betekenen voor de recreatieve sector.

In de baaien ontstaat ruimte voor kleinere watersport en rondom de baaien kan gerecreëerd worden op de stranden en oevers. We stellen echter wel een zonering in toegankelijkheid voor. Grote delen zijn minder toegankelijk, zodat daar voldoende rustgebied aanwezig is voor de natuur.

Er is ook een nadeel. Het Markermeer wordt minder groot. Het is nu ca. 25 km breed. Door de aanleg van een 2 km brede randzone wordt het 23 km breed. De plannen zijn gesitueerd op plaatsen langs de kust en op ondieptes. Deze zones zijn minder in gebruik voor de grotere zeilvaart, vanwege diepgang en de aanwezigheid van doorgroeid fonteinkruid. Het is mogelijk dat het areaal doorgroeid fonteinkruid zich gaat uitbreiden aan de oostzijde van de luwtestructuren. We kunnen dat echter niet voorspellen. Het areaal achter de luwtestructuren kan juist afnemen. Het is waarschijnlijk dat het daar weggeconcentreerd wordt door kranswiervegetaties. Die blijven meer beperkt tot de bodem en geven daarmee minder overlast voor de recreatievaart.

We verwachten van de maatregelen een vergelijkbare opbrengst als bij het PRA alternatief. Die ligt daar in de orde van €5 miljoen euro per jaar aan belasting opbrengsten en het creëren van 1400 tot 2400 arbeidsplaatsen.



Strandtent



Kleinschalig zeilen

4.3.1.1 Visserij

De huidige situatie van de visserij in het Markermeer gaat achteruit. De aanleg van luwtestructuren zal een positief effect hebben op de visstand. De baaien zullen als paaiplaatsen voor vis gaan fungeren. Het effect is in dit kader niet gekwantificeerd.

4.4 Pijler 4: Toets financiering

4.4.1 *Optimalisatie grondstromen*

Voor het maken van het plan is zand nodig. Dat zand ligt in het Markermeer ca. 6 tot 10 m onder de Markermeerbodem. Deze bovenste Holocene laag bestaat vooral uit klei en veen. Het aandeel zand in het Holoceen ligt onder de 10 à 20 %. Het zand in het Markermeer ligt dus onder een dikke laag Holoceen en ook nog diep. Zelfs als het niet bedekt zou zijn met Holoceen materiaal is het veelal toch voordeliger om het zand uit het IJsselmeer te halen. Daar ligt het minder diep.

Het veelgehoorde idee om het (diepe)zand uit het Markermeer als kostendrager te laten fungeren is alleen reëel als er extra kostendragers aanwezig zijn.

Combinatie van zandwinning met uitdieping van vaargeulen is bijvoorbeeld altijd interessant. Zo kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het geschikt maken van de vaargeul (nu nog geen geul) tussen Amsterdam en Enkhuizen voor klasse Vb.

In dat scenario ontstaat een win-win situatie op economische gronden (kostenbesparing) en meervoudig gebruik. Door te kiezen voor de realisering van de vaargeul Amsterdam Enkhuizen voor de vaarklasse Vb wordt de te realiseren container terminal Enkhuizen op een goede manier ontsloten. Het Holocene pakket matige bovengrond kan mede worden toegepast in de in dit rapport genoemde oplossingen. Het benodigde zand kan vervolgens uit dezelfde vaarroute worden gewonnen. Verder kan het zand worden toegepast in de markt. Hierdoor ontstaat mede een slibvang mogelijkheid voor het verminderen van de vertroebeling van het Markermeer. Het realiseren van deze vaarroute past goed in de door ons voorziene fasering van de uitvoering van de werkzaamheden.

4.4.2 Ontwikkeling financieringsinstrumenten

Dijkversterking

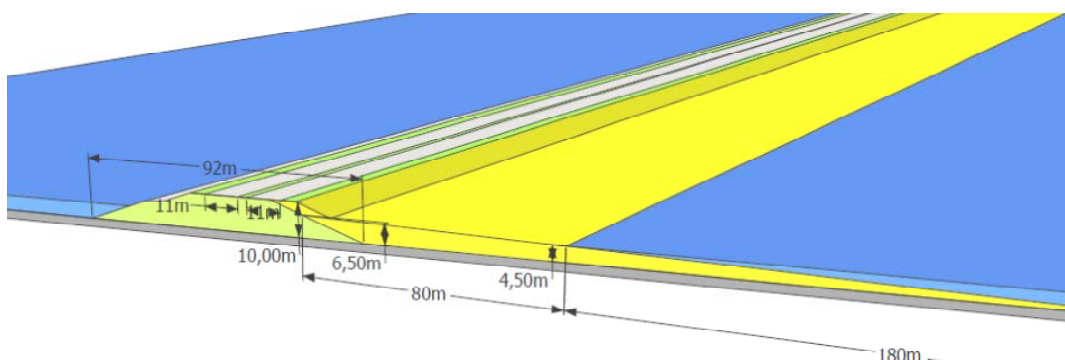
We zien een duidelijke synergie met de dijkversterking. In onze optiek kan de traditionele dijkversterking grotendeels vervallen als wordt uitgegaan van oeverdijken en / of luwtestructuren. Deze hebben een veel grotere ecologische meerwaarde dan de traditionele dijkversterkingen.

Een dijk is een optimalisatie tussen kosten en veiligheid. Als de optimalisatie verbreed wordt met ecologie en recreatie ontstaat een andere oplossing. De in dit rapport geschetste vormen van luwtestructuren en oeverdijken zijn een stap in de richting van die brede optimalisatie. De vraag daarbij is: 'welke extra middelen zijn reëel vanuit ecologie en recreatie?'

In hoofdstuk 5 gaan we in op de kosten en de mogelijke bijdragen vanuit de dijkversterking.

N302

In bijlage 1 is een dwarsdoorsnede opgenomen met een met zand versterkte Houtribdijk waar ook plaats is voor de aanleg van een dubbele rijbaan voor de N302. Hieronder is een detail weergegeven. Alhoewel er zover bekend geen plannen zijn de weg uit te voeren met gescheiden dubbele rijbanen, is dat vanuit oogpunt van veiligheid wel wenselijk. Het zandlichaam maakt de aanleg van een dubbele rijbaan over een aantal jaren relatief eenvoudig mogelijk.



Figuur 4.1 Dwarsprofiel Houtribdijk met zandoever en extra zandnok voor N302 verdubbeling

Voor de aanleg van de weg is dan alleen een extra zandnok nodig op de reeds aangelegde oeverdijk.

Zandwindmolen

Grontmij heeft voor de zandsuppleties langs de Noordzeekust het concept van de Zandwindmolen bedacht. We willen met windenergie zandpompen aandrijven die het zand door leidingen naar de kust transporteren.

Dat concept is wellicht ook mogelijk voor de aanleg van zanddammen en andere structuren. Najaar 2012 gaan we verder met het uitwerken van de technisch / financiële haalbaarheid.

4.5 Draagvlak en communicatie

Veel personen en instanties hebben een warme relatie met het Markermeer. Het afstappen van de voorgenomen inpoldering wordt als een groot succes gezien. Dat verklaart ook deels de sfeer die nu aanwezig is van: "handen af van het Markermeer".

Andere punten die niet gunstig voor draagvlak zijn:

- het gegeven dat de TBES mede bedoeld is voor het mogelijk maken van ruimtelijke ontwikkelingen in het zuidelijke deel van het Markermeer / IJmeer;
- de perceptie bij de bevolking is niet altijd zo negatief als de ANT weergeeft, er komen immers juist meer waterplanten;
- het ontbreken van een keiharde ecologische onderbouwing van oorzaak en gevolg en het ontbreken van een goede voorspellende methode;
- ecologische ontwikkelingen worden geassocieerd met nog meer waterplanten. Die zijn ongunstig voor de watersport;
- de proef met de luwtestructuur met een stalen damwand scheidt geen positief toekomstbeeld. Het ligt in de (vaar)weg en heeft een zeer negatieve omgevingskwaliteit;
- de perceptie dat zandoeverdijken niet kunnen werken als veiligheid voor de dijk.

Bovenstaande percepties zijn waarschijnlijk niet alle terecht en het keihard onderbouwen van ecologische voorspellingen is onmogelijk. Het weerleggen van foutieve percepties is lastig. Een start kan gemaakt worden door de invulling van de communicatie term: 'Open, Eerlijk en Nieuwsgierig'. Oftewel wij open en eerlijk over onze beweegredenen en nieuwsgierig naar hetgeen de omgeving denkt en wil.

We zijn benieuwd wat de omgeving van ons plan vindt. We hebben getracht om randvoorwaarden als vrij uitzicht vanaf de dijk (je kijkt over het plan heen) en toegankelijkheid van de oevers (je kunt over de zanddammen wandelen) mee te nemen. Voorleggen aan de betrokkenen zal uit moeten wijzen of zij dat ook zo zien.

5 Fasering, investeringen en financiering

5.1 Fasering

In onze aanpak is de fasering mede afhankelijk van de toekomstige werken waar we op aansluiten. Dat zijn de dijkversterking Hoorn-Amsterdam (planning 2016-2021, bron HWBP-2, juni 2011) en de Houtribdijk (planning 2018, bron HWBP-2, juni 2011). We willen de aanleg van de luwtestructuren afstemmen op deze plannen.

In de hier gegeven fasering geven we een hoofdlijn aan. Door slimme uitvoeringscombinaties is afwijken van die hoofdlijn soms gewenst. Zo kan het voordelig zijn om bij de aanleg van oeverdijken ook direct een deel van de ruimte achter de luwtestructuren op te vullen. Dat kan in de vorm van ondiepe zones en/ of in de vorm van eilanden.

Fasering: 2^e fase 2013 – 2022

In deze fase leggen we de minimaal benodigde luwtestructuur (ca. 10 km) langs de Noord-Hollandse kust aan.

Resultaat: voldoen aan Nature2000 en KRW vereisten.

Fasering: 3^e fase 2022-2031

In deze fase completeren we luwtestructuren langs de Noord-Hollandse kust en rondom het Enkhuizerzand. De hoeveelheid luwtestructuur is afhankelijk van de gewenste hoeveelheid surplus.

Resultaat: surplus voor Natura en KRW doelstelling

Fasering: parallel afstemming met dijkversterkingen 2016 – 2021

Deze fase valt in fase 2. We pleiten namelijk voor een afstemming met de dijkversterkingprojecten. Voor een relatief gering extra bedrag kan extra areaal land-water overgang gecreëerd worden achter de luwtestructuren.

Ook pleiten we in deze fase voor de aanleg van oeverdijken langs het zuidoostelijke deel van de Houtribdijk.

(N.B. Dit is de 4^e fase 2031-2044 in het PRA alternatief)

Resultaat: veilige dijken en land-water overgangen. De mate van opvulling van het gebied tussen oude dijk en luwtestructuur bepaald de schaal van het gewenste moeras.

Fasering: 5^e fase na 2044

Na 2044 kan de zachte rand rondom het Markermeer gecompleteerd worden door aanleg van brede oeverzones bij de Flevolandse Markermeer kust in de vorm van een zanddam langs de kust (ca. 20 km, 2000 m³/m') en het nog ontbrekende stuk oeverzone tussen Enkhuizen en Hoorn in de vorm van een zanddam (ca 15 km, 1650 m³/m'). Deze fase is in dit rapport niet uitgewerkt. We schatten de kosten van die zanddammen indicatief op 400 miljoen exclusief toeslagen en btw. Inclusief toeslagen en BTW wordt dat ca. 750 miljoen.

Resultaat: een compleet omzoomd Markermeer met zachte randen.

5.2 Areaal per fase

In tabel 5.1 is een overzicht gegeven van de areaalhoeveelheden die per fase gerealiseerd worden.

Voorbeeld: De 1,5 km lange zanddam Hoorn-Edam creëert als luwte structuur 1700 ha luw water achter de dam, 27 km land-water overgang langs de luwtedam en aan weerszijden in totaal 162 ha ondiep water.

Tabel 5.1: Overzicht arealen per fase

| Fase | periode | | luwtestructuur | luwtestructuur | luwtestructuur | oeverdijk | ondiep |
|------|-----------|---------------------|----------------|-----------------|-------------------|----------------|---------------|
| | jaartal | | lengte dam | oppervlak luwte | lengte land-water | lengte l-w | oppervlak |
| 2 | 2013-2022 | Hoorn-Edam | 13,5 km | 1700 ha | 27 km | | 162 ha |
| 3 | 2022-2031 | Marken-Durgerdam | 4,2 km | 700 ha | 8,4 km | | 25 ha |
| | | Enkhuizerzand | 8 km | 1600 ha | 16 km | | 48 ha |
| 4 | 2016-2021 | Hoorn-Edam | | | | 13,5 km | 81 ha |
| | | Marken-Durgerdam | | | | 4,2 km | 13 ha |
| | | Houtribdijk (zo) | | | | 10 km | 60 ha |
| | | Enkhuizerzand ') | | | | | 20 ha |
| | | Hoorn-Edam ') | | | | | 70 ha |
| | | Marken-Durgerdam ') | | | | | 25 ha |
| | | Houtribdijk ') | | | | | 30 ha |
| | | Subtotaal: | 25,7 km | 4000 ha | 51,4 km | 27,7 km | 534 ha |
| 5 | Na 2044 | Flevoland | 20 km | 3000 ha | 40 km | ? | 240 ha |
| | | Enkhuizen Hoorn | 15 km | 1500 ha | 30 km | ? | 180 ha |

) In het plan is rekening gehouden met de aanleg van extra ondieptes achter de luwtestructuren en langs de oeverdijk langs de Houtribdijk. Deze creëren dus extra ondiep water als aanvulling op de ondiepe oeverzones die door aanleg van zanddammen en oeverdijken ontstaan.

Definitie ondiep: 0 – 1,5 m diepte. Bij een talud van 1:40 voor de zanddammen ontstaat aan weerszijden een strook van 60 m ondiepte.



Luwtestructuren langs de Noord-Hollandse kust

5.3 Investerings zanddammen

Op basis van de in hoofdstuk genoemde maatregelen is een investeringsraming gemaakt van de maatregelen. De meest kostenbepalende factor is m³ prijs van zand. In bijlage 5 zijn de kostenramingen nader onderbouwd.

Tabel 5.1 Investerings voor zanddammen

| Maatregel | totale kosten | % kosten dijk- versterking | Kosten TBES | opmerking | |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|-------|
| | Miljoen euro's | | | | |
| Natura2000 en KRW min | | | | | |
| Fase 2013-2022 | | | | | |
| Luwtestructuur Hoorn-Edam zand | € 78.975.000 | 50% | € 39.487.500 | € dijkversterking | |
| idem holoceen | € 27.000.000 | 50% | € 13.500.000 | € dijkversterking | |
| Monitoring | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA | |
| subtotaal | € 110.975.000 | | € 57.987.500 | | € 140 |
| Natura2000 en KRW surplus | | | | | |
| Fase 2022-2031 | | | | | |
| Luwtestructuur Marken-Durgedam zand | € 24.570.000 | 50% | € 12.285.000 | € dijkversterking | |
| idem holoceen | € 8.400.000 | 50% | € 4.200.000 | € dijkversterking | |
| Luwtestructuur Enkhuizerzand zand | € 36.400.000 | 50% | € 18.200.000 | € dijkversterking | |
| Stortstenen dammen | € 1.260.000 | 0% | € 1.260.000 | Kosten natuur | |
| Monitoring | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA | |
| Vispassages | € 1.000.000 | 0% | € 1.000.000 | Idem PRA | |
| Vaardoelen recreatie | € 13.000.000 | 0% | € 13.000.000 | Idem PRA | |
| subtotaal | € 89.630.000 | | € 54.945.000 | | € 151 |
| Land-water overgangen | | | | | |
| Fase 2016-2021 | | | | | |
| Ondieptes Enkhuizerzand zand | € 937.500 | 0% | € 937.500 | Kosten natuur | |
| Oeverdijk Hoorn-Edam zand | € 10.968.750 | 100% | € - | € dijkversterking | |
| idem holoceen | € 6.750.000 | 100% | € - | € dijkversterking | |
| Extra ondieptes ecologie holoceen | € 6.750.000 | 0% | € 6.750.000 | Kosten natuur | |
| Oeverdijk Marken Durgedam | € 3.412.500 | 100% | € - | € dijkversterking | |
| idem holoceen | € 2.100.000 | 100% | € - | € dijkversterking | |
| Extra ondieptes ecologie holoceen | € 2.500.000 | 0% | € 2.500.000 | Kosten natuur | |
| Oeverdijk Houtribdijk ZO deel | € 26.000.000 | 100% | € - | € dijkversterking | |
| idem holoceen | € 12.500.000 | 100% | € - | € dijkversterking | |
| Extra ondieptes ecologie holoceen | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Kosten natuur | |
| Monitoring | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA | |
| Vispassages | € 1.000.000 | 0% | € 1.000.000 | Idem PRA | |
| Vaardoelen recreatie | € 13.000.000 | 0% | € 13.000.000 | Idem PRA | |
| subtotaal | € 95.918.750 | | € 33.250.000 | | € 151 |
| Totaal | € 296.523.750 | | € 146.182.500 | | € 442 |

Toelichting op tabel:

- voor een volledig overzicht is het raadzaam om de complete kostentabellen uit bijlage 5 te raadplegen;
- in tabel 5.1 zijn alleen de kale aanlegkosten opgenomen. Dus exclusief toeslagen en btw;
- de maatregelen staan in de 1^e kolom. Bij de aanleg van zanddammen en oeverdijken is er vanuit gegaan dat een deel van het zandlichaam met Holoceen materiaal kan worden aangelegd. Dat kan zeker voor het deel dat wegzakt door de zettingen en het deel dat in de onderste driehoek van de oeverdijk ligt;
- monitoring, vaardoelen en vispassages zijn overgenomen uit het PRA alternatief (feitelijk zouden de opgenomen kosten hier ca. 20% lager moeten zijn, omdat de BTW toeslag nog niet in deze tabel zit en wel in de PRA raming);
- in de tabel totale kosten is nog geen rekening gehouden met synergievoordelen met de dijkversterking. In het kader van TBES is het niet logisch om de kosten van de oeverdijken te gaan maken. Als er geen financiering synergie is te behalen is een andere vorm van verondieping beter en voordeliger;
- in de tabel % dijkversterking is aangegeven welk deel voor rekening kan komen van de dijkversterking. Het lijkt redelijk om de oeverdijken volledig voor rekening van de veiligheid te laten komen. Dat is voor de dijkbeheerders, vanuit hun sectorale scope, alleen aantrekkelijk als het concurrerend is met de traditionele dijkversterking. De kosten van de traditionele dijkversterking zijn bij ons niet bekend. Een vergelijking is wenselijk. Een argument voor oeverdijken is ook de aanzienlijke beperking van de overlast. Traditionele dijkversterkingen geven langdurig veel maatschappelijke overlast;
- de bijdrage van de dijkversterking aan de luwtestructuren is arbitrair. De luwtestructuren zorgen voor minder golfaanval. Er is dus een voordeel. Dit voordeel is niet eenvoudig te kwantificeren, daarom is het voorlopig op 50% gesteld;
- in de tabel kosten TBES zijn de kosten opgenomen die voortkomen uit de maatregelen die nodig zijn om de TBES doelstellingen te behalen, rekening houdend met de synergiebijdragen vanuit de dijkversterkingssgelden;
- in de laatste kolom staat ter vergelijking de kosten van het PRA alternatief. Dat zijn ook de kosten zonder toeslagen en btw.

Bovenstaande levert 1.700 ha (Hoorn-Edam) + 700 ha (Marken-Durgerdam) + 1.600 ha (Enkhuizerzand) = 4.000 ha areaal luwte op, ca. 75 km land water overgang (zanddammen tellen tweezijdig en de oeverdijken eenzijdig) en een beperkte hoeveelheid moeras. Het moerasareaal is eenvoudig en voordelig uit te breiden. De vraag is of uitbreiding tot 4.500 ha in deze oplossingsrichting gewenst is. Dat zou ten koste kunnen gaan van de primaire N2000 en KRW-doelstellingen.

Ter vergelijking: het Publiek Referentie Alternatief (PRA) leidt tot ca. 1.200 ha luwte en 4.500 ha moeras / land-water overgang voor 442 miljoen (excl. toeslagen en btw). Deze variant met zanddammen kost tussen de 146 en 297 miljoen (excl. toeslagen en btw).

Het grote kostenverschil met het PRA alternatief wordt veroorzaakt door:

- aanzienlijk minder grondverzet ten behoeve van een moeras;
- het aanleggen van luwtestructuren in ondiepere delen van het Markermeer;
- de combinatie met de dijkversterking.

5.4 Zanddammen versus stortstenen dammen

Als in plaats van zanddammen stortstenen dammen aangelegd worden ontstaat het volgende kostenbeeld (zonder toeslagen, zie ook bijlage 5). Deze variant met stortstenen dammen kost tussen de 85 en 175 miljoen (excl. toeslagen en btw). In tabel 5.2 is te zien hoe de synergie met de dijkversterking in financiële zin doorwerkt. Aangenomen is dat de oeverdijken volledig voor rekening komen van de dijkversterking en dat de luwtedammen (de stortstenen dammen) voor 50% voor rekening komen van de dijkversterking. Stortstenen dammen zijn voordeliger dan zanddammen (vergelijk tabel 5.1 en 5.2).

Tabel 5.2 Investerings met stortstenen dammen

| Maatregel | totale kosten Miljoen euro's | % kosten dijk- versterking | Kosten TBES | opmerking | |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|-------|
| Natura2000 en KRW min | | | | | |
| Fase 2013-2022 | | | | | |
| Luwtestructuur Hoorn-Edam | € 28.350.000 | 50% | € 14.175.000 | € dijkversterking | |
| Monitoring | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA | |
| subtotaal | € 33.350.000 | | € 19.175.000 | | € 140 |
| Natura2000 en KRW surplus | | | | | |
| Fase 2022-2031 | | | | | |
| Luwtestructuur Marken-Durgerdam | € 8.820.000 | 50% | € 4.410.000 | € dijkversterking | |
| Luwtestructuur Enkhuizerzand | € 16.800.000 | 50% | € 8.400.000 | € dijkversterking | |
| Stortstenen dammen | € 1.260.000 | 0% | € 1.260.000 | | |
| Monitoring | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA | |
| Vispassages | € 1.000.000 | 0% | € 1.000.000 | Idem PRA | |
| Vaardoelen recreatie | € 13.000.000 | 0% | € 13.000.000 | Idem PRA | |
| subtotaal | € 45.880.000 | | € 33.070.000 | | € 151 |
| Land-water overgangen | | | | | |
| Fase 2016-2021 | | | | | |
| Ondieptes Enhuizerzand | € 1.218.750 | 0% | € 0 | | |
| Oeverdijk Hoorn-Edam | € 19.743.750 | 100% | € - | € dijkversterking | |
| Extra ondieptes ecologie | € 6.750.000 | 0% | € 6.750.000 | Kosten natuur | |
| Oeverdijk Marken Durgerdam | € 6.142.500 | 100% | € - | € dijkversterking | |
| Extra ondieptes ecologie | € 2.500.000 | 0% | € 2.500.000 | Kosten natuur | |
| Oeverdijk Houtribdijk ZO deel | € 35.750.000 | 100% | € - | € dijkversterking | |
| Extra ondieptes ecologie | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Kosten natuur | |
| Monitoring | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA | |
| Vispassages | € 1.000.000 | 0% | € 1.000.000 | Idem PRA | |
| Vaardoelen recreatie | € 13.000.000 | 0% | € 13.000.000 | Idem PRA | |
| subtotaal | € 96.105.000 | | € 33.250.000 | | € 151 |
| Totaal | € 175.335.000 | | € 85.495.000 | | € 442 |

6 Conclusie en vervolg

6.1 Conclusie

Geconcludeerd wordt dat met luwtestructuren langs de relatief ondiepe oevers de Nature2000 en KRW doelstellingen kunnen worden ingevuld. De kosten voor de fasen 2, 3 en 4 zijn in tabel 6.1 gegeven. Door synergie met de dijkversterking kan een aanzienlijk kostenvoordeel worden behaald. Dat is aangegeven als het lage bedrag in de aangegeven marges in tabel 6.1. Als er in het geheel geen synergie mogelijk is, ontstaat het hoge bedrag. Daarin zit ook de aanleg van de oeverdijken. Het is echter niet reeel om die vanuit WMIJ te financieren.

In ons oorspronkelijke voorstel waren we uitgegaan van de aanleg van stortstenen dammen voor de luwtestructuren. Als uitdagend alternatief noemden we de zanddammen. In de huidige marktomstandigheden zijn die echter duurder. Met zanddammen wordt wel meer areaal ondiepe zone gerealiseerd.

Tabel 6.1 Kostenoverzicht

| | Kosten | |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| | Excl. toeslagen en btw | Incl. toeslagen en btw |
| Zanddammen | 146 – 297 miljoen | 282 – 572 miljoen |
| Stortstenen dammen | 85 – 175 miljoen | 165 – 338 miljoen |

De kosten inclusief toeslagen en btw kunnen vergeleken worden met het PRA alternatief dat op 816 miljoen is geraamd (N.B. de 631 miljoen zoals genoemd bij het PRA alternatief is excl. toeslagen).

6.2 Vervolg

De grootste aandachtspunten zijn draagvlak vanuit de omgeving en nadere onderbouwing van de ecologische en morfologische effecten. De variant met zanddammen is duurder en minder eenvoudig technisch te onderbouwen dan de stortstenen dammen. Het vertrouwen in de goede werking van oeverzanddijken is nog niet aanwezig.

Het ligt voor de hand dat het vervolg zich op bovenstaande richt. Er zijn uiteraard nog vele andere onderzoeksvragen. Het is echter niet waarschijnlijk dat onderzoek zal leiden tot de gewenste duidelijkheid. Wij verwachten dat in de praktijk kleinschalig beginnen meer resultaat oplevert. Dat geeft inzicht in het gedrag en effect van de maatregelen. Als de maatregelen in nauw overleg met de omgeving worden uitgevoerd en ook gericht zijn op meerwaarde voor de omgeving, kan meer draagvlak ontstaan.

Concreet denken we aan de volgende vervolgstappen:

- Leg bij de Houtribdijk een stuk vooroeverdijk aan. In de bocht nabij de Houtribsluizen is de meest logische plaats (kosten orde € 250.000,- tot € 500.000,-);
- Leg op het Enkhuizerzand een stuk zanddam aan (kosten orde € 250.000,- tot € 500.000,-);
- Schelpensubstraat achter de zanddam voor hechttingsplaatsen voor mosselen. Hier zijn al positieve ervaringen mee opgedaan (kosten voor 2 ha orde € 25.000,-).

Bovenstaande maatregelen leveren voor een relatief klein bedrag veel concreet bruikbare ervaring op. De vooroeverdijk langs de Houtribdijk kan een voorbeeld zijn voor de rest van de Houtribdijk en de dijken langs de Noord-Hollandse kust.

De zanddam op het Enkhuizerzand is een voorbeeld voor de rest van de zanddam op het Enkhuizerzand en voor de zanddammen langs de Noord-Hollandse kust.

Verder kan het volgende gedaan worden:

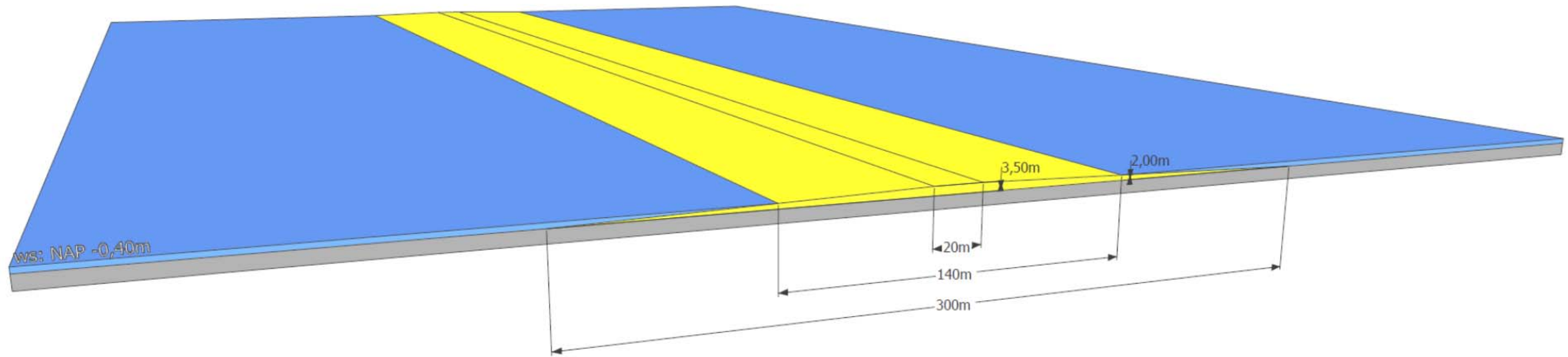
- nader onderzoek naar de wateruitwisseling en waterkwaliteit in de voorgestelde baaien;
- een verdere ecologische optimalisatie van het ontwerp;
- nader onderzoek naar de synergie met de dijkversterkingen (luwteeffect en oeverdijkeffect);
- inpassen lokale wensen in de voorgestelde oplossingen.



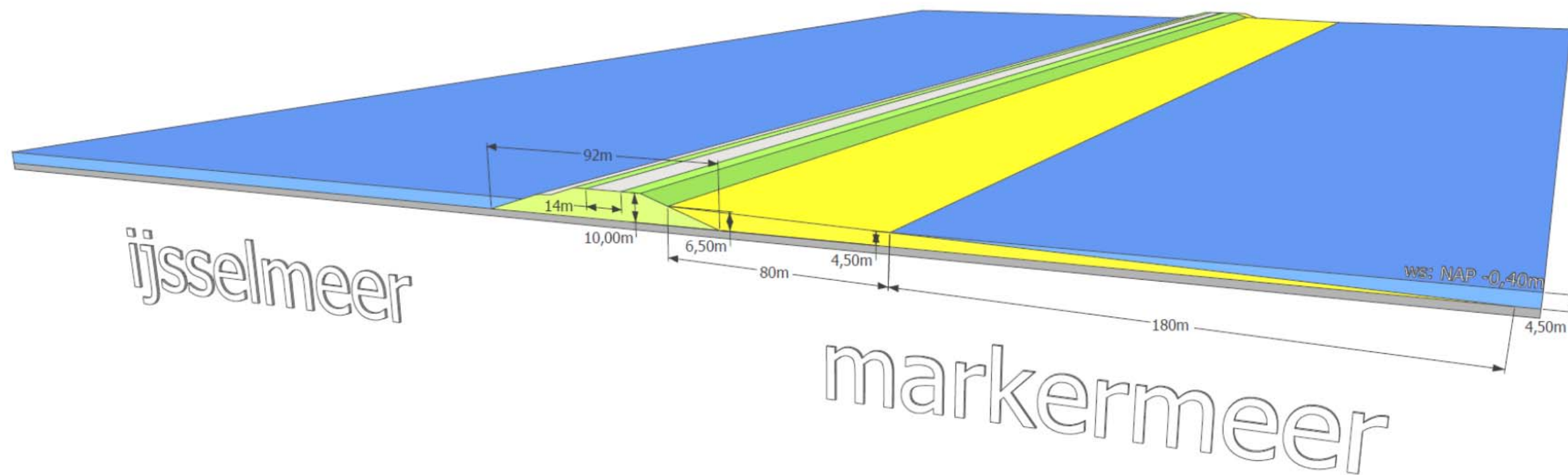
Luwtestructuur met natuurinvulling

Bijlage 1

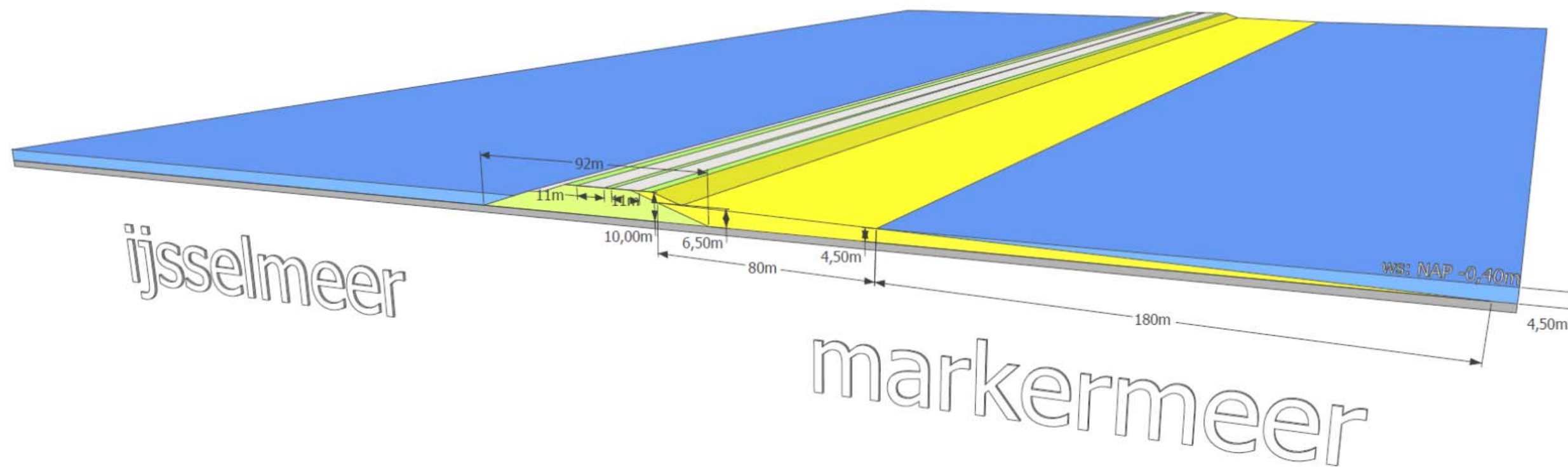
Dwarsdoorsneden



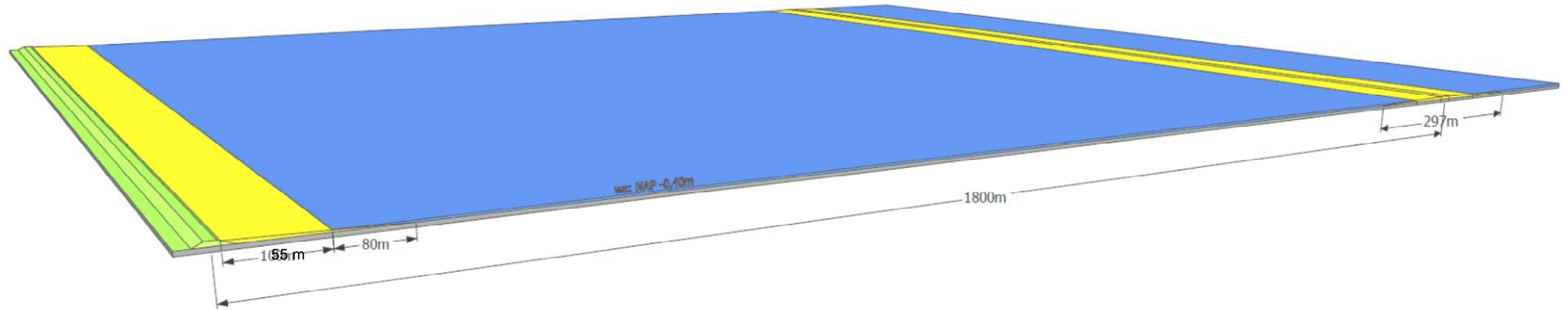
Figuur B1.1: Zanddam Enkhuizerzand



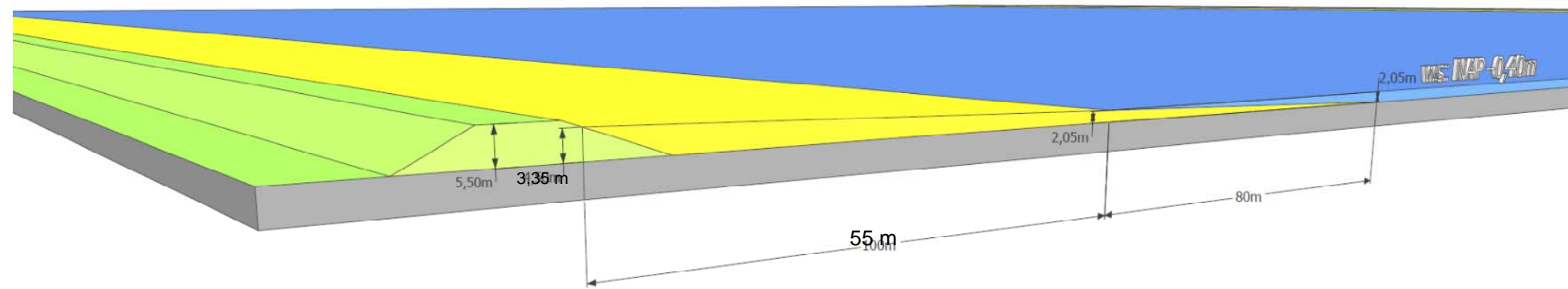
Figuur B1.2: Oeverzanddam Houtribdijk (enkele rijbaan)



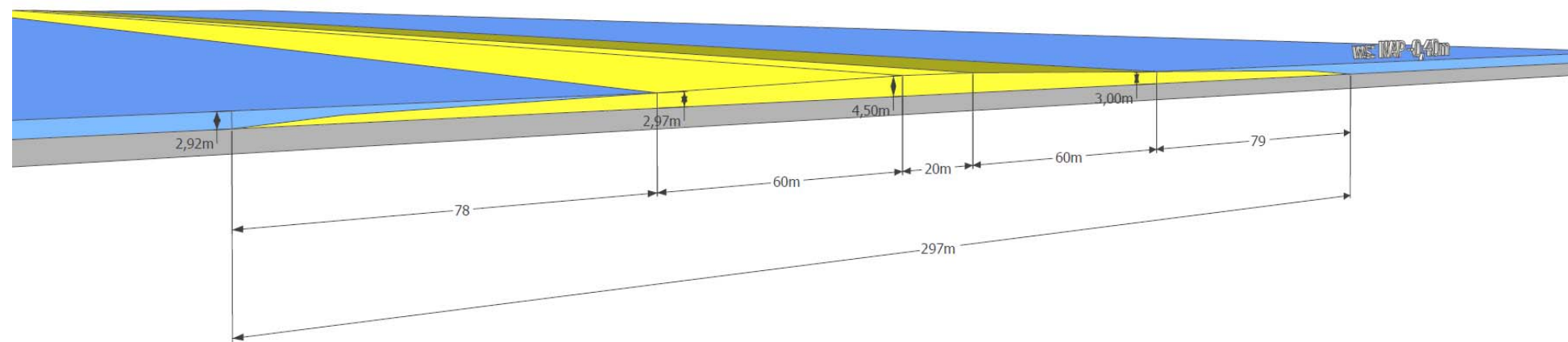
Figuur B1.3: Oeverzanddam Houtribdijk (dubbele rijbaan)



Figuur B1.4: Zanddam en oeverzanddam Noordhollandse kust Markermeer



Figuur B1.5: Detail oeverzanddam



Figuur B1.6: Detail zanddam

Bijlage 2

Morfologie en achtergrondinformatie

Inleiding

Langs ca.13% van de kusten van de wereld worden strandwallen (barrier islands) en schoorwallen (spits) aangetroffen. Nederland dankt er zijn bestaan aan.



Figuur B2.1 Strandwallen langs de kusten in de wereld

Table 1. Geopolitical distribution of barrier islands showing total number of islands, percentage of the world's total, and total length in kilometers.

| Continent | Islands (n) | % Total | Length (km) |
|----------------------------|-------------|--------------|---------------|
| North America subtotal | 663 | 30.9 | 7611 |
| Arctic Ocean | 272 | 12.7 | 1184 |
| Atlantic Ocean | 161 | 7.5 | 2287 |
| Gulf of Mexico | 116 | 5.4 | 2398 |
| Pacific Ocean | 114 | 5.3 | 1742 |
| Asia subtotal | 530 | 24.7 | 4475 |
| Arctic Ocean | 203 | 9.4 | 1441 |
| Indian Ocean | 159 | 7.4 | 1648 |
| Pacific Ocean | 130 | 6.0 | 1124 |
| Persian Gulf | 34 | 1.6 | 230 |
| Red Sea | 4 | 0.2 | 32 |
| Africa subtotal | 354 | 16.5 | 3527 |
| Indian Ocean | 259 | 12.1 | 1631 |
| Atlantic Ocean | 74 | 3.4 | 1587 |
| Mediterranean Sea | 21 | 1.0 | 309 |
| Australia subtotal | 253 | 11.8 | 1726 |
| Indian Ocean | 127 | 5.9 | 824 |
| Pacific Ocean | 75 | 3.5 | 575 |
| Indonesia/Papua New Guinea | 44 | 2.0 | 248 |
| Southern Ocean | 6 | 0.3 | 55 |
| New Zealand | 1 | 0.1 | 24 |
| South America subtotal | 196 | 9.1 | 2039 |
| Pacific Ocean | 114 | 5.3 | 982 |
| Atlantic Ocean | 72 | 3.4 | 898 |
| Caribbean Sea | 10 | 0.5 | 159 |
| Europe subtotal | 153 | 7.1 | 1405 |
| Mediterranean Sea | 71 | 3.3 | 391 |
| Atlantic Ocean | 33 | 1.5 | 292 |
| North Sea | 31 | 1.4 | 472 |
| Black Sea | 12 | 0.6 | 202 |
| Baltic Sea | 6 | 0.3 | 48 |
| WORLD TOTAL | 2149 | 100.0 | 20,783 |

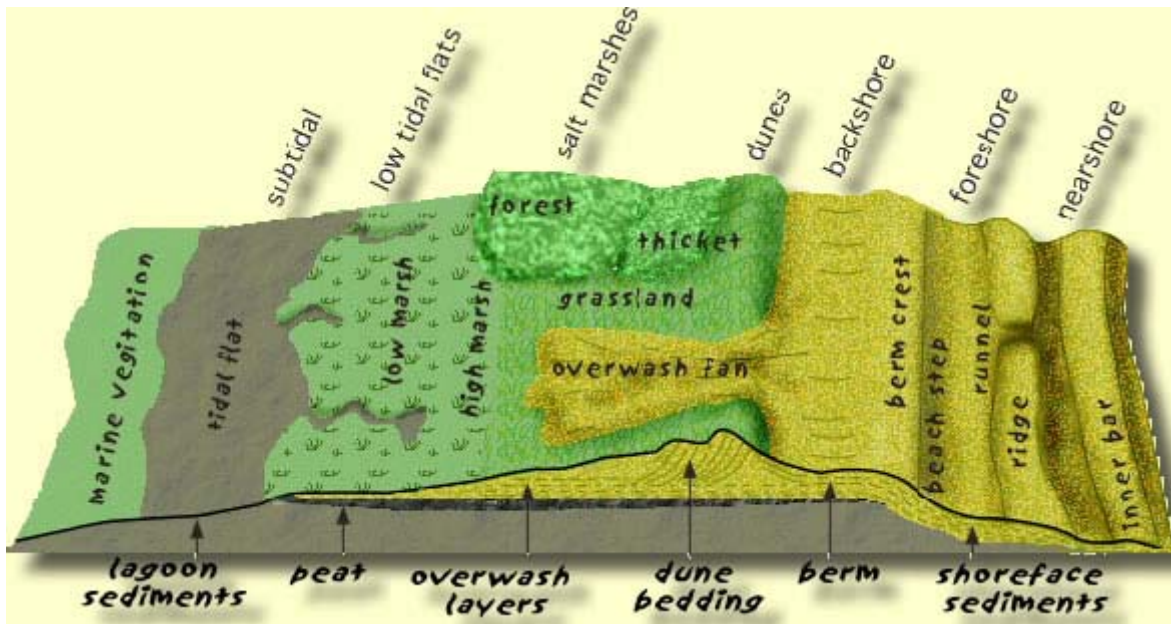
Ze komen in nagenoeg alle getijde types voor. Alleen in gebieden met extreme getijverschillen ontbreken ze.

Het voorkomen is niet gebonden aan zout of zoet water. Ook in grote binnenmeren zijn ze aangetroffen.

De belangrijkste randvoorwaarden lijken te zijn:

- Beschikbaar zijn van zand;
- Golf dynamiek (plus eventueel stroming);
- Geologische historie.

Een karakteristieke dwarsdoorsnede van een barrier island is figuur 2.2 weergegeven. Lage barrier islands kunnen bij extreme stormen overstroomd (overwash fan). De Nederlandse duinenrij is gelukkig hoog genoeg om dat te voorkomen.



B2.2. Karakteristieke dwarsdoorsnede van een strandwal

Mechanisme en condities voor de vorming van barrier islands (bron wikipedia barrier islands)

Barrière-eilanden zijn eilanden parallel aan de kust, gescheiden van het vasteland kust door een lagune of baai. Barrier islands kunnen ontstaan langs een kust, waar de helling van de oorspronkelijke kustbodem vlakker is dan de helling die overeenkomt met het evenwichts profiel dat overeenkomt met de werkelijke omstandigheden voor de kust. Onder deze omstandigheden zullen de golven die breken op de kustlijn voornamelijk zand vervoeren naar de kust in een poging om de opbouw van het evenwichts profiel te herstellen. Tegelijkertijd, zullen de golven hun energie verliezen richting kustlijn. Wat betekent dat er niet genoeg energie is voor het transport van het zand tot aan de kustlijn. Een gevolg van dit mechanisme is de afzetting van zand op enige afstand van de kust, die zich uiteindelijk zal ontwikkelen tot een barrière eiland.

De mechanismen die hierboven beschreven zijn, houden alleen rekening met cross-shore transport processen, maar als zand ook door langtransport wordt afgezet, zal dit bijdragen aan de vorming van barrière eilanden. Onder dergelijke omstandigheden is het eiland vormingsproces een combinatie van zand spits en barrière eilanden.

Diverse combinaties van geologische lange termijn veranderingen in het water vormen voorwaarden voor de vorming van barrière eilanden.

Verondersteld mag worden dat de hierboven omschreven natuurlijke processen ook kunstmatig zijn na te bootsen. De belangrijkste voorwaarde is de aanwezigheid van voldoende zand.

Zandtransport erosie en aanzanding

Erosie en aanzanding worden bepaald door verschillen in zandlangtransport. Als het zandlangtransport overal langs de zanddam even groot is zal er geen erosie of aanzanding optreden. Het afgevoerde zand wordt immers weer gecompenseerd door het aangevoerde zand. Op plaatsen waar discontinuïteiten aanwezig zijn zal aanzanding of erosie optreden. Dat is bijvoorbeeld aan het begin en eind van de zanddammen.

De hoeveelheid zandtransport wordt bepaald door de golfwerking en de stroming. In het Markermeer is nauwelijks stroming aanwezig. Het zandtransport wordt in het Markermeer volledig bepaald door de windgolven (die ook stroming kunnen veroorzaken). Golven die loodrecht op

een kust invallen geven geen zandlangstransport. Andere richtingen wel. De netto som van het zandtransport vanuit al die richtingen bepaald het uiteindelijke netto zandtransport. Bij kusten die loodrecht op de dominante golfrichtingen liggen is minder zandtransport te verwachten dan kusten die daar schuin op liggen.

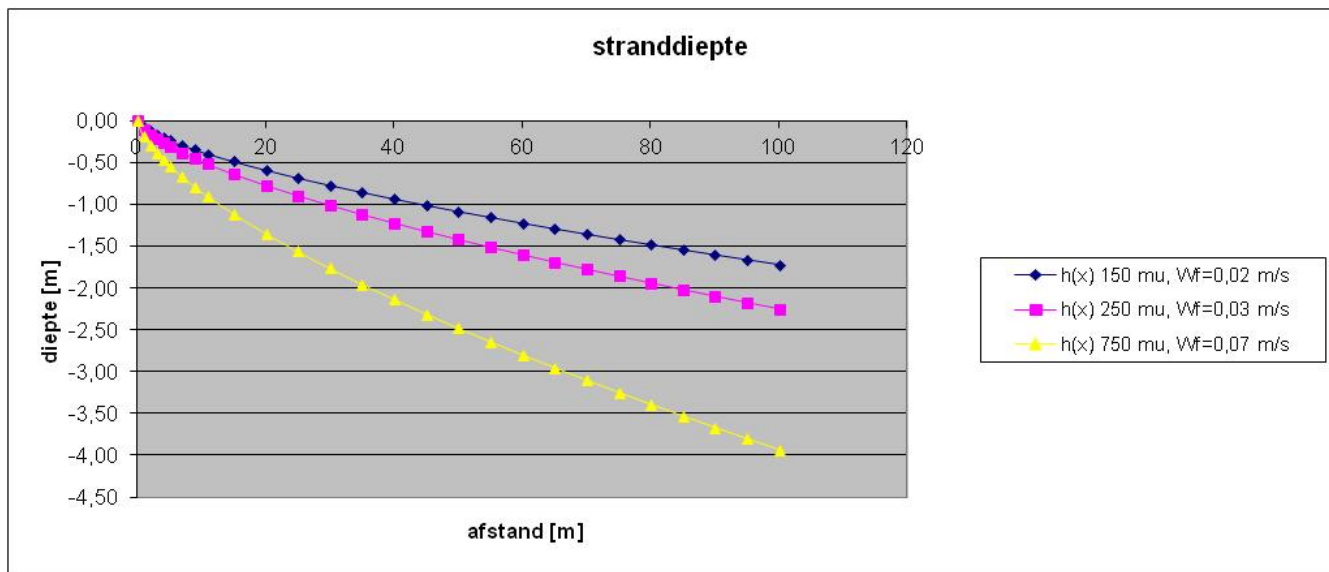
Voor het bepalen van bovenstaande zijn de windrichtingen die richting kust waaien het meest bepalend. De windrichtingen vanaf de kust zijn nauwelijks relevant (zie figuur B2.7 en B2.8).

Evenwichtsprofielen zandige kusten

Het evenwichtsprofiel van een zandige kust kan worden weergegeven door een formule waarin de valsnelheid van het zand zit. Opvallend is dat het profiel niet afhankelijk is van de golven. Het profiel is wel sterk afhankelijk van de valsnelheid van het zand. Grof zand heeft een steiler profiel dan fijn zand. Ook schelpen spelen een rol in de steilheid van het strand. Zo zijn er in het Markermeer diverse schelpenstrandjes. Die zijn alle relatief steil ("De Markermeerstranden onderzocht", afstudeerscriptie, TU Twente / Grontmij, september 2005).

W_f is de valsnelheid (m/s) van het sediment, $h(x)$ in meters is de waterdiepte en x (m) is de afstand tot de kustlijn. Dit is het evenwichtprofiel volgens Kriebel, Kraus en Larson¹.

$$: h(x) = 2.25 \left(\frac{W_f^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} x^{\frac{2}{3}}$$



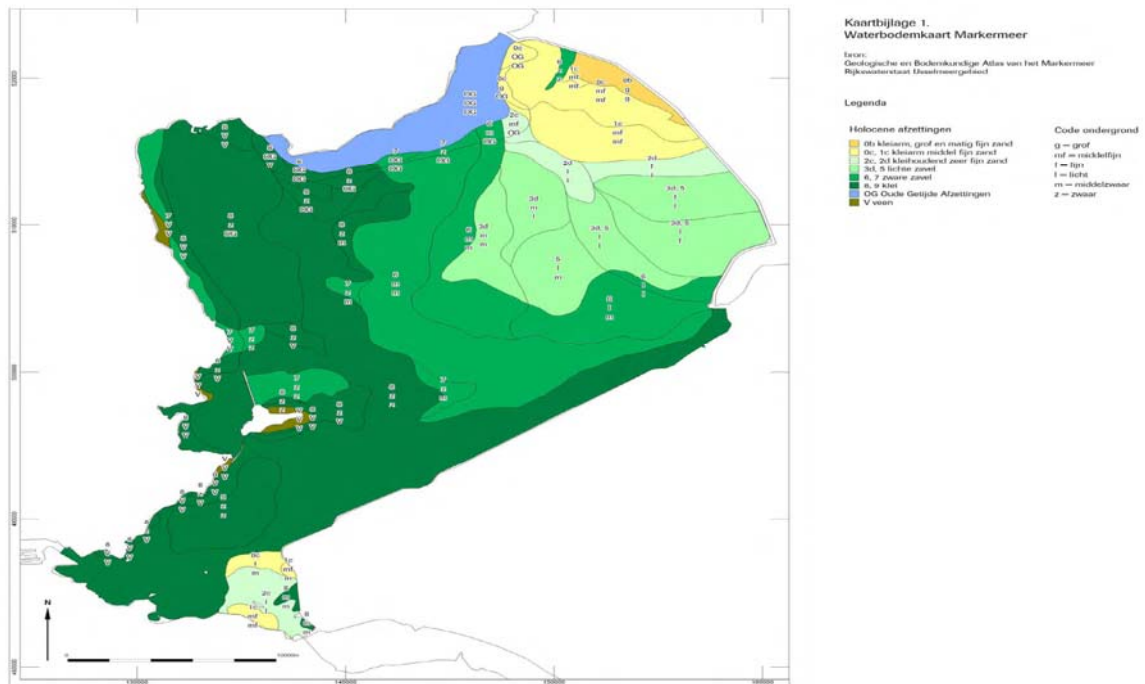
B2.3 Strandevenwichtsprofielen als functie van zandkorreldiameter

Voor fijn zand (met een valsnelheid van 0,02 m/s) is het evenwichtsprofiel ca. 1:40. Voor de zanddammen wordt van dat profiel uitgegaan. In de diepere delen, die buiten de golf invloed liggen, mag het profiel steiler zijn. Dat kan vanaf een diepte van 1,5 à 2 m. Een helling van ca. 1: 10 à 15 is dan mogelijk.

Enkhuizerzand

Om te voorkomen dat de zanddam tijdens extreme stormen doorbreekt is het nodig om de dam hoger te maken dan de hoogste waterstand plus golfloop. De hoogste waterstand tijdens een superstorm is de waterstand +1,64 m. De golfloop is ca. 0,5 m. De hoogte van de dam komt dan op + 2,14 m. Voor de zanddam wordt echter 1,5 m hoogte boven waterpeil aangehouden - 0,2 m NAP + 1,5 = +1,3 m NAP. Die hoogte is voor normale stormen voldoende.

Een zanddam op het Enkhuizer zand kan van het zand van het Enkhuizerzand zelf gemaakt worden dat bespaart in kosten en levert een meer gedifferentieerde diepteverdeling op.



B2.4 Bodemkaart Markermeer

Noord Hollandse kust

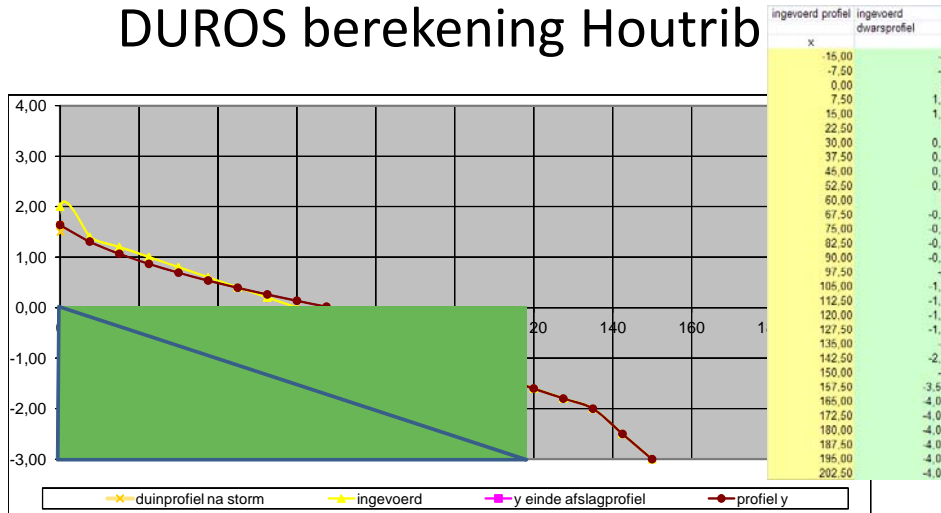
Langs de Noord Hollandse kust is de windopzet minder groot. Deze is ca +0,97 m NAP (mondlinge mededeling HHNK). Dat samen met de golfoploop van ca. 0,5 m op een flauw strandtalud is minimaal een +1,5 m NAP hoge zanddam nodig.

Houtribdijk

De Houtribdijk kan versterkt worden door een zandlichaam voor de dijk. De grootte van het zandlichaam kan berekend worden met het afslagprofiel dat is te verwachten bij een superstorm. Conform de normering moet dan uitgegaan worden van een 1:10000 jaar storm. De maatgevende omstandigheden zijn dan een opzet tot 1,64 m NAP en een significante golfhoogte van 2,3 m.

Met een zogenaamde DUROS berekening kan bepaald worden hoe groot het zandlichaam voor de dijk moet zijn. In figuur B2.5 is dat profiel weergegeven. Het aangebrachte profiel (de gele lijn) vervormt door de storm tot het rode stormprofiel. De inhoud van het profiel is 565 m³/m'. Bij het aanleggen moet ook rekening gehouden worden met de zetting van de ondergrond.

DUROS berekening Houtrib



Waterstand +1,64 m NAP, golfhoogte 2,3 m, D50, 0,0015 m, valsnelheid 0,015 m/s
 Dwarsprofiel volume 565 m³/m'. Van x=0 tot waterdiepte 4 m.
 Schematisch: talud 1:40 tussen 1,6 en -2 m NAP, talud 1:15 tussen -2 m NAP en bodem

B2.5 Afslagprofiel door storm

Het aangebrachte zand kan ook in langsrichting getransporteerd worden. Om een indruk te krijgen in de grootte van dat langstransport zijn berekeningen uitgevoerd. Het resultaat is weergegeven in tabel B2.1. Uit de tabel is af te lezen dat het transport 4877 m³/jaar in zuidelijke richting is en 4260 m³/jaar in westelijke richting. Het netto transport is dus ca.600 m³/jaar in zuidelijke richting. Opgemerkt moet worden dat zandtransport berekeningen niet nauwkeurig zijn.

Tabel B2.1 Zandlangstransport langs Houtribdijk

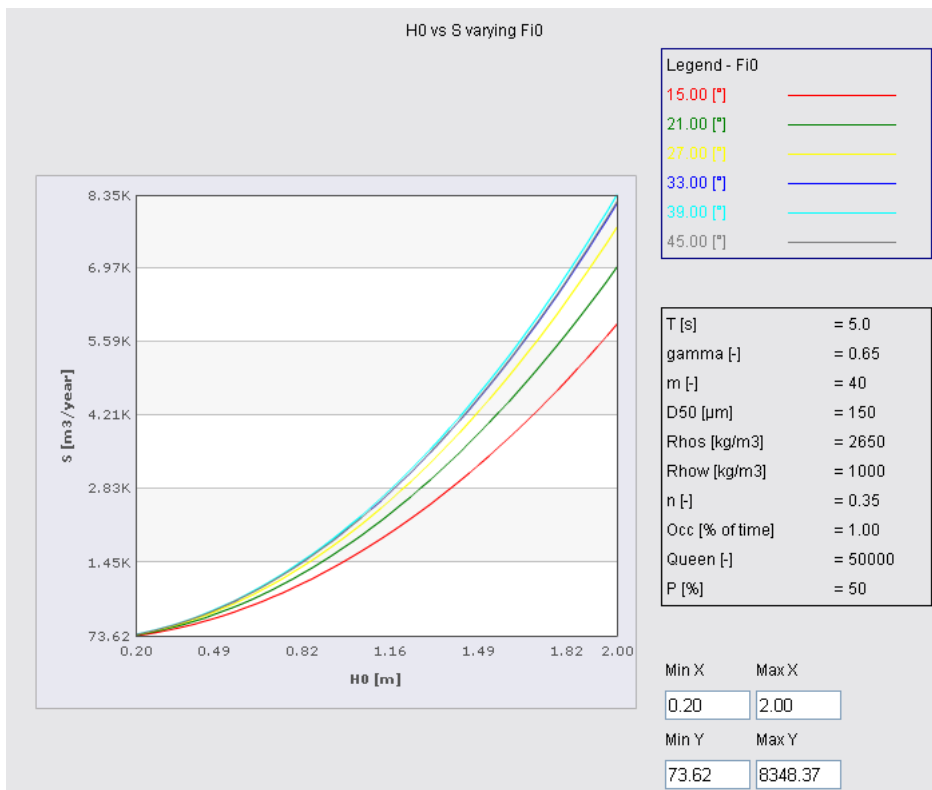
Zandlangstransport langs dijk

| | | Sedimenttransport(m ³ /year) | | |
|-------------|----------|---|-------|-------|
| m/s | Beaufort | 17-19 | 23-25 | 26-28 |
| | | S | SW | W |
| 7.0 - 7.9 | 4 | 3243 | | 2079 |
| 10.0 - 10.9 | 5 | 875 | | 1160 |
| 13.0 - 13.9 | 6 | 202 | | 631 |
| 17.0 - 17.9 | 7 | 57 | | 304 |
| 20.0 - 20.9 | 8 | | | 86 |
| 24.0 - 24.9 | 9 | | | |
| | | 4377 | | 4260 |

Loodrecht op SW is het langstransport nul.

Zandlangtransport

Om de orde van grootte te bepalen van het zandlangtransport is in figuur B2.6 het transport per jaar weergegeven als functie van golfhoogte en hoek van inval (bij 1% optreden). (formule van Queens).



Figuur B2.6: Zandlangtransport als functie van golfhoogte en hoek van inval bij 1% per jaar.

Zandtransport langs zanddammen Noord Hollandse kust bij extreme storm.

Stel dat er een superstorm vanuit het oosten optreedt gedurende 8 uur (stel 33 graden). Dat is 1/1000 tijd van een jaar. In de grafiek is het aangegeven voor 1/100 deel van het jaar (1%). Bij een superstorm is de golfhoogte ca. 1,5 à 2 m. Het 1% zandtransport is dan ca. 6000 m³/jaar. Voor de 1/1000 dus 600 m³/gebeurtenis. Ter vergelijking de inhoud van de zanddam is ca. 600 m³/m'.

Zandtransport langs zanddammen Noord Hollandse kust bij oostelijke winden.

Uit de figuren B2.7 en B2.8 is af te lezen dan ca. 7% van de tijd oostelijke winden van 0 tot 8 m/s optreden. Dat leidt tot golven van ca. max. 0,4 à 0,6 m hoogte. Het bijbehorende zandtransport is dan maximaal 250 m³/jaar voor 1%. Voor 7% van de tijd wordt dat dan ca. max. 1750 m³/jaar.

De onderhoudsbehoefte wordt ingeschat op 1000 tot 3000 m³ jaar per zanddam-einde. Dat onderhoud kan eens per 5 à 10 jaar worden uitgevoerd.

Het zandtransport langs de zanddam wordt bepaald door het dynamische evenwicht tussen NNW en ZZO gericht transport. Uit de windros kan opgemaakt worden dat een netto transport in NNW richting is te verwachten. Erosie is dus aan de zuidzijde van de dammen te verwachten.

Volgens (Folmer et al., 2010) is het zandtransport langs de Friese westkust -5000 / + 9.000 m³/jaar (netto +4000 m³/jaar) en langs de Friese zuidkust -15.000 / +16.000 m³/jaar (netto +1000 m³/jaar). De Friese kust wordt zwaarder aangevallen dan de Noord-Hollandse Markermeerkust. Het is dus te verwachten dat het langstransport langs de Noord Hollandse kust minder is.

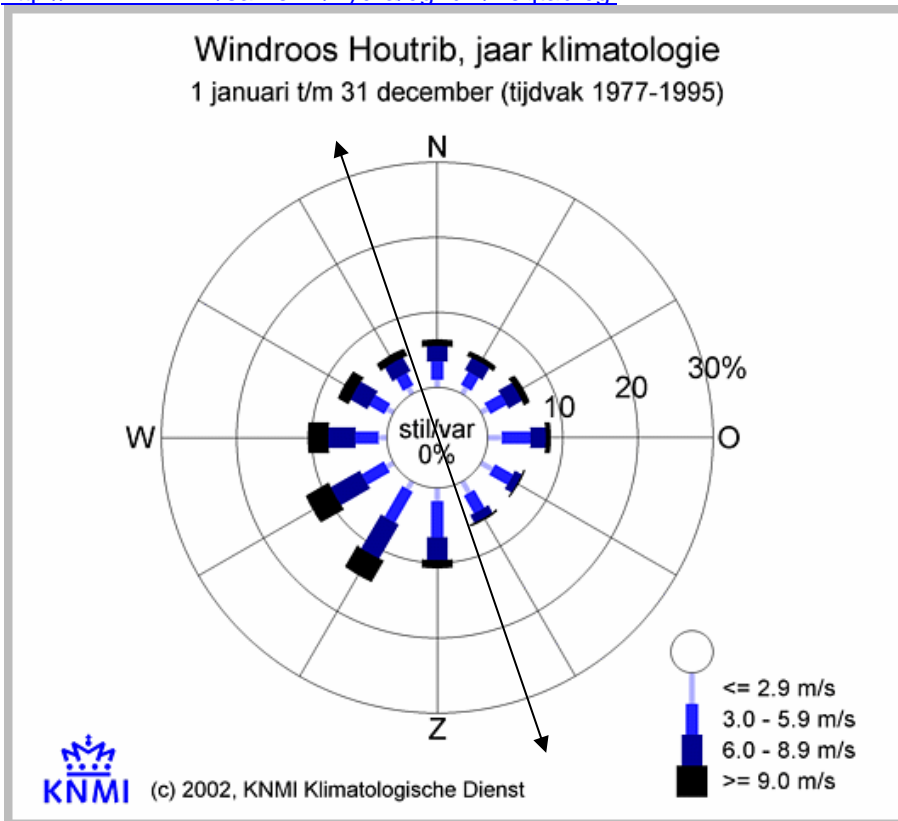
De Noord-Hollandse Markermeerkust is ongeveer NNW – ZZO georiënteerd (zie figuur B2.7). De windroos laat zien dat de wind vanuit de oostelijke richtingen minder is dan vanuit de westelijke richtingen (zie figuur B2.8). De kust ligt dus in de luwte. Dit betekent ook dat de golfaanval vanuit de oostelijke richtingen minder is.



Figuur B2.7

Windroos Houtribdijk

<http://www.knmi.nl/samenw/hydra/cgi-bin/freqtab.cgi>



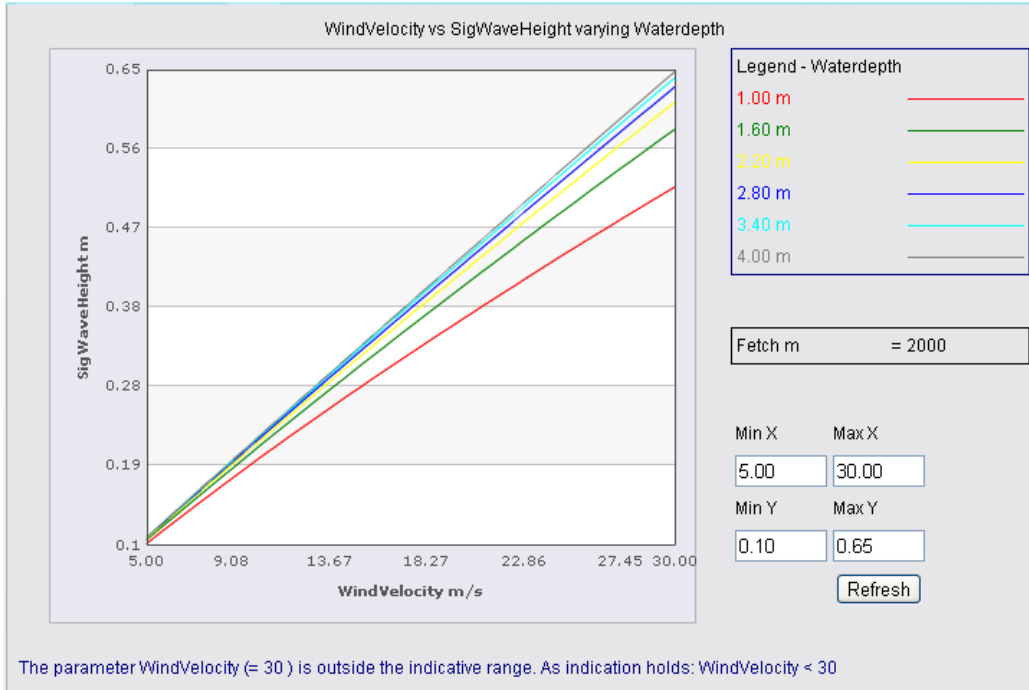
Figuur B2.8 Windroos

Golfgroei in een baai

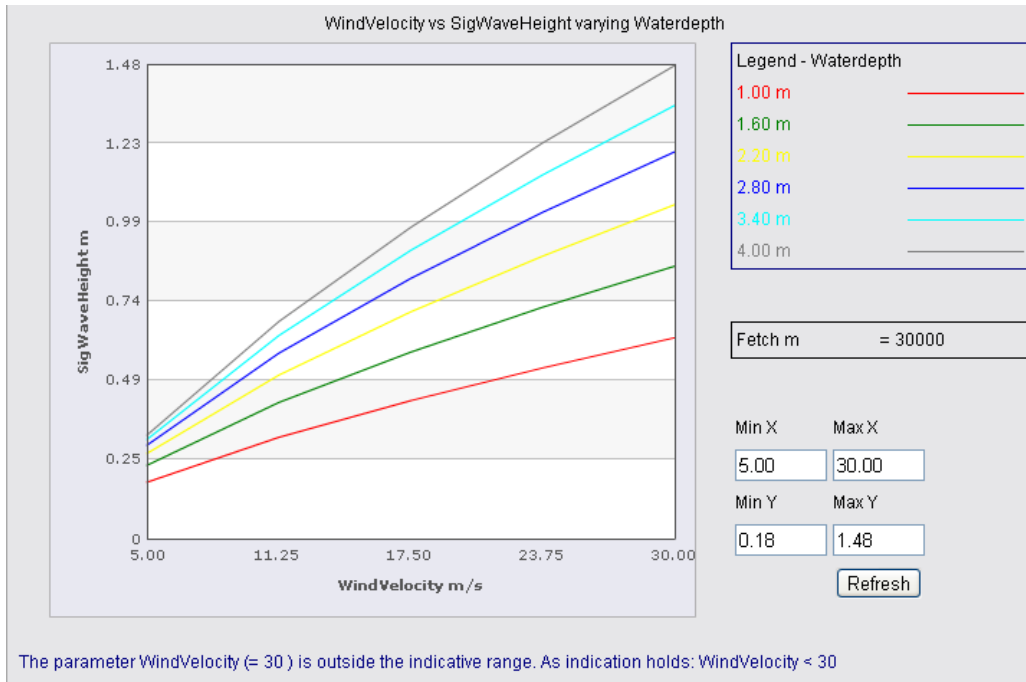
In een baai is de golfgroei (figuur B2.9) aanzienlijk minder dan in het Markermeer (figuur B2.10). Voor de baai is bijvoorbeeld bij een diepte van 2,8 m en een windsnelheid van 30 m/s de golfgroei ca. 0,65 m. In het Markermeer is bij een diepte van 3,4 m en een windsnelheid van 30 m/s de golfgroei ca. 1,35 m.

Daarbij moet nog wel rekening gehouden worden met de golfindringing via de opening van de baai.

De afname van de golfaanval betekent een minder zware golfaanval op de bestaande dijken (of aan te leggen oeverdijken). Deze hoeven daardoor niet of minder te worden aangepast.



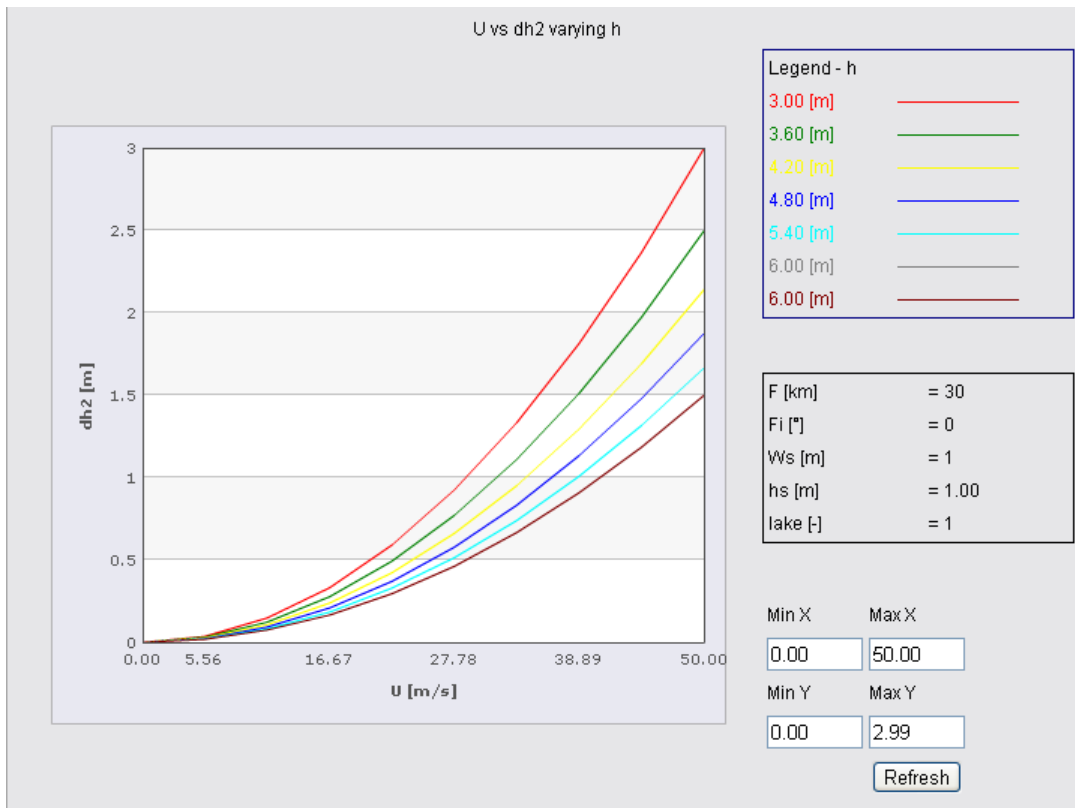
Figuur B2.9 Golfgroei in een baai (fetch 2 km)



Figuur B2.10 Golfgroei in Markermeer (fetch 30 km)

Windopzet Markermeer

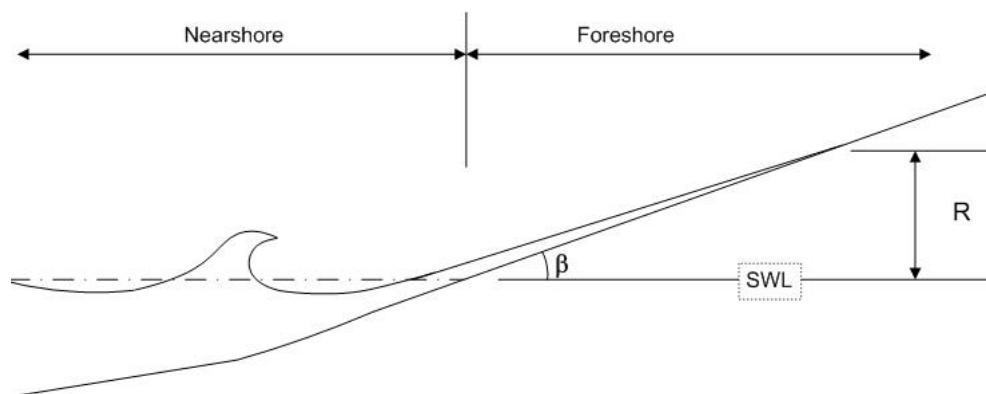
In de figuur B2.11 is de windopzet voor een strijklengte van 30 km bij verschillende windsnelheden gegeven (CUR-CIRIA [1991], p189-190). De zwaarste extreme stormen zijn te verwachten vanuit westelijke richtingen.



Figuur B2.11 Relatie windopzet, diepte en windsnelheid bij een strijklengte van 30 km

Golfloop op een flauw strand

Nielsen and Hanslow, 1991 hebben vanuit veldexperimenten een relatie gelegd tussen golfhoogtes, strandkarakteristieken en golfloop. Voor natuurlijke zandstranden met een flauw talud vonden ze het volgende:



$$\theta = 1.5^\circ - 10.8^\circ$$

en een gemiddelde korreldiameter tussen

$$0.18 - 0.8 \text{ mm}$$

vonden ze:

$$R = cL_{zwm}$$

$$R_{2\%} : c = 1.98$$

$$\bar{R} : c = 0.89$$

$$L_{zwm} = 0.05(H_{orms} L_o)^{0.5}$$

voor $\tan \beta_F < 0.10$

Met:

H_{orms} = root mean square deep water wave heigh

L_o = deep water wavelength

L_{zwm} = vertical scale for Rayleigh distributed wave runup values (Nielsen and Hanslow, 1991)

N_o = surf zone fall velocity parameter

R = mean runup for irregular waves or runup for regular waves

$R_{2\%}$ = two percent wave runup

Bovenstaande formule lijkt de golfoploop te overschatten. Op basis van metingen blijkt een reductie van 0,49 te gelden (zie tabel B2.2). Bron:

<http://homepages.cae.wisc.edu/~chinwu/GLE401/web/Mike/wrdataanalysis.htm>

| Beach Material | Reduction Factor | RMS Error (m) | |
|----------------|------------------|---------------|-------------|
| | | N & H (mean) | N & H (2%) |
| Cobble | 0.65 | 0.20 | 0.38 |
| Cobble | 1.00 | 0.27 | 0.70 |
| Mix | 0.85 | 0.26 | 0.77 |
| Mix | 1.00 | 0.35 | 0.99 |
| Sand | 1.00 | 0.21 | 0.49 |
| Sand | 1.00 | 0.21 | 0.49 |
| All | Y | 0.22 | 0.52 |
| All | N | 0.25 | 0.63 |

Tabel B2.2 Reductiefactor golfoploop

Bovenstaande voldoet wellicht niet voor 100% aan de situatie zoals die gepland is, maar het geeft wel een goede indruk van de te verwachten golfoploop. Bij een golfhoogte van 2 m, een golfengte van 30 m ($L = 1,56 T^2$, $T=4,3$ s), wordt de golfoploop 0,37 m.

De berekening is bedoeld voor het weergeven van een indicatie van de golfoploop. Deze zal naar verwachting beperkt blijven tot ca. een ½ meter boven gemiddeld waterniveau voor het strand (dus vanaf set-up niveau).

Houtribdijk

Voor de situatie 1:10000 wordt voor de windopzet bij de Houtribdijk 1.64 m + NAP aangehouden. Dat betekent een opzet van -0,4 m NAP naar +1,64 m NAP. De opzet is dus 2,04 m. Voor het aflezen van de grafiek wordt de windstil diepte gebruikt. Die is ca. 4,8 m. Bij een windsnelheid van 50 m/s kan zo'n opzet ontstaan. Dat is dan windkracht 12 Beaufort (> 32,6 m/s; orkaan).

NH kust dijk

Voor de situatie 1:10000 wordt voor de NH 0,97 m + NAP aangehouden. Dat betekent een opzet van -0,4 m NAP naar +0,97 m NAP. De opzet is dus 1,37 m. Voor het aflezen van de grafiek wordt de windstille diepte gebruikt. Die is ca. 3 m. Bij een windsnelheid van 30 m/s kan zo'n opzet ontstaan. Dat is dan windkracht 11 Beaufort. (28,4 tot 32,6 m/s).

De kans op superstormen is vanuit oostelijke richting kleiner dan vanuit westelijke richting

Bijlage 3

Waterkwaliteit in baaien

INLEIDING

De waterkwaliteit in baaien wordt bepaald door:

- de hoeveelheid ongewenste stoffen die in de baai komen (lozingen, vogeluitwerpselen, e.d.);
- de hoeveelheid ongewenste stoffen die de baai verlaten (vooral via wateruitwisseling met het buitenwater);
- de zelfzuiverende capaciteit van de baai.

Algemeen

Doordat baaien beperkte of geen doorspoelcapaciteit hebben is het voor baaien van extra belang dat ze een zelfreinigende capaciteit hebben en dat er niet teveel verontreinigende stoffen in worden geloosd.

Opgemerkt moet worden dat voedselrijke / vogelrijke baaien van nature eutroof kunnen zijn en vervuild kunnen raken door vogeluitwerpselen.

De waterbeweging in een baai is ook van belang voor de verspreiding van eieren, larven en nutriënten. Dit bepaald mede de ecologische toestand in een baai.

Voldoende dispersie (interne en externe wateruitwisseling) in baaien is belangrijk voor een voldoende waterkwaliteit. Dispersie is afhankelijk van:

1. De grootte van de baai;
2. De vorm van de baai;
3. De verbinding met het buitenwater (grootte en oriëntatie opening);
4. Gedrag van buitenwater (golfklimaat, waterstandsfluctuaties).

Bovenstaande bepaald de externe wateruitwisseling (in dit geval met het Markermeer) en de interne wateruitwisseling (dus in de baai). De aandrijvende krachten zijn vooral windgedreven golven en stroming in de baai en windgedreven golven en stroming van buiten de baai.

De lay-out van de baai zelf is ook medebepalend voor de te verwachten waterkwaliteit. 'Dode' hoeken in een baai in combinatie met een mindere waterkwaliteit kunnen lokaal problemen geven in de baai. Daar kan zich vuil ophopen. Anderzijds kan dat ook een voordeel zijn. Het drijf-vuil verzamelt zich op één locatie. Dat vereenvoudigt het onderhoud.

Het voert te ver om in het kader van deze opdracht een volledige analyse uit te voeren. Het gegeven dat de Gouwezee een kwalitatief goede baai is, geeft vertrouwen in de te behalen kwaliteit voor vergelijkbare baaien.

Hier geven we slechts enkele informatie die we beschikbaar hebben.

ONGEWENSTE STOFFEN IN DE BAAI

Ongewenste stoffen kunnen in een baai komen door lozingen of door afvoer vanuit de polders van eutroof polderwater. Lozingen moeten uiteraard voorkomen worden. Bij de aanleg van baaien is het raadzaam om rekening te houden met de locatie van gemalen en inlaatpunten. Het is overigens niet zo dat afvoer van polderwater per definitie een negatief effect heeft. Dat is sterk afhankelijk van de kwaliteit van het afgevoerde water en het doorspoeffect.

WATERUITWISSELING DOOR WATERSTANDSFLUCTUATIES IN MARKERMEER

Inleiding

In het kader van het project RRAAM is de luwte-structuur geschematiseerd in SOBEK (zie figuur) met als doel om de wateruitwisseling tussen Markermeer en baai te simuleren. Het studiegebied is het water tussen de dammen. Het model wordt gebruikt voor het bepalen van fracties. Op een aantal punten is berekend wat de verhouding is tussen Markermeerwater en het initieel water in de baai.

Vraagstelling

Hoe ontwikkelt zich de verhouding tussen Markermeerwater en initieel water in de baai? Wat is de invloed van de grootte van de baai opening?

Aanpak

De volgende uitgangspunten werden aangehouden;

- gebruik SOBEK (module 1DFLOW, 1DWAQ);
- met behulp van brede watergangen is het oppervlak (300 ha) gesimuleerd;
- gebruik van RWS waterpeilen Edam (gegevens uit 2010);
- gebruik van KNMI neerslag Lelystad (gegevens uit 2010);
- geen invloed van windgolven meegenomen;
- geen invloed van diffusie meegenomen;
- alleen in- en uitstroming bepalen de verandering in de fracties Markermeerwater en initieel water.

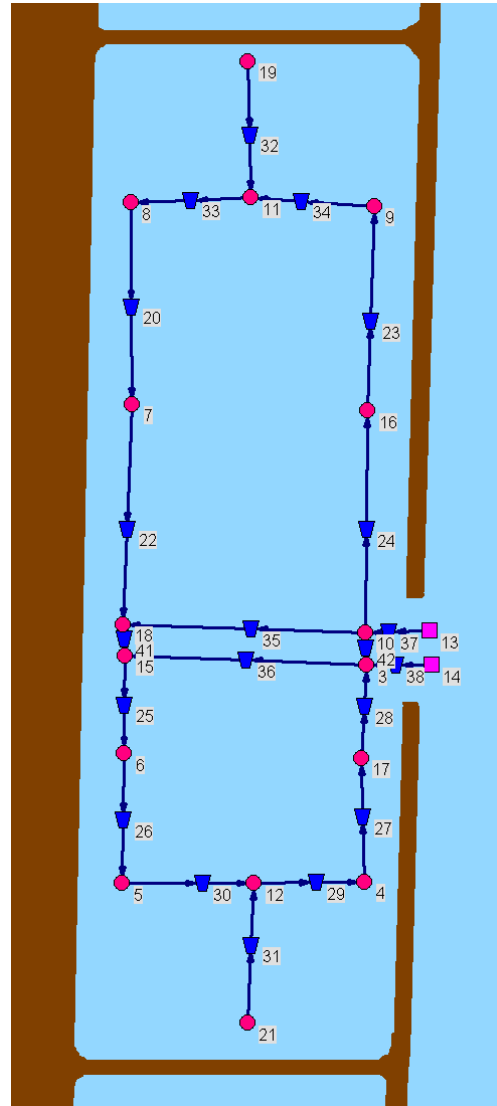
Schematisatie

De volgende maten zijn aangehouden:

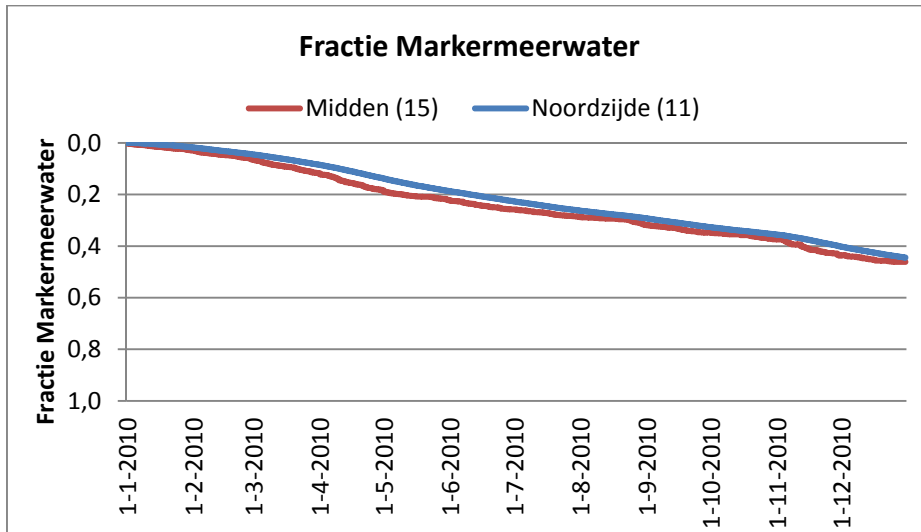
| | |
|-----------------|--------------|
| Hoogte | circa 3000 m |
| Breedte | circa 1000 m |
| Diepte | 2 m |
| Breedte opening | 40 m |

SOBEK

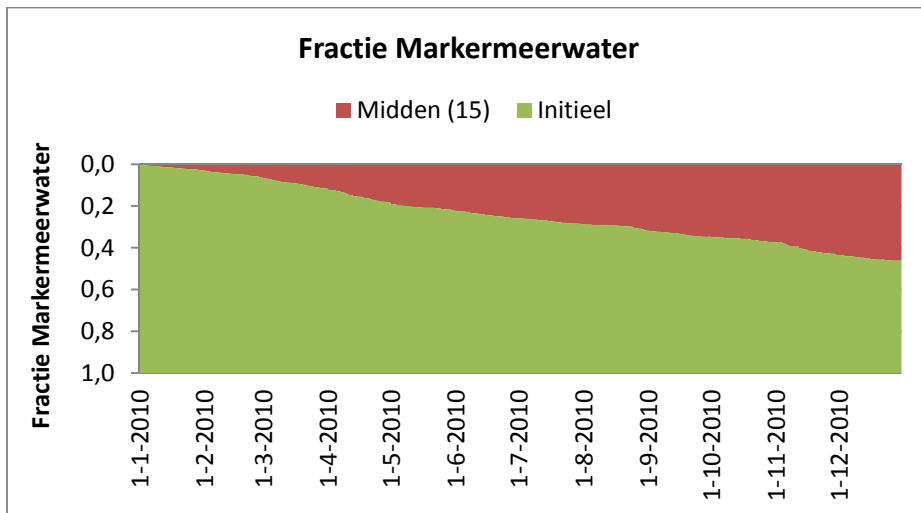
| | |
|------------------------|-----------------------|
| Rode ronde nodes | Connectiepunten |
| Roze vierkante nodes | Grenswaardes |
| Blauwe trapezium nodes | Profiel van watergang |
| Zwarte pijlen | Lengte watergang |



Resultaat en toelichting



In het midden van het plangebied bevindt zich punt 15. Met de rode lijn in de grafiek wordt de ontwikkeling van het percentage Markermeerwater op dat punt weergegeven. Na 1 jaar is het percentage Markermeerwater bij punt 15 toegenomen van 0% tot ongeveer 48%. Punt 11 bevindt zich aan de noordzijde van het gebied. Na 1 jaar is hier het percentage Markermeerwater toegenomen van 0% tot ongeveer 45%.



In deze grafiek nogmaals de ontwikkeling van het aandeel Markermeerwater bij punt 15. Zichtbaar wordt een toename van de fractie Markermeerwater en een afname van de hoeveelheid initieel water.

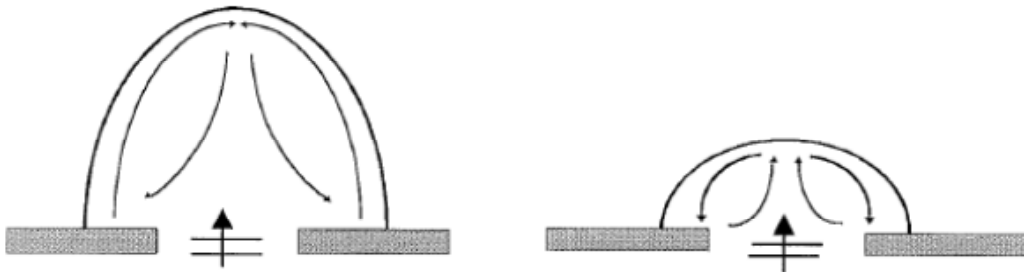
Conclusie

Al bij een opening van 40 m en zonder meenemen van invloed van dispersie door golven is er een uitwisseling van ca. 45% op jaarbasis. Verwacht mag worden dat een grotere opening (wat het plan is) tot een grotere wateruitwisseling zal leiden. Dat kan met dit model echter niet weergegeven worden, omdat de wateruitwisseling hier alleen gedreven wordt door de waterstandsfluctuaties in het Markermeer.

ZELFZUIVERENDE CAPACITEIT VAN EEN BAAI

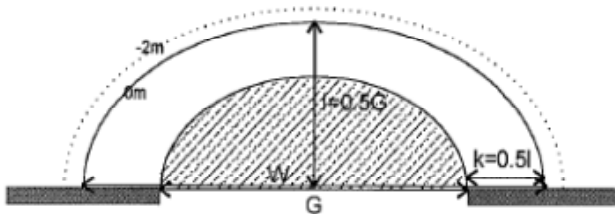
Watercirculaties in een baai door golven vanuit buitenwater

De watercirculatie in een baai wordt bepaald door de vorm van de baai en de opening. In onderstaande figuur is dat schematisch weergegeven (bron: equilibrium bays, A.M. Keijser, juli 2000 TU Delft)



Door de steeds wisselende golfrichtingen vanuit het buitenwater zal er altijd wat stroming in de baai zijn. Het is dan uiteraard wel nodig dat de baaiopening voldoende groot is. De grootte van de opening is een optimalisatie tussen gewenste stroming in de baai en gewenste reductie van de golfaanval op de dijken. Voor het laatste zijn refractie / diffractie berekeningen nodig.

In een evenwichtsbaai is er geen netto stroming langs de oevers van de baai. Dat treedt op als er een bepaalde verhouding is tussen baaiopening (G), baaidiepte (I) en baai breedte (W). Dat is weergegeven in de volgende figuur (Sweers, 1999).



$$I = 0,5 G$$

$$I/W + G/W = 1$$

Deze benadering is sterk empirisch. Het geeft alleen een indruk van een baai in evenwicht. In de praktijk zijn er diverse andere evenwichtsbaaivormen mogelijk. Voor de baaien langs de Noord-Hollandse kust streven we geen evenwichtsbaai na.

Door verschillen in de richtingen van de golfinval zal er altijd enige stroming in de baai zijn.

WATERBEWEGING IN EEN BAAI DOOR GOLVEN

Pearson (Solute dispersion in the nearshore due to oblique waves, febr. 2010) legt een relatie tussen golfhoogte en mixing-coëfficiënt. In de volgende figuur en formule is die relatie weergegeven. In de geplande baaien kan een golfhoogte van 0,2 tot 0,5 m verwacht worden. De coëfficiënt is dan ca. 0,1 m²/s.

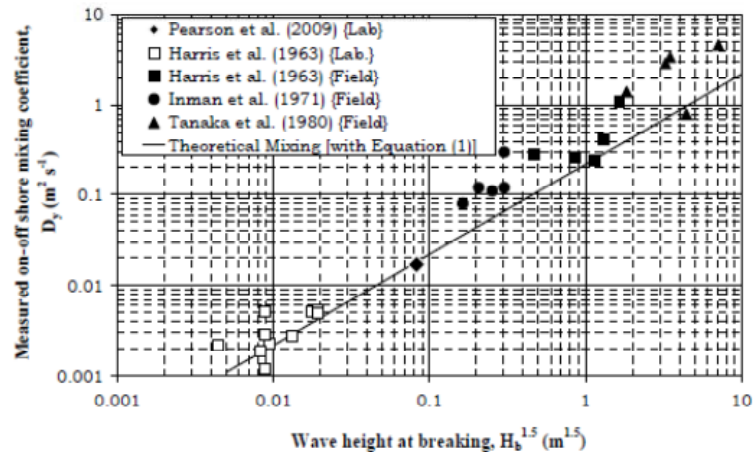


Figure 1. Comparison of previous experimental on-off shore dispersion studies in the surfzone

$$D_y \approx \frac{gH_b^4}{768de_2} \approx \frac{gH_b^4}{768d(0.01d\sqrt{gd})} \approx \frac{0.13g^{1/2}H_b^4}{d^{5/2}} \approx 0.13g^{1/2}\gamma^{5/2}H_b^{3/2} \quad (1)$$

Het is niet zo relevant of deze golven in de baai zelf zijn opgewekt of dat ze de baai binnenlopen vanuit het Markermeer.

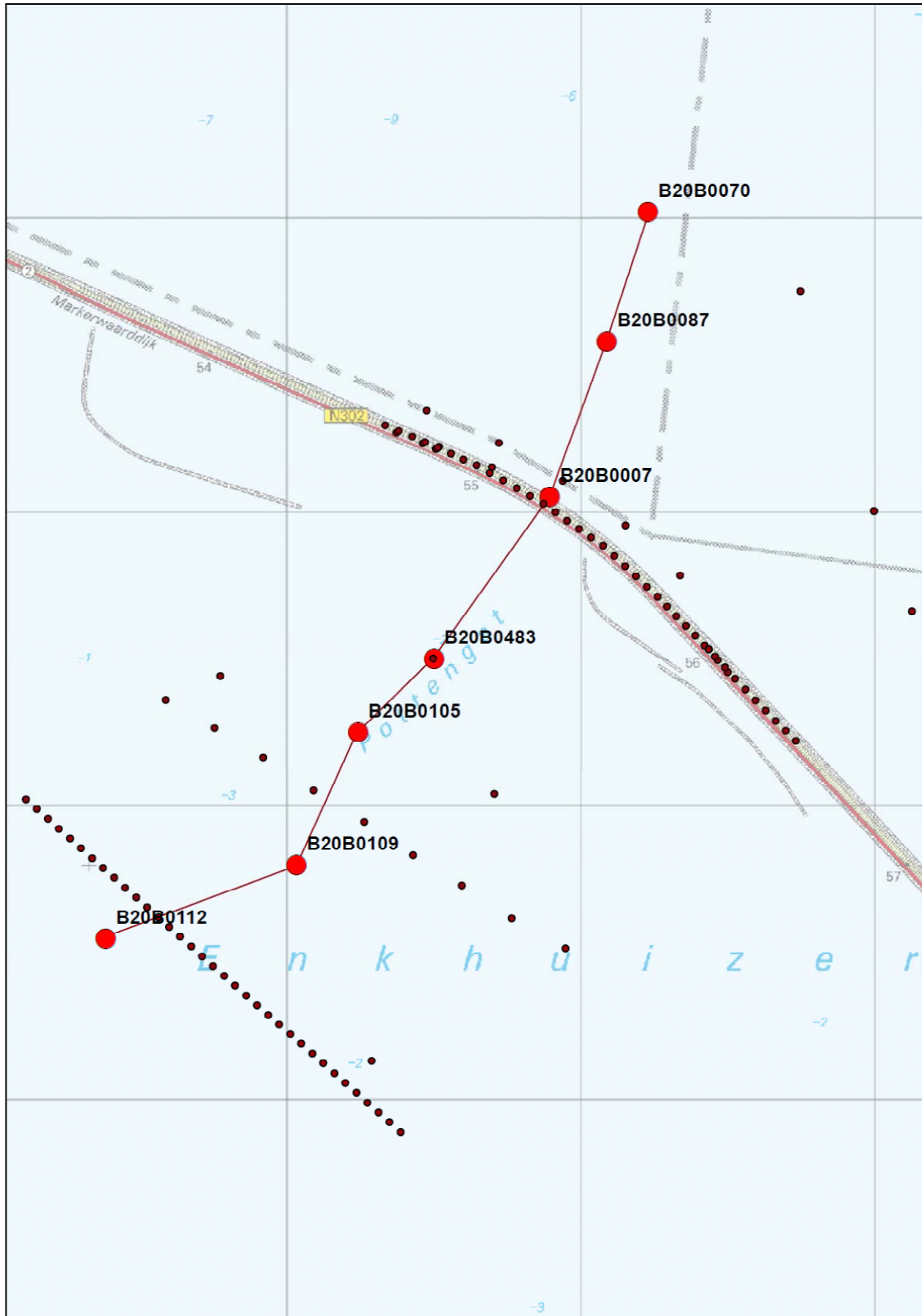
Diverse traceerproeven in baaien laten zien dat dispersiecoëfficiënten van 0,05 tot 0,4 m²/s zijn te verwachten (o.a. Dispersion in Sheltered Coastal Waters of Western Australia, Eve Hollingsworth, october 2006).

CONCLUSIE

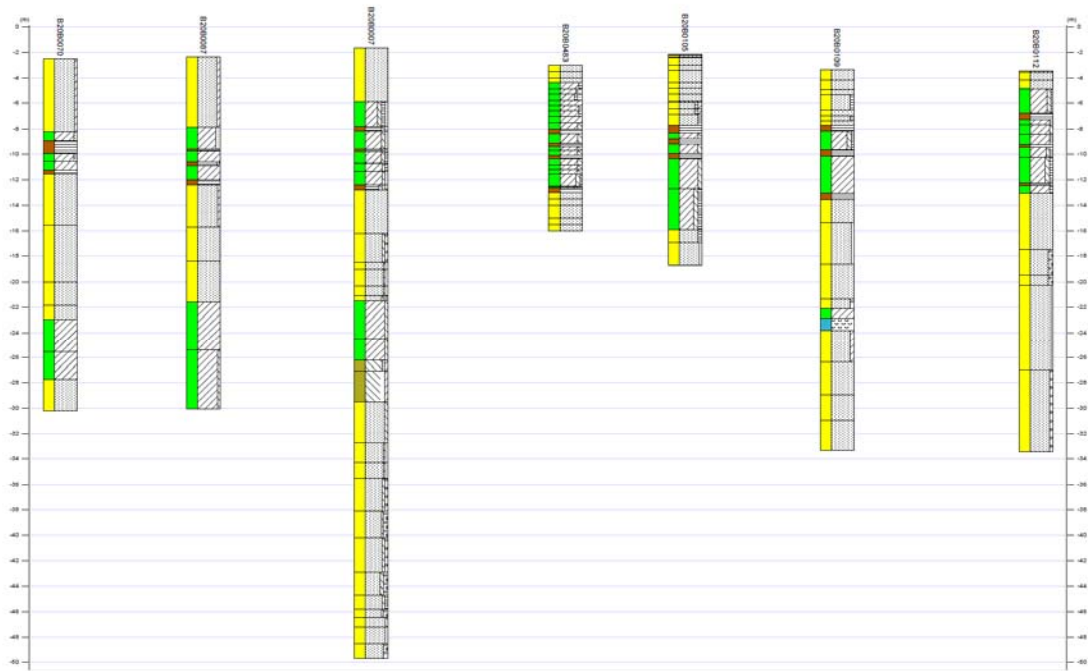
Op basis van deze korte beschouwingen kunnen geen definitieve conclusies getrokken worden. Wel is het duidelijk dat in de relatief grote baaien met een voldoende eigen golfbeweging voldoende dispersie (waterbeweging) is te verwachten om ernstige waterkwaliteitsproblemen te voorkomen. Als bovendien de baaiopening voldoende groot is, kan dat zeker verwacht worden. Dit geldt uiteraard alleen als er geen grote interne vervuilingbron aanwezig is.

Bijlage 4
Grondboringen

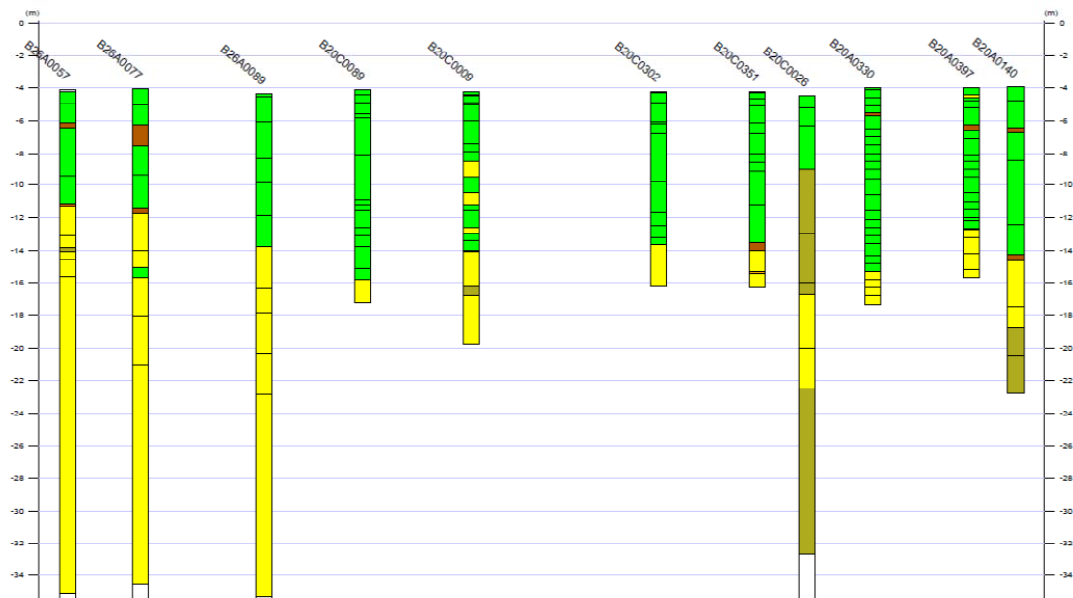
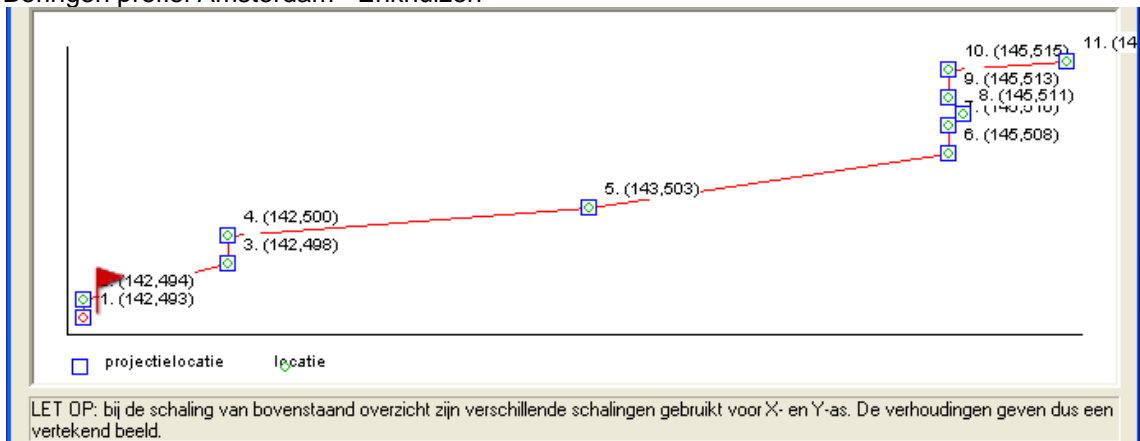
Enkhuizerzand, locatie boringen



Enkhuizerzand



Boringen profiel Amsterdam - Enkhuizen



Bijlage 5

Kostenramingen

Budgetraming zanddammen met zandige vooroevers tegen de dijken

| Maatregel | hoeveelheid | eenheid | hoeveelheid2 | eenheid2 | hoeveelheid3 | eenheid5 | eenheidskosten | totale kosten Miljoen euro's | % kosten dijk- versterking | Kosten TBES | opmerking |
|--------------------------------------|-------------|---------|--------------|----------|--------------|----------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------|
| Natura2000 en KRW min | | | | | | | | | | | |
| Fase 2013-2022 | | | | | | | | | | | |
| Luwtestructuur Hoorn-Edam zand | 13500 | m | 900 | m3/m | 12150000 | m3 | € 6,50 | € 78.975.000 | 50% | € 39.487.500 | € dijkversterking |
| idem holoceen | 13500 | m | 400 | m3/m | 5400000 | m3 | € 5,00 | € 27.000.000 | 50% | € 13.500.000 | € dijkversterking |
| Monitoring | | | | | | | | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA |
| subtotaal | | | | | | | | € 110.975.000 | | € 57.987.500 | |
| | | | | | | | | | | | € 140 |
| Natura2000 en KRW surplus | | | | | | | | | | | |
| Fase 2022-2031 | | | | | | | | | | | |
| Luwtestructuur Marken-Durgerdam zand | 4200 | m | 900 | m3/m | 3780000 | m3 | € 6,50 | € 24.570.000 | 50% | € 12.285.000 | € dijkversterking |
| idem holoceen | 4200 | m | 400 | m3/m | 1680000 | m3 | € 5,00 | € 8.400.000 | 50% | € 4.200.000 | € dijkversterking |
| Luwtestructuur Enkhuizerzand zand | 8000 | m | 700 | m3/m | 5600000 | m3 | € 6,50 | € 36.400.000 | 50% | € 18.200.000 | € dijkversterking |
| Stortstenen dammen | 600 | m | | | | | € 2.100,00 | € 1.260.000 | 0% | € 1.260.000 | Kosten natuur |
| Monitoring | | | | | | | | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA |
| Vispassages | | | | | | | | € 1.000.000 | 0% | € 1.000.000 | Idem PRA |
| Vaardoelen recreatie | | | | | | | | € 13.000.000 | 0% | € 13.000.000 | Idem PRA |
| subtotaal | | | | | | | | € 89.630.000 | | € 54.945.000 | |
| | | | | | | | | | | | € 151 |
| Land-water overgangen | | | | | | | | | | | |
| Fase 2016-2021 | | | | | | | | | | | |
| Ondieptes Enhuizerzand zand | | | | | 187.500 | m3 | € 5,00 | € 937.500 | 0% | € 937.500 | Kosten natuur |
| Oeverdijk Hoorn-Edam zand | 13500 | m | 125 | m3/m | 1687500 | m3 | € 6,50 | € 10.968.750 | 100% | € - | € dijkversterking |
| idem holoceen | 13500 | m | 100 | m3/m | 1350000 | m3 | € 5,00 | € 6.750.000 | 100% | € - | € dijkversterking |
| Extra ondieptes ecologie holoceen | 1350 | m | 1000 | m3/m | 1350000 | m3 | € 5,00 | € 6.750.000 | 0% | € 6.750.000 | Kosten natuur |
| Oeverdijk Marken Durgerdam | 4200 | m | 125 | m3/m | 525000 | m3 | € 6,50 | € 3.412.500 | 100% | € - | € dijkversterking |
| idem holoceen | 4200 | m | 100 | m3/m | 420000 | m4 | € 5,00 | € 2.100.000 | 100% | € - | € dijkversterking |
| Extra ondieptes ecologie holoceen | 500 | m | 1000 | m3/m | 500000 | m3 | € 5,00 | € 2.500.000 | 0% | € 2.500.000 | Kosten natuur |
| Oeverdijk Houtribdijk ZO deel | 10000 | m | 400 | m3/m | 4000000 | m3 | € 6,50 | € 26.000.000 | 100% | € - | € dijkversterking |
| idem holoceen | 10000 | m | 250 | m3/m | 2500000 | m4 | € 5,00 | € 12.500.000 | 100% | € - | € dijkversterking |
| Extra ondieptes ecologie holoceen | 1000 | m | 1000 | m3/m | 1000000 | m3 | € 5,00 | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Kosten natuur |
| Monitoring | | | | | | | | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA |
| Vispassages | | | | | | | | € 1.000.000 | 0% | € 1.000.000 | Idem PRA |
| Vaardoelen recreatie | | | | | | | | € 13.000.000 | 0% | € 13.000.000 | Idem PRA |
| subtotaal | | | | | | | | € 95.918.750 | | € 33.250.000 | |
| | | | | | | | | | | | € 151 |
| Totaal | | | | | | | | € 296.523.750 | | € 146.182.500 | |
| | | | | | | | | | | | € 442 |
| | | | | | domeinen | | 0% | € - | | € - | |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|-------------------------|--|-----|---------------|--|---------------|--|-------|
| | | | | voorbereiding | | 2% | € 5.930.475 | | € 2.923.650 | | |
| | | | | algemene kosten | | 5% | € 14.826.188 | | € 7.309.125 | | |
| | | | | uitvoering | | 8% | € 23.721.900 | | € 11.694.600 | | |
| | | | | winst/risico | | 5% | € 14.826.188 | | € 7.309.125 | | |
| | | | | aanneemsom | | | € 355.828.500 | | € 175.419.000 | | |
| | | | | | | | | | € - | | |
| | | | | nader detailleren | | 5% | € 17.791.425 | | € 8.770.950 | | |
| | | | | VTA (voorb. Toez. Adv.) | | 5% | € 17.791.425 | | € 8.770.950 | | |
| | | | | onvoorzien | | 25% | € 88.957.125 | | € 43.854.750 | | |
| | | | | | | | | | € - | | |
| | | | | Totaal | | | € 480.368.475 | | € 236.815.650 | | € 685 |
| | | | | incl. BTW | | 19% | € 571.638.485 | | € 281.810.624 | | € 816 |

Budgetramingen stortstenen dammen met zandige vooroevers tegen de dijken

| Maatregel | hoeveelheid | eenheid | hoeveelheid2 | eenheid2 | hoeveelheid3 | eenheid5 | eenheidskosten | totale kosten Miljoen euro's | % kosten dijk- versterking | Kolom2 | opmerking |
|--------------------------------|-------------|---------|--------------|----------|--------------|----------|----------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------------|
| Natura2000 en KRW min | | | | | | | | | | | |
| Fase 2013-2022 | | | | | | | | | | | |
| Luwtestructuur Hoorn-Edam | 13500 | m | | m2 | | m3 | € 2.100,00 | € 28.350.000 | 50% | € 14.175.000 | € dijkversterking |
| Monitoring | | | | | | | | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA |
| subtotaal | | | | | | | | € 33.350.000 | | € 19.175.000 | € 140 |
| Natura2000 en KRW surplus | | | | | | | | | | | |
| Fase 2022-2031 | | | | | | | | | | | |
| Luwtestructuur Marken-Durgedam | 4200 | m | | m2 | | m3 | € 2.100,00 | € 8.820.000 | 50% | € 4.410.000 | € dijkversterking |
| Luwtestructuur Enkhuizerzand | 8000 | m | | m2 | | m3 | € 2.100,00 | € 16.800.000 | 50% | € 8.400.000 | € dijkversterking |
| Stortstenen dammen | 600 | m | | | | | € 2.100,00 | € 1.260.000 | 0% | € 1.260.000 | |
| Monitoring | | | | | | | | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA |
| Vispassages | | | | | | | | € 1.000.000 | 0% | € 1.000.000 | Idem PRA |
| Vaardoelen recreatie | | | | | | | | € 13.000.000 | 0% | € 13.000.000 | Idem PRA |
| subtotaal | | | | | | | | € 45.880.000 | | € 33.070.000 | € 151 |
| Land-water overgangen | | | | | | | | | | | |
| Fase 2016-2021 | | | | | | | | | | | |
| Ondieptes Enhuizerzand | | | | | 187.500 | m3 | € 6,50 | € 1.218.750 | 0% | € 0 | |
| Oeverdijk Hoorn-Edam | 13500 | m | 225 | m2 | 3037500 | m3 | € 6,50 | € 19.743.750 | 100% | € - | € dijkversterking |
| Extra ondieptes ecologie | 1350 | m | 1000 | m2 | 1350000 | m3 | € 5,00 | € 6.750.000 | 0% | € 6.750.000 | Kosten natuur |
| Oeverdijk Marken Durgedam | 4200 | m | 225 | m2 | 945000 | m3 | € 6,50 | € 6.142.500 | 100% | € - | € dijkversterking |
| Extra ondieptes ecologie | 500 | m | 1000 | m2 | 500000 | m3 | € 5,00 | € 2.500.000 | 0% | € 2.500.000 | Kosten natuur |
| Oeverdijk Houtribdijk ZO deel | 10000 | m | 550 | m2 | 5500000 | m3 | € 6,50 | € 35.750.000 | 100% | € - | € dijkversterking |
| Extra ondieptes ecologie | 1000 | m | 1000 | m2 | 1000000 | m3 | € 5,00 | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Kosten natuur |
| Monitoring | | | | | | | | € 5.000.000 | 0% | € 5.000.000 | Idem PRA |
| Vispassages | | | | | | | | € 1.000.000 | 0% | € 1.000.000 | Idem PRA |
| Vaardoelen recreatie | | | | | | | | € 13.000.000 | 0% | € 13.000.000 | Idem PRA |
| subtotaal | | | | | | | | € 96.105.000 | | € 33.250.000 | € 151 |
| Totaal | | | | | | | | € 175.335.000 | | € 85.495.000 | € 442 |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|-------------------------|--|-----|---|-------------|--|---|----------------|
| | | | | domeinen | | 0% | € | - | | € | - |
| | | | | voorbereiding | | 2% | € | 3.506.700 | | € | 1.709.900 |
| | | | | algemene kosten | | 5% | € | 8.766.750 | | € | 4.274.750 |
| | | | | uitvoering | | 8% | € | 14.026.800 | | € | 6.839.600 |
| | | | | winst / risico | | 5% | € | 8.766.750 | | € | 4.274.750 |
| | | | | Aanneemsom | | | € | 210.402.000 | | € | 102.594.000,00 |
| | | | | | | | € | - | | | |
| | | | | Nader detailleren | | 5% | € | 10.520.100 | | € | 5.129.700 |
| | | | | VTA (voorb. Toez. Adv.) | | 5% | € | 10.520.100 | | € | 5.129.700 |
| | | | | onvoorzien | | 25% | € | 52.600.500 | | € | 25.648.500 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | Totaal | | | € | 284.042.700 | | € | 138.501.900 |
| | | | | incl. BTW | | 19% | € | 338.010.813 | | € | 164.817.261 |
| | | | | | | | | | | | |

Onderhoudskosten

| | | | lengte | breedte | oppervlak | oppervlak | eenheidsprijs | frequentie per jaar | kosten per jaar | | |
|-----------------------|---|----------------|--------|-----------------|-----------|-----------|---------------|---------------------|-----------------|--|--|
| | | | km | m | m2 | ha | €/ha | [-] | € | | |
| maaien | | | | | | | | | | | |
| Hoorn-Edam | | | 13,5 | 100 | 1350000 | 135 | € 250 | 2 | € 67.500 | | |
| Marken-Durgerdam | | | 4,2 | 100 | 420000 | 42 | € 250 | 2 | € 21.000 | | |
| | | | | | | | | | € - | | |
| Enkhuizerzand | | | 8 | 100 | 800000 | 80 | € 250 | 2 | € 40.000 | | |
| | | | | | | | | | € - | | |
| Oeverdijk NH kust | | | 15 | 50 | 750000 | 75 | € 250 | 2 | € 37.500 | | |
| Oeverdijk Houtribdijk | | | 10 | 50 | 500000 | 50 | € 250 | 2 | € 25.000 | | |
| | | | | | | 382 | | | € 191.000 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| erosie | | aantal erosief | | erosie per jaar | | m3 | €/m3 | | | | |
| dammen Hoorn-Edam | 6 | stuks | | 4000 | | 24000 | 10 | 1 | € 240.000,00 | | |
| dam Marken-Durgerdam | 2 | stuks | | 4000 | | 8000 | 10 | 1 | € 80.000,00 | | |
| dam Enkhuizerzand | 1 | stuks | | 0 | | 0 | 7 | 1 | € - | | |
| Oeverdijk Houtribdijk | 1 | stuks | | 0 | | 0 | 7 | 1 | € - | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Totaal | | | | | | | | | € 511.000,00 | | |
| | | | | | | | | | | | |

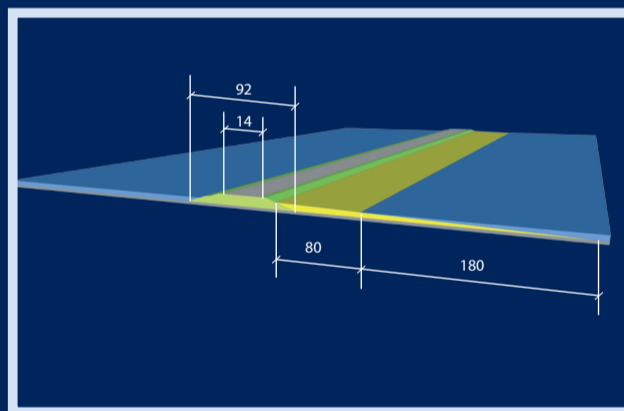
Bijlage 6
Visualisaties

Houtribdijk Markermeerzijde

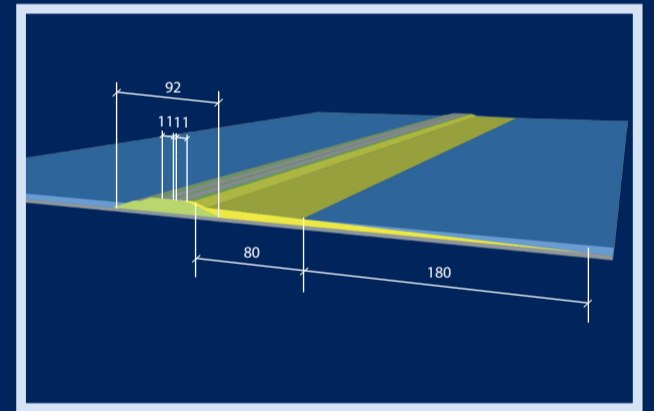
Zandige oeverdijk



Afslagprofiel extreme storm



Dwarsprofiel



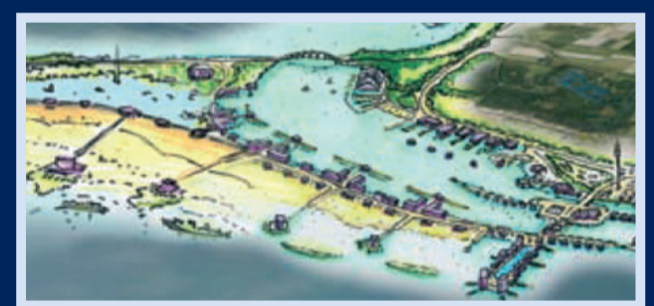
Dwarsprofiel met dubbele N302



Inspiratiebron: Peipus Meer, Estland



Inspiratiebron: Kustzone IJsselmeer Onderdijk



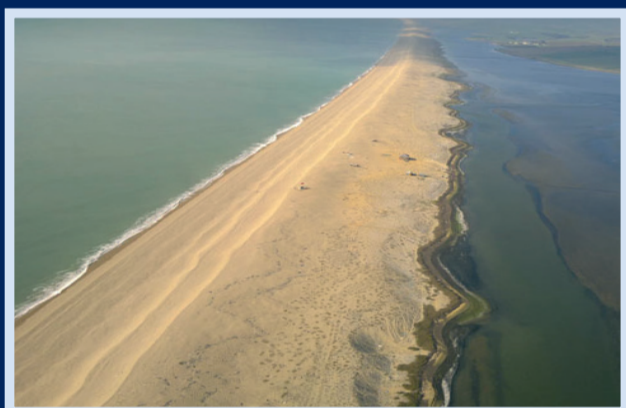
Recreatie Lelystad (bron: Kustvisie Lelystad)

De dijkversterking van de Houtribdijk en het herstellen van het ecologisch systeem van het Markermeer kunnen gecombineerd worden door het aanleggen van een fors zandlichaam langs de dijk.

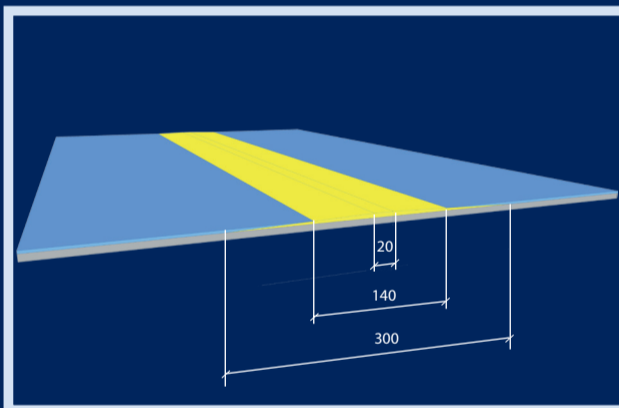
Ook tijdens extreme stormen zorgt het zandlichaam voor voldoende veiligheid. De lange zandige kustzone vormt een nu nog ontbrekend deel van het ecologische systeem. Er ontstaat een dynamische zandrand, die kansen biedt voor zeldzame plantsoorten van voedselarme dynamische milieus.

Enkhuizerzand Markermeerkust

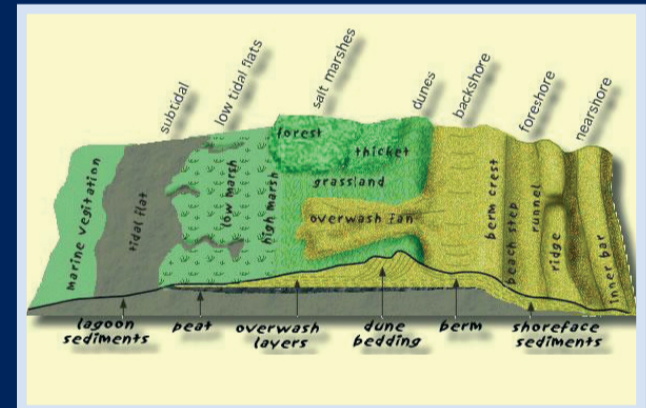
Zanddam als luwtestructuur



Referentie Chesil Beach, Engelse Noordzee kust



Dwarsprofiel



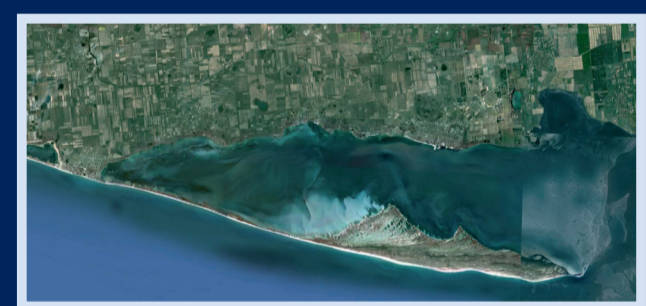
Dwarsprofiel Barrier Island



Inspiratiebron: Kranswierweide



Inspiratiebron: Voedselbank driehoekmosselen



Inspiratiebron: Zwarte Zee, Dzhazvlhats'ka Gulf

De Engelse term Barrier Island geeft voor dit type strandwallen, goed weer wat hun functie is. Dit type oever vormt 13% van alle kusten in de wereld. Deze kusten komen zowel in getijde gebieden als in zoetwater meren voor. De essentie is de aanwezigheid van zand en golfdynamiek. In het Markermeer ontbreekt dit type kust door de afwezigheid van zand rondom de waterlijn. Aanleggen van Barrier Islands zorgt niet alleen voor de gewenste luwte, maar zorgt ook voor minder golfaanval op de dijken en voor interessante 'dynamisch zand' habitats.

Noord-Hollandse Markermeerkust

Zanddam met natuurvooroevers



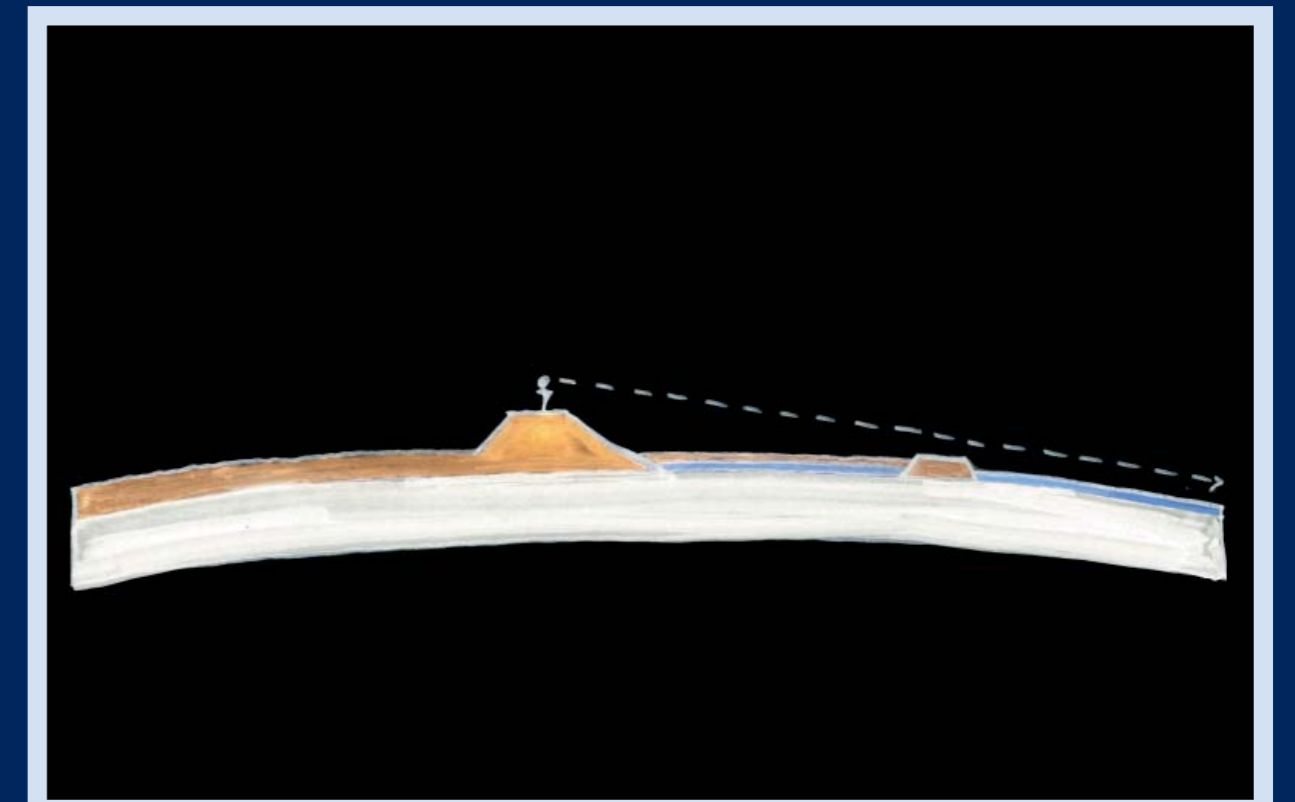
Visualisatie 1: Natuurvooroever



Overzicht



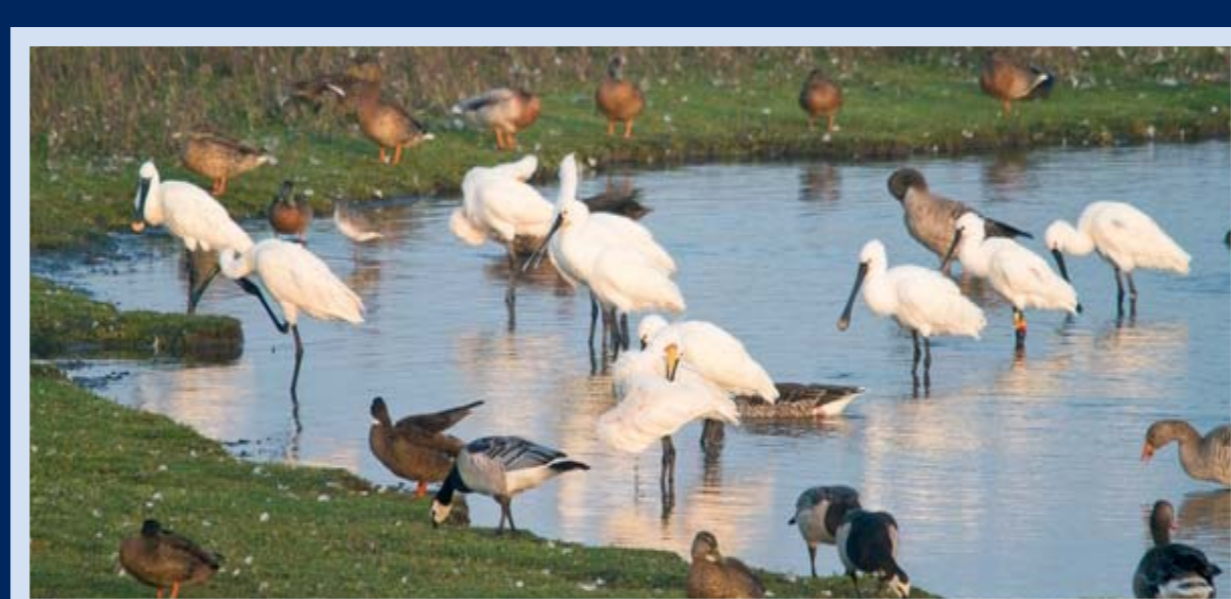
Visualisatie 2: Zicht vanaf zeedijk



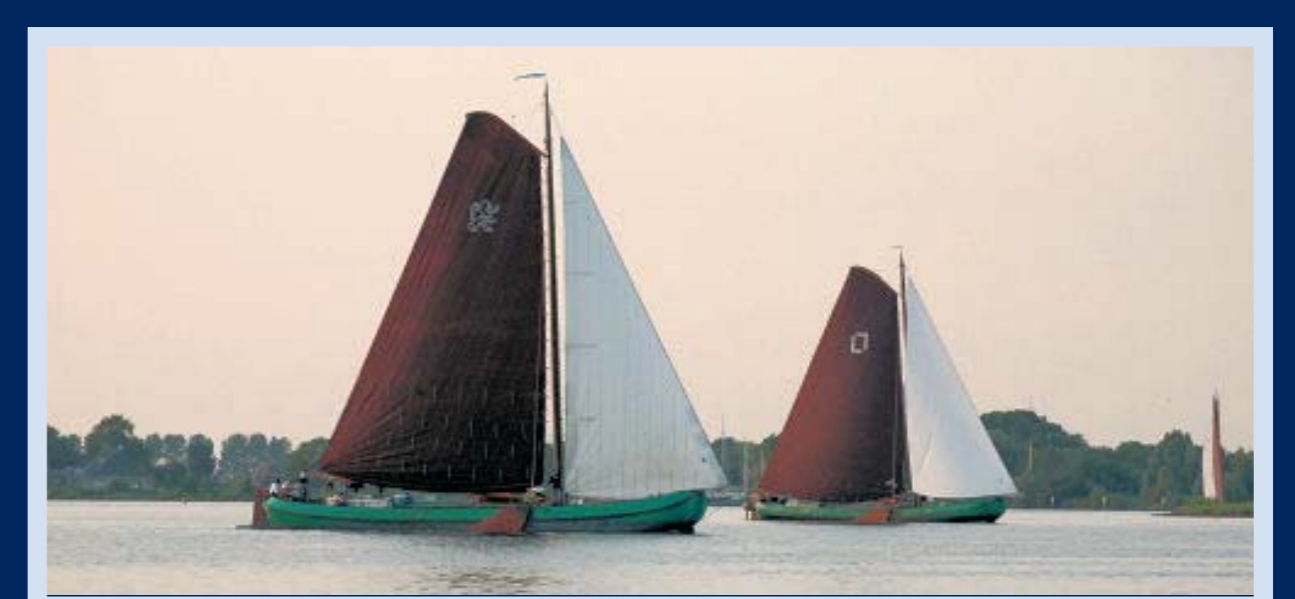
Principe profiel



Inspiratiebron: Peipsi Meer, Estland



Inspiratiebron: Vooroever Andijk



Inspiratiebron: Waterrecreatie

De Markermeerkust langs Noord-Holland kan omgevormd worden tot een ecologisch waardevol gebied met extensieve recreatie. De bestaande locaties met waterrecreatie of wateruitwisseling blijven vrij. Tussen die locaties wordt op ca. 1500 m afstand uit de kust een langgerekte zanddam aangelegd waarachter natuurontwikkeling en extensieve recreatieontwikkeling mogelijk wordt. De zanddam is via een verbindingsdam toegankelijk. Vlak voor de dijk komt een smalle strook met riet. De maatregelen maken de dijkversterking overbodig en leveren een grote bijdrage aan het ecologisch bestendig maken van het Markermeer. De zanddammen en de natuurontwikkeling blijven onder de horizon. Daarmee blijft de weidsheid van het Markermeer intact.

Noord-Hollandse Markermeerkust

Zanddam met eilandjes



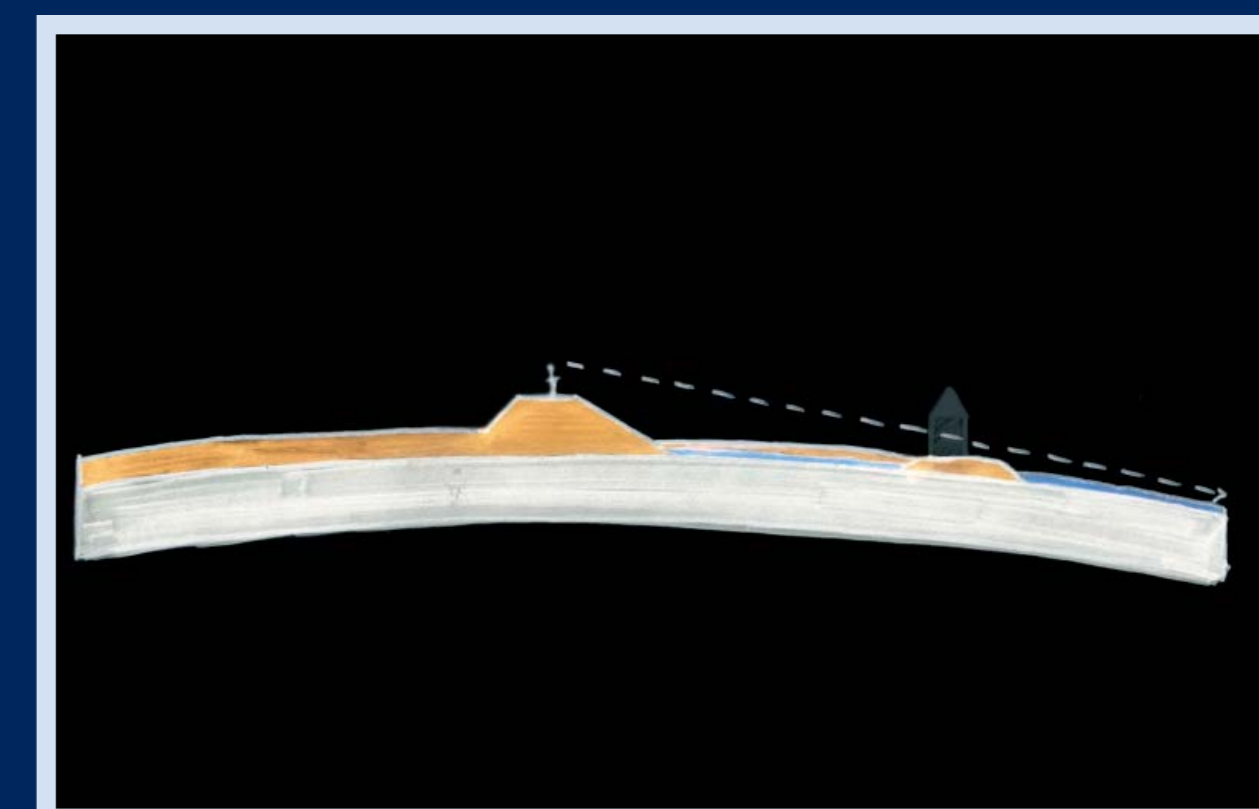
Visualisatie 1: Eiland



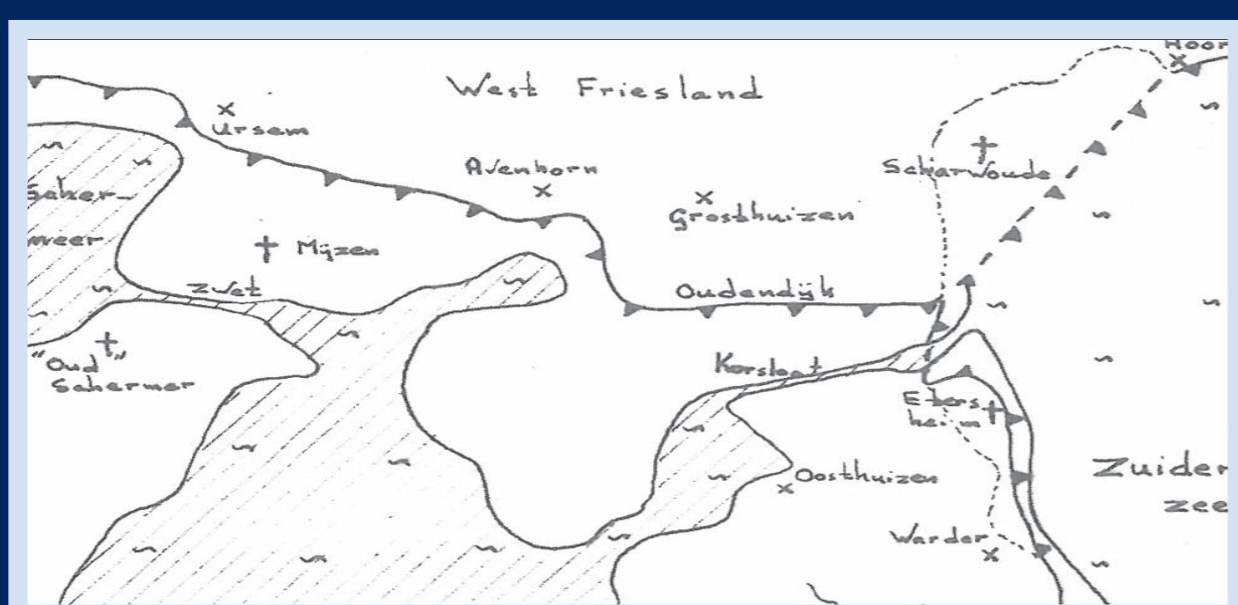
Overzicht



Visualisatie 2: Vogelvlucht



Principe profiel



Inspiratiebron: Historische Markermeerkust (1350)



Inspiratiebron: Vuurtoreneiland, Durgerdam



Inspiratiebron: Lagune, Réunion

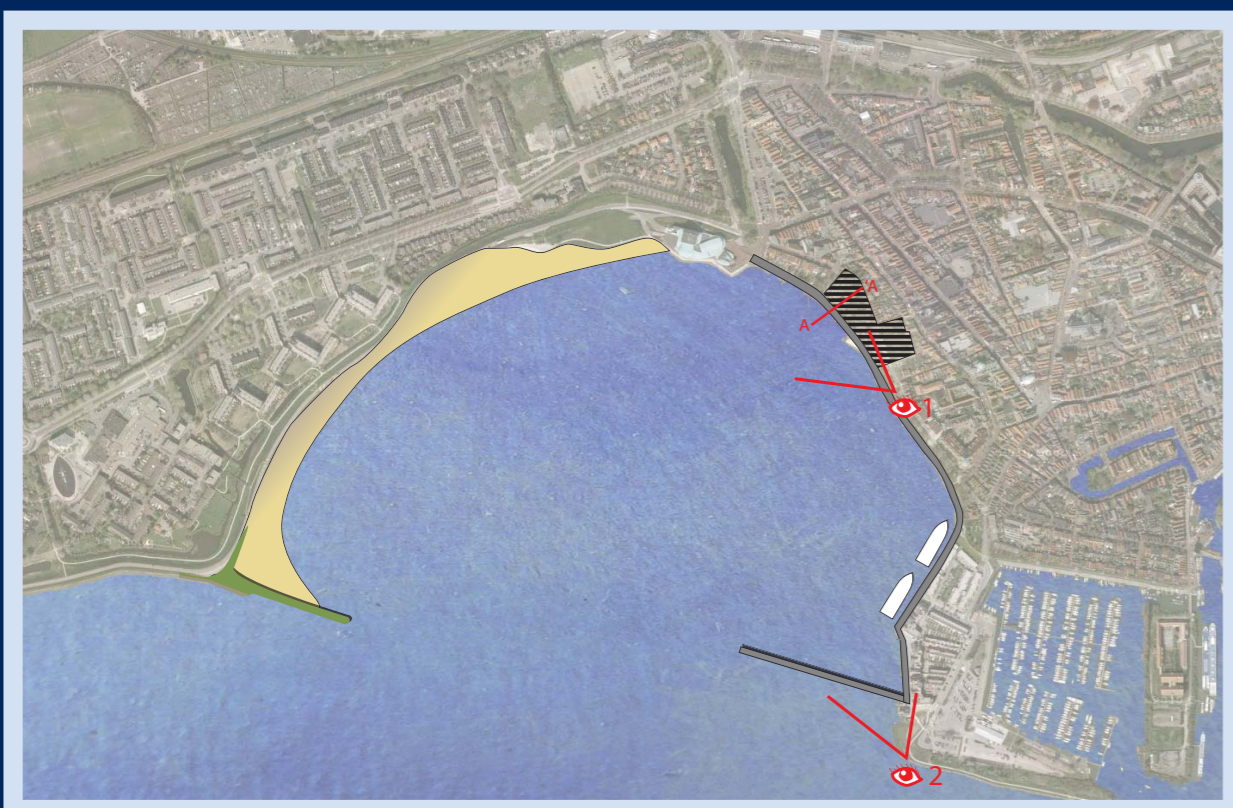
De Markermeerkust langs Noord-Holland kan omgevormd worden tot een ecologisch waardevol gebied met smalle recreatie eilandjes op ca. 1500 m uit de kust. De bestaande locaties met waterrecreatie of wateruitwisseling blijven vrij. Tussen de eilandjes liggen laaggelegen zanddammen. De eilandjes zijn met een ondiepe verbindingsdam verbonden met de kust. Vlak voor de dijk komt een smalle strook met riet. De maatregelen maken de dijkversterking overbodig en leveren een grote bijdrage aan het ecologisch bestendig maken van het Markermeer. De zanddammen met eventuele begroeiing blijven onder de horizon, de eilandjes steken er bovenuit. De eilandjes vormen daarmee een markant silhouet aan de horizon. Door de eilandjes smal te houden blijft de weidsheid van het Markermeer intact.

Hoornse Hop

Kadevariant



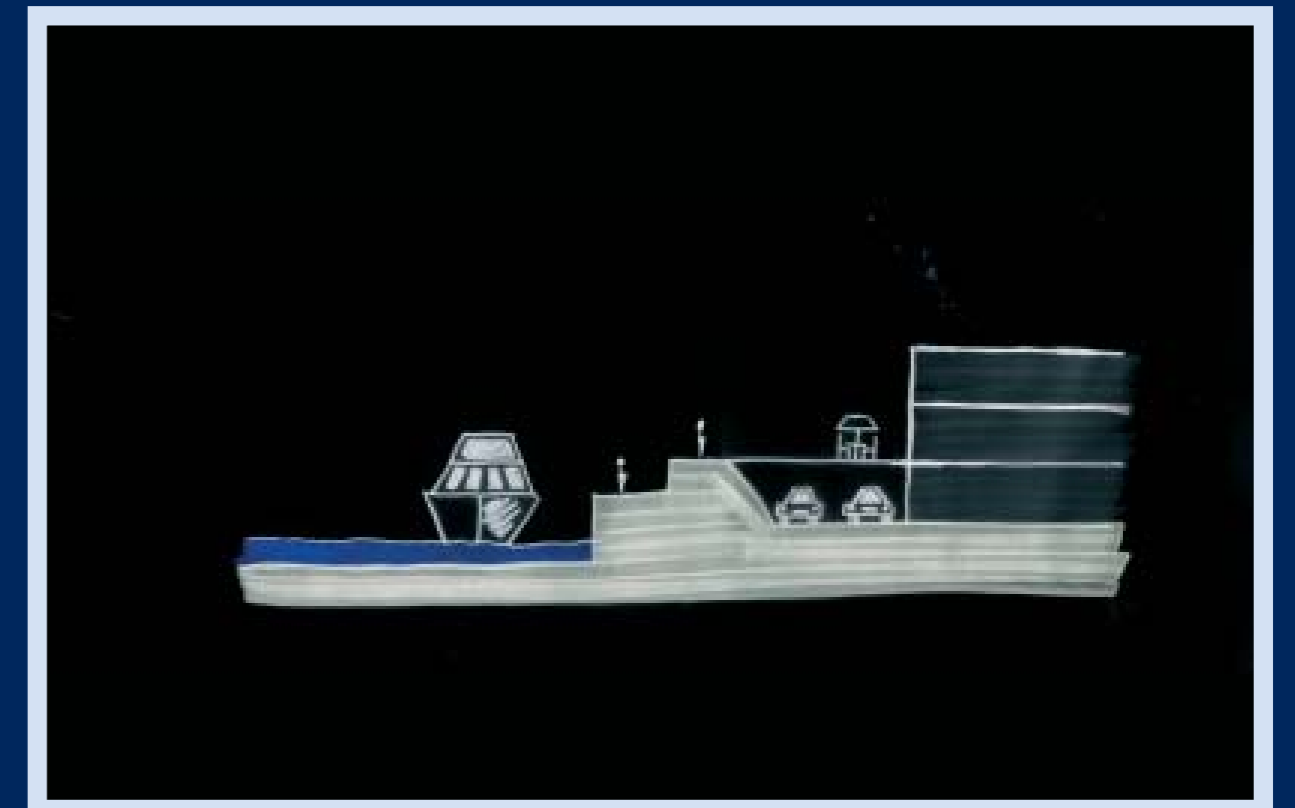
Visualisatie 1: Schouwburgkade



Overzicht



Visualisatie 2: Zicht op kade



Principe profiel A-'A



Inspiratiebron: Historische haven Hoorn (1723)



Inspiratiebron: Recreatie op het water



Inspiratiebron: Black Diamond, Kopenhagen

Het water tussen de Galgenbocht en het Visserseiland kan omgevormd worden tot een prachtige stadsbaai met strand langs de Grote Waal en boulevard annex kade langs de Binnenstad. De unieke baaivorm en de ligging op het zuiden zorgt voor een aantrekkelijk verblijfsgebied met regionale uitstraling, die de centrumfunctie van Hoorn versterkt.

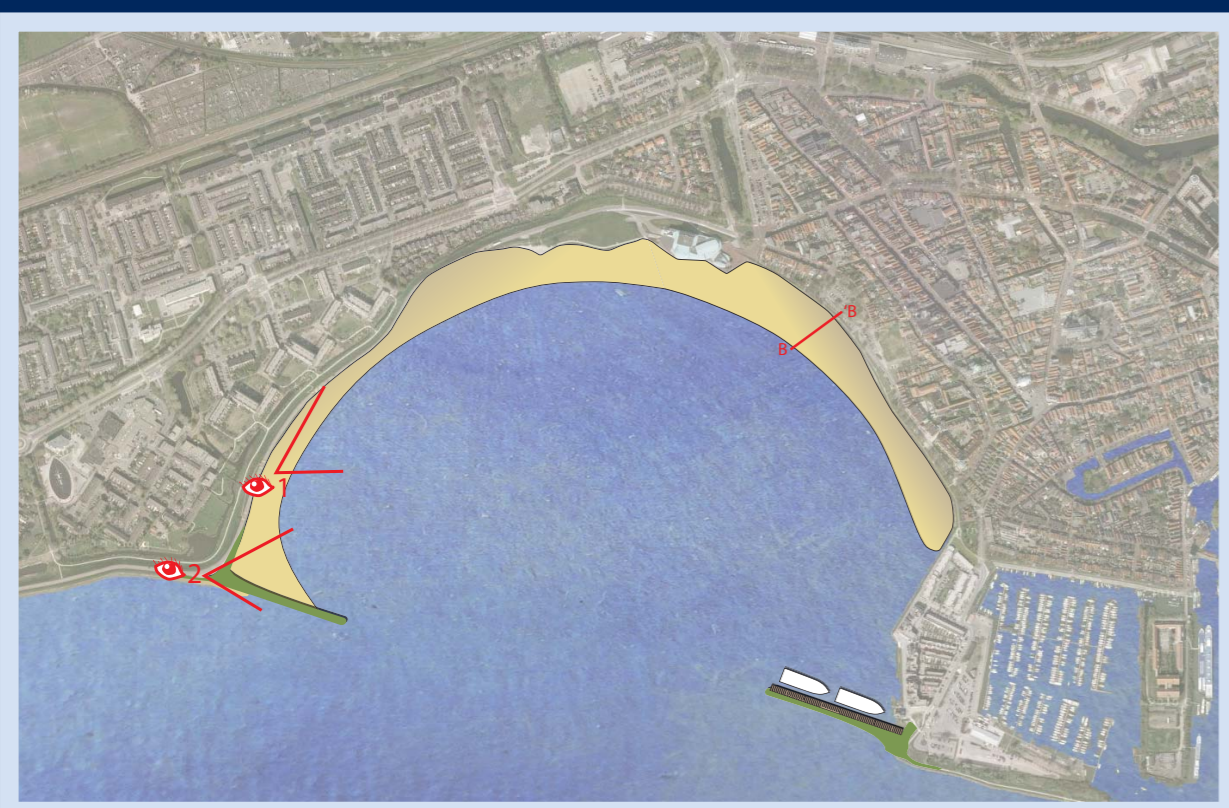
Het plan is een volwaardig alternatief voor het dijkversterkingsproject van HHNK. Bovendien draagt het bij aan het Natuurlijker Markermeer IJmeer project van het Rijk.

Hoornse Hop

Strandvariant



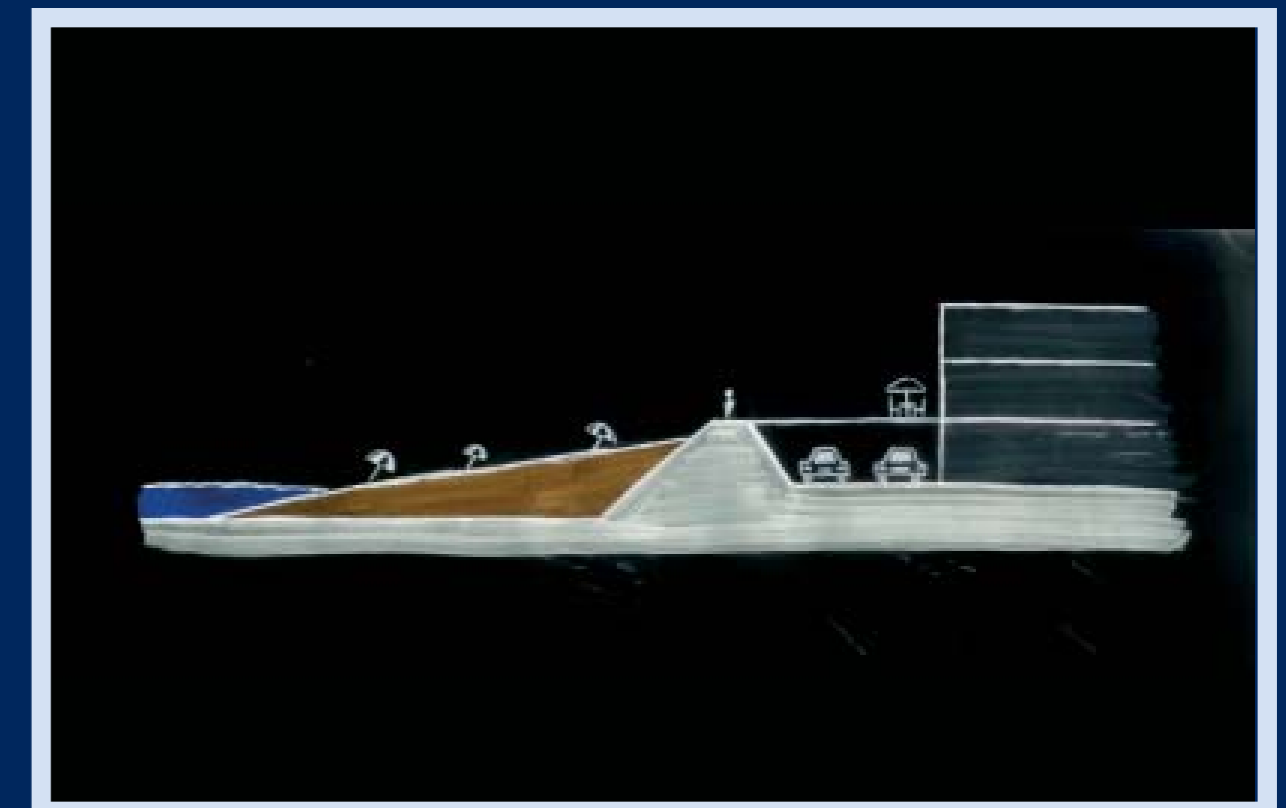
Visualisatie 1: Schouwburgstrand



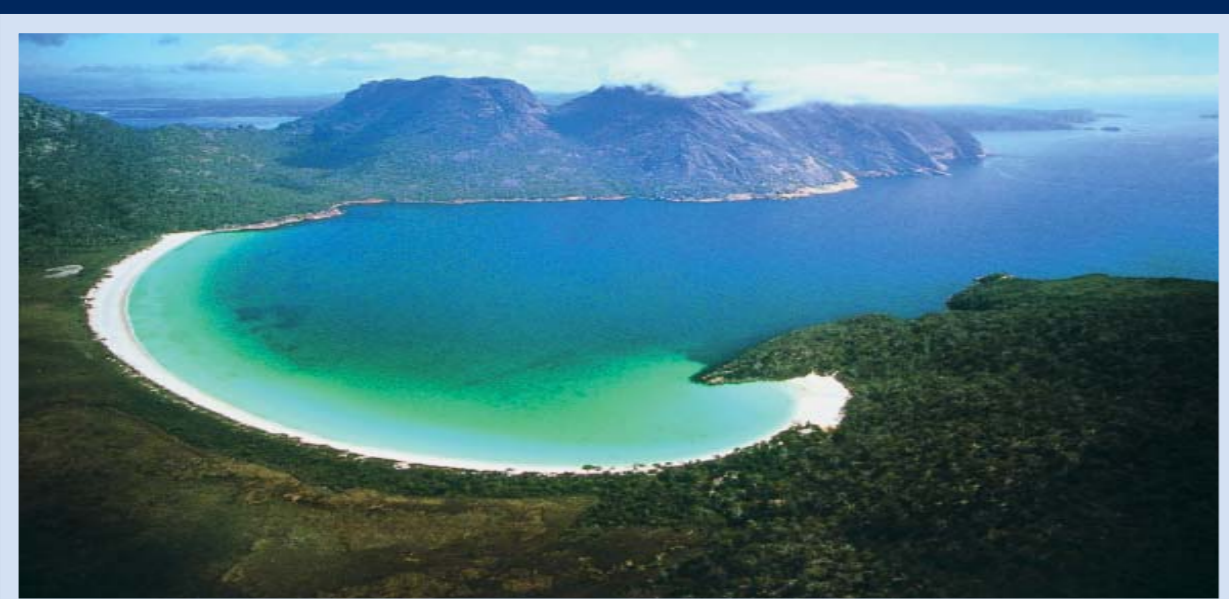
Overzicht



Visualisatie 2: Strekwal



Principe profiel B-'B



Inspiratiebron: Wineglass Bay, Australië



Inspiratiebron: Strandterras, Blijburg



Inspiratiebron: Recreatistrand, Lemmer

De halvemaanvormige waterkom tussen de Galgenbocht en het Visserseiland ligt klaar om te worden omgevormd tot een prachtige stadsbaai met strand. Een unieke situatie die zich kan gaan meten met de natuurlijke baaien Wineglass Bay in Australië en Gialova Beach in Griekenland.

Het plan is een volwaardig alternatief voor het dijkversterkingsproject van HHNK. Bovendien draagt het bij aan het Natuurlijker Markermeer IJmeer project van het Rijk.

Het plan maakt optimaal gebruik van de wind en golfkrachten. Het is daarmee een goed voorbeeld van natuurbouw. Het werk kan volledig vanaf het water worden uitgevoerd. Dat betekent dat de overlast van de uitvoering beperkt is.

www.grontmij.nl