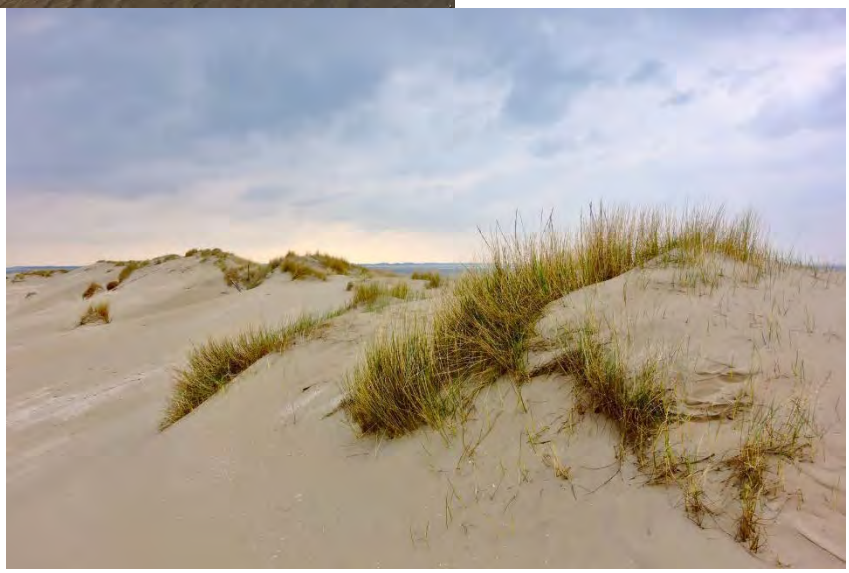
Building-with-Nature

Eindverslag



Leerlingen Stijn Brouwer, Pol Provoost en Jason Wang
Klas V5b en V5c
Vak O&O
Opdrachtgevers Jean-Paul Janse, Idco Duijnhouwer
Shared Concepts

Inleverdatum 17-06-2021

Technasium

Het Goese Lyceum Oranjeweg

SC SHARED CONCEPTS

Summary

For the second and last project of O&O in the fifth grade, we have chosen to do research on the possibilities of creating sandbanks off the coast of Zeeland as a first defence against the currents and waves of the sea. This project was assigned to us by Jean-Paul Janse (Shared Concepts) and was done under the supervision of Mr. Groot, our teacher on Pontes het Goese Lyceum. Conducting research into the possibilities of building or creating sandbanks in the 'Zeeuwse voordelta' is more important than ever before due to climate change and the rising sea levels that come with it.

The Netherlands has often been in the news in recent years due to the rising sea levels caused by climate change. The two main research questions of our project are:

1. Can the formation of the sandbanks be adjusted so that a foundation is formed for an artificial wall?
2. Can we then make sure that these sandbanks grow into robust islands?

We started this project with formulating the main research question and we also set up sub questions. After that we divided the research questions and started answering them by means of thorough research. To ensure that the client and expert agreed with the work delivered, several interim presentations were scheduled throughout the duration of the project. Then we started with the practical part of our research. This part mainly meant that we had to make a design for the new 'Zeeuwse voordelta'. This design had to be presented in a representative way. To design the sandbanks, we first looked up good images of the Netherlands and Zeeland. After this we were able to start the design process. With the knowledge we had gained from the literature study, we were able to make well-considered choices about where the sandbanks should be placed. These were then drawn on the map.

After the research was complete, we were able to answer the sub- and main questions. These answers showed that it is possible, for example, to use the old foundations of the many old sandbanks off the coast of Zeeland. We also now know that we can grow the sandbanks above the water into robust islands. The detailed answers can be found later in this report.

Voorwoord

Wij, Stijn Brouwer, Pol Provoost en Jason Wang, zijn vwo5-leerlingen van het Goese Lyceum. Bij het Technasium voeren we projecten uit voor opdrachtgevers. Deze projecten duren ongeveer een half schooljaar en dit verslag is het resultaat van het tweede project van ons vijfde schooljaar. Voor dit project was onze opdrachtgever dhr. Jean-Paul Janse van Shared Concepts.

Onze opdracht is om met behulp van onderzoek meerdere zandbanken te ontwerpen voor de bescherming van de Zeeuwse kustlijn. De aanleiding voor dit project is het verdwijnen van de originele zandplaten voor de kust van Zeeland.

Gedurende het project hebben we de taken zo eerlijk mogelijk verdeeld en ook rekening gehouden met ieders interesses en sterke kanten.

Wij zouden graag onze opdrachtgever dhr. Jean-Paul Janse willen bedanken voor de leuke en interessante opdracht. Ook willen we de expert voor dit project dhr. Idco Duijnhouwer en onze docenten de heer Groot en mevrouw Robyn bedanken voor hun goede begeleiding.

Inhoud

Building-with-Nature 0
Summary 1
Voorwoord 2
1. Inleiding 5
2. Onderzoeksvragen 6
Hoofdvragen 6
Deelvragen 6
3. Literatuuronderzoek 7
3.1 Kunstmatige eilanden 7
3.1.1 Geschiedenis van kunstmatige eilanden 7
3.1.2 Haveneilanden 8
3.1.3 Wooneilanden 8
3.1.4 ecologische eilanden 9
3.1.5 barrière eilanden 9
3.1.6 Aanleggen van een kunstmatig eiland 10
3.1.7 Kunstmatige eiland bescherming 11
3.2 Stabiliserende middelen 12
3.2.1 Japanse oester (Crassostrea gigas) 14
3.2.2 Platte oester (Ostrea edulis) 15
3.2.3 Salicornia (Zeekraal) 17
3.2.4 Zeewieren 19
3.3 Strandvorming 23
3.3.1 Strandvormen 23
3.3.2 Strand vorming en afbraak 25
3.4 De invloed van stroming op zandbanken 27
3.4.1 Stromingen rondom Zeeland 27
3.4.2 Getijstromen 33
3.5 Kan er gebruik gemaakt worden van de fundamenten van de oude zandbanken? 35
4. Product 38
4.1 Ontwerpkeuzes 38
4.2 Techniek achter de interactieve kaart 39
4.3 werking van de interactieve kaart 40
5. Methode en materialen 41

6. Conclusie....42
7. Discussie....44
8. Aanbevelingen....45
Nawoord....46
Bibliografie....47
Bijlagen - Bijlage 1 – Planning....0

1. Inleiding

Wij zijn studenten van Pontes Het Goese Lyceum. Doordat we een Technasium-opleiding op onze school volgen, is ons een project toegewezen door dhr. Jean-Paul Janse en Idco Duijnhouwer.

Voor de kust van Zeeland bevindt een bijzonder gebied. Vroeger bestond Zeeland uit veel, relatief kleine eilanden die door de jaren heen waren gevormd door de stromingen in het water. Toen besloot men om Zeeland uit te breiden en de eeuwenoude vorm hierbij dus te veranderen. De eilanden werden veranderd en hierbij veranderden de stromingen ook. De zandbanken die ooit Zeeland beschermden tegen de zeestromingen en hoge golven verdwenen langzaam maar zeker. Nu, in de 21ste eeuw, heeft Zeeland bijna al zijn zandbanken voor de kust verloren. Dankzij de techniek “building-with-nature” kunnen we deze restanten van de zandbanken heropbouwen tot de bescherming die Zeeland nodig heeft.

De aangroei van de momenteel bestaande kustwaleilanden gaat helaas nog niet op het gewenste tempo. Hier komt de bovenstaande techniek building-with-nature om de hoek kijken. Met deze techniek kunnen mens en natuur samenwerken om zo de zandbanken versneld te laten uitgroeien tot de beschermende kustwaleilanden voor de Zeeuwse kust. Building with Nature is een bouwtechniek die gebruik maakt van natuurlijke materialen en bouwmethoden. Deze bouwtechniek wordt voornamelijk toegepast bij projecten met water en ecosystemen, zodat diezelfde ecosystemen beter beschermd kunnen worden. In een tijd dat het klimaat verandert en daarbij zeespiegel stijgt wordt de situatie in Zeeland steeds risicovoller. De kustwaleilanden kunnen fungeren als een eerste bescherming voor de kust van Zeeland en zo haar inwoners beschermen tegen de zee.

Om deze reden heeft dhr. Jean-Paul Janse van Shared Concepts bij ons de opdracht neergelegd om onderzoek te doen naar de mogelijkheden betreffende het aanleggen van nieuwe zandplaten rondom de kust van Zeeland. Zowel de Hogeschool Rotterdam als de TU Delft nemen deel aan dit onderzoek van Shared Concepts.

In dit verslag vermelden wij de literatuurstudie die aansluit bij het project. Daarnaast kunt u hier de resultaten van dit project, de conclusie, de discussie en de aanbevelingen vinden. Dit verslag wordt afgesloten door het nawoord, een lijst met de gebruikte bronnen en de bijlagen.

De twee hoofdvragen van dit project luiden: " Kan de vorming van de zandbanken worden bijgestuurd zodat een fundament wordt gevormd voor een kustwal? Kunnen we vervolgens deze zandbanken boven water laten uitgroeien tot robuuste eilanden?” We hebben deze hoofdvraag onderverdeeld in meerdere deelvragen, die later in dit verslag behandeld zullen worden. De resultaten van het project zullen worden gepresenteerd in de vorm van een presentatie, een verslag en een ontwerp.

2. Onderzoeksvragen

Hoofdvragen

1. Kan de vorming van de zandbanken worden bijgestuurd zodat een fundament wordt gevormd voor een kustwal?
2. Kunnen we vervolgens deze zandbanken boven water laten uitgroeien tot robuuste eilanden?

Deelvragen

- Wat voor natuurlijk talud kunnen we dit zand het beste opspuiten, zodat golfenergie zo optimaal gedempt wordt?
- Wat zijn bestaande watersysteem stabiliserende middelen?
- Omdat in de voordelta het huidige watersysteem onstabiel is, zullen we waarschijnlijk extra stabiliserende middelen moeten inzetten op zwakke plekken; kunnen oesterriffen hiervoor een oplossing bieden? En dan bijvoorbeeld met de inheemse “bedreigde” platte oester?
- Hoe beïnvloed de stroming de vorming en afbraak van zandbanken?
- Kan er gebruik gemaakt worden van de fundamenten van de oude zandbanken?
- Welke bestaande technieken worden er gebruikt betreffende het behoud van kunstmatige zandplaten?

3. Literatuuronderzoek

Later in dit verslag zullen we met het onderzoek dat zich onder deze inleiding bevindt de beide hoofdvragen en de meerdere deelvragen beantwoorden. Voor dit onderzoek hebben we zo veel mogelijk wetenschappelijke bronnen gebruikt als ons werd toegelaten door de beschikbare reeds bestaande onderzoeken.

3.1 Kunstmatige eilanden

3.1.1 Geschiedenis van kunstmatige eilanden

Figuur 1: Azteekse drijvende stad (mexicolore, 2017)

Kunstmatige eilanden bestaan, tegenovergesteld aan het populaire beeld van moderniteit, al heel lang in veel delen van de wereld. Voorbeelden van oude beschavingen die eilanden maken zijn de oude Egyptenaren die land terugwonnen van de zee, of de Azteekse stad van een half miljoen mensen wat zich bevond op een meer steunend op meerdere kunstmatige eilanden. Deze eilanden hadden vaak als doel om gebruikt te kunnen worden voor huizing of landbouw (mexicolore, 2017).

Figuur 2: palm Island in Dubai (the guardian, n.d.)

Tegenwoordig worden er steeds vaker kunstmatige eilanden gemaakt, via verschillende manieren, iedere manier zijn voor- en nadelen hebbend. De verschillende eilanden kunnen veel soorten doelen hebben, van ondersteuning bieden voor bouwwerken zoals bruggen, tot een plaats bieden om luxueuze woning te bouwen zoals in Palm Island in Dubai. Het grootste kunstmatige eiland is de Flevopolder, met als doel om nieuwe landbouwgrond te creëren en nieuwe woningbouw grond (Butler, 2005).

3.1.2 Haveneilanden

Figuur 3: een haveneiland voor cruise- en vrachtschepen (types of artificial islands, 2018)

Haveneilanden hebben vaak meerdere doelen, de verwachte natuurlijk zijnde het afladen en opladen van schepen die door de have komen. Een ander doel van een haveneiland is vaak het huizen van industrie waar in de omgeving van het eiland geen logische plaats voor is of ver genoeg weg woonwijken. Deze eilanden worden vaak gebouwd in de buurt van een bestaande haven of op een plak waar de kustvorm niet praktisch is voor de bouw van een haven.

Een haveneiland zijn bouw is op basis van zijn functie. Als de functie is het ontladen van diepliggende zeeschepen zal het eiland liggen op een diepe plek in het water. Het eiland zal dan betonnen of stalen wanden hebben die recht of bijna recht naar de bodem gaan om ervoor te zorgen dat er genoeg ruimte is voor de schepen om bij de wal te kunnen.

Deze eilanden worden ook wel gebruikt om meer nut te halen uit rivieren door bijvoorbeeld een eiland in het midden van de rivier te leggen om meer havenruimte te creëren of om een plek te maken waar de stroming niet zo erg is als recht in de rivier. Dit zorgt ervoor dat er een rustigere plek wordt gemaakt waar schepen kunnen liggen zonder tegen de haven wand aangeslagen te worden en waar mensen en vracht makkelijk in en uitgeladen kunnen worden.

3.1.3 Wooneilanden

Figuur 4: een resort eiland (types of artificial islands, 2018)

Wooneilanden zijn eilanden die gemaakt zijn voor mensen om op te leven. Deze eilanden worden vaak aangelegd op locaties met een tropisch klimaat omdat het doel van deze eilanden vaak het huizen van resort of een rijk persoons vakantiewoning is.

Bij het aanleggen van deze eilanden wordt vaak zand opgespoten of gestort op een redelijk ondiepe plek in een meer of zee. Dit zorgt voor een klein talud wat helpt met het behouden van het zand.

Een reden dat zand gebruikt wordt bij het creëren van deze eilanden is omdat in tropische regio's er vaak locaties in de buurt van de plek waar het eiland gecreëerd wordt zijn waar er makkelijk zand verzameld kan worden voor een lage prijs. Dit maakt zo een project iets goedkopen en efficiënter aangezien er geen bouwmaterialen in grote schaal van ver afstanden komen.

Een andere reden dat zand gebruikt wordt voor de aanleg van resort/vakantie eilanden is omdat de aanwezigheid van zand hetzelfde is bij natuurlijke eilanden in deze regio's met vergelijkbare doelen. Dus om dezelfde ervaring te creëren als bij een echt eiland is het gebruik van zand erg belangrijk.

3.1.4 ecologische eilanden

Ecologische eilanden zijn eilanden waar het doel van is om natuur te beschermen die bedreigd wordt als dit eiland niet gecreëerd is of wordt. Deze eilanden worden vaak ook gemaakt om een effect wat mensen hebben gehad op een omgeving terug te draaien of om te verminderen.

Figuur 5: Heirisson Island in Australië (City of Perth, 2000)

Een voorbeeld van een eiland waarvan het nut is om natuur te beschermen/creëren is het Heirisson Island in de Swan River in west-Australië. Dit eiland is gecreëerd door een aantal kleinere bestaande eilanden met elkaar te verbinden zodat het midden van de eilanden volledig afgedamd van de rivier was en daarna de ruimte aan de binnenkant van de dam leeg te pompen en daarna op te vullen met grond en zand. Dit eiland is nu een beschermd natuurgebied en een park (City of Perth, 2000).

De manier waarop deze eilanden worden gemaakt verschild heel erg per geval, aangezien deze eilanden gemaakt worden op erg verschillende locaties gecreëerd zoals in rivieren, zoals in het genoemde voorbeeld, of midden in de zee om bijvoorbeeld een rustigere plaats te creëren met weinig stroming zodat bedreigde vissen een nieuwe habitat hebben. Daarom is er geen vaste manier waarop deze eilanden gemaakt worden. De riviereilanden worden bijvoorbeeld vaker gemaakt door ze in te polderen terwijl de zee eilanden vaker gemaakt worden door bijvoorbeeld rosten te storten op de gewenste locatie en daarna er zand overheen te spuiten om het eiland bewoonbaar te maken voor planten en landdieren.

3.1.5 barrière eilanden

Barrière eilanden zijn eilanden die als doel hebben de kust te beschermen tegen golven, erosie en in sommige gevallen tsunami's. Veel van deze eilanden zijn natuurlijk gevormde eilanden of als ze kunstmatig gevormd zijn, zijn ze vaak gebouwd op een bestaand fundament van een zandbank of ze zijn gemaakt door het te vergroten van een bestaand eiland. Deze eilanden worden ook wel zandbanken genoemd. (Allsop, 2002)

Figuur 6: een barrière eiland in Virginia, USA (White, 2020)

Deze eilanden bestaan al eeuwen lang en zijn erg nuttig in het beschermen van kusten, daarom vinden veel mensen het erg belangrijk om er voor te zorgen dat in het geval dat zo een eiland wegspoeld of zich verplaatst naar een plaats dat de kust veel minder goed beschermd wordt, om om het eiland of terug op te spuiten of in ieder geval ophogen om de kusten te beschermen.

Deze kunstmatige eilanden of kunstmatige zandbanken worden gemaakt door simpelweg zand op een een breede rand te spuiten doormiddel van een een spuitschip wat zand van ergens van de zeebodem verzameld en het daarna opspuit op de gewenste locatie (Allsop, 2002).

Figuur 7: een schip wat zand p een zandbank spuit om deze te verhogen (NH nieuws, 2019)

3.1.6 Aanleggen van een kunstmatig eiland

De constructie van een kunstmatig eiland is altijd vol moeilijkheden, en hoe verder het vasteland zich van het toekomstige eiland bevindt, hoe moeilijker het is. Bij het uitvoeren van bouwwerkzaamheden aan het wateroppervlak kan één fout onherstelbare schade toebrengen aan het milieu. Om deze reden is de selectie van de juiste constructieprocedures een cruciale taak. De regels van het werkproces in het door water omgeven gebied zijn altijd erg moeilijk.

Voordat met de basismanipulaties van de constructie wordt begonnen, wordt een grondige studie van de zeebodem uitgevoerd. Voor een effectieve uitvoering van het project moet er immers begrepen worden wat zich op de bodem van de oceaan bevindt en waar de beste locatie voor het toekomstige kunstmatige eiland kan worden gevonden. Op basis van het uitgevoerde onderzoek wordt er dan een locatie gekozen waar het eiland kan voldoen aan het gewenste doel.

Zodra de locatie bevestigd is wordt er een golfbreker aangelegd. Deze bestaat uit een rock formatie of een omheining van metalen pijpen. Deze bescherming is nodig voor een veilige aanleg van de schepen die nodige bouwmaterialen brengen en om het eiland te beschermen de kracht van de stroming en de golven want als er geen bescherming aangelegd wordt zou het eiland langzaam wegspoelen.

Figuur 8: een stenen omheining (roensalvage.co, ND)

Zodra de omheining ergens bovenwater komt wordt er gebruik gemaakt van zware machines om de omheining af te ronden. Een vergelijkbaar bouwproces is later in de constructie van een stenen helling wat rond de hele omheining gaat liggen om een groot deel van de golfenergie te absorberen en daardoor dient als een dubbelle bescherming tegen de zee. Deze meerdere lagen van bescherming zorgen ervoor dat een kunstmatig eiland langer bestaat en er minder invloed is van de zee en de zeegolven op het eiland zelf. (types of artificial islands, 2018)

Na het maken van de omheining die het eiland en de schepen beschermt, wordt het zand opgespoten. Dit zand is vaak van een andere locatie in de buurt van de bodem gehaald. Dit zand wordt dan door special schepen op de gewenste locatie gespoten op en rond het eiland, vaak om een talud te creëren wat ervoor zorgt dat veel van de golfenergie wordt geabsorbeerd.

Figuur 10: het opspuiten van een kunstmatig eiland. (namita, 2016)

Nadat dat het zand is opgespoten wordt er vaak gebruikt gemaakt van een proces wat “vibro-compaction” wordt genoemd. Bij dit proces wordt er een paal in de grond geduwd op een plek waar verwacht wordt dat het zand nog niet stevig op de grond ligt of niet goed zal blijven liggen. Als deze paal de grond in is geduwd tot de gewenste diepte, kan deze gaan vibreren wat ervoor zorgt dat het zand veel beter in elkaar zakt wat het steviger laat liggen en he moeilijker maakt om weg te spoelen.

Figuur 9: Vibro-compaction in actie (Paul, 2016)

Als dit allemaal is gedaan is het eiland fundament af, en kunnen de gebouwen, infrastructuur en constructies die nodig zijn voor het doel van het eiland gebouwd worden.

3.1.7 Kunstmatige eiland bescherming

Kunstmatig aangelegde eilanden hebben vaak het probleem dat ze of deels of volledig in de stroming liggen en kunnen daarom niet enkel bestaan uit bijvoorbeeld opgespoten zand, maar hebben ze stabiliserende middelen nodig. Dit kunnen dingen zijn zoals bijvoorbeeld oesterriffen of steenkooien maar dit kunnen ook grote beton of steen blokken zijn. Naast deze verstevigingen van het eiland zelf zijn er ook andere middelen die het wegspoelen van een eiland verminderen of helemaal voorkomen.

Een voorbeeld van zo een middel is bijvoorbeeld het van een door verstevigde middelen verstevigde helling die ervoor zorgt dat de golven of afwijken van het eiland of dat een deel van de golfenergie geleidelijk wordt geabsorbeerd over een groter oppervlak en daarom minder schade aanricht over langere tijden. Soms is het zelf mogelijk om een talud in een vorm aan te leggen die ervoor zorgt dat er zand over een tijd bijkomt op het eiland.

3.2 Stabiliserende middelen

Kusten zijn erg dynamisch en veranderen door verschillende factoren zoals de wind, zeestromingen en stormen. Sommige kusten zijn vatbaarder voor die factoren. Om te zorgen dat die kusten grotendeels hetzelfde blijven moet er iets zijn die bepaalde of alle factoren vermindert. Huidige stabiliserende middelen zijn gebaseerd op het idee dat je in dit geval het zand niet blootstelt aan die invloeden. Dit kan doormiddel van absorberen van golfenergie. De golven slaan dan op bijvoorbeeld betonnen tetrapods in plaats van zand. Tetrapods zijn betonnen elementen die in kustwaterbouw gebruikt worden ter bescherming van golfbrekers en oevers tegen golfslag. Tetrapods zijn gemaakt van beton en gebruiken een tetraëdrische vorm om de energie van de golven te dissiperen. De Tetrapods haken in elkaar. Ook worden er golven gereflecteerd. Hierdoor wordt er weinig tot geen zand weggeslagen.

Figuur 11: Betonnen Tetrapods (Betonnen golfbrekerelementen, 2018)

Figuur 121: Een tetraeder ook wel viervlak (KoenB, 2008)

De wereld moet verduurzamen en dus mag kustbescherming niet meer alleen bestaan uit beton, staal en dijken. Er moet meer rekening gehouden worden met de natuur. Gelukkig heeft de natuur vele oplossingen voor onze problemen zoals duinen. Door bepaalde grassen worden er duinen gevormd die ons beschermen tegen hoog water. Hiervoor is er significant minder onderhoud en aandacht nodig dan een serie dijken en waterkeringen. Een bijkomstige voordeel is dat de duinen ook dienen als leefomgeving voor vele dieren. In de duinen leven veel en gevarieerde dieren zoals vossen, konijnen, reeën, vlinders, rupsen en zandhagedissen. Terwijl op de dijken nauwelijks dieren leven. Op de dijken zijn dieren ook niet gewenst, omdat die mogelijk de dijken beschadigen en voor extra prijzige onderhoud zorgen. (PWN, sd)

Een voor de hand liggende stabiliserende middel is oesters, omdat oesters bestaan uit twee harde schelpen en kunnen tegen een flinke stoot. Om een oester kapot te staan moet er meestal met de oester hard en vaak tegen een ander hard object geslagen worden. Dit kan een steen zijn of een andere oester. Hierdoor zijn ze geschikt als een vaste barrière tegen

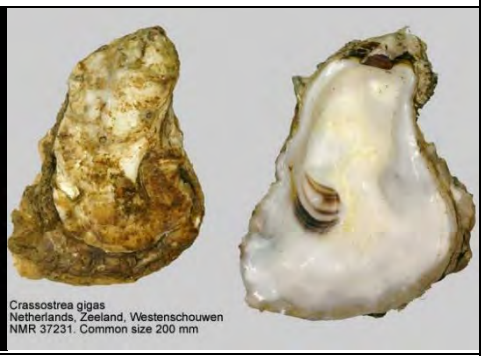
Figuur 13: Oesterriffen die oevers beschermen (Verburg, 2019)

golven. Ze zorgen dat er minder zand weggeslagen en weggespoeld wordt. Tussen de oesters kunnen meer dieren leven zoals krabben. De oesters prefereren een harde substraat, waardoor ze niet overal voor kunnen komen en blijven liggen. Om toch gebruik te kunnen maken van oesters kan ervoor gekozen worden om de oesters in een soort kooi te doen die makkelijker te verankeren en te verplaatsen is.

Figuur 14: Haring achtervolgt door Schelvis en Kabeljauw boven een veld van Vingerwier (Zeewier langs de kust, sd)

Om een iets natuurlijkere ogende bescherming te creëren kan er gekozen worden om zeewier te gebruiken. Deze houden de bodem bij elkaar en bij een sterke stroming worden ze tegen de bodem aangedrukt. Zo vormen ze een soort deken over de bodem heen in groot genoeg aantallen. Zeewierwouden zijn rijk aan zeedieren. Voor veel soorten vissen zijn zeewierwouden broedkamers en schuilplaatsen. Het zijn een soort van oases waar er veel leven is. Helaas is de visserij een grote bedreiging voor deze wouden. De vissersnetten beschadigen de wouden en vangen kabeljauw weg. Dit zorgt ervoor dat de zee-egel opkomt. Zee-egels eten graag zeewier en zouden deze wouden ook ernstige schade toedoen als er geen of minder kabeljauw in zee zwemt. Normaal gesproken zou de kabeljauw populatie toenemen door een toename aan voedsel, maar de mens blijft doorvangen en de populatie neemt als gevolg niet of nauwelijks toe. Dit zorgt dat populaties van Bruinvissen minder voedsel hebben. De vangst van grotere kabeljauw doet de paaipopulaties afnemen, dus ook jonge kabeljauw waar de bruinvis zich op voed. Meer zeewierwouden zorgen voor meer dieren in de zee.

3.2.1 Japanse oester (Crassostrea gigas)

Crassostra gigas, Magallana gigas, Crassostrea angulata	**Japanse oester, creuse**
Beschrijving	De Japanse oester heeft een langwerpige schelp. Het heeft ongelijke grijze, geelbruine of paarsroze kleppen: de ene is bol en de ander plat. De platte klep is bedekt met lamellen en de bolle kant heeft onregelmatige, geschubde ribben. De binnenkant van de schelp is wit, met één kommavormig spierindruksel. De soort kan in Nederland maximaal 30 cm lang worden. De oester prefereert een harde substraat waar het zich kan hechten aan stenen, puin en schelpen. Ze kunnen ook gevonden worden op modder en zanderig modder gronden.
Kenmerken	**Afmetingen:** 150 x 230 mm. **Schelpvorm:** Zeer Stevige, variabel gevormde schelp. Langwerpig-ovaal. De linkerklep is boller dan de rechter. **Schelpkleur:** Geelbruin tot paarsroze, met lila vlekken en strepen. Het kommavormige spierindruksel aan de binnenkant is lila of bruin. **Sculptuur:** Beide kleppen hebben een schilferige sculptuur. Op de bolle klep staan onregelmatige, geschubde ribben. De platte klep is bedekt met schilverige lamellen.
Foto's	
Vestigingsstatus	Gevestigd (2b)
Jaar eerste melding NL	1928 (Oosterschelde)
Zeldzaamheid	Zeer algemeen
Verspreiding	Oorspronkelijke habitat: Noordelijke Stille Oceaan Verspreiding: Zuid-Afrika, Marokko, Chili, Argentinië, Mexico, Noord-Amerika, Canada, Europa, China, Japan, Korea, Australië, Nieuw-Zeeland De oester hecht zich aan hard substraat in plaats van zichzelf in te graven. Voor voortplanting zijn temperaturen nodig van minimaal 15°C.
Hoe hier gekomen?	Intentioneel uitzetten
Gevolgen	Het is in de Nederlandse kustwateren één van de meest dominante soorten. Het is een sterke concurrent voor plek en voedsel. De oester overgroeit mosselbedden en andere schelpdierkweekpercelen en eet de larven van

	mossels en kokkels. De Japanse oester filtert de larven van de inheemse soorten weg en verdringt de inheemse soorten. De inheemse platte oesters en kokkels nemen af en daarmee verdwijnt ook de voedselbron van verschillende kust- en wadvogels, zoals de scholekster. De creatie van nieuwe oesterbanken zorgt voor structuren, waarop de inheemse soorten zich ook vestigen en ze gebruiken het als schuilplek. De oesters zorgen voor een verandering van zacht substraat naar hard substraat. De soort heeft een economische impact. De Japanse oester wordt geteeld en heeft hierdoor een positieve economische impact. De oesters hebben een negatieve invloed op de recreatieve functie van de Oosterschelde. De oesters kunnen door de scherpe schelpen diepe wonden veroorzaken.
Predatie	Filtervoeder, larven van andere schelpdieren
Bruikbaarheid	De Japanse oester is een oester die het uitstekend kan vinden in Zeeland. Het groeit er snel en kan makkelijk voortplanten. Helaas met als gevolg dat inheemse soorten onderdrukt worden. De larven van andere schelpdieren worden door de oester opgegeten. Hierdoor gaan de populaties van andere schelpdieren omlaag en worden ze bedreigd of sterven ze in extreme gevallen uit.

(Nederlands Soortenregister, sd), (VLIZ Alien Species Consortium, sd), (Nauticlink, 2011), (Trausel & Slieker, 2013), (New Zealand Mollusca, sd), (Fisheries and Aquaculture Department United Nations, sd).

3.2.2 Platte oester (Ostrea edulis)

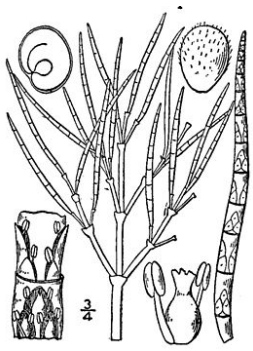
Ostrea edulis, platte Zeeuwse, European flat oyster,	**Zeeuwse oester**
Beschrijving	De gewone oester, ofwel de platte Zeeuwse, is bijna rond tot peervormig. Jonge oesters zijn ronder dan oudere, dus hoe jonger, hoe ronder. Hij wordt vaak tot 10 cm lang en kan in enkele gevallen 15 cm. De kleur is wit grijs met blauwgrijze of bruingrijze banden. Over het algemeen lijken ze blauwgrijs. Het oppervlak is ruw en geschubd. De oester prefereert een harde substraat waar het zich kan hechten aan stenen, puin en schelpen. Ze kunnen ook gevonden worden op modder en zanderig modder gronden.
Kenmerken	**Afmetingen:** 220 x 220 mm. Meestal een stuk kleiner. **Schelpkleur:** Grijswit tot bruinpaars met onregelmatige vlekken. De binnenkant is glanzend wit. Strandmateriaal is vaak sterk verkleurd.

	Schelpvorm: Zeer Stevige, variabel gevormde schelp. Van rond tot peer- of hoefijzervormig. De linkerklep is boller dan de rechter. **Sculptuur:** Beide kleppen hebben een sterk schilferige sculptuur, waarbij de bolle klep vaak ook een soort golvende ribben vertoont.
Foto's	
Vestigingsstatus	Inheemse soort
Zeldzaamheid	Bedreigd
Verspreiding	Noorwegen tot Marokko, Middellandse Zee en de Zwarte Zee. Vroeger kwamen in de Noordelijke delen van de Zuiderzee, de Waddenzee en Noordzee.
Gevolgen	Door de aanleg van de afsluitdijk stierven de natuurlijke oesterbanken snel af. In de jaren 60 is de Waddenzeepopulatie verdwenen (overbevissing en de strenge winter van 1963). In de jaren 70 bracht de ziekte 'bonamiasis' opnieuw ernstige sterfte teweeg (Zeeland). Vroeger kwamen ook in dieper water in de Noordzee omvangrijke 'wilde' oesterbanken voor. Met name in het offshore-gebied ten noordwesten van de Waddeneilanden (Oestergronden) werden regelmatig enorme levende exemplaren van tientallen jaren oude Oesters opgevist. Deze wilde banken zijn echter in het begin van de 20e eeuw vrijwel geheel verdwenen. Met het verdwijnen en wegvangen van verreweg het grootste deel van de tientallenjaren oude reuzenoesters in ons Noordzeegebied, verdwenen ook de belangrijkste producenten van oesterlarven; één grote Oester produceert 5-10 keer zoveel larven als een gemiddelde kleinere consumptieoester. Tegenwoordig komt de Oester vrijwel alleen nog voor in Zeeland, met name in het Grevelingenmeer. (commerciële kweek, in afnemende mate). De platte oester is langzaam zijn opmars weer begonnen. De plekken met de oester zijn nog heel dunbevolkt.
Predatie	Filtervoeder, plankton
Bruikbaarheid	De platte oester is een goede kandidaat voor in oesterkooien, omdat oester van nature de bodem

	beschermen in grotere aantallen. Ook is de oester bedreigd en een project om de populaties te vergroten is een goede zaak.

(Soortenbank, sd), (Stichting Annemoon, 2014), (Food and Agriculture Organization of the United Nations, sd), (Rijkewaddenzee, 2018)

3.2.3 Salicornia (Zeekraal)

Salicornia, Salicornia europaea	**Zeekraal, Kortarige zeekraal**
Beschrijving	Zeekraal of kortarige zeekraal, is een eenjarig kruid dat langs de kusten en zoutbronnen groeit. Het is een plant zonder bladeren, de stengels zijn vertakt op de manier van een kandelaar met in het midden de hoogste kaars. Onaanzienlijke groene bloemen komen in augustus/september. Op de schorren in de Zeeuwse delta en op het wad bij de Waddeneilanden tref je Zeekraal aan. De soort valt op door zijn glazig en vlezig eruitziende uiterlijk en gedrongen bouw. De planten worden niet hoog en lijken uit kleine stukjes, de kralen, samengesteld. Kortarige zeekraal, een van de twee soorten die tegenwoordig onderscheiden worden, heeft drie bloemen bij elkaar zitten, waarvan de middelste bloem de grootste is. Deze bloemen staan links en rechts van de leden, waaruit de schijnaar die hooguit 4 cm lang is, bestaat. In het najaar kleuren de planten helderrood tot paars.
Kenmerken	Helmhokjes 0,25-0,55 mm lang. Zijtakken afstaand. Bloemdragende leden in 0,5-3,5 cm lange schijnaren verenigd. Perigoniumdekseltjes bij rijpheid van de zaden gemakkelijk loslatend, waardoor de zaden uitgestrooid worden. Zaden sterk behaard, 0,6-1,4 mm lang. Stengel meestal vertakt, rechtopstaand, opstijgend of liggend. Plant in de nazomer vaak helderrood tot donkerpaars verkleurend.
Foto's	
Vestigingsstatus	Inheemse soort

Zeldzaamheid	Algemeen
Verspreiding	In Nederland algemeen langs de kust in Zeeland en het Waddengebied.
Gevolgen	Zeekraal wordt als groente gegeten, vroeger ingelegd in azijn als winterkost en gewaardeerd als een goed middel tegen scheurbuik.
Bruikbaarheid	Zeekraal is mogelijk bruikbaar voor kustbescherming in bepaalde gevallen. Zeekraal is relatief duur vergeleken met andere groentes die te koop zijn. Dus er is een kans dat mensen het gaan plukken als er in een gebied veel planten staan. In dit onderzoek is er niet verder gegaan op zeekraal vanwege mogelijk betere hulpmiddelen.

(Dijkstra, 2001), (Verspreidingsatlas, sd), (volkoomen, sd), (Soortenbank, sd), (Flora van Nederland, sd)

3.2.4 Zeewieren

Zeewier is een verzamelnaam van een aantal groepen algen die in de zee of in brak water leven. Er wordt dan voornamelijk gedoeld op meercellige, relatief grote (macroscopische) algen of wieren die aan de bodem, of ander substraat onder en boven water, gehecht zijn. Zeewieren worden gecategoriseerd in groenwieren (Chlorophyta), de roodwieren (Rhodophyta) en de bruinwieren (Phaeophyta).

Figuur 15: Tekening van zeesla een groenwier (Zeewier langs de kust, sd)

Veel soorten zeewier zoals kelp vormen een essentieel habitat voor verschillende zeedieren en zijn daarmee een bescherming voor menselijke voedselbronnen. Ander soorten, zoals zeewieren die fytoplankton herbergen, spelen een cruciale rol bij het vastleggen van koolstof en produceren een belangrijk aandeel van de zuurstof op aarde.

Zeewieren zijn afhankelijk van zout water of ten minste brak water, voldoende licht en een voldoende stevig substraat (ondergrond) om aan vast te hechten. Zeewier komt vaak voor bij rotskusten. Op zijn diepst leven zeewieren in Nederland op enkele meters. Het water is op meer dan enkele meters diep zo troebel dat er niet genoeg zonlicht door gelaten wordt. Onder gunstige omstandigheden kan zeewier tot 60 meter lang worden en groeit dan ook op veel grotere diepte. Kelp (een verzamelnaam voor meerdere soorten bruinwier) vormt samen met enkele andere soorten kelpwouden.

Figuur 16: Enkele lange stukken kelp (Plumer, 2018)

Zeewier in de noordzee

Zeewier vormt met name rondom de Waddeneilanden onderwater grote wouden, welke rijk zijn aan leven. Het Vingerwier vormt de basis van de Kelpwouden in de Noordzee. Kelp is verankerd met een houvast aan de losse zandige zeebodem. Tijdens stormen kan het vingerwier loskomen van de ondergrond en zich weer verder vestigen. Of aanspoelen op het strand. Visserij is een bedreiging voor deze wouden, de netten beschadigen het kelpwoud, de Kabeljauw wordt weggevangen. Het wegvangen van Kabeljauw door de visserij laat het aantal zee-egels toenemen , welke zich aan het zeewier tegoed doen. Kelpwouden zijn de broedkamers voor veel soorten vis, en het verdwijnen ervan in de Noordzee is een van de redenen van de afname van de vis in de Noordzee, kelpwouden zijn oases in de Noordzee, waar kwetsbare soorten een schuilplaats vinden.

Vingerwier (Laminaria digitata)

Gemeenschappelijke naam: Vingerwier

Beschrijving: Donkerbruin, tot 2 m lang; met een klauwachtige houvast, een gladde, flexibele steel, en een gelamineerd blad tot 1,5 m lang opgesplitst in vingerachtige segmenten.

Figuur 17: Vingerwier in de Atlantische Oceaan (Offermans, 2007)

Kenmerken: De steel is ovaal in dwarsdoorsnede, en breekt niet gemakkelijk wanneer gebogen; in Laminaria hyperborea zijn de planten lichter van kleur, de steel is over het algemeen langer, dikker, cirkelvormig in dwarsdoorsnede, en breekt gemakkelijk wanneer gebogen.

Habitat: veel voorkomend in het lagere intergetijdengebied en op rotsen. Kan uitgestrekte weiden vormen bij laag water. Onderwater zijn de planten meer goudkleurig in zonlicht.

Vingerwier komt voor in de Noordzee waar het deel uitmaakt van verschillende kelpwouden. Hierdoor is het bruikbaar voor het stabiliseren van de kust, omdat het een inheemse soort is. (Michael, 2014)

Zeesla (Ulva lactuca)
Gemeenschappelijke naam: Zeesla

Figuur 18: Zeesla (Peters, 2006)

Beschrijving: Deze zeer bekende wiersoort heeft bladeren van soms wel 1 meter in doorsnede. Ze zijn plat en dun, maar wel stevig, twee cellagen dik. Het gladde blad kan rond zijn of onregelmatig van vorm en kan allerlei lobben hebben. De kleur is bleekgroen tot donkergroen. Na het vrijkomen van de voortplantingscellen kunnen de bladranden wit worden. Meestal zit het jonge plantje op 1 punt vast op een schelp of steen en als hij groter wordt, wordt hij door de stroming meegenomen. Vrij in het water zwevend kan hij gewoon verder groeien en behoorlijke lappen vormen. Dat leidt soms tot grote concentraties zeesla op bepaalde plaatsen. Als die aanspoelen en gaan rotten kan dat een aardige stank veroorzaken.

Habitat: Deze zeer algemene soort komt voort in het intergetijdengebied, maar kan ook dieper goed overleven. Heeft wel veel licht nodig om door te kunnen groeien. Kan goed tegen lagere zoutgehaltes. Vrij in het water zwevend of vastgehecht op rotsen, stenen of schelpen, of ook wel hout. Wordt veel aangetroffen op plaatsen waar de omstandigheden enigszins ruw zijn.

Zeesla komt veel voor aan de kusten van de Noordzee. Hierdoor is het bruikbaar voor het stabiliseren van de kust, omdat het een inheemse soort is. Dit is geschikt voor om te zorgen dat er meerdere soorten in de kelpwouden komen en de biodiversiteit bevordert. (soortenbank, sd)

Blaaswier (Fucus vesiculosus L.)
Gemeenschappelijke naam:
Blaasjeswier, blaaswier

Figuur 19: Blaaswier (Hillerwaert, 2011)

Beschrijving: Dit is de meest talrijke soort van het Fucus -geslacht en een grote: hij wordt tot 50 cm lang. Tamelijk regelmatig dichotoom vertakt. De bladeren zijn ca. 2 cm breed en ontspringen aan een soort steel die met een hechtschijf op de ondergrond vast zit. Karakteristiek zijn de stevige drijfblazen die over de bladeren verspreid aanwezig zijn. Daaraan ontleent de soort zijn naam en daarmee houdt de plant zichzelf rechtop als hij onder water staat. De bladeren

hebben een middennerf. Er zijn mannelijke en vrouwelijke planten. Bij beide zitten de voortplantingsorganen op de toppen van de bladeren; ze zijn sterk opgezwollen en korrelig van structuur, lichter groen tot geel gekleurd en meestal aan de top van de bladeren gevorkt.

Habitat: Ongeveer in het midden van het intergetijdengebied vormt deze soort een aparte band op rotsen en stenen, net onder die van Fucus spiralis ook wel zee-eik genoemd. Het houdt wel van beschutte plaatsen en kan goed tegen lagere zoutgehaltes.

Blaaswier vormt vaak een dikke laag op de plekken waar het is gehecht. Deze laag wordt ook niet makkelijk door een golf weggeslagen. Ook is zeewier een voedselbron voor verschillende dieren. Blaaswier kan bijdragen aan de waterveiligheid en biodiversiteit. (soortenbank, sd)

3.3 Strandvorming

Stranden zijn overal over de wereld, en door de natuur gemaakt. Maar hoe worden ze gemaakt, blijven ze bestaan, welke vormen zijn er allemaal, wat beïnvloed de vorm van het strand en hoe wordt een strand groter of kleiner?

Dankzij de stromingen van rivieren en zeeën worden stranden gemaakt. Maar ze veranderen wel constant. Daarom verdwijnen sommige stranden en worden andere zo groot dat ze rivieren blokkeren of hele natuurgebieden creëren.

3.3.1 Strandvormen

Er zijn veel verschillende soorten stranden. Zo zijn er bij voorbeeld zand en kiezel stranden. Deze stranden hebben allemaal een andere manier van opbouw en afbraak. Ook verschild de locatie van zulke stranden vaak heel erg, afhankelijke van de zeestromingen.

3.3.1.1 Zandstranden

Strandzand kan afkomstig zijn van vele locaties. Sommige zandkorrels kunnen afkomstig zijn van afgesleten stukjes koraalrif van net voor de kust. Andere korrels kunnen stukjes afgesleten stenen van kliffen die naderbij gelegen zijn. Sommige zand stranden hebben heel erg witte zand. Dit kan bijvoorbeeld komen van vele stukjes afgesleten kwarts, wat gevormd is door rivieren wat het in nabije bergen heeft afgesleten.

Figuur 20: een zandstrand (Caryl-Sue, 2012)

Andere zandstranden zijn gemaakt van stukjes schelp en stukjes kwarts die edelstenen kunnen bevatten, dit is bijvoorbeeld het geval rond Chameis baai in Namibië. Hier hebben mijnbedrijven hele stukken strand afgegraven om deze edelstenen zoals diamanten te verzamelen. Andere edelstenen, zoals saffieren en smaragden zijn aanwezig op stranden overal over de wereld, als hele kleine stukjes zand.

3.3.1.2 Rotsachtige stranden

Sommige stranden zijn helemaal niet bedekt met zand, maar juist met grote ronden en gladden kiezels. Zulke stranden zijn bijvoorbeeld normaal bij de Britse eilanden. Zulke stranden hebben vaak andere nutten dan zandstranden. Het strand bij Hasting op de eerdergenoemde eilanden is een vissers boten aanlegplaats voor meer dan 1000 jaar.

Figuur 21: een kiezelstrand (Caryl-Sue, 2012)

Een storm strand is een rostachtig strand wat vaak getroffen wordt door zware stromen. Sterke golven en hoge winden vormen deze stranden tot smalle en steile landvormen. De kiezels op storm stranden zijn vaak klein dicht bij het waterfront en groot verder van het water vandaan.

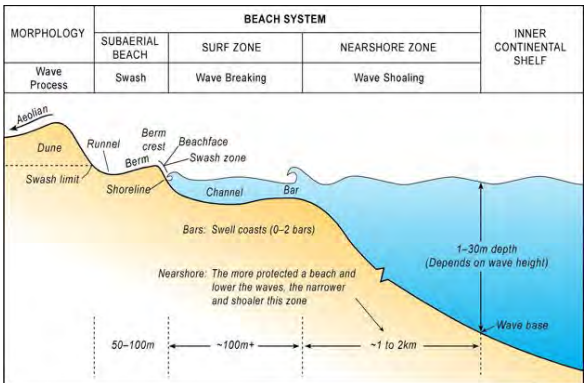
3.3.1.3 Barrière stranden

Barrière stranden zijn stranden die het vasteland van de schade en de kracht van oceaan golven. Deze stranden bevinden zich vaak aan de oceaan kant van eilanden genaamd barrière eilanden. Deze eilanden doen hetzelfde als de stranden. Vele kilometers van deze stranden en eilanden kunnen gevonden vonden langs de golf van Mexico en aan de oostkust van de Verenigde Staten.

Figuur 22:een barrière strand/eiland (Caryl-Sue, 2012)

3.3.2 Strand vorming en afbraak

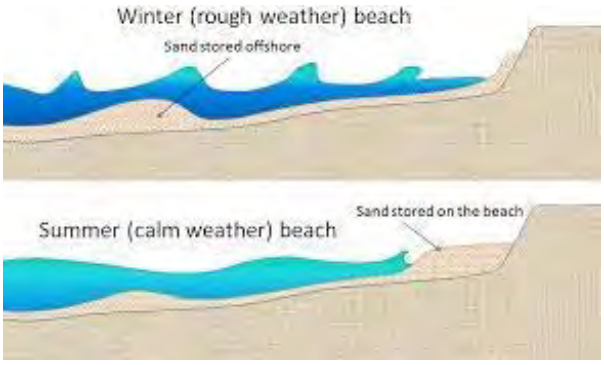
Strand landschappen zijn zeer dynamisch op meerdere niveaus, van dagelijkse getijde invloeden tot millennia durende strandverplaatsingen door stroming. Stranden zijn zoals geen enkel ander omgeving op aarde. Stranden zijn gevormd van afgesleten materiaal wat daar neergelegd is door de zee.



Figuur 23:een dwarsdoorsnede van een standaard strand (Short, 2012)

Voor dit om voor te komen moeten golven een gelimiteerde hoeveelheid energie hebben om het mogelijk te maken voor het zand om neer te dalen op het strand zonder gelijk weer meegenomen te worden door de golven. Deze golven heten constructieve golven, zij hebben een sterken aanspoelkracht wat veel zand met zich meebrengt en deze golven hebben een zwakke terugspoelkracht zodat er weinig zand weer meegenomen wordt door de golf terug naar zee.

De afbraak van een strand kan beïnvloed worden door vele factoren zoals de tijd van het jaar wat de oceaanstroming kracht beïnvloed, het type en de vorm van de bodem voor het strand, aangezien dit de vorm van golf voor een groot deel bepaald.

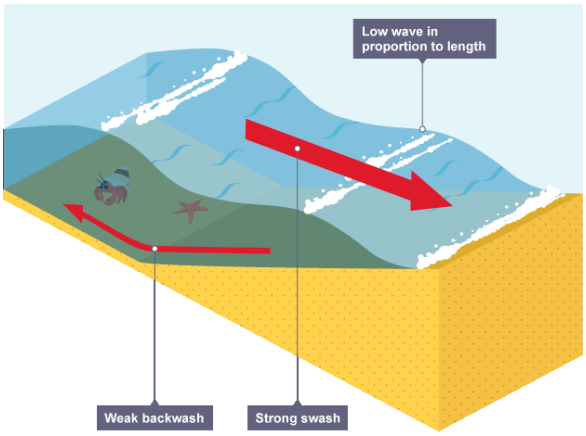


Figuur 24: verschillen tussen tijden van het jaar en waar zand zich bevind (Short, 2012)

Een golf die een kust afbreekt heeft weinig energie bij het aanspoelen wat ervoor zorgt dat er weinig zand meegenomen afgezet kan worden op het strand of de golf moet juist super veel energie hebben bij het aanspoelen want dit zorgt er voor dat er veel zand opgetild wordt door het water terwijl het door de golf meegebrachte zand niet kan neerdalen, ook moet de golf een grote terugspoelkracht hebben, wat er voor zorgt dat er veel zand van het strand of wat nog in het water zweeft wordt meegenomen naar de zee. Deze golven zijn vaak voor het grootste deel verantwoordelijk voor de afbraak van een strand.

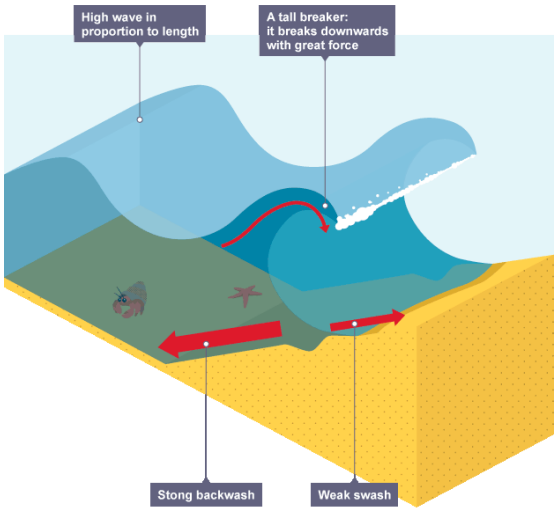
De energie van een golf wordt grotendeels beïnvloed door de “aanloop” die de golf heeft gehad (hoe ver de golf heeft gereisd voor hij bij de kust kwam en hoe strekt de wind was tijdens de reis), en de vorm van de zee. Hoe verder de aanloop en hoe hoger de windkracht was, hoe meer energie de golf heeft.

Bij de zeebodem is het een vergelijkbaar verhaal, als de zeebodem een erg lage helingsgraad, ook wel het talud genoemd, dan heeft de golf veel tijd om zijn energie kwijt te raken met een lage hoeveelheid kracht per meter. De weinige energie die de golf nog had is opgebruikt bij het aanspoelen.



Figuur 25: Een golf bij een laag talud (bbc, 2021)

Als de zeebodem met een hoog talud omhoog komt dan heeft de golf weinig kans om zijn energie kwijt te raken of te verdelen over de zeebodem, daardoor breekt de golf met veel meer energie, wat ervoor zorgt dat er veel zand en water het strand op spoelt. Dit vele water kan makkelijk terugspoelen omdat de volgende golf het water aantrekt, en omdat het veel massa bevat, hierdoor zal er meer zand meegenomen worden dan dat de golf bracht naar het strand. Dit zorgt over een tijdsperiode dat het strand langzamerhand wordt afgebroken.



Figuur 26: een gold bij een steil talud (bbc, 2021)

3.4 De invloed van stroming op zandbanken

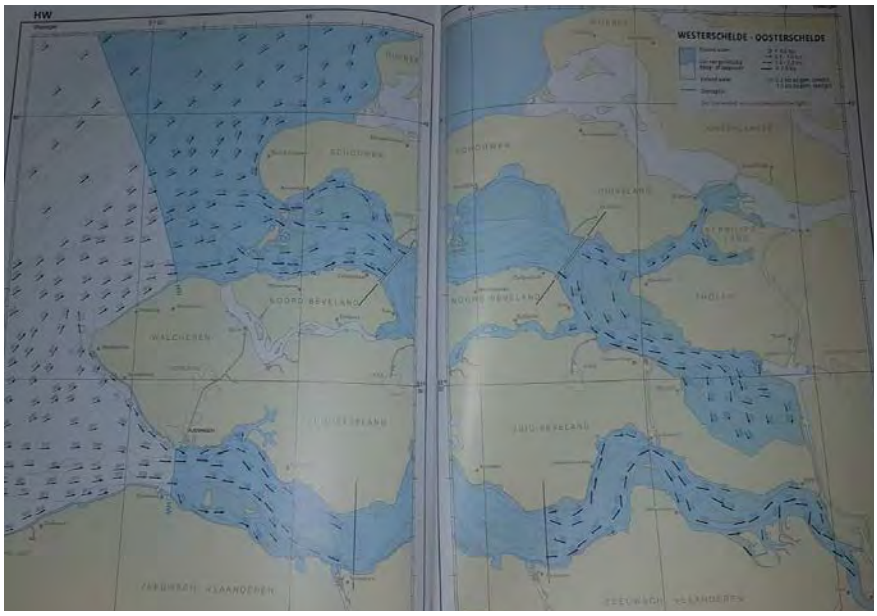
De Zeeuwse kust wordt gekenmerkt door zijn uitgerekte stranden, duinen en zandbanken. Op veel plekken is de zee voor de kust erg ondiep door zandhopen die evenwijdig gevormd zijn met de kust. Tussen deze banken en hopen kunnen zeer sterke stromingen ontstaan onder invloed van eb, vloed en de wind.

Door de dynamiek van de zee beginnen zandbanken zich uiteindelijk te verplaatsen of “lopen”. Het landschap dat zich onderwater bevindt verandert dus constant. Zo kan er gemerkt worden dat de banken soms aangroeien waardoor ze bij eb droogvallen. Over het algemeen groeien zandbanken aan door de branding.

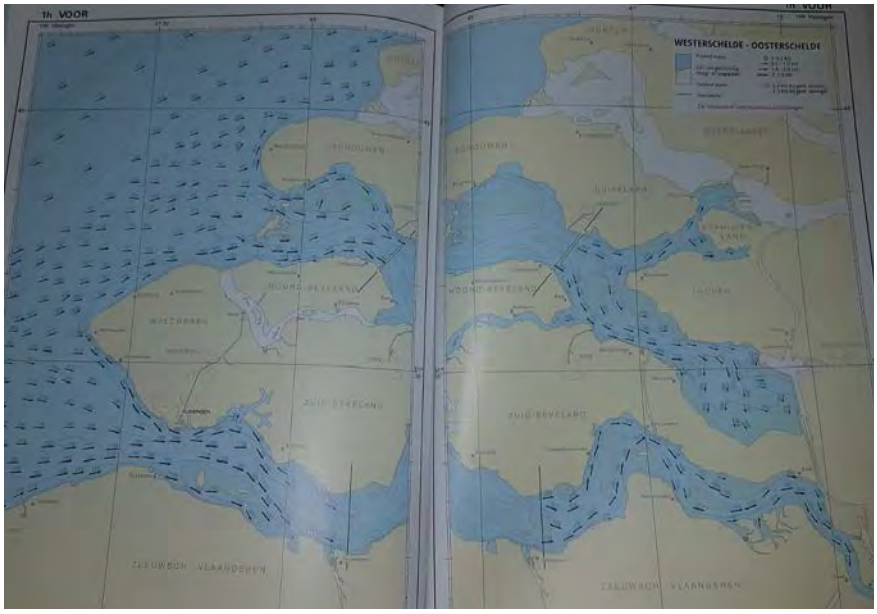
3.4.1 Stromingen rondom Zeeland

De stromingen rondom de Oosterscheldekering, de Brouwersdam en de Haringvlietdam hebben grote invloeden hebben op de vorming en de afbraak van zandbanken in deze regio. Hieronder zijn de stromingsatlassen te vinden van de bovenstaande regio. De data in deze kaarten zullen later in dit hoofdstuk besproken worden. In de onderstaande afbeeldingen is te zien hoe het water zich gedraagt voor, tijdens en na hoogwater in de omgeving Zeeland. Zoals afgelezen kan worden in de atlas geeft het blauwe water het rijzende water weer en het witte water het vallende water. Tevens zijn er in de kaart pijlen toegevoegd die de stromingssnelheid in kts (knopen) weergeven. Het is zeker dat de stromingen zorgen voor de vorming en de afbraak van zandbanken, helaas is het erg moeilijk om vast te stellen wat de precieze effecten zijn van deze stromingen. Wel kunnen de onderstaande kaarten erg goed gebruikt worden tijdens de ontwerpfase van de nieuwe beschermende zandbanken. De kaarten zijn gesorteerd op vloed- en ebstroom en daarna in volghorde van uren weergegeven.

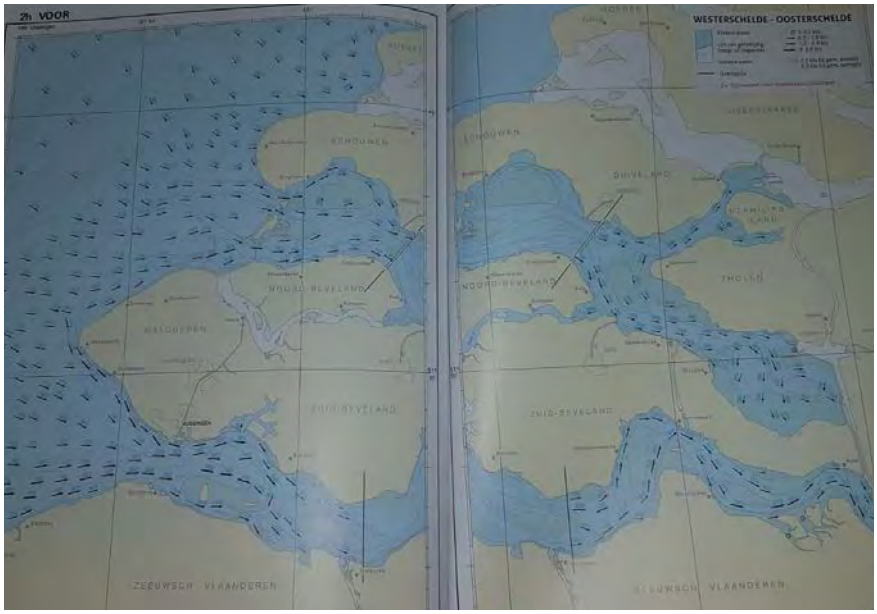
De vloedstroom in Zeeland (HW)



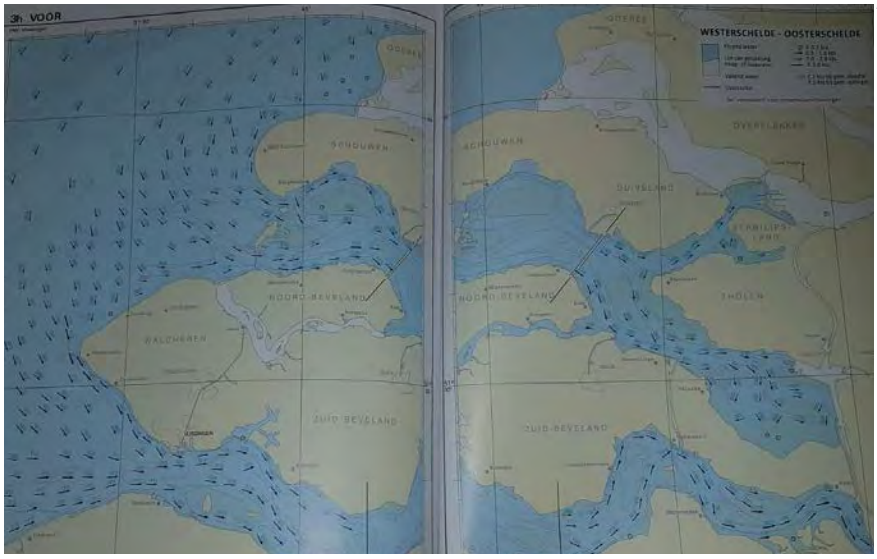
Figuur 27 - Afbeelding van hoog water



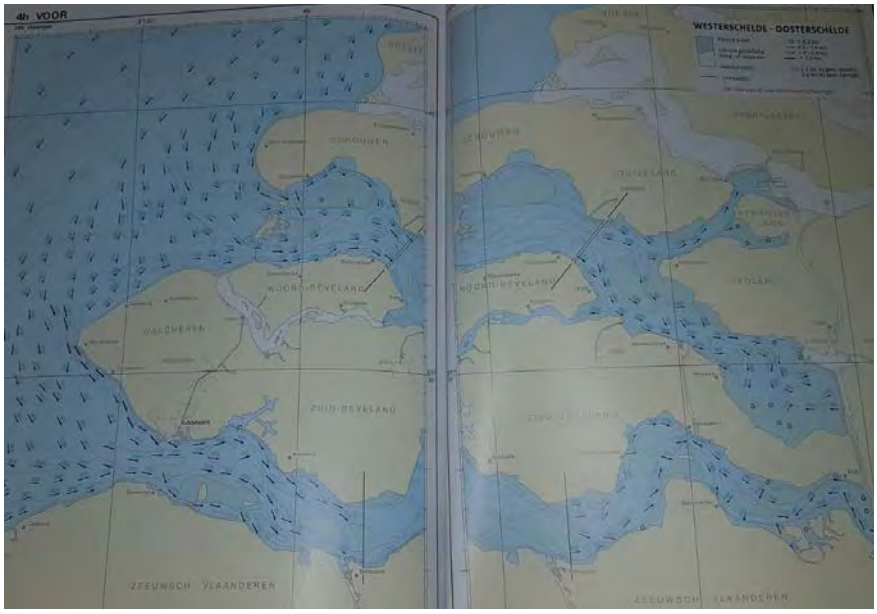
Figuur 28 - Afbeelding 1h voor



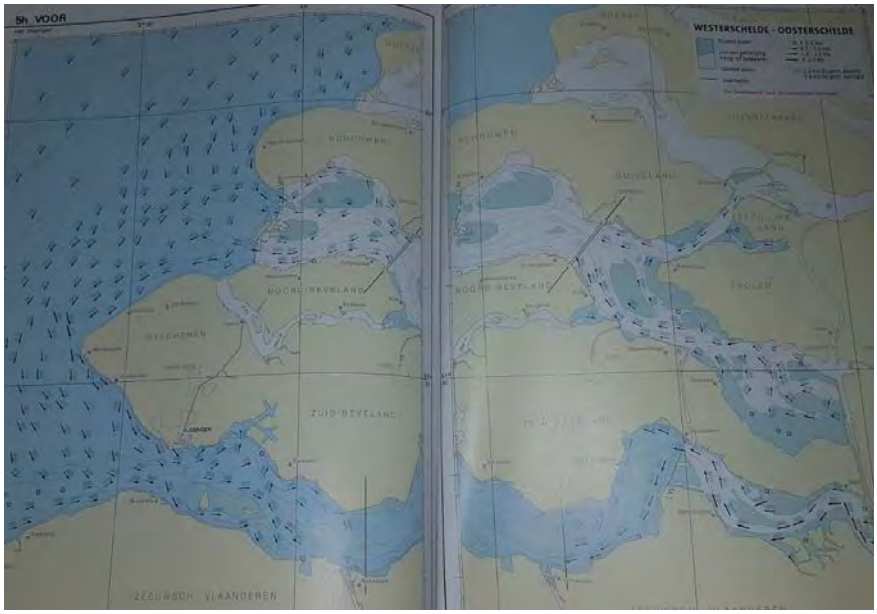
Figuur 29 - Afbeelding 2h voor



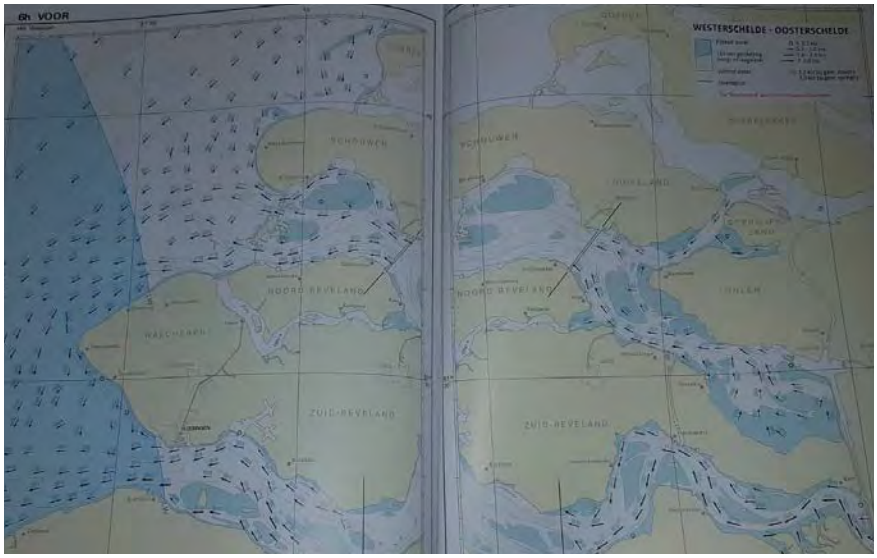
Figuur 30 - Afbeelding 3h voor



Figuur 32 - Afbeelding 4h voor

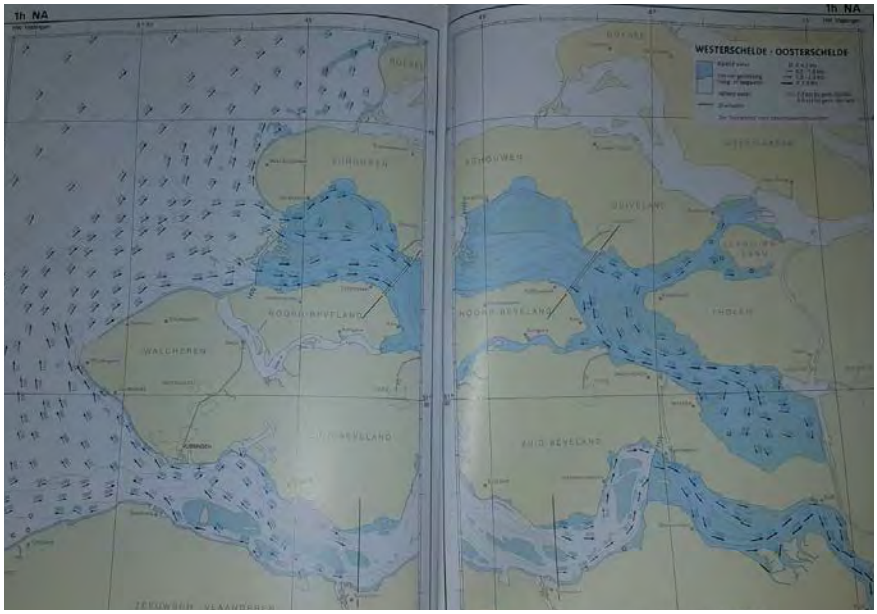


Figuur 31 - Afbeelding 5h voor

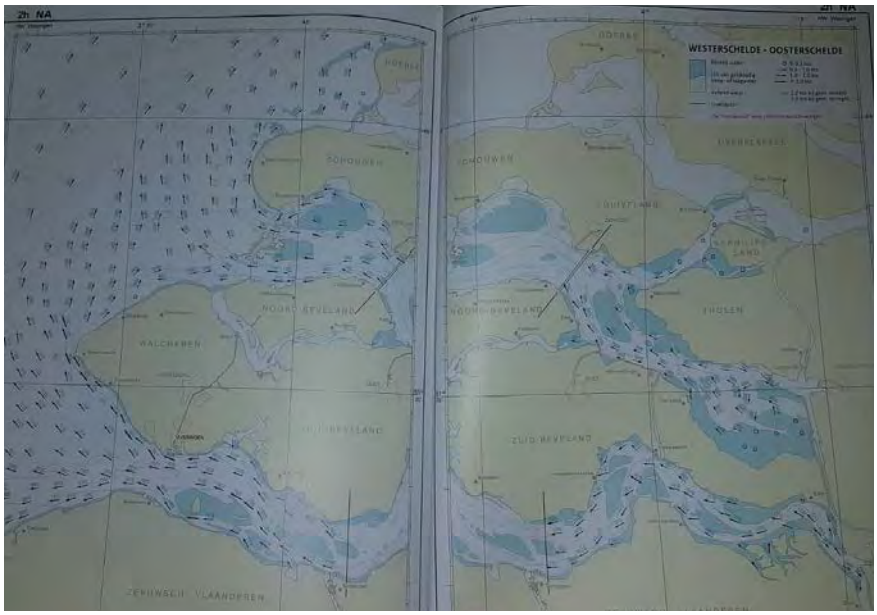


Figuur 33 - Afbeelding 6h voor

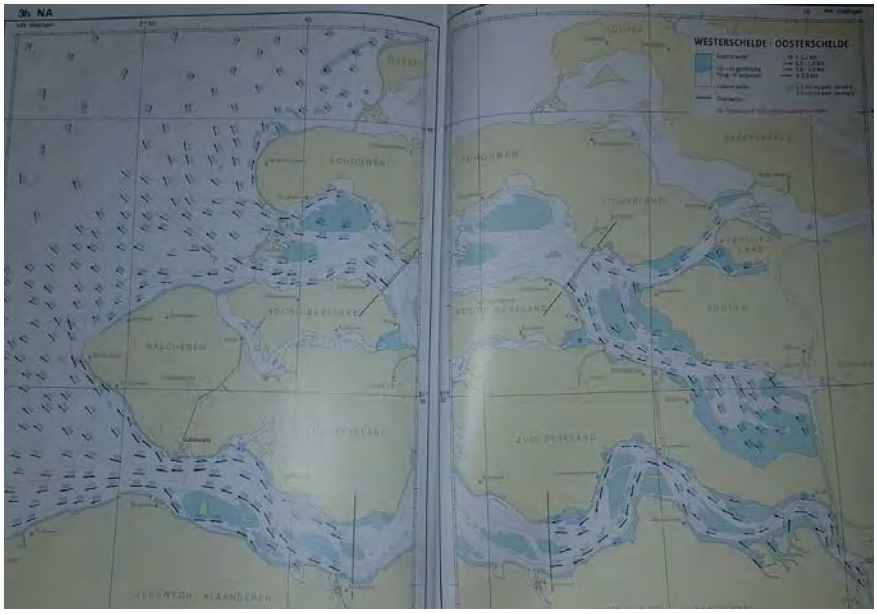
De ebstroom in Zeeland



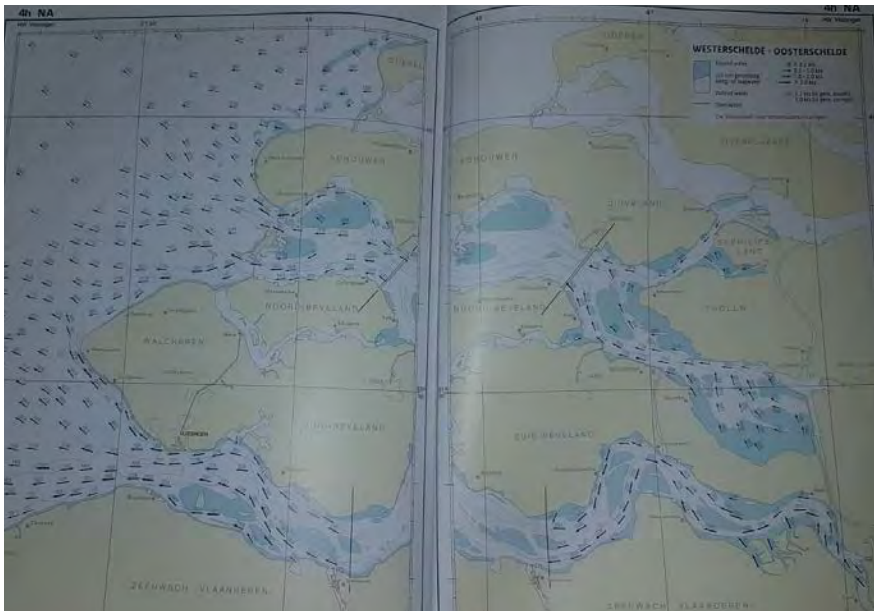
Figuur 34 - Afbeelding 1h na



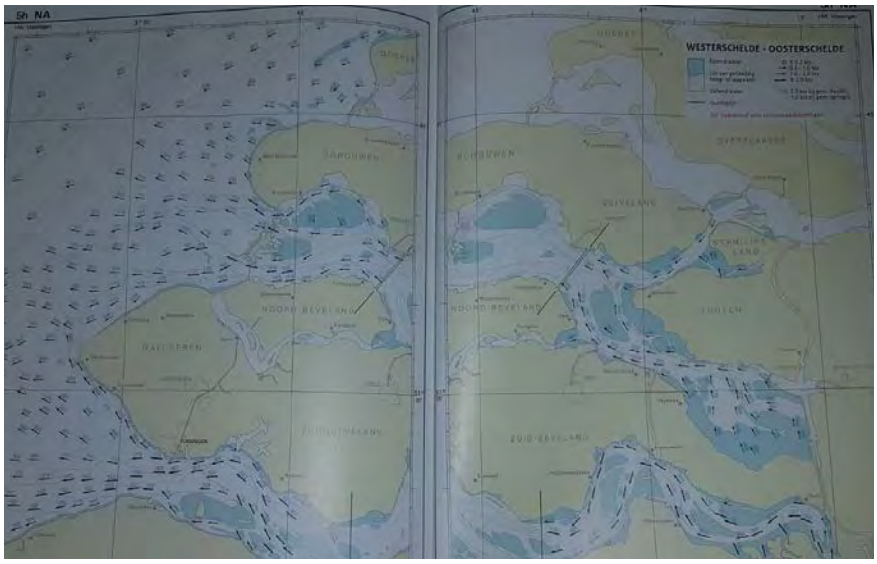
Figuur 35 - Afbeelding 2h na



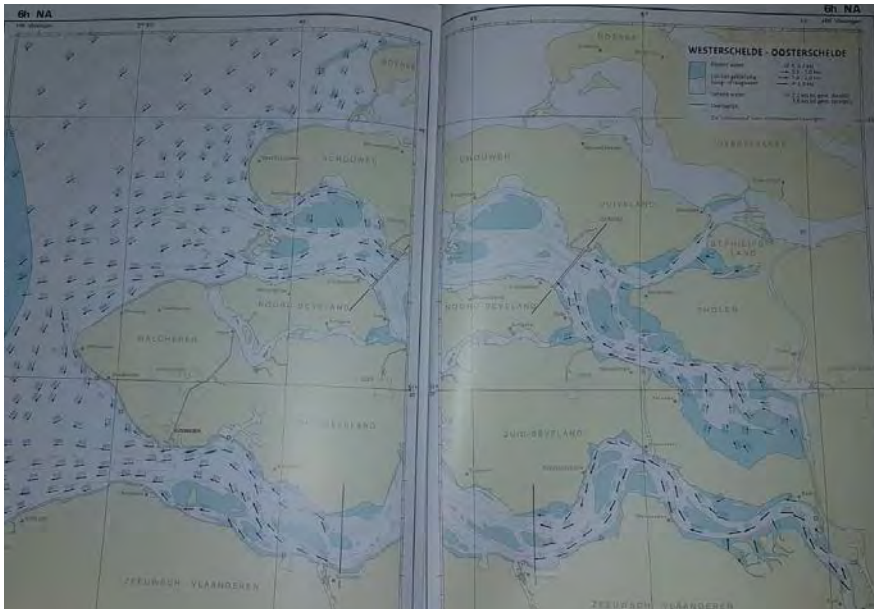
Figuur 38 - Afbeelding 3h na



Figuur 36 - Afbeelding 4h na



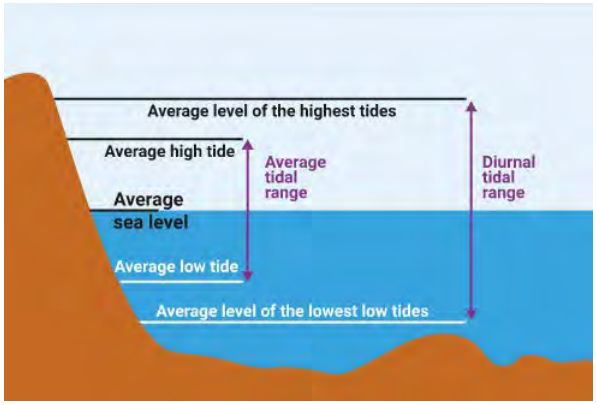
Figuur 37 - Afbeelding 5h na



Figuur 39 - Afbeelding 6h na

3.4.2 Getijstromen

Getijstromen treden op in combinatie met de opkomst en ondergang van het getij. De verticale beweging van de getijden nabij de kust zorgt ervoor dat het water horizontaal beweegt, waardoor (sterke) stromingen ontstaan. Wanneer een getijdenstroom naar het land en weg van de zee beweegt, 'vloed' het water het land. Terwijl de getijden stijgen en dalen, creëren ze vloed- en ebstromen (Tidal Currents, sd).



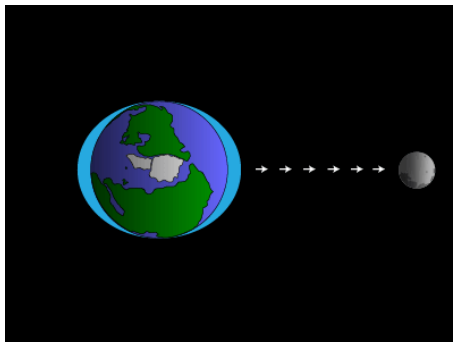
Figuur 40 - Eb en vloed (High tide and low tide. Average level of water)

De relatie tussen de massa's van de aarde, de maan en de zon en hun afstanden tot elkaar spelen een cruciale rol bij het beïnvloeden van getijden en de stromingen die ze produceren. Getijstromen zijn het enige type stroming dat wordt beïnvloed door de interacties van de aarde, de zon en de maan. De kracht van de maan is veel groter dan die van de zon, omdat hij ongeveer 389 keer dichter bij de aarde staat dan de zon. Getijstromen worden, net als getijden, beïnvloed door de verschillende fasen van de maan. Wanneer de maan zich in volle of nieuwe fasen bevindt, zijn de getijdenstroomsnelheden sterk. Wanneer de maan zich in de eerste of derde kwartierfase bevindt, zijn de getijdenstroomsnelheden zwak (Tides and Water Levels, sd).

Getijden hebben dus te maken met zwaartekracht en als we het hebben over de dagelijkse getijden, is het de zwaartekracht van de maan die deze veroorzaakt.

Terwijl de aarde draait, trekt de zwaartekracht van de maan aan verschillende delen van onze planeet. Ook al heeft de maan slechts ongeveer $\frac{1}{100}$ ste van de massa van de aarde, omdat hij zo dicht bij ons staat, heeft hij genoeg zwaartekracht om bepaalde dingen te verplaatsen. Wanneer de zwaartekracht van de maan aan het water in de oceanen trekt, zal dat redelijk snel opgemerkt kunnen worden. Aangezien water een stof is dat zich erg gemakkelijk kan verplaatsen zal het uitpuilen in de richting van de maan. Dit wordt de getijdenkracht genoemd. Deze uitstulping wordt "vloed" genoemd.

Dit verklaart de eerste vloed van de dag maar nog niet de tweede. Dit tweede fenomeen is als volgt; de oceaan puilt ook uit aan de kant van de aarde tegenover de maan. De getijdekracht zorgt ervoor dat het water naar de maan en naar de kant tegenover de maan uitstulp. Deze uitstulpingen vertegenwoordigen de vloed getijden (What causes tides?, sd).

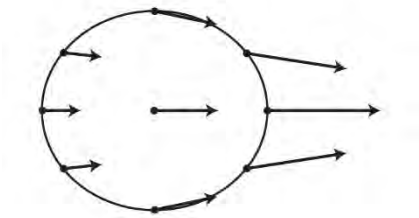


Figuur 41 - De vloed getijden in een illustratie

Hieronder wordt uitgelegd hoe het bovenstaande fenomeen werkt.

Aan de kant van de aarde die recht naar de maan is gericht, is de zwaartekracht van de maan het sterkst. Het water aan die kant wordt dus ook sterk richting de maan getrokken.

Aan de kant van de aarde die het verst van de maan verwijderd is, is de zwaartekracht van de maan het zwakst. In het midden van de aarde bevindt zich ongeveer het gemiddelde van de zwaartekracht van de maan.

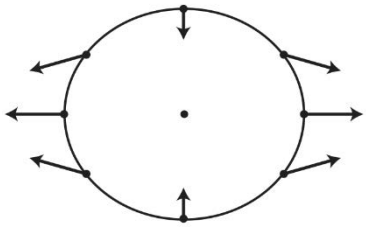


Figuur 42 - Een diagram van pijlen die de kracht van de zwaartekracht van de maan op aarde weergeven (Vertegenwoordiging van de kracht van de zwaartekracht van de maan op aarde)

Om de getijdekracht te krijgen, trekken we deze gemiddelde zwaartekracht op aarde af van de normale zwaartekracht op elke locatie op aarde.

Het resultaat van de getijdekracht is het uitrekken en platdrukken van de aarde. Dit is wat de twee getij-uitstulpingen veroorzaakt.

De pijlen in figuur 11 vertegenwoordigen de getijdekracht. Deze twee uitstulpingen verklaren waarom er op één dag twee keer vloed en twee eb voorkomt, aangezien het aardoppervlak eenmaal per dag door elk van de uitstulpingen draait (Bordewijk, sd).



Figuur 43 - Representatie van de getij-uitstulpingen op aarde (Vertegenwoordiging van de kracht van de zwaartekracht van de maan op aarde)

3.5 Kan er gebruik gemaakt worden van de fundamenten van de oude zandbanken?

De geschiedenis van Zeeland begint enkele tienduizenden jaren gelden. Uit onderzoek is gebleken dat Nederland na de laatste ijstijd omhoogkwam, waaronder Zeeland. Door de rivieren die uit het binnenland naar de Noordzee stroomden werd Zeeland verdeeld in verschillende eilanden. In de onderstaande kaarten en afbeeldingen van Zeeland is duidelijk te zien hoe dit eruit zag en hoe de provincie door de eeuwen heen is veranderd door de natuur en mens.

Figuur 46 - Kaart Zeeland rond 1500 (Kaart omstreeks 1500)

Figuur 47 - Kaart Zeeland 1617 (Oude kaarten Zeeland)

Figuur 45 - Kaart Zeeland rond 1750 (Kaart van Zeeland)

Figuur 44 - Kaart Zeeland 1868 (Oude kaarten Zeeland)

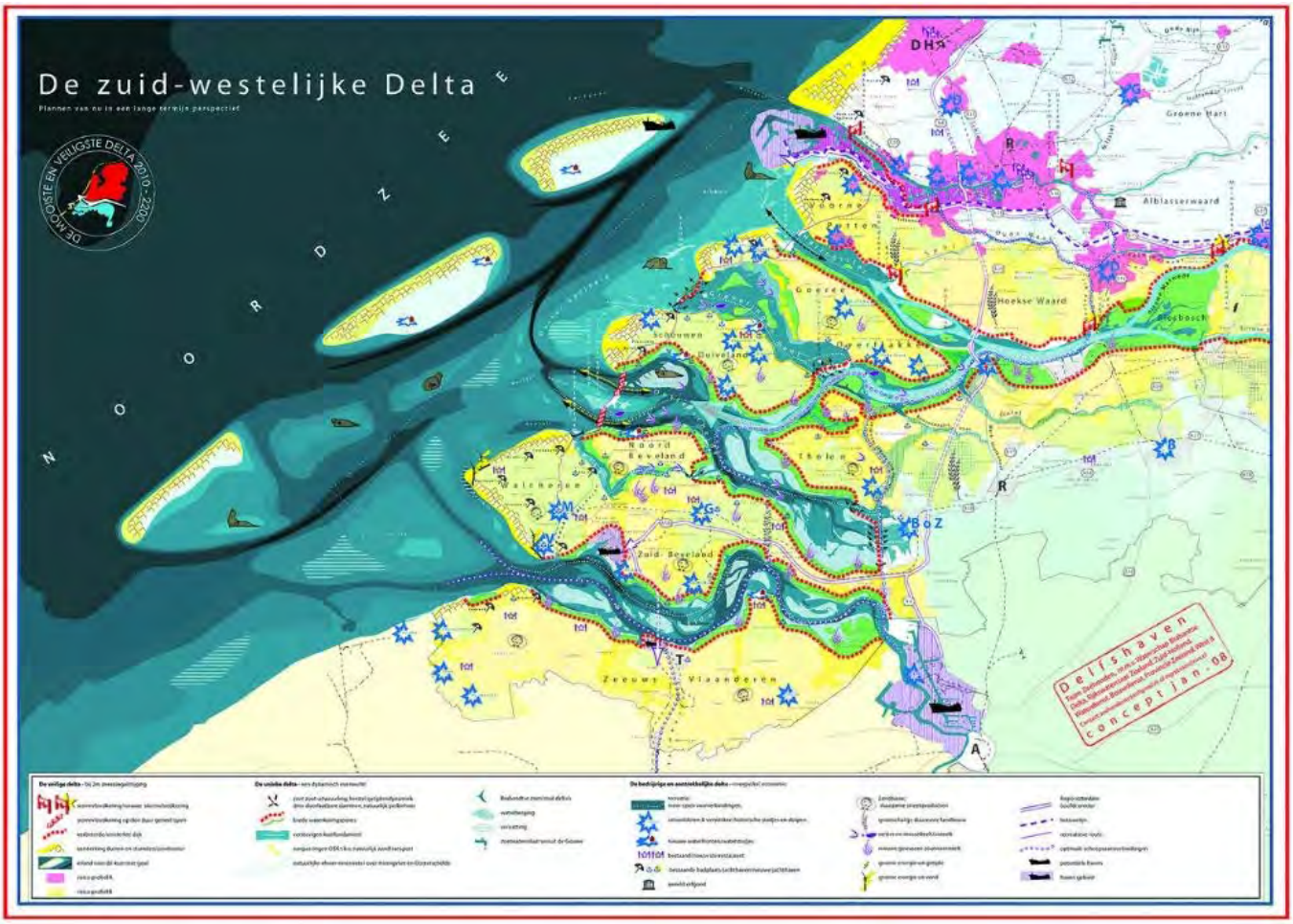
Figuur 48 - kaart Zeeland rond 1960 (Kaart van Zeeland)

Figuur 49 - Satelliet foto Zeeland 2005 (Google Maps, 2005)

Zoals te zien is in de bovenstaande afbeeldingen is Zeeland door de eeuwen heen drastisch veranderd. Langzamerhand zijn de zandplaten en kleine eilanden bijeengekomen (door mens of natuur) om op deze manier het Zeeland van nu te creëren. Nu is het doel om het Zeeland van de toekomst te creëren en te behouden.

Om dit doel te halen is het noodzakelijk dat we de natuur een handje helpen. Hier komt de techniek “building-with-nature” om de hoek kijken. Om ervoor te zorgen dat Zeeland beschermd wordt tegen zowel de noordelijke en zuidelijke stormen is het van belang dat er meerdere zandbanken voor de kust van Zeeland worden opgebouwd als eerste bescherming. Eerder is er al een ontwerp gemaakt door architectenbureau West 8 van hoe de Zeeuwse voordelta eruit zou kunnen komen te zien (Zie fig. 21). Wij zijn van de opinie dat dit een zeer goed uitgangspunt is voor het maken van onze eigen ontwerpen. Ze hebben namelijk rekening gehouden met de volgende zaken:

- Stijgende zeespiegel;
- Mogelijkheid tot scheepsvaart;
- Betere verbindingen tussen de belangrijke rivieren, wateren en de zee;
    - De doorgangen in de waterkeringen zijn hierbij groter voor een betere wateruitwisseling.
- De verbinding met het Grevelingenmeer en de zee wordt heropend;
- Kunstmatige zandbanken voor de kust die worden onderhouden om de zandtekorten in de Oosterschelde en Voordelta op te heffen zodat de kust meegroeit met de zeespiegelstijging. (J. Horst, 2019)



Figuur 50 - De zuidwestelijke Delta 2200

Op de bovenstaande kaart is duidelijk te zien hoe het idee in werking zou treden. Voor de kust worden drie grote zandbanken geplaatst worden die zouden fungeren als bescherming van de kust en als toevoer van zand richting de Oosterschelde en de voordelta. Tussen deze zandbanken en het vasteland liggen meerdere banken net onder en boven de oppervlakte van het water. Ook deze banken hebben meerdere functies. Zo creëren ze ecosystemen voor bijvoorbeeld zeehonden, verminderen ze het directe effect van de storingssnelheid op de kust en zorgen ze voor een toevoer van zand richting de Oosterschelde en de voordelta. De drie nieuwe en tevens grootste zandbanken zullen volledig opgespoten moeten worden vanaf de zeebodem maar voor het verhogen en opbouwen van de voordelta kunnen meerdere al reeds bestaande zandbanken gebruikt worden.

4. Product

Na het literatuuronderzoek was het van belang om te beginnen aan het ontwerpen van de definitieve zandbanken in de voordelta van Zeeland. Dankzij het huidige ontwerp wordt de kust van Zeeland beschermt tegen zowel stomen uit noordelijke als zuidelijke richtingen. Hieronder worden onze gemaakte keuzes tijdens het ontwerpproces uitgelegd en onderbouwd.

Ons eindproduct brengen we in de vorm van een interactieve kaart die op de website van de opdrachtgever geplaats kan worden, zoals aangevraagd door de opdrachtgever. In deze kaart laten wij zien hoe wij tot het eindresultaat zijn gekomen en laten we door middel van afbeeldingen zien hoe het er in de realiteit uit zal komen te zien.

4.1 Ontwerpkeuzes

Wij hebben gekozen voor de locaties waar de zandbanken zich nu bevinden in het ontwerp omdat de zandbanken op deze manier het grootste deel wat direct bloot ligt aan de zee beschermd is tegen de kracht van noordwester stormen en golven door de grote eilanden. Ook is Zeeland zo beschermd door de wat minder krachtige maar vaker voorkomende kracht van zuidwester stormen en golven door de kleinere eilanden.

Figuur 51: de kaart van Zeeland met de ingetekende zandbanken

De eilanden zijn open voor wadlopers wat er voor zorgt dat het naast beveiliging voor Zeeland ook een toeristische attractie is.

Bij het bedenken van de positie van de eilanden hebben wij geprobeerd rekening te houden met de scheepsvaart. Daardoor liggen de eilanden uit de directe weg voor belangrijke scheepvaart routes.

De kleine zandbanken die vlak voor de kust liggen bevinden zich voor het grootste deel op de fundamenten van de oude zandbanken die er ooit lagen om daarmee de benodigde hoeveelheid zand te verminderen.

Ons eindproduct brengen we in de vorm van een interactieve kaart die op de website van de opdrachtgever geplaats kan worden, zoals aangevraagd door de opdrachtgever. In deze kaart laten wij zien hoe wij tot het eindresultaat zijn gekomen en laten we door middel van afbeeldingen zien hoe het er in de realiteit uit zal komen te zien.

4.2 Techniek achter de interactieve kaart

Het eindproduct is gemaakt in HTML. We hebben hiervoor gekozen omdat dit erg makkelijk is om via een iframe te doen. Een iframe wordt gebruikt om een HTML document weer te geven in een ander HTML document. Hierdoor kan de opdrachtgever, of iemand die aan de website van Shared Concepts werkt, makkelijk het ontwerp implementeren op de website. Voor de opmaak is er gebruik gemaakt van CSS. Dit is een taal waarin het uiterlijk van het HTML document aangepast kan worden. Hiermee hebben we bijvoorbeeld de knop ontworpen waarmee iemand terug kan, maar ook de tekst opgemaakt.

In de kaarten hebben we ‘image maps’ aangebracht. Hierdoor kan de gebruiker op een bepaald onderdeel klikken waarna hij of zij naar een ander document doorverwezen wordt. Een probleem waar we tegenaan liepen is dat het nog niet op meerdere computers werkte. De grootte en instellingen van het beeldscherm beïnvloedde de ‘image maps’ zodat bezoekers van de website niet meer op de juiste plekken konden klikken. Om dit op te lossen hebben we gebruik gemaakt van JavaScript. Door een script te implementeren in de HTML van David J Bradshaw konden we dit oplossen. Dit script is speciaal ontworpen om dit probleem op te lossen.

```
<!DOCTYPE>
<html>
<head>
  <style>
.btn {
    position: absolute;
    top: 25px;
    left: 25px;
    border: none;
    background-color: white;
    padding: 14px 28px;
    font-size: 16px;
    cursor: pointer;
    display: inline-block;
  }
.btn:hover {background: #eee;}
  </style>
</head>
<body>
  <button class="btn" onclick="window.location.href='index.html'">Terug</button>
    <img src="zandbanken_zeeland.jpg" alt="Nieuw-Zeeland" usemap="#workmap" width="100%" class="map">
<map name="workmap">
  <area shape="poly" coords="421,282,434,270,455,256,475,239,502,224,524,216,538,215,555,217,564,221,556,227,548,
</map>
<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.3.1/jquery.min.js"></script>
<script src="imageMapResizer.min.js"></script>
<script>
    $(document).ready(function() {
        $('map').imageMapResize();
    });
</script>
</body>
</html>
```

Figuur 52: een van de 4 HTML pagina's

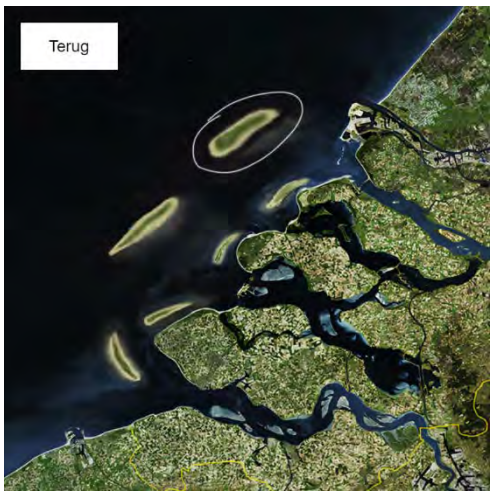
4.3 werking van de interactieve kaart

Wanneer iemand de website van Shared Concepts bezoekt zal er dus ergens op de website een ruimte zijn waar ons ontwerp staat. De bezoeker wordt verwelkomd door een tekst die onze opdracht omschrijft, waarna hij of zij op een knop kan klikken om de kaart te openen. Hierna ziet de bezoeker de kaart van Nederland met een vakje om Zeeland heen. Hier kan dan geklikt op worden. Als dit gedaan is kan de bezoeker van dichterbij zien hoe ons ontwerp van de Zeeuwse voordelta er uit ziet. Er kan dan geklikt worden op een aantal van onze nieuw ontworpen zandbanken waarna de bezoeker uitleg krijgt over waarom wij precies voor deze locatie en vorm van de zandbank hebben gekozen.

Verder kunnen we nog meerdere klikbare gebieden maken in de kaart. Zo kan de gebruiker dan bijvoorbeeld op de duinen klikken om daar meer informatie over te krijgen of op bepaalde delen van het water voor richtingen en informatie over stromingen.

Figuur 54: Beeld 1 interactieve kaart

Figuur 53: Beeld 1 interactieve kaart



Figuur 55: Beeld na klikken witte vlak

5. Methode en materialen

Literatuurstudie

Wij hebben de mogelijkheid tot het neerzetten van zandbanken voor de Zeeuwse kust onderzocht door middel van een literatuurstudie. Aan het begin van het project hebben we de deelvragen verdeeld. Door middel van uitgebreid onderzoek hebben we antwoorden op deze vragen kunnen formuleren. Deze kunt u lezen in de conclusie. Nadat al het onderzoek verricht was hebben we er nogmaals uitgebreid naar gekeken om er zeker van te zijn dat alles correct was. Hiermee hopen we dat er een verslag van goede kwaliteit geleverd is aan zowel de opdrachtgever als de expert.

De informatie, die we hebben gebruikt voor de literatuurstudie, komt uit verschillende databasen (The institution of Civil Engineers from Great Britain, Fisheries and Aquaculture Department of the United Nations, flora van Nederland, GiMaRIS, Het Nederlands soortenregister, National Ocean Service, World Register of Marine Species, Coastal Wiki), die we hebben gevonden op het internet. Ook hebben we nog andere bronnen gebruikt, als de informatie nog niet compleet was. Onderaan en tussen het geschreven onderzoek door hebben we de gebruikte bronnen vermeld.

Aangezien alle informatie van wetenschappelijke onderzoeken en betrouwbare databases komt, is de informatie objectief.

Ontwerp

Voor het ontwerpen van de zandbanken, hebben wij informatie verkregen van en via onze opdrachtgever en expert. Tevens hebben we veel gebruik gemaakt van al afbeeldingen van reeds bestaande zandbanken. Aangezien wij 5 vwo-leerlingen zijn, is het mogelijk dat we technische kennis misten bij het ontwerpen, maar dit nadeel hebben we weer goed gemaakt door met een frisse blik tegen het probleem aan te kijken en een creatieve oplossing te verzinnen.

Om een gedetailleerde tekening te maken van het ontwerp, hebben wij gebruik gemaakt van 3D paint. Dit is een computerprogramma, waarin men makkelijk kan tekenen.

6. Conclusie

Voor dit project hebben we twee hoofdvragen en zes deelvragen opgesteld. Dankzij onze literatuurstudie zijn we in staat om antwoord te geven op al deze vragen.

De eerste vraag van het onderzoek was: **“Wat voor natuurlijk talud kunnen we dit zand het beste opspuiten, zodat golfenergie zo optimaal gedempt wordt?”**

Er is geen exact percentage uit ons onderzoek gekomen, wel hebben wij gevonden dat uit andere onderzoeken is gebleken dat een zo klein mogelijke hoek tussen het water en de zee ervoor zorgt dat een golf zijn energie kan afgeven zonder geen of weinig “schade” aan te richten aan de zandbanken. Na een onderzoek over de vorm van kusten hebben wij gevonden dat het zelfs zou kunnen dat met een talud wat klein genoeg de zandbank in formaat zou kunnen toenemen.

De tweede vraag die we dankzij het onderzoek hebben kunnen beantwoorden is: **“Wat zijn bestaande watersysteem stabiliserende middelen?”**

Uit onderzoek is gebleken dat er niet of nauwelijks vindbare stabiliserende middelden zijn. De dingen die het meest relevant zijn voor dit project zijn door de mens gemaakte objecten en obstakels zoals dijken en de bekleding erop, omdat wij meer gericht zijn op natuurlijke oplossingen is hier minder verder op in gegaan.

De derde vraag was als volgt: **“Omdat in de voordelta het huidige watersysteem onstabiel is, zullen we waarschijnlijk extra stabiliserende middelen moeten inzetten op zwakke plekken; kunnen oesterriffen hiervoor een oplossing bieden? En dan bijvoorbeeld met de inheemse “bedreigde” platte oester?”**

Uit onderzoek is gebleken dat de platte oester gebruikt kan worden, omdat de oester oorspronkelijk in Zeeland voorkomt. Echter is het aantal oesters gedaald door de Japanse oester die hier ook als exoot leeft. De Japanse oester is een zeer effectieve filtervoeder met als gevolg dat deze de larven van andere schelpdieren zoals mosselen en platte oesters. De platte oester gaat dan waarschijnlijk niet makkelijk in grote aantallen vestigen buiten de oesterriffen en op andere plaatsen. Naast oesterriffen kan er waarschijnlijk ook gebruik gemaakt worden van zeewieren. Deze groeien zeer goed en trekken meer fauna en bieden verschillende vissoorten een leefomgeving wat de biodiversiteit kan bevorderen.

Hierna is er onderzoek verricht naar de vierde vraag: **“Hoe beïnvloed de stroming de vorming en afbraak van zandbanken?”**

Na het onderzoek is het gebleken dat de stromingen van de zee en de rivieren zeker zorgen voor de vorming en de afbraak van zandbanken, helaas is het erg moeilijk om vast te stellen wat de precieze effecten zijn van deze stromingen. Dit is te verklaren door de steeds veranderende snelheid van het water en de plek waar het water precies stroomt.

De een na laatste vraag was: **“Kan er gebruik gemaakt worden van de fundamenten van de oude zandbanken?”**

Het simpele antwoord op deze vraag is “ja”. De oude fundamenten van zandbanken kunnen gebuikt worden voor het opbouwen van bepaalde nieuwe banken. De twee grote zandbanken van ons ontwerp zullen volledig opgespoten moeten worden omdat ze te ver van de kust afliggen om gebruik te maken van de oude fundamenten. De banken die dichter bij de kust liggen hebben wel een voordeel van de fundamenten. Hierdoor zal er minder zand nodig zijn voor het totale project.

Toen kwamen we aan bij de laatste vraag van het onderzoek: **“Welke bestaande technieken worden er gebruikt betreffende het behoud van kunstmatige zandplaten?”**

Voor het behoud van kunstmatige zandplaten en kunstmatige zandeilanden worden veel verschillende technieken gebruikt van de zand sonisch laten trillen om er voor te zorgen dat de zandkorrels dichter op elkaar zitten en zo dus minder snel wegstromen tot een kunstmatig stenen golfbreker rif aan te leggen wat de meeste energie van een golf absorbeert. Beide genoemde technieken zijn zeer efficiënt in het verlengen van de levensduur van een kunstmatige zandbank of zandeiland.

Nu we de antwoorden hebben gevonden op alle deelvragen zijn we in staat om de twee hoofdvragen te beantwoorden.

“Kan de vorming van de zandbanken worden bijgestuurd zodat een fundament wordt gevormd voor een kustwal?”

De vorming van de zandbanken kunnen door de jaren heen bijgestuurd worden door bijvoorbeeld zand toe te voegen op onstabiele plaatsen in de voordelta. Hierdoor zal er een goed beschermende en tevens stabiele kustwal ontstaan die Zeeland kan beschermen tegen golven, stromingen en stormen.

“Kunnen we vervolgens deze zandbanken boven water laten uitgroeien tot robuuste eilanden?”

In ons onderzoek hebben wij geen manier gevonden waarop een kunstmatige zandplaat of zandeiland over een korte tijdsspanen kan uitgroeien tot een eiland dat boven het wateroppervlakte uit steekt. Wel hebben wij gevonden dat het mogelijk is om deze verhogingen te creëren door het zand simpelweg op het eiland te spuiten.

7. Discussie

De resultaten van het onderzoek naar kunstmatige eilanden bevatten technieken die gebruikt worden voor bescherming en behoud van de eilanden. Alleen wordt in de literatuur geen exacte waarde besproken waarvan afgeleid kan worden hoeveel de beschermende technieken precies helpen. Ook de literatuur bij het onderzoek naar het talud bevatten geen exacte waardes, hierdoor is onze aanbeveling en conclusie open voor interpretatie.

Wanneer er gekeken wordt naar het onderzoek over de effecten van de stromingen op de nieuwe zandbanken is er ook een duidelijke beperking te zien. De kennis die nodig was om dit onderzoek succesvol te voltooien was niet aanwezig. Hoewel er al aan het begin van dit onderzoek contact is gelegd met een tweede expert zijn we nog steeds niet volledig in staat geweest om een concreet antwoord neer te leggen.

Bij het onderzoeken van beschermingsmiddelen is er niet genoeg tijd geweest om de wetenschappelijke artikelen te bestuderen en gebruiken. Hierdoor is het onderzoek oppervlakkig geweest. Dit is niet een groot probleem, omdat er wel genoeg diepgang is om een keuze te kunnen maken welke beschermingsmiddelen te gebruiken zijn. Er wordt dan niet veel tijd verspilt aan het onderzoeken van iets wat later toch niet gebruikt gaat worden. Echter kan het voorkomen dat er zo een goede oplossing over het hoofd gezien wordt, omdat het op het eerste gezicht niet nuttig bleek maar bij dieper onderzoek toch wel nuttig blijkt te zijn. Een groot nadeel is dat de niet-wetenschappelijke bronnen meer fouten en onwaarheden kunnen bevatten.

8. Aanbevelingen

Een goed vervolgonderzoek zou een onderzoek naar bij welk talud nou precies het meeste energie van een golf wordt opgenomen zonder dat de kust/zandbank beschadigt/afslijt. Ons onderzoek naar dit onderwerp heeft wel resultaten geleverd in de vorm van een laag talud voor weinig slijtage maar het heeft geen exacte nummers opgeleverd die gebruikt zouden kunnen worden in een 3d-ontwerp of berekeningen van de benodigde hoeveelheden zand.

Een ander mogelijk onderzoek is het onderzoek naar de haalbaarheid van het gebruik van de Zeeuwse platte oester in oesterkooien en of deze dieren kunnen overleven en voortplanten in de omstandigheden waar ze dan aan blootgesteld zouden worden. Tevens raden wij aan om onderzoek te doen naar dieren en planten die functioneren als stabiliserende middelen aangezien ons onderzoek zich gefocust heeft op een kleine groep van planten en dieren waardoor ons onderzoek incompleet zou kunnen zijn.

Het een na laatste vervolgonderzoek dat gedaan zou kunnen worden gaat over de stromingen van het water. Het zou erg handig zijn om de precieze invloed van het water op de zandbanken te weten te komen. Door dit onderzoek zou men er voor kunnen zorgen dat de gemaakte zandbanken langer stand houden en hun originele functie zullen behouden.

Het laatste vervolgonderzoek heeft betrekking tot het gebruik van de oude fundamenten. Onderzoek verrichten naar de momentele hoogtes van de zeebodem kunnen helpen bij het ontwerpen van de definitieve banken. Er zou dan namelijk berekend kunnen worden hoeveel zand er nodig zal zijn voor het opbouwen van de eerder genoemde banken.

Voor het ontwerp is het van groot belang dat er wordt gekeken naar wat voor invloed de zandbanken zouden kunnen hebben op de stroming, ook is het verstandig dat er gekeken wordt of de zandbanken een groot effect zou hebben op de lokale visserij en op grote vaarrichtingen. Voornamelijk de vaarrichtingen richting de haven van Rotterdam en de haven van Antwerpen.

Nawoord

Jason Wang

Uitdagend is wat ik van dit project vond. We begonnen vergeleken met andere groepen een stuk later door een project die niet door kon gaan. Dit vind ik bij nader inzien helemaal niet erg, omdat het eerste project me nauwelijks aansprak en er niemand was om mij enthousiast te maken. Bij dit project was het in het begin nog een beetje onduidelijk, maar gaan de weg werd het steeds een stuk duidelijker en leuker. Over het eindresultaat ben ik niet helemaal tevreden door gebeurtenissen waar ik geen invloed op had, maar wel beïnvloed door werd. Ik vind dat ik meer had moeten doen, maar dat lukte niet. Desondanks ben ik achter iets nieuws gekomen zoals dat er een kunstmatige intelligentie is die nu al best veel kan.

Stijn Brouwer

Ik vond het een zeer leerzaam project, aangezien mijn kennis over dit project zeer gelimiteerd was. Ik denk dat ik veel nieuwe kennis vergaard heb. Ik heb mij tijdens dit project gefocust op literatuurstudie en het creëren van het ontwerp. Ik heb veel geleerd over hoe de zee werkt, over hoe golven de kust beïnvloed en tot wat mensen in staat zijn om te creëren op het gebied van eilanden. De onderzoeken die ik hiervoor gelezen heb vond ik wel lastig vanwege het hoge niveau van Engels, desondanks was het zeer leerzaam. Ik ben echt heel trots op ons resultaat, ook al waren er problemen met werken aan het project vanwege Corona. Ik vind dat we echt een goed product hebben opgeleverd wat voldoet aan de eisen. Ook de samenwerking was erg prettig met iedereen die zijn steentje bijdroeg. Ik heb dingen gedaan op gebieden waar ik goed in was en op gebieden wat voor mij onbekend was. Dit alles zorgt er voor dat ik erg blij ben met dit project.

Pol Provoost

Naar mijn mening was dit een erg interessant project. Gedurende dit project heb ik me voornamelijk gericht op de literatuurstudie. Persoonlijk heb ik erg veel geleerd over de getijden, de functie en werking van zandbanken en zelfs over de mogelijkheden van Artificial Intelligence. Hoewel het onderzoek soms wat moeilijk liep was het erg leuk om het te mogen uitzoeken. Ondanks de nog steeds relatief vreemde omstandigheden door corona, ben ik erg trots op het eindresultaat dat we gezamenlijk hebben neergezet.

Bibliografie

Allsop, N. (2002). *Breakwaters, coastal structures and coastlines.* Great Britain: Institution of Civil Engineers.

bbc. (2021). *Coastal landforms*. Retrieved from bbc.co.uk: https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zyfd2p3/revision/2

BBC. (2021). *Coastal processes*. Retrieved from bbc.co.uk: https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zq9t7p3/revision/1

Betonnen golfbrekerelementen. (2018, september 17). Retrieved from wikipedia: https://nl.wikipedia.org/wiki/Betonnen_golfbrekerelementen#/media/Bestand:Tetrapode.jpg

Bordewijk, J. (n.d.). *Het ontstaan van eb en vloed*. Retrieved from natuurkunde.nl: https://www.natuurkunde.nl/artikelen/3485/het-ontstaan-van-eb-en-vloed

Butler, T. (2005, augustus 23). *Dubai's artifiacial islands have high environmental cost*. Retrieved from mongabay.com: https://news.mongabay.com/2005/08/dubais-artificial-islands-have-high-environmental-cost/

Caryl-Sue. (2012, December 7). *Beach*. Retrieved from national geographic: https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/beach/

City of Perth. (2000). *Heirisson Island : kangaroo colony*. Retrieved from trove.nla.gov.au: https://trove.nla.gov.au/work/36680890

Dijkstra, K. (2001). *Langarige zeekraal - Salicornia procumbens subsp. procumbens*. Retrieved from wilde-planten: https://wilde-planten.nl/langarigezeekraal.htm

Earle, S. (2019). 17.3 Landforms of Coastal Deposition. In S. Earle, *PHYSICAL GEOLOGY.*

Fisheries and Aquaculture Department United Nations. (n.d.). *Crassostrea gigas*. Retrieved from Fisheries and Aquaculture Department United Nations: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Crassostrea_gigas/en

Flora van Nederland. (n.d.). *Kortarige zeekraal - Salicornia europaea s. europea*. Retrieved from floravannederland: https://www.floravannederland.nl/planten/kortarige_zeekraal

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Ostrea edulis (Linnaeus, 1758)*. Retrieved from fao.org: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ostrea_edulis/en

Frankel, E. G. (1997). Prefabricated and Relocatable Artificial. *ScienceDirect*, 155-173.

Gittenberger, A., Rensing, M., & Wesdorp, K. (2017). *Uitheemse mariene soorten in Nederland.* Leiden, Nederland: GiMaRIS, Leiden BioScience Park .

Gittenberger, A., Rensing, M., Stegenga, H., & Hoeksema, B. (2009). *Inventarisatie van de aan hard substraat gerelateerde macroflora en macrofauna in de Nederlandse Waddenzee.* Leiden, Nederland: GiMaRIS, Leiden BioScience Park.

Gittenberger, A., Rensing, M., Stegenga, H., & Hoeksema, B. (2009). *Native and non-native species of hard substrata in the Dutch Wadden Sea.* Invasive species team of the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality .

Google Maps. (2005). Retrieved from Google Maps: https://www.google.nl/maps/@51.5003242,3.9027241,13z

(n.d.).High tide and low tide. Average level of water. *High tide and low tide. Average level of water.*

Hillerwaert, H. (2011, april 9). *Blaaswier*. Retrieved from wikipedia: https://nl.wikipedia.org/wiki/Blaaswier#/media/Bestand:Fucus_vesiculosus_(habitus).jpg

Inda, H., Puerto, L. d., Capdepont, I., & Bracco, R. (2017, october 3). Formation processes of coastal archaeological sites: A changing prehistoric scenario on the Atlantic shore of Uruguay. *geoarchaeology*, pp. 633-645.

J. Horst, A. t. (2019, mei 17). *1.3.2.0. De zuidwestelijke Delta 2200*. Retrieved from Publicwiki.deltares: https://publicwiki.deltares.nl/display/KWI/1.3.2.0.+De+zuidwestelijke+Delta+2200

James, S., & Stull, R. (2019, Maart). *Breaking Waves*. Retrieved from eoas.ubc.ca: https://www.eoas.ubc.ca/courses/atsc113/sailing/met_concepts/08-met-waves/8c-breaking-waves/index.html

(n.d.).Kaart omstreeks 1500. *kaart omstreeks 1500.* Zeeland.

(n.d.).Kaart van Zeeland. *Kaart van Zeeland.* Zeeland.

KoenB. (2008, december 16). *Viervlak*. Retrieved from Wikipedia: https://nl.wikipedia.org/wiki/Viervlak

mexicolore. (2017, augustus 6). *Tenochtitlan - Centre of the Aztec World*. Retrieved from mexicolore.co.uk: https://www.mexicolore.co.uk/aztecs/aztefacts/tenochtitlan-centre-of-the-aztec-world

Michael. (2014, januari 1). *Laminaria digitata (Hudson) JV Lamouroux*. Retrieved from seaweed: https://www.seaweed.ie/descriptions/Laminaria_digitata.php

namita. (2016, September 16). *Artificial Islands | Construction of Artificial Island | Photos | Facts*. Retrieved from https://civildigital.com/: https://civildigital.com/artificial-island-construction-artificial-islands-photos-facts/

Nauticlink. (2011, 04 20). *Huisartsen Waddeneilanden waarschuwen tegen gevaar en verwondingen Japanse oester bij droogvallen op de Wadden*. Retrieved from Nauticlink: https://www.nauticlink.com/nieuwsdienst/2011/04/20/111119309/huisartsen-waddeneilanden-waarschuwen-tegen-gevaar-en-verwondingen-japanse-oester-bij-droogvallen-op-de-wadden/

Nederlands Soortenregister. (n.d.). *Japanse oester Magallana gigas*. Retrieved from Nederlands Soortenregister: https://www.nederlandsesoorten.nl/linnaeus_ng/app/views/species/nsr_taxon.php?id=137373&cat=162

New Zealand Mollusca. (n.d.). *Magallana gigas*. Retrieved from New Zealand Mollusca: http://www.mollusca.co.nz/speciesdetail.php?taxa=4496

NH nieuws. (2019, Juli 16). *Nieuwe zandbank voor kust van Bergen en Egmond: 2,5 miljoen kuub zand opgespoten*. Retrieved from NHnieuws: https://www.nhnieuws.nl/nieuws/249541/nieuwe-zandbank-voor-kust-van-bergen-en-egmond-25-miljoen-kuub-zand-opgespoten

Offermans, R. (2007, mei 17). *Kelp of Geel vingerwier (Laminaria ochroleuca)in Bretagne.* Retrieved from digischool: http://static.digischool.nl/bi/onderwaterbiologie/html/fotogala/bretagne/2007/laminaria_2.htm

(n.d.).Oude kaarten Zeeland. *Kaart Zeeland.* Zeeland.

Paul, A. (2016, November 3). *Vibro-Compaction or Vibro-Flotation for Ground Improvemen*. Retrieved from civildigital.com/: https://civildigital.com/vibro-compaction-vibro-flotation-ground-improvement-principle-images/

Peters, K. (2006, maart 8). *Zeesla*. Retrieved from wikipedia: https://nl.wikipedia.org/wiki/Zeesla

Plumer, B. (2018, maart 16). *Kelp Farms and Mammoth Windmills Are Just Two of the Government's Long-Shot Energy Bets*. Retrieved from new york times: https://www.nytimes.com/2018/03/16/climate/arpa-e-summit.html

PWN. (n.d.). *Dieren in de (Kennemer)duinen*. Retrieved from pwn: https://www.pwn.nl/natuur/activiteiten/dieren-de-kennemerduinen

Rijkewaddenzee. (2018, februari 19). *Dode schelpen belangrijk voor terugkeer platte oesterx*. Retrieved from rijkekwaddenzee: https://rijkewaddenzee.nl/nieuws/dode-schelpen-belangrijk-voor-terugkeer-platte-oester/

roensalvage.co. (ND). *Stone Breakwaters*. Retrieved from www.roensalvage.com: http://www.roensalvage.com/stone-breakwaters.html

Sea grant. (N.D.). *Effects of Erosion and Accretion on*. Retrieved from seagrant.sunysb.edu: https://seagrant.sunysb.edu/glcoastal/pdfs/CoastalLandforms.pdf

Short, A. D. (2012). *Coastal Processes and Beaches*. Retrieved from nature.com: https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/coastal-processes-and-beaches-26276621/

soortenbank. (n.d.). *Blaaswier (Fucus vesiculosus)*. Retrieved from soortenbank: http://www.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=duikgids&id=181

Soortenbank. (n.d.). *Kortarige zeekraal (Salicornia europaea)*. Retrieved from Soortenbank: http://www.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=flora_nl_v2&id=1016&menuentry=soorten

soortenbank. (n.d.). *Zeesla (Ulva lactuca)*. Retrieved from soortenbank: http://www.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=duikgids&menuentry=soorten&id=339&tab=beschrijving

Soortenbank. (n.d.). *Zeeuwse oester (Ostrea edulis)*. Retrieved from Soortenbank: http://www.soortenbank.nl/soorten.php?soortengroep=duikgids&menuentry=soorten&id=261&tab=beschrijving

Stichting Annemoon. (2014, januari). *Ostrea edulis*. Retrieved from anemoon: https://www.anemoon.org/flora-en-fauna/soorteninformatie/soorten/id/223/platte-oester/web/1/wdlor/c43b1ed53-a3e9-456f-8442-a328c8ee490d

the guardian. (n.d.). *Pitfalls in paradise: why Palm Jumeirah is struggling to live up to the hype*. Retrieved from theguardian.com: https://www.theguardian.com/travel/2008/apr/26/travelnews

Tidal Currents. (n.d.). Retrieved from National Ocean Service: https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_currents/02tidal1.html

Tides and Water Levels. (n.d.). Retrieved from National Ocean Service: https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_tides/tides06_variations.html

Trausel, J., & Slieker, F. (2013, 01 07). *Crassostrea gigas*. Retrieved from World Register of Marine Species: http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=140656&pic=66399

types of artificial islands. (2018). Retrieved from islandsbuildingcompany.com: https://www.islandsbuildingcompany.com/types-of-artificial-islands

Verburg, E. (2019, juli 6). *Oesterriffen in Oosterschelde beschermen de oevers*. Retrieved from pzc: https://www.pzc.nl/zeeuws-nieuws/oesterriffen-in-oosterschelde-beschermen-de-oevers~aedea207/?referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

Verspreidingsatlas. (n.d.). *Salicornia europaea subsp. europaea* . Retrieved from verspreidingsatlas: https://www.verspreidingsatlas.nl/1635

(n.d.).*Vertegenwoordiging van de kracht van de zwaartekracht van de maan op aarde.*

VLIZ Alien Species Consortium. (n.d.). *Japanse oester*. Retrieved from Coastal Wiki: http://www.coastalwiki.org/wiki/Japanse_oester

volkoomen. (n.d.). *Salicornia. Zeekraal.* Retrieved from volkoomen: http://www.volkoomen.nl/S/SALICORNIA.htm

What causes tides? (n.d.). Retrieved from SciJinks: https://scijinks.gov/tides/#:~:text=High%20tides%20and%20low%20tides,of%20water%20are%20high%20tides.

White, A. B. (2020, April 16). *Shifting sands: Virginia's barrier islands are constantly on the move*. Retrieved from Roadtrippers: https://roadtrippers.com/magazine/virginia-barrier-islands/

Wijnhoven, S., & Hummel, H. (2009). *Historische analyse exoten in de Zeeuwse delta.* Yerseke, Nederland: Nederlands Instituut voor Ecologie.

Wolff, W. (2005). *Non-indigenous marine and estuarine species in The Netherlands.* Leiden, Nederland: Dept. of Marine Biology, Rijksuniversiteit Groningen.

Zeewier langs de kust. (n.d.). Retrieved from waterwereld: https://www.waterwereld.nu/zeewier.php

Bijlagen - Bijlage 1 – Planning

	Weken	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Taken	**Voorbereiding**																			
	Eerste gesprek																			
	Verslag																			
	Titelpagina																			
	Inleiding																			
	Vooronderzoeken																			
	Onderzoeksvragen																			
	Methode en materialen																			
	Resultaten																			
	Samenvatting																			
	Conclusie																			
	Discussie																			
	Aanbevelingen																			
	Nawoord																			
	Bronnen																			
	Inleveren																			
	Overig																			
	Logboek																			
	Voorgangsgesprek																			
	Presentatie																			
	PP maken																			
	Tekst maken																			
	Presentatie uitvoeren																			

Legenda:

- Taken
- Inleveren
- Te plannen

	Weken																		
Taken		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
	Voorbereiding																			
	Eerste gesprek																			
	Resultaten																			
	Fase 1																			
	Vooronderzoeken																			
	Fase 2																			
	Concept ontwerpen en verslagen																			
	Fase 3																			
	Eindontwerp en verslag																			
	Inleveren verslag																			
	Overig																			
	Voorgangsgesprekken																			
	Presentatie																			
	PP maken																			
	Presentatie uitvoeren																			