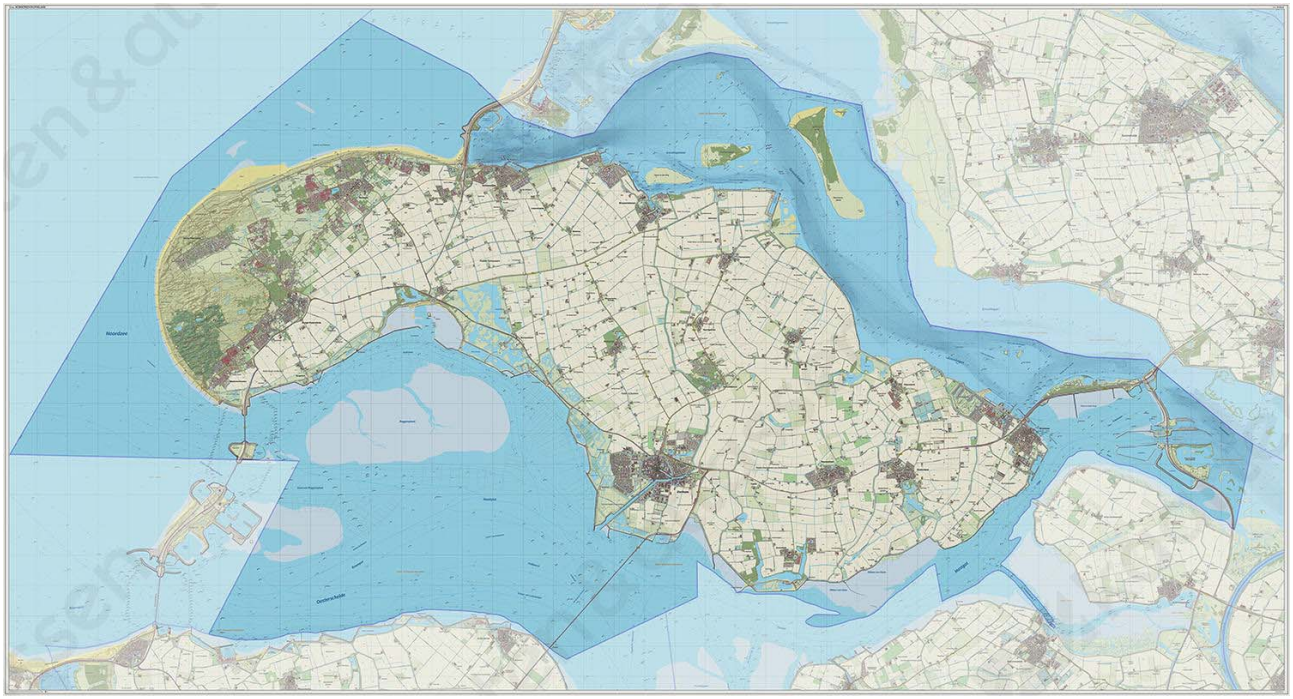


Verslag oriënterende stage 2017-2018

Mogelijkheden en beperkingen in de zeewierteelt in de beheersgebieden Grevelingen en Oosterschelde van de gemeente Schouwen-Duiveland

van hall larenstein
university of applied sciences

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Dorieneke Sofie Trul
Verslag oriënterende stage 2017-2018

Mogelijkheden en beperkingen in de zeewierteelt in de beheersgebieden Grevelingen en Oosterschelde van de gemeente Schouwen-Duiveland

Dorieneke Sofie Trul

Vlissingen

20 september 2017

Bron omslagfoto's:

Boven: Kaarten&Atlassen, 2017

Links: Vismagazine, 31 mei 2016

Rechts: Omroepwest, 28 februari 2017

Inhoudsopgave

1. Inleiding **1**
1.1 Aanleiding *1*
1.2 Probleembeschrijving *2*
1.3 Doelstelling *2*
1.4 Onderzoeksvragen *2*
1.3 Methode *2*

2. Achtergronden zeewierteelt **3**
2.1 De zeewier soorten *3*
2.1.1 *Ulva lactuca* 3
2.1.2. *Saccharina latissima* 4
2.2 De teelt van zeewier *4*
2.3 Oosterschelde *5*
2.4 Grevelingen *6*
2.5 Productiviteit zeewieren *7*
2.5.1 Limiterende factoren voor groei 7

3. Mogelijkheden zeewierteelt **10**
3.1 Ecosysteemdiensten *10*
3.1.1 Kustverdediging en erosiebestrijding 10
3.1.2 Biodiversiteit 12
3.1.3 Vastleggen van koolstofdioxide 13
3.1.4 Opname nutriënten 14
3.1.5 Afgifte van zuurstof 16

4. Beperkingen zeewierteelt **17**
4.1 Natuurwetgeving *17*
4.2 Waterwet *18*
4.3 Visserijwet *18*

5. Toepassing op de Oosterschelde en Grevelingen **19**
5.1 Locatie en mogelijkheden *19*
5.1.1 Oosterschelde 19
5.1.2 Grevelingen 22
5.2 Ecosyteemdiensten *23*
5.2.2 Biodiversiteit 23
5.2.3. Afgifte van zuurstof 23
5.2.4 Opname nutriënten 23
5.3 Beperkingen in wetgeving *29*
5.3.1 Natuurwetgeving 29
5.3.2 Waterwet 29
5.3.3 Visserijwet 29
5.3.4 Omgevingswet 29
5.4 aanbevelingen *29*

Literatuurlijst **31**

Bijlage's **38**
Bijlage I *38*
Bijlage II *40*
Bijlage III *41*
Interview Natuurwetgeving 41
Interview waterwet 41

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

De wereldbevolking neemt toe en, tenzij er regenwoud moet kunnen worden vernietigen en al het landbouwgrond al in gebruik is, zijn er nieuwe eiwitbronnen (Wageningen UR, z.d.) nodig als voedsel voor deze groeiende wereldbevolking. Er moet dus een duurzaam alternatief komen. In het plan van de Europese Unie van 2014 over Blauwe Groei (European Commission, 2014) wil de EU de economie van vijf sectoren die te maken hebben met het gebruiken van de zee of zeebodem stimuleren. De sectoren zijn: Duurzame energie, Biotechnologie, Kust en maritieme toerisme, Aquacultuur en Mineralen. In deze sectoren verwacht de EU nog mogelijkheden te creëren om hier een groot economisch voordeel uit te halen en dit is de sector waar in de toekomst veel uit te halen valt. Ingeschat wordt dat de aquacultuursector een geschatte waarde van 1633 miljoen (European Commission, 2014) heeft.

Figuur 1. Zeewierteelt heeft de toekomst. Overgenomen uit "Zeewierteelt heeft de toekomst" van Brandenburg, 2017 (http://www.biosolarcells.nl/interviews/willem-brandenburg.html)

Zeewierteelt zou een geschikt en duurzame aanvulling kunnen zijn als eiwitbron (Wageningen UR, z.d.). In Azië wordt er al eeuwen op grote schaal zeewier geweekt (FAO, 2014) en hier is de productie het hoogst. Zeewier groeit in de Noordzee van kortgezegd: licht, koolstofdioxide en nutriënten. De Noordzee bevat veel nutriënten (Deltares, Imares Wageningen UR, NIOZ, Rijkswaterstaat, 2014) doordat er veel rivieren in uit mondden. Zeewier heeft geen waardevol zoetwater en geen landbouwgrond nodig in tegenstelling tot andere soorten in de aquacultuur die worden geproduceerd zoals zoetwatervissen waarvan de voeding deelt uit soja bestaat (Cremer, 2017) dat geproduceerd is op landbouwgrond. Dit maakt zeewierkweek in eerste instantie een duurzame sector. De kweek van zeewier staat in Europa nog in de kinderschoenen maar heeft potentie voor: eiwitbehoefte, dierenvoeding, bio plastics, toepassingen voor in de groene chemie, brandstof, kustverdediging, voorkomen van eutrofiëring, bijdrage leveren aan zuurstofbalans, vastleggen van kooldioxide, biodiversiteit en vermindering van verzuring (Bleaij, de, *et al*., 2016).

In Nederland zijn er een paar experimenten in de kweek uitgevoerd of in uitvoering door onder andere de "Noordzeeboerderij", waar nog steeds experimenten mee worden gedaan en de "Wierderij" (schelphoek figuur 6). De kweek voor consumptie in Nederland wordt gedaan door onder andere: Zeewaar, Seaweed Harvest Holland (Schelphoek zie figuur 6) en Waddenwier. Verder wordt er met vergunning in Zeeland geplukt door "Wild Wier" en het bedrijf de "Zeeuwse Zeewierhandel" (Bleaij, de, *et al*., 2016).

De gemeente Schouwen-Duivenland zit samen met onder andere Rijkswaterstaat, waterschap Scheldestromen en HZ University of Applied Sciences in het samenwerkingsverband "Living Lab Schouwen-Duiveland". Een reden voor deze oproep van deze samenwerking is omdat de gemeente te maken krijgt met onder andere vergrijzing. Door knelpunten en kennisvragen te beantwoorden voor zilte teelt en zeewier- en schelpdierenteelt hoopt de gemeente meer jonge ondernemers te trekken. Ook moeten de nieuwe activiteiten van zeewierteelt en zilte teelten een plekje krijgen in de nieuwe visie van de gemeente met betrekking tot de nieuwe omgevingswet.

1.2 Probleembeschrijving

De zeewierkweek staat in Nederland nog in zijn kinderschoenen maar de kweek wordt in veel nieuwsartikelen (Natuur&milieu, 2017; Wageningen UR, z.d; Kamsma, 2017; Hakkenes, 2017; Trommelen, 2015) aangeduid als een product dat al onze ophoping van plasticafval, gebruik van fossiele brandstoffen en problemen met voedselaanbod voor de wereld op zou kunnen lossen. Er zijn kleine experimenten uitgevoerd maar nog nooit op grote schaal. Aan de ene kant bestaan er nog verschillende teelttechnische uitdagingen bij het op grote schaal kweken. Daarnaast lijkt er weinig ruimte te zijn in de Oosterschelde en Grevelingen voor zeewierteelt. Inzicht in mogelijke positieve effecten (ecosysteemdiensten) van het kweken van zeewier zou het draagvlak ervoor kunnen vergroten.

1.3 Doelstelling

Het weergeven van beperkingen in ruimtelijke ordening en natuurwetgeving en mogelijkheden in ecosysteemdiensten van zeewierteelt toegepast op de Oosterschelde en Grevelingen.

1.4 Onderzoeksvragen

Hoofdvraag:
Wat zijn de mogelijkheden en beperkingen van zeewierteelt in de buitengebieden Grevelingen en Oosterschelde van de gemeente Schouwen-Duiveland?

Enkele vragen die relevant zijn voor dit onderzoek:

1. Welke omgevingseisen stelt zeewierteelt?
2. Welke ecosysteemdiensten kan zeewierkweek leveren?
3. Welke ruimtelijke mogelijkheden en beperkingen zijn er near shore voor zeewierkweek en hoe verandert dit mogelijk met de nieuwe omgevingswet?
4. Wat is de uitwerking van deelvraag 2 en 3 bij toepassing in twee concrete kweeklocaties in de Oosterschelde en Grevelingen?

1.3 Methode

De focus ligt op een specifiek groenwier *Ulva lactuca* (zeesla) en het bruinwier *Saccharina latissima* (suikerwier). Deze twee soorten zijn uitgekozen omdat deze soorten in de Oosterschelde en Grevelingen voor komen. Ook wordt dit wier in Nederland gekweekt. Ulva wordt in de Schelphoek al geteeld door het bedrijf Seaweed Harvest Holland en de Noordzeeboerderij heeft al met Saccharina geëxperimenteerd. Deze twee soorten groeien in verschillende seizoenen (Wald, *et al.,* 2016), Ulva groeit vooral in de zomerperiode en Saccharina in de winterperiode. Zo is er het hele jaar door aanwas van zeewier.

Figuur 2. Jaarrond aanwas van zeewier. Jaarrond teeltsysteem. Overgenomen uit SPARK-UP; Seaweed production and refining of kelp, Ulva and Palmaria, 2016 van Wald, *et al*., (http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/411013)

De gebieden Oosterschelde en Grevelingen zijn gekozen omdat deze twee wateren in het beheergebied van de gemeente Schouwen-Duiveland liggen en omdat er in de Oosterschelde al zeewier wordt gekweekt op kleine schaal.

In deelvraag 1 is er ingegaan op de soorten zeewier die als voorbeeld voor de uitwerking zijn gebruikt en zijn de gebieden Oosterschelde en Grevelingen uitgewerkt door middel van een literatuurstudie.
Deelvraag 2 zijn een weergave van de mogelijke ecosysteemdiensten: golfdemping, biodiversiteit, opname koolstofdioxide, opname van nutriënten en afgifte van zuurstof. Dit is ook gedaan door middel van een literatuurstudie.
Deelvraag 3 is uitgewerkt door middel van gerichte interviews met deskundigen van de provincie Zeeland en Rijkswaterstaat over natuur- en waterwetgeving met aanvullende informatie van literatuur. Hier is ook

locatiegericht over gesproken met de provincie Zeeland en Rijkswaterstaat. De mogelijkheden met zeewierteelt zijn uitgewerkt met betrekking tot de nieuwe omgevingswet
In deelvraag 4 zijn alle ecosysteemdiensten, ruimtelijke ordening en wetgeving met toepassing van de gekozen wieren *Ulva lactuca* en *Saccharina latissima* met kweek van 50 hectare in de Oosterschelde en 50 hectare in de Grevelingen toegepast met behulp van aanvullende literatuur en interviews.

De keuze voor totaal 100 hectare is gemaakt om betrouwbaar onderzoek te kunnen doen (bijlage I). Voor de teelt van zeewier is een diepte van 3 meter aangehouden. In deze drie meter is de meeste productie (Wald, 2016) en kan Saccharina niet te lang worden en over de bodem schuren.

2. Achtergronden zeewierteelt

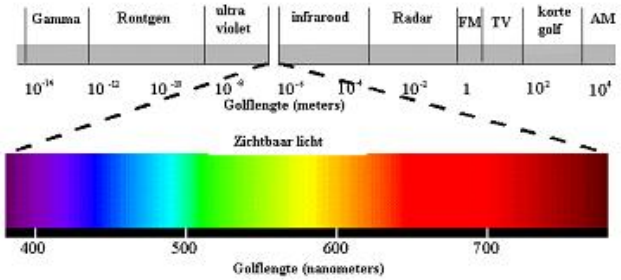
2.1 De zeewier soorten

Zeewier is geen plant maar een alg, een macroalg. Zeewier heeft geen of een minimaal transportsysteem om nutriënten te transporteren, planten hebben een transportsysteem door bladeren, een stam en wortels, deze genoemde delen worden zo niet onderscheden bij zeewier. Omdat zeewier geen wortels heeft neemt het wier nutriënten direct op vanuit de omgeving in de cel. Zeewier maakt net als planten gebruik van fotosynthese voor energie. Wieren worden verdeeld in drie categorieën: groenwieren, bruinwieren en roodwieren. De scheiding wordt gemaakt door de pigmenten in de cellen die het soort wier hun karakteristieke kleur geven. Ook komt elke kleur wier uit de categorieën in een verschillende diepte voor doordat de wieren een ander spectrum van licht op kunnen vangen. In volgorde van diepte zijn er eerst de groenwieren hierna de bruinwieren en daaronder bevinden zich de roodwieren. Wieren planten zich voor doormiddel van mannelijke en vrouwelijke sporen en hebben een tussenfase als gametofyt (Zeewierwijzer, 2017).

2.1.1 *Ulva lactuca*

Ulva lactuca, ook wel zeesla genoemd, is een groenwier. Ulva kan volgens Groenendijk, *et al.*, (2016) een groei van 40% per dag hebben en kan een diameter van 30 cm bereiken. De snelle groei komt doordat het wier heel dun is, namelijk maar twee cellagen dik waardoor nutriënten snel kunnen worden opgenomen in elke cel. Ulva kan wel 4-6 keer zoveel nutriënten opnemen als andere wieren. In wateren waar veel eutrofiëring is wordt deze soort ook wel gebruikt om deze overtollige nutriënten op te laten nemen. Bij een hoog nutriëntengehalte neemt Ulva dus snel nutriënten op, de groei wordt hoger en de nutriënten kunnen worden opgeslagen voor toekomstige groei. Doordat Ulva maar twee cellagen dik is (Braure, 2014) moet het wier snel kunnen reageren op osmotische veranderingen, hierdoor is Ulva een stressbestendige soort en groeit het beste bij een saliniteit van 30 ‰. Ulva kan nog op een diepte van 15 meter groeien maar komt meestal voor rond 1 meter diepte (Braure, 2014).
Ulva bevat chlorofyl a en b en kan licht tussen 400-500nm en 600-700mn (Groenendijk, et al., 2016) opvangen voor fotosynthese. *Ulva lactuca* groeit vooral in de zomerperiode van april tot november en kan dan groeien bij een temperatuur van 10 °C (Braure, 2014) maar groeit boven de 25 °C (Wald, Visser & Brandenburg, 2014) ook nog goed.

Figuur 3. Zeesla (*Ulva lactuca)*. Zeesla Overgenomen uit static digischool, 2007 van Offermans (http://static.digischool.nl/bi/onderwaterbiologie/html/fotogala/zeeland/2007/zeesla_1.htm).



Figuur 4. Het lichspectrum. Overgenomen uit Over licht van Alles over het aquarium, z.d., (http://www.allesoverhetaquarium.nl/overlicht.html).

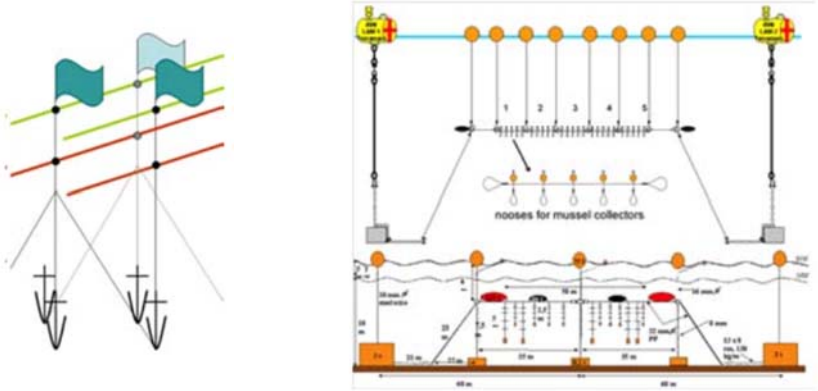
2.1.2. *Saccharina latissima*

Saccharina latissima (suikerwier) is een bruinwier en is een van de welbekende kelpsoorten. Saccharina groeit tussen 4 °C met een maximale temperatuur van 18 °C. Afbraakverschijnselen zijn echter volgens Wald, *et al*., (2014) al aanwezigb vanaf 14 °C. Het wier kan tot 200 meter diep groeien en heeft pigmenten die licht absorberen met golflengten van 444 nm, 576nm en 626nm. Saccharina kan in optimale omstandigheden 2-3 meter lang worden. Saccharina groeit volgens onderzoek van de Wierderij (Wald, *et al.,* 2014) het beste in een diepte van 0,5-1,5 meter vanaf het wateroppervlak. Saccharina wordt in Azië veel gekweekt voor voedingsdoeleinden.

Figuur 5. *Saccharina latissima*. Overgenomen uit *Drying of harvested Saccharina latissima van* Chapman & indergard, 2017 (http://promac.no/drying-of-harvested-saccharina-latissima/)

2.2 De teelt van zeewier

Zeewierteelt wordt in Azië al jaren gekweekt (FAO, 2014), terwijl het in Nederland net op gang begint te komen met een paar bedrijven. In Azië wordt zeewier voornamelijk geproduceerd (Burg, *et al.*, 2016) om verdikkingsmiddel aan te onttrekken. In Nederland wordt vooral geproduceerd voor menselijke consumptie (Seaweed Harvest Holland, 2016) (Zeewaar, n.d.) (Waddenwier, 2017) omdat dit het meeste oplevert op deze kleine schaal in Nederland. Er worden jonge “plantjes” op een touw gezet of hierin verweven en worden dan met een constructie in het water gezet. Er zijn verschillende soorten constructies.

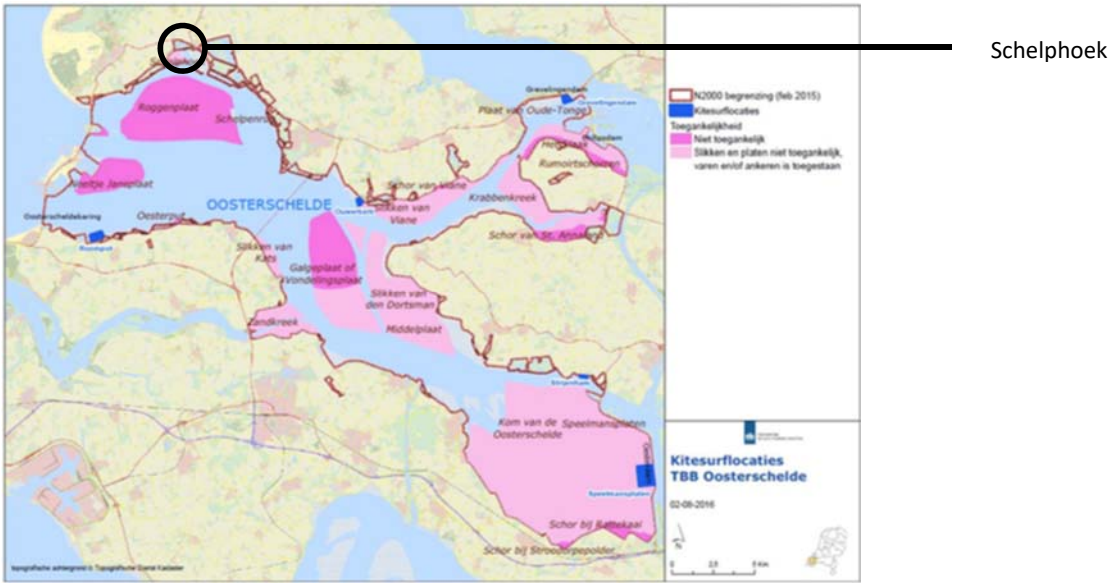


Figuur 6. Verschillende teelttechnieken. Drijversysteem en Longlinesysteem van Wald, 2010., (http://edepot.wur.nl/192138)

Hierna kunnen de touwen worden binnengehaald met het wier eraan en kan dit worden geoogst. Dit gebeurt in Nederland handmatig (Groenendijk, *et al*., 2016) omdat hier nog geen goedkope machines voor zijn. Vervolgens wordt het wier gedroogd en daarna verwerkt.

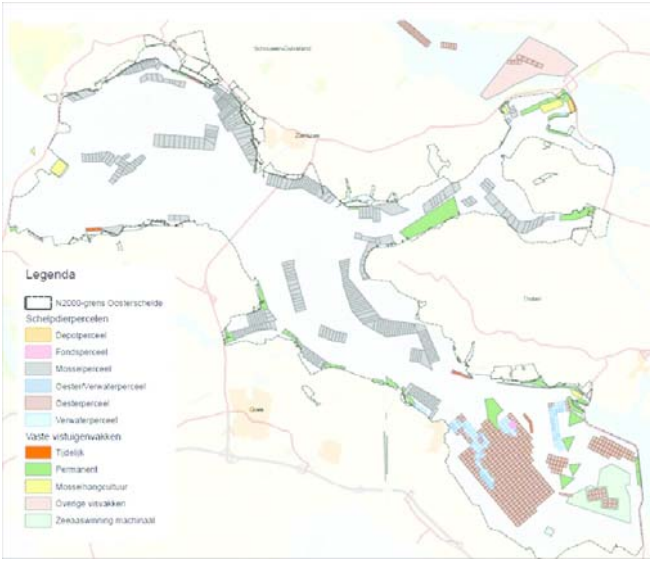
2.3 Oosterschelde

De Oosterschelde ligt in het beheersgebied van de gemeente Schouwen-Duiveland. De Oosterschelde is een zeearm met een oppervlakte van 37.000 hectare, de maximale diepte is -42 meter NAP en er stroomt met elk getij 800 miljard liter in en uit (Nationaal Park Oosterschelde, 2017[a]). De saliniteit schommelt volgens gegevens van Rijkswaterstaat (waterinfo.rws.nl, 2017) tussen de 26,2 en 29,4 mg/L. In de Oosterschelde leven door de verschillende soorten habitats zoals steen, zand, droogvallende platen, schorren en slikken veel verschillende soorten planten en dieren (Nationaal Park Oosterschelde, 2017 [b]).



Figuur 7. De Oosterschelde. Overgenomen uit Natura 2000 Deltawateren van Rijkwaterstaat & Royal HaskoningDHV, 2016, (https://www.zwdelta.nl/sites/all/files/default/publicaties/oosterschelde_natura_2000_deltawateren_beheerplan_2016-2022.pdf)

Na de watersnoodramp in 1953 in Zeeland kwam de Nederlandse overheid met de Deltawerken, een project om overstromingen in de delta te voorkomen. Andere zeearmen werden afgesloten en werden een meer of een meer met beperkte toelating van getij. Omdat er in die tijd protest was tegen het afsluiten van de Oosterschelde door vooral vissers en milieuorganisaties is er besloten de Oosterschelde niet af te sluiten maar wel afsluitbaar te maken (Nationaal Park Oosterschelde, 2017[d]) in geval van nood. Na het afsluiten van de zeearm is de Oosterschelde een baai geworden. Eén van de nadelige gevolgen van de stormvloedkering is dat de stroomsnelheid met 30% (Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal Haskoning DHV, 2016[a]) is afgenomen. Voor de bouw van de stormvloedkering sleten geulen door de stroming van het getij en het zand werd weer neergelegd bij de zandplaten. Sinds de stroomsnelheid verminderd is, worden de zandplaten niet of minder aangevuld met zand. Dit heeft gevolgen voor dieren die hier komen om te foerageren of te rusten. Voor trekvogels zijn deze droogvallende platen een belangrijke bron voor voedsel in de trek naar het noorden van Europa of richting Afrika. Als deze platen niet meer worden aangevuld met zand zullen de platen verzakken en zullen deze platen uiteindelijk niet meer boven water uitkomen met laagtij, dit wordt zandhonger genoemd. Hierdoor zouden vogels hier niet meer kunnen foerageren. Omdat dit gebeid zo belangrijk is en over



Figuur 8. Schelpdierkweek Oosterschelde. Schelpdierenpercelen en vaste vistuigvakken in de Oosterschelde. Research Gate, 2017, (https://www.researchgate.net/figure/283419739_fig8_Figuur-10-Schelpdierpercelen-en-vaste-vistuigvakken-in-de-Oosterschelde)

veel biodiversiteit beschikt is dit gebied sinds 8 mei 2002 (Nationaal Park Oosterschelde, 2017[c]) officieel een nationaal park. De Oosterschelde is in december 2004 ook nog aangewezen als natura 2000 gebied (Programmadirectie Natura 2000, 2009) met als habitattypen volgens het beheerplan (Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal Haskoning DHV, 2016[a]): grote baaien, zilte pionier begroeiingen, slijkgrasvelden en schorren en zilte graslanden. De Oosterschelde is naast een waardevol natuurgebied ook een druk recreatiegebied. Er zijn duikers, sportvissers, fietsers, hardlopers, wandelaars en allerlei faciliteiten zoals viswinkels en rondvaartboten. De Oosterschelde staat bekend om zijn schelpdierenkweek; er zijn veel oester- en mosselpercelen (Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West-Nederland & Royal Haskoning DHV, 2016[a]) (figuur 8), ook wordt er gevist op paling en kreeft.
In het beheerplan van een Natura 2000 gebied moet er worden aangegeven welke menselijke activiteiten zijn toegestaan zonder en met een vergunning. Ook staat hierin aangegeven welke doelstellingen er voor welke dier- en habitatsoorten zijn. Op basis hiervan kunnen nieuwe activiteiten worden beoordeeld voor de aanvraag van een vergunning (Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal Haskoning DHV, 2016[a]). De Oosterschelde is dus een gebied met veel recreatie, natuur en het is een belangrijk gebied voor de economie in schelpdieren.

2.4 Grevelingen

Het Grevelingenmeer is het waterlichaam boven de Oosterschelde en heeft een oppervlakte van 14.000 hectare, een diepte van gemiddeld 5 meter met als diepste punt 48 meter (Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal HaskoningDHV, 2016[b]) en volgens metingen van Rijkswaterstaat (Waterinfo.rws.nl, 2017) ligt het zoutgehalte van het Grevelingenmeer ongeveer tussen de 27,7 en 28,6 mg/L. Het Grevelingenmeer was net als de Oosterschelde een zeearm voor de watersnoodramp van 1953. Hierna zijn er meerdere dammen gebouwd en is de Grevelingen afgesloten van getij. De geulen, zoals te zien in de kaart van figuur 9, zijn nog te zien van de tijd dat Grevelingen nog een zeearm was. De Grevelingen is een zoutwatermeer, de grootste van Europa. In 1964 is ten oosten van de Grevelingen de Grevelingendam geplaatst waardoor er geen water van de Rijn en Maas in de Grevelingen kon komen. In 1971 is Grevelingen een zoutwatermeer geworden door de plaatsing van de Brouwersdam waardoor de Grevelingen werd afgesloten van de Noordzee. Sinds 1978 staat Grevelingen beperkt in verbinding met de Noordzee door de Brouwerssluis en deze sluis staat sinds 1999/2000 altijd open. Door deze sluis kunnen ook vissen migreren. Bij laagwater in de Oosterschelde stroomt er water van de Grevelingen de Oosterschelde in. Zo vindt er wel verversing van water plaats. De verversing is wel vele malen minder dan voor de bouw van de dammen (Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal HaskoningDHV, 2016[b]).

Figuur 9. Kaart Grevlingen met genoemde dammen en sluizen. Topografische kaart van het Grevelingenmeer van Basisregistratie Topografie van Creative commons By licentie, 2015., (https://nl.wikipedia.org/wiki/Grevelingenmeer#/media/File:Grevelingenmeer-natuur-OpenTopo.jpg)

Door de afname in stroomsnelheid ontstaat er in de zomer zuurstofloosheid (Zuidewesterlijke Delta, n.d.) in de gebieden met een diepte onder de 8 meter. Dit is onder andere nadelig voor de zeegrasvelden (Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal HaskoningDHV, 2016[b]), deze verdwijnen langzaam. Het Grevelingenmeer is een belangrijk natuurgebied door verschil in saliniteit en diepte en de daardoor verschillende plant- en diersoorten. Dit gebied is daarom aangewezen als Natura 2000 gebied. Er zijn slikken, kwelders en droogliggende platen. Net als in de Oosterschelde zijn hier veel vogels die hier broeden. De Grevelingen is dan ook belangrijk voor het trekvogelnetwerk doordat vogels afhankelijk zijn van dit gebied voor voedsel. De Grevelingen is een opgroeigebied voor schol, bot en tong. Hiernaast is er ook veel recreatie zoals duikers, watersporters, sportvissers, beroepsvisserij en onderzoeksactiviteiten. Er vindt bijna geen beroepsvaart plaats, wel is er veel

visserij. Er zijn 16 kwekerijen op 500 hectare aan oestergronden en er wordt op paling en kreeft gevist (Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal HaskoningDHV, 2016[b]).
Het waterpeil wordt beheerd door het doorlaten van zoutwater door de Brouwerssluis. In de zomerperiode is er een lage waterstand zodat vogels dan goed kunnen eten bij het lage waterpeil. In de winter wordt het waterpeil hoger gezet om plantengroei tegen te gaan en er verzilting van oevers plaats kan vinden. Gevelingen is een Natura 2000 gebied met als habitattypen: Duindoornstruwelen, grijze duinen, kruipwilg struwelen, ruigten en zomen, schorren en zilte graslanden, vochtige duinvalleien en zilte pionier begroeiingen (Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal HaskoningDHV, 2016[b]).

2.5 Productiviteit zeewieren

2.5.1 Limiterende factoren voor groei

Zeewier maakt net als planten gebruik van licht, koolstofdioxide en water om glucose te maken (fotosynthese). Deze glucose wordt vervolgens omgezet naar andere bouwstoffen zoals eiwitten en zorgt daarmee voor de groei. Voor voldoende beschikbaarheid van licht voor de teelt van zeewier is het belangrijk dat er genoeg ruimte zit tussen de verschillende stukken wier zodat de stukken wier elkaar in groei niet kunnen limiteren. Sediment (slib) en de aanhechting van organismen (Wald, *et al.,* 2014) kan zorgen dat het zeewier onvoldoende licht krijgt. Er moet ook voldoende koolstof (C) (Harrison & Hurd, 2001) als CO_2 aanwezig zijn.
Nutriënten als stikstof (N) en fosfor (P) zijn belangrijk voor de opbouw van eiwitten, ATP, membranen en andere bouwstoffen (Sanderson, et al., 2008). In veel gevallen is wel voldoende licht en CO_2 zijn maar zal de groei worden gelimiteerd door nutriënten N en P (Zou, 2005).
Verschillende literatuurbronnen geven verschillende waarden voor N en P concentraties aan waarin maximale groei van *Ulva lactuca* wordt gerealiseerd (zie tabel 1). Voor de bruinwier *Saccharina latissmia* zijn hiervoor geen data voorhanden. Wel voor *Fucus vesiculosis* (een bruinwier) en *Laminaria digitata (*zelfde orde: Laminariales).

Tabel 1. Concentraties N en P voor *Ulva lactuca* en *Saccharina latissima* waarbij maximale groei optreedt per gram dw per dag

	Ulva Lactuca	***Saccharina Latissima* (Voor N *Fucus Vesiculosis* en voor P *Laminaria Digitata*)**	**Bron**
N-concentratie	**795 µmol (~10mg)**	**48 µmol (~0,6mg)**	**Pedersen en Borem, (1997)**
P-concentratie	**12,8 µmol (~0,5mg)**	**0,4 µmol (~0,012mg)**	**Pedersen, *et al.*, (2010)**

Snelgroeiende wiersoorten kunnen met een hoge concentratie nutriënten ook hoge groeisnelheden bereiken maar zijn in lage nutriënten concentraties minder goed aangepast in vergelijking met langzaam groeiende wiersoorten. Langzaam groeiende wiersoorten zijn minder snel gelimiteerd in groei door nutriënten maar maken ook minder efficiënt gebruik van nutriënten vergeleken met snelgroeiende wiersoorten als nutriënten niet de belangrijkste limiterende factor zijn voor groei (Pedersen, Borum & Fotel, 2010).

De locatie van de kweek zou ook nog verschil kunnen maken in de groei en de in de samenstelling van het wier. Door Ortind (2015) is het effect op de samenstelling van het wier *Saccharina latissima* van het kweken op verschillende locaties onderzocht. Er zijn drie locaties gebruikt in de Faroe Islands: een beschutte plek, een plek met hoge stroomsnelheden en een plek zonder beschutting met veel golfslag. De uitkomst van dit onderzoek was dat het proteïnegehalte en het nitraatgehalte hoger in de lente dan in de zomer in de gekweekte maar ook in de natuurlijke populatie Saccharina was. Er werd geen verschil gevonden in samenstelling van het wier op de verschillende locaties maar wel was er verschil in productie en groeisnelheid bij de verschillende locaties. Zo werd op de locatie met veel stroming een veel lagere productie behaald.

Licht (ruimte), koolstof, nutriënten, groeiseizoen (temperatuur) en de kweeklocatie met betrekking tot de condities van wind en stroming zijn dus van invloed op productie van zeewierkweek. Deze zullen dus ook allemaal meegenomen moet worden in het onderzoek.

2.5.2 Potentiele groei en productie Ulva lactuca

Ulva is een soort die wereldwijd veel geoogst en geproduceerd wordt. Productie van Ulva zal in veel gevallen in het buitenwater onder natuurlijke omstandigheden, zonder extra toevoeging van nutriënten, moeten plaatsvinden. (Noordzeeloket, z.d.) Daarom zal er naar alle waarschijnlijkheid geen maximale productie worden gehaald. Er is daarom gezocht in de literatuur naar kentallen voor groei en productie onder natuurlijke omstandigheden. Groeisnelheden zijn weergeven in Bijlage II. De afgeleide gemiddelde groeisnelheid is 1,22 per dag. De gemiddelde productie drooggewicht (dw) per hectare (ha) is weergegeven in tabel 2. Deze komt uit op 19,8 ton dw per ha per jaar (groeiseizoen).

Tabel 2. Aantal ton *Ulva lactuca* drooggewicht per hectare per jaar

Kweek omstandigheden	Minimaal	Gemiddeld	Maximaal	Bron
Kweek in de Oosterschelde (Wierderij) zonder toevoegingen		**20**		**Groenendijk, *et al.*, (2014)**
Kweek in Noord-Amerika (Natuurlijke omstandigheden)		**25**		**NERI, Aarhus University, CSMCRI, CoNISMa, (n.d.)**
Uit literatuur gehaald (ECN)		**10**		**Groenendijk, *et al.*, (2014)**
Uit het Odense Fjord (Denemarken) gehaald, in bakken gezet, voorkoming van algengroei, natuurlijk zonlicht, water uit het Limfjord (Denemarken), toevoeging van nutriënten, onderzoek op onder andere groei door verschillende dichtheden in kweek	**6**	**25**	**44**	**Bruhn, *et al.*, (2010)**
Gemiddeld	**6**	**19,8**	**44**	

2.5.3 Potentiele productie Saccharina latissima

Saccharina groeit in Nederland van oktober tot eind april en zal dus ook in deze periode kunnen worden gekweekt. Bij Saccharina (tabel 3) is de productie gemiddeld lager dan bij *Ulva lactuca* (tabel 2) per hectare. Dit komt doordat groenwieren gemiddeld een hogere groeisnelheid (Pedersen, Borum & Fotel, 2010) hebben dan bruinwieren.

In tabel 3 zijn verschillende gemiddelde productiecijfers van *Sachharina latissima* uit literatuur en de productie van Ocean Rainforest (Ortind, 2017) weergegeven. Gegevens van de Wierderij (Wald, *et al.,* 2014) wijken erg af (minstens 10 ton) in vergelijking met alle andere weergegeven productiecijfers. Omdat deze productiecijfers van de Wierderij zo afwijken wordt er een gemiddelde berekend met en zonder deze afwijkende productiecijfers. Er is contact gezocht met de kwekerij Ocean Rainforest op de Faroe Islands om na te gaan waarom de productie op die kweeklocatie lager was dan bij anderen. Gregersen (Ortind, 2017) gaf aan (zie bijlage III voor e-mailwisseling) dat er vaak geen rekening wordt gehouden met de werkruimte tussen kweeklijnen in de berekening van tonnen drooggewicht per hectare in literatuur en daardoor de productie in literatuur dus te hoog wordt ingeschat. In de zeewierkweek Oritind (2017) is er een productie van minimaal 1,3 en maximaal 2,2 ton dw per jaar op 2km kweeklijn (per ha). Er wordt twee keer per jaar geoogst waarbij het onderste deel van het wier aan de kweeklijn blijft. Na 4 tot 6 keer oogsten wordt alles van de kweeklijn gehaald en wordt de kweeklijn opnieuw ingezaaid. Hier is de opbrengst dan gemiddeld genomen 1,8 ton dw per ha per jaar maar omdat de omstandigheden voor de Laminaria soort zo goed zijn kan er twee keer per jaar worden geoogst. In Nederland zijn de omstandigheden maar ongeveer een half jaar goed genoeg om het wier te laten groeien. Daarom moet er met de helft (0,6 ton dw per ha per jaar) van 1,8 ton dw per ha worden gerekend.

Omdat in de Faroe Islands 10-30% van het wier aan de kweeklijn gelaten wordt in de oogst kan er gemiddeld 20% op de jaarlijkse oogst in Nederland worden gerekend. Dit komt dan neer op een jaarlijkse oogst in Nederland van 1,1 ton dw per ha per jaar. In later berekeningen met Saccharina worden de productiecijfers van de Wierderij niet meegenomen. Zonder de productiecijfers van de Wierderij komt de gemiddelde productie uit op 2,3 ton dw per ha per jaar.

Tabel 3. Productie *Saccharina latissima* in ton dw per ha per jaar

Kweekomstandigheden	Minimaal	Gemiddeld	Maximaal	Bron
Faroe Islands	**1,3**	**1,6**	**1,9**	**Ortind, 2015**
Teelt onder natuurlijke omstandigheden, onderzoek naar verschil in productie op een beschutte locatie, een locatie met veel golven en een locatie met veel stroming	**1,72**	**1,98**	**1,24**	
	0,96	**1,04**	**1,12**	
Spanje, Oostkust	**4,3**	**4,7**	**5,1**	**Pereiro & Freire, n.d.**
Verschil in productie in natuurlijke omstandigheden op een beschutte locatie en een locatie met invloed van golven	**3,2**	**3,5**	**3,8**	
Faroe Islands, Natuurlijke omstandigheden van kweker		**1,125**		**Gregersen, 2017**
Wierderij, Oosterschelde	**13**	**17**	**21**	**Groenendijk, et. al., 2016**
Gemiddeldes zonder gegevens Wierderij	**2,3**	**2,3**	**2,8**	
Gemiddeldes met gegevens Wierderij	**4,1**	**4,4**	**5,9**	

3. Mogelijkheden zeewierteelt

3.1 Ecosysteemdiensten

Naast directe toepassing van zeewier uit de kweek voor voedsel of inhoudsstoffen kan de kweek van zeewier ook een aantal ecosysteemdiensten leveren. Ecosysteemdiensten kunnen worden opgedeeld in producerende, regulerende, culturele en ondersteunende diensten (zie figuur 10).

- Producerende diensten zijn producten die wij rechtstreeks uit de natuur kunnen halen en zonder tussenstap zoals bewerking kunnen gebruiken. Voorbeelden hiervan zijn: hout, voedsel, zoet water, vis, energie en genetische bronnen.
- Regulerende diensten zijn processen waar de maatschappij direct of indirect baat bij heeft. Deze processen maken een sluitende cirkel welke non-stop door gaat. Voorbeelden hiervan zijn: erosiebestrijding, waterberging, kustbescherming, waterzuivering, plaagonderdrukking, bestuiving en het vastleggen van koolstof.
- Als derde zijn er de culturele diensten, de mens kan genieten van de natuur met als voorbeelden bestaanswaarden, recreatie, gezondheid en cultuurhistorie. De overkoepelende, ondersteunende diensten dienen als basis van de andere diensten, de overkoepelende en ondersteuenende diensten zijn groot en complex. Voorbeelden hiervan zijn: klimaatregulatie, primaire productie en de nutriëntenkringloop (Compendium voor de Leefomgeving, 2015) (Planbureau van de Leefomgeving, 2014).

Figuur 10. Ecosysteemdiensten in Nederland. Overgenomen uit "Voorbeelden van ecosysteemdiensten in Nederland" van Planbureau van de Leefomgeving,2 december, 2014. http://www.pbl.nl/infographic/ecosysteemdiensten-in-nederland

Zeewierteelt kan bijdragen aan regulerende ecosysteemdiensten, (Burg*, et al.*, 2016) zoals primaire productie, waterzuivering, vastleggen van koolstof en de stimulatie van biodiversiteit.

3.1.1 Kustverdediging en erosiebestrijding

In Nederland is men al decennia bezig met kustverdediging (Hoopen, 1976) door middel van dijken en duinen. Er wordt nog steeds gezocht naar alternatieven omdat duinen soms nog wegspoelen met stormen en men nog veel zand moet suppleren, dit kost veel geld. Dijken zijn vooral duur in onderhoud en bouw.

Figuur 11. De zandmotor. Overgenomen uit "Leuk bedacht: de zandmotor" van Delta TU Delft, 13 mei 2014. https://www.delta.tudelft.nl/article/leuk-bedacht-de-zandmotor

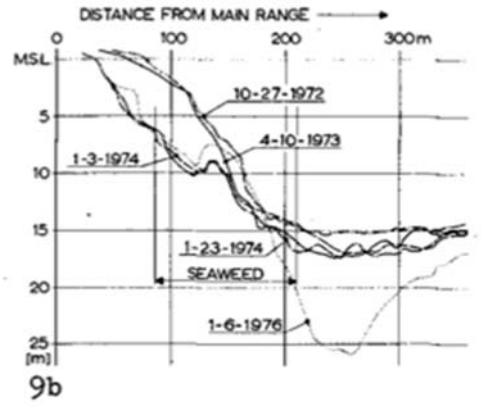
In 2011 is voor de kust de "zandmotor" opgespoten (figuur 11). Dit is een haakvormig stuk strand bij de kust van Ter Heijde. Het idee door met de natuur te bouwen, zand vanzelf over de kust wordt verspreid zodat Rijkswaterstaat dit niet meer hoeft te doen een keer in de vijf jaar. Dit is een mooi voorbeeld van bouwen met de natuur. Zeewier (Bleaij de, *et al.,* 2016) zou ook een

positieve invloed kunnen uitoefenen op kustverdediging. Er wordt onderzoek gedaan naar wat voor invloed kelpwouden op hun omgeving hebben. In 1993 is er een experiment gedaan door Mork, (1996) met een kelpwoud in Noorwegen in een baai waar veel golfslag is. In dit onderzoek is er voor het kelpwoud en in het midden van het woud gemeten op verschillende dieptes. Uit de resultaten bleek dat er een reductie was in golfenergie van 70-85% over een lengte van 258 meter.

Er zijn experimenten gedaan met zeewier en het effect op golfdemping in een lab (Mendez & Losada, 1999 (modelstudie); Paul, Bouma & Amos, 2012(zeegras)) en in het veld (Mork, 1996), maar ook op sedimentatie in het lab (Kabdasli, Turker & Yafci, 2005; Lovas & Torum, 2001) en in het veld (Price, Tomlinson & Hunt, 1968; Hoopen, 1976). Alleen bij de modelstudie van Mendez en Losada (1999) en bij een kunstreplica in het onderzoek van Lovas en Torum (2001) zijn de kenmerken van een specifiek wier gebruikt. In de overige bovenstaande onderzoeken zijn algemene getallen van kenmerken van zeewier gebruikt om effecten te simuleren. In het geval van Paul, Bouma en Amos (2012) zijn er algemene kenmerken van zeegras gebruikt. Over het algemeen is er gebruik gemaakt van kunststof en plastic om dit kunstwier te maken.

Bij golfdemping zijn er verschillende kenmerken belangrijk, volgens Paul, Bouma en Amos (2012), zijn dit: Flexibiliteit, dichtheid, lengte en stroming. Echter is dit het enige onderzoek van de bovenstaande onderzoeken in het lab dat ook het effect van stroming heeft onderzocht. Er wordt gesuggereerd dat proeven in het lab zonder onderliggende stroming ook een positievere uitslag zullen hebben dan proeven met stroming.

In het veld zijn in 1976 door Hoopen en in 1968 door Price, Tomlinson en Hunt experimenten uitgevoerd met kunstzeewier als kustverdediging. Hoopen (1976) deed dit in Nederland. Hier zijn in een geul bij Texel en vlak bij Bruinisse kunstzeewier rijen neergelegd om de erosie van de geul richting te kust tegen te gaan. Er was een significante verandering in de geul. Erosie van de zandbank kwam tot een stop, wel werden de geulen dieper (figuur 12). Er werd geconcludeerd dat ophoping van sediment verwacht zou kunnen worden bij een kleine orbitale beweging op de bodem. Er kunnen daarbij wel secundaire effecten evenwijdig aan de stroming worden verwacht.



Figuur 12. Recent applications of artificial seaweeds in the Netherlands. Overgenomen uit "Recent applications of artificial seaweeds in the Netherlands" van Hoopen, 1976. https://icce-ojs-tamu.tdl.org/icce/index.php/icce/article/viewFile/3215/2879

In 1968 zijn er experimenten gedaan in Engeland door Price, Tomlinson en Hunt om de effecten van kunstzeewier op de opbouw van stranden te onderzoeken. Eerst is er in een laboratorium onderzocht of er effecten waren. Na 140 uur golfslag is er een laag zand boven aan het "strand" geëindigd. De hoogte van de golven werden uiteindelijk met ongeveer 4% verlaagd. Na dit experiment in het lab is er een experiment in het veld uitgevoerd. Dit is gedaan in Bournemouth Engeland. Door de stroming erodeerde de kust hier al jaren in een gebied van 5574,2 m^2. In het gebied waar het kunstwier is neergelegd zou de bodemhoogte 6 keer per jaar worden gemeten. Door veel stormen in de winter kon er helaas niet worden gemeten en was de verwachting dan ook dat er veel erosie zou hebben plaatsgevonden. Integendeel, er was een kleine aanwas aan sediment aan de luw zijde van het zeewier. Later bleek dat het kunstwier wel was beschadigd door de stormen. Er wordt geconcludeerd dat kunstzeewier een bijdrage kan leveren aan de opbouw van stranden door kustwaartse transport.

Het is niet eenduidig of, of tot in hoe ver zeewier een bijdrage kan leveren aan golfdemping of de stimulatie van sedimentatie. Ook wordt in de genoemde bronnen alleen getoetst op kunstzeewier waarbij dit wier op de bodem is geplaatst. Met betrekking tot zeewierteelt wordt zeewierteelt in de bovenste laag van de waterkolom gekweekt. Dit zou dus hele andere effecten kunnen hebben. Ook is de constructie van zeewierteelt niet getest,

De constructie zou in golfslag veel te verduren hebben. In een experiment voor mosselhangcultuur (Groenendijk, *et al.*, 2016) werd een vergelijkbare constructie voor zeewierteelt gebruikt waarbij de constructie bij Bremen, 25km uit de kust, werd blootgesteld aan golven van maximaal 6,4 meter en stroomsnelheden van 1,52 m/s. De constructie faalde een keer door een storm en een keer door een aanvaring met een zeilboot.

In het geval van zeewierteelt en de invloed op golfdemping en stimulatie van sedimentatie zou er onderzoek moeten worden gedaan naar de weerstand van zeewier en de constructie hiervoor in het bovenste deel van de waterkolom.

3.1.2 Biodiversiteit

Kelp zoals te zien in figuur 13 zijn zo genoemde “ecosystem engineers”. Dit betekent dat kelp invloed kan uitoefenen op de omgeving en dus op de organismen om in zijn omgeving. Kelp bepaalt onder andere lichtinval, sedimentatie en stroming waarbij het kelp habitat kan vormen voor andere organismen. Binnen kelpwouden zijn er rond Engeland 1800 soorten (Burrows, 2013) planten en dieren gevonden.
Zeewier zorgt voor opgeloste voedingsstoffen voor filterfeeders en substraat voor bacteriën om op te groeien. De wieren staan in bijvoorbeeld kelpwouden aan het begin van bijna elke voedselketen. Deze wieren bepalen de beschikbaarheid van middelen voor andere soorten. Als zeewier eenmaal in het voedselweb aanwezig is kunnen de stoffen van zeewier opnieuw worden samengesteld, worden gebruikt als schild, als chemische camouflage of als wapen. Ook zouden zeewiersoorten elkaar beschermen. Sommige soorten, alleen staand in een gebied, worden opgegeten terwijl een ander soort wier in hetzelfde gebied niet meer wordt gegeten. Dit komt door het chemische afweersysteem tegen herbivoren. Wieren kunnen via signaalstoffen elkaar ‘waarschuwen’. Als een wier wordt gegeten zou dit wier extra chemicaliën aan het water kunnen afgeven waardoor wieren die hiernaast staan extra afweer chemicaliën kunnen produceren. Wieren kunnen ook signaalstoffen afgeven om benthische organismen in planktonische fase aan te trekken. Dit is belangrijk voor deze kleine organismen omdat ze erg kwetsbaar zijn in deze levensfase. (Pereira, Gama & da Sudatti, 2017)

Figuur 13. Vissen in kelpwouden. Overgenomen uit “De grote kelpwouden langs de pacific” van OceanDesertFood, 2018. (http://oceandesertfood.nl/nl/producten/chips-uit-zee/kelp-in-woord)

Organismen zullen sneller bij zeewier blijven voor bescherming tegen predatie dan als een bron van voedsel (Pereira, Gama & da Sudatti, 2017). Omdat organismen deze bescherming opzoeken is dit ook belangrijk voor predatoren als voedsel, ook daarom zijn zeewieren belangrijk voor de biodiversiteit. Zo profiteren vogels en zeehonden weer van de vis die in de kelpwouden leven. Sommige vissoorten kunnen hier een beschermd stukje vinden om een nest te maken en sommige soorten gebruiken de kelp om eieren aan te laten hechten. Zeewierteelt zou hier dus ook een rol in kunnen spelen. Hierdoor zouden soorten die onder druk liggen van visserij of worden bedreigd door verlies van habitat (Kraan, 2010) hier misschien weer sneller aanwas kunnen leveren aan de populatie. Reproductie is dus ook een belangrijke functie van een zeewierveld.

In de Cariben (Radulovich, Umanzor, Cabrera, & Mata, 2014) zijn onder andere experimenten gedaan met de kweek van zeewier en de biodiversiteit. 12 weken lang werd de biodiversiteit geobserveerd. Bij alle getoetste percelen was de biodiversiteit hoger dan 50 m verderop bij de controle gebieden. Alleen bij twee percelen waar naast het perceel een klein koraalrijk gebied lag was er niet veel verschil in voorkeur van gebied voor organismen. Het onderzoek werd gedaan in een beschermd gebied. Tijdens dit experiment werd er ook een haai gezien en deze waren volgens de beheerder van dit gebied al jaren niet meer gezien. Wel verdwenen vrijwel alle dieren zodra er was geoogst.

Sommige soorten zeewier hebben ook bacteriën nodig om goed te kunnen ontwikkelen. De bacteriën moeten niet uitgroeien tot biofouling, om dit te voorkomen laat het wier soms zijn buitenste cellaag los, maakt het een plakkerige laag aan. Sommige soorten laten ook sneller stukken afscheuren aan de uiteinden van de bladeren door erosie of worden er chemicaliën uitgescheiden (Armstrong, *et al.*, 2001). Ook zijn er bacteriën die het wier helpen voort te planten. Sommige soorten bacteriën geven signaalmoleculen af waar sporen van Ulva zich tot aangetrokken voelen. Ulva kan deze stoffen dus detecteren (Joint, Tait & Wheeler, 2007).

3.1.3 Vastleggen van koolstofdioxide

Het CO_2 gehalte (Agarwal, *et al.,* 2016) in de atmosfeer stijgt. CO_2 is een broeikasgas dat warmte in onze atmosfeer vasthoudt. De stijging in CO_2 zou gevolgen kunnen hebben op het klimaat op de wereld. Oceanen zullen zuurder en warmer worden met gevolgen voor op het land.
Zeewieren zouden een tijdelijke koolstofdioxide opslagplaats kunnen zijn. Bij het afbreken of afsterven van zeewier wordt de biomassa verteerd door grazers, dieren die in de waterkolom leven en bacteriën. Het verteerde wier kan worden omgezet in biomassa van het organisme die het wier heeft gegeten. Ook kan het als ontlasting van grazers een tijd op de zeebodem blijven liggen. Maar ook kan een deel worden verteerd en bij verbranding weer in het water worden gebracht waarbij het opnieuw kan worden gebruikt voor fotosynthese of het wordt weer afgegeven aan de lucht. Het is zeker dat een significant deel als opgeslagen carbon op de zeebodem kan blijven liggen waardoor er tijdelijke opslag is (Agarwal, *et al*., 2016).
Kelpwouden zijn een van de grootste bronnen in primaire productie dus het proces van fotosynthese. Dit hangt af van de beschikbaarheid van nutriënten, licht, temperatuur en beschutting tegen golven. Koolstofdioxide wordt opgenomen en zuurstof wordt afgegeven. Kelp kan zich echter ook aanpassen aan lokale omstandigheden om alsnog maximaal aan fotosynthese te kunnen doen (Burrows, 2013). Geschat wordt dat zeewier gemiddeld zo'n 3 kg C per m^2 per jaar op neemt (Chung, et al., 2012). Jaarlijks wordt er zo'n 0,7 miljoen ton koolstof uit het water opgenomen door commercieel geoogste wieren (Chung, et al., 2012). Zeewier zou dus een koolstofdioxide opslagplaats kunnen worden.
In Nederland wordt zeewier gekweekt of gesneden voor menselijke consumptie, hierbij wordt het wier weer verteerd en zal de opgeslagen koolstof weer worden afgegeven na verbranding als CO_2. Daarom is het belangrijk dat er elk jaar, jaarrond wordt geteeld, zo blijft er toch koolstof tijdelijk opgeslagen.

In tegensteling tot landplanten hebben wieren ook een andere vorm van koolstof (C) ter beschikking, namelijk bicarbonaat (HCO_3^-). In de oceanen van rond de 15 graden Celsius met een pH van ongeveer 8,07 zit ongeveer 2,1 mol koolstof per m^3. Het totaal aan opgeloste organische koolstof wordt weergegeven als Ci. Van de Ci is 91% in de anorganische vorm HCO_3^-, 8% in CO_3^{2-} en 1% in de vorm van CO_2 (Fernandez, Hurd & Roleda, 2014). Hiervan kunnen alleen CO_2 en HCO_3^- worden gebruikt als koolstofbron voor fotosynthese. De kleinste hoeveelheid bron van Ci, CO_2, kan door middel van passieve transport in de cel worden opgenomen. Het grootste gedeelte aan Ci in de oceanen, HCO_2^-, kan niet direct worden opgenomen in de cel doordat het geladen molecuul niet door de lipiden barrière van het plasmamembraan kan komen. Er kan alleen HCO_3^- worden opgenomen via actief transport waarvoor speciale kanaaltjes voor moeten worden aangemaakt. Daarom is HCO_3^- niet de meest gewenste vorm om C op te kunnen nemen (Fernandez, Hurd & Roleda, 2014).

In onderstaande tabel is de het percentage koolstof in *Ulva lactuca* en *Saccharina latissima* weergegeven. Dit staat gelijk aan de hoeveelheid opgeslagen koolstof met de opname van CO_2. Zo kan de tijdelijke opslag van CO_2 worden berekend.

Tabel 4. Percentage koolstof (C) dw in *Ulva lactuca*

Informatie uit welk land	Minimaal %C	Gemiddeld %C	Maximaal %C	Bron
Nederland, Oosterschelde		26%		Groenendijk*, et al.*, 2016
Noorwegen Oslofjord	31,5%	33,3%	35,1%	Pedersen, *et al.,* 2010
Denemarken indoor	29,63%	30,2%	30,8%	Nielsen, *et al.*, 2011
Totaal gemiddeld	30,6%	29,8%	32,9%	

In hoofdstuk 2.5.2 is uitgerekend dat er gemiddeld 990 ton dw *Ulva lactuca* kan worden geproduceerd per 50 ha per jaar. Op basis van de gegevens van tabel 4 bestaat Ulva gemiddeld uit 29,8% koolstof. Dus van de 1980 ton dw Ulva voor 100 ha is (1980*0,298) 590 ton koolstof. Maar koolstof is maar 27,3% van het hele molecuul CO_2. Er moet nog 72,7% zuurstof bij maar deze zuurstof is met het fotosynthese proces weer aan de omgeving afgegeven. In totaal is er dus (100*590/27,3) 2161 ton CO_2 opgenomen.

Voor *Saccharina latissima* geldt dat er gemiddeld 248 ton dw voor 100 hectare kan worden geproduceerd (hoofdstuk 2.5.2). Dit is het gemiddelde zonder gegevens van de Wierderij (Wald, *et al*., 2014) in productie van Saccharina.

Tabel 5. Percentage koolstof (C) dw in *Saccharina latissima*

Informatie uit welk land	Minimaal %C	Gemiddeld %C	Maximaal %C	Bron
Denemarken, Aarhus Bay	34,6%	36,5%	38,3%	Nielsen, *et al.,* 2014
(*Saccharina japonica*) Azië algemeen	25%	28%	31%	Muroaka, 2004
Totaal gemiddeld	29,8%	32,2%	34,7%	

Gebaseerd op de getallen uit tabel 5 bestaat Saccharina voor 32,2% uit koolstof.
Dus het gemiddelde percentage koolstof genomen van de 248 ton dw Saccharina is (248*0,322) 80 ton C. Hier moet nog 72,7% zuurstof bij om het molecuul CO_2 te krijgen. Dit komt dan op (100*80/27,3) 293 ton opgenomen CO_2 per jaar. Totaal wordt er jaarrond op 100 ha dus ongeveer 2454 ton CO_2 opgenomen.

Om een idee te krijgen hoeveel dit is wordt hier nog een berekening van gemaakt. Volgens de European Commission (2016) in klimaat actie stoot een gemiddelde nieuwe personenauto verkocht in 2016 gemiddeld 118,1 gram CO_2 uit per km. Dit was ver onder het doel van 2015 van 130 g CO_2 per km dus dit was positief. Voor 2021 van gegevens van 2020 wordt het doel om de gemiddelde personenauto maar 95 gram CO_2 per km uit te laten stoten. Er moet dus vanaf 2015 tot 2020 een reductie zijn van totaal 18%. Volgens Google Maps (Google & INEGI, 2018) is een autoreis van Amsterdam naar Kaapstad in de kortste route zonder de kilometers met veerboten meegerekend 12.878,6 km. Retour is dit 25.757,2 km. Hiermee wordt met een gemiddelde auto in 2016 (25757,2*118,1/1000000) 3 ton aan CO_2 uitgestoten. Dit staat gelijk aan de uitstoot van 50 auto's die 16 keer op en neer rijden van Amsterdam naar Kaapstad.
Om dit op lokale schaal te bekijken, wordt er gekeken naar een van de meest vervuilende gebieden van Nederland, de haven van Rotterdam. Het Rotterdam Climate Initiative (RCI) wil de uitstoot van CO_2 met 50% verminderen van de emissies van 1990 in 2025. In een rapport van ECN (Plomp, *et al.,* 2013) wordt dit beschreven en onderzocht. De resultaten laten zien dat de CO_2-emissies in 2015 zullen stijgen tot 2020 van 2,6 Mton naar 3,3 Mton. Dit is alleen nog maar in de sector chemie van de haven. Dit is een toename van 0,14 Mton per jaar. In dit jaar 2018 zou dit een uitstoot zijn van 3,02 Mton CO_2. 100 hectare zeewierteelt zou dan jaarlijks (100*2454/3020000) 0,08% kunnen compenseren van de jaarlijkse uitstoot van chemie van de haven van Rotterdam.

3.1.4 Opname nutriënten

Nutriënten zijn van groot belang in een ecosysteem voor bijvoorbeeld groei. Maar bij een teveel aan nutrieten ontstaat er eutrofiëring (Compendium voor de Leefomgeving, 2016). Dit gebeurt doordat algen massaal gaan groeien van deze nutriënten. Hierdoor sterven zuurstof afgevende waterplanten en wieren omdat het oppervlakte bezaaid wordt met algen waardoor deze planten geen licht meer krijgen. Deze stervende planten en wieren worden afgebroken door bacteriën. Als de algen sterven worden deze ook door bacteriën afgebroken. Door de sterfte van de organismen die zuurstof produceren en worden afgebroken door bacteriën waarbij zuurstof wordt verbruikt, kan er een zuurstof te kort ontstaan bij andere organismen. Vissen en schelpdieren zouden bijvoorbeeld kunnen sterven. Deze dode organismen worden ook weer verteerd door bacteriën. Uiteindelijk is er voor deze bacteriën ook niet genoeg zuurstof meer en zullen zij ook sterven. Er blijft dan een zwart, stinkend, zuurstofloos stuk vijver over. Vooral sloten en vijvers waar weinig verversing is zou dit probleem kunnen ontstaan. De belangrijkste veroorzakende nutriënten zijn hierin stikstof (N) en fosfor (P) en als gevolg van het Chlorofyl-A gehalte, dit is het gehalte aan algen (Compendium voor de Leefomgeving, 2016).

Zeewierteelt kan deze overtollige nutriënten opnemen en zo eutrofiëring voorkomen. Stikstof en fosfor zijn de belangrijkste voedingsstoffen voor zeewier en ook de grootste veroorzakers van eutrofiëring dus dit zou een

goed oplossing kunnen zijn om deze stoffen uit het water te halen. Ook zou het de zuurstofloosheid tegen kunnen gaan door afgifte van zuurstof (Fei, 2004).
Hiervoor is het belangrijk om te weten hoeveel stikstof en fosfor *Ulva lactuca* en *Saccharina latissima* op zouden kunnen nemen uit het systeem als men op 100 hectare jaarrond zou kunnen kweken. Ook is het belangrijk als er op 100 hectare zou worden geweekt, of de opname van deze nutriënten dan gevolgen kunnen hebben voor het systeem. Dit zal in hoofdstuk 5 verder specifiek voor de Oosterschelde en Grevelingen worden uitgewerkt

Door het percentage stikstof en fosfor uit de droge biomassa te berekenen kan er worden berekend hoeveel van deze nutriënten er is opgenomen.

Tabel 6. Stikstof (N) percentage *Ulva lactuca*

Land van informatie	Minimaal %N	Gemiddeld %N	Maximaal %N	Bron
Oosterschelde water		2,5%		Groenendijk, *et al.,* 2016
Noorwegen Oslofjord	3,09%	4,94%	6,79%	Pedersen, *et al.,* 2010
Nederland	2%	3,49%	5,8%	Breure, 2014
Marine Fishpond Effluents	4,6%	5,2%	5,7%	Cohen, Neori, 1991
Totaal gemiddeld	3,2%	4,3%	6,1%	

Gebaseerd op de getallen uit tabel 6, zou Ulva voor 4,3% uit stikstof bestaan.
Voor 100 hectare kweek van Ulva kan dan gemiddeld (1980*0,043) 85,1 ton stikstof per jaar opgenomen kunnen worden uit het water. Dit wordt opgeslagen in biomassa, na de oogst is dit pas uit het systeem verwijdert.

Tabel 7. Stikstof (N) percentage *Saccharina latissima*

Land van informatie	Minimaal %N	Gemiddeld %N	Maximaal %N	Bron
Denemarken buiten	0,14%	0,9%	1,41%	Nielsen, *et al.,* 2015
Noorwegen bij zalmkwekerij buiten	3%	3,25%	3,5%	Handa, et al., 2013
Denemarken Aashus Bay	0,9%	1,48%	2,21%	Nielsen, *et al.*, 2014
Faroe Islands	2%	2,5%	3%	Ortind, 2015
Totaal gemiddeld	1,5%	1,8%	2,5%	

Gebaseerd op bovenstaande getallen bevat Saccharina 1,8% stikstof. Saccharina kan dan (248*0,018) 4,5 ton stikstof uit het water kunnen halen per 100 hectare per jaar.

In jaarronde teelt zou er na de oogst in totaal met Ulva en Saccharina 89,6 ton stikstof uit het systeem kunnen worden gehaald.

Tabel 8. Fosfor (P) percentage *Ulva lactuca*

Land van informatie	Minimaal %P	Gemiddeld %P	Maximaal %P	Bron
Noorwegen Oslofjord	0,11%	0,14%	0,17%	Pedersen*, et al.*, 2010
Nederland	0,09%	0,13%	0,15%	Breure, 2014
Tunesië		0,9%		Garna, et al., 2011
Totaal gemiddeld	0,10%	0,12%	0,16%	

Gebaseerd op de getallen uit tabel 6 zou Ulva voor 0,12% uit fosfor bestaan.
Voor 100 hectare kweek van Ulva kan er in totaal (1980*0,0012) 2,4 ton fosfor in biomassa kunnen worden opgeslagen.

Tabel 6. Fosfor (P) percentage *Saccharina latissima*

Land van informatie	Minimaal %P	Gemiddeld %P	Maximaal %P	Bron
	0,15	0,27	0,49	Nielsen*, et al.,* 2014

Voor Saccharina was er helaas naar weten bijna geen informatie te vinden over het percentage fosfor in biomassa van drooggewicht. Er zal gerekend moeten worden met maar een getal uit literatuur.
Gebaseerd op de getallen uit de tabel zou Saccharina voor 0,27% uit fosfor bestaan. In totaal kan Saccharina (248*0,0027) 0,7 ton fosfor per jaar per 100 ha opnemen.

In een jaarronde teelt zou er dan 3,1 ton fosfor uit het systeem kunnen worden gehaald na de oogst van de biomassa.

3.1.5 Afgifte van zuurstof

Als zeewier in gebieden met eutrofiëring kan groeien zou de zuurstofloosheid kunnen worden verminderd door de afgifte van zuurstof. Hieronder is de afgifte van zuurstof berekend op basis van het percentage koolstof in het wier uit hoofdstuk 3.1.3.
Op basis van deze gegevens is er van het totaal 2454 ton opgenomen CO_2, afgerond (2454*0,727) 1784 ton zuurstof afgegeven aan de omgeving als er jaarrond op 100 hectare met Ulva en Saccharina zou worden gekweekt.

4. Beperkingen zeewierteelt

4.1 Natuurwetgeving

In 2013 is natuurbeleid gedecentraliseerd van de Rijksoverheid naar de provincies, het Rijk is alleen verantwoordelijk voor de aanwijzing en begrenzing van gebieden (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2017). Een aanwijzing van een beschermd gebied kan Natura 2000 zijn. Een Natura 2000 gebied wordt aangewezen omdat dit gebieden een belangrijke functie heeft voor natuur en milieu.
Het proces van de benoeming van een Natura 2000 gebied begint door het gebied bij de EU aan te melden als gebied onder de Habitatrichtlijn. De EU zet het gebied dan in de Communautaire lijst, de lijst van beschermde gebieden. De minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) wijst een gebied met vogel- en/of habitatrichtlijnen aan als Natura 2000 gebied onder Nederlandse wetgeving (Wet natuurbescherming). Er wordt dan een aanwijzingsbesluit gemaakt. Hierin staan de doelen voor de habitattypen en soorten en de begrenzing van het gebied. Hierna kan men nog inspraak hebben op de aanwijzing van het gebied. Als dit gebied vaststaat als Natura 2000 gebied wordt er een beheerplan opgesteld. Hierin staan de doelen en wat er moet gebeuren om deze doelen te halen. Betrokken partijen nemen hieraan deel waarin de provincie meestal het voortouw neemt (Beschermde natuur in Nederland: soorten en gebieden in wetgeving en beleid, n.d). De Oosterschelde is aangewezen tot gebied met vogel- en habitatrichtlijnen omdat het bepaalde belangrijke habitattypes heeft zoals permanent overstromende zandbanken en zeldzame vogelsoorten (Programmadirectie Natura 2000, 2009).

Voor de uitvoer van menselijke activiteiten in een Natura 2000 zijn er een of meerdere vergunningen nodig. Om de aanvraag van een vergunning met betrekking tot natuurwetgeving te verduidelijken heeft er een interview plaats gevonden met Richard Eeser en Marie-Cecile van Aubel van de provincie Zeeland (Bijlage III). Hieruit volgt dat het aanvragen van een vergunning moet gebeuren wanneer een activiteiten niet beschreven is in het beheerplan van het Natura 2000 gebied. Als iemand een vergunning wil aanvragen voor bijvoorbeeld zeewierteelt moet men deze aanvraag eerst naar de gemeente sturen. De aanvraag gaat dan over een omgevingsvergunning. Als de gemeente dan concludeert dat een vergunning moet komen vanuit natuurwetgeving gaat de aanvraag automatisch naar de provincie. Hierbij stelt de gemeente een verklaring van geen bedenkingen op. Dit moet wanneer de aanvraag van een vergunning van een activiteit niet in het bestemmingsplan staat voor het betreffende gebied. Hierna gaat de aanvraag met betrekking tot natuurwetgeving naar de provincie. Voor het geval van zeewierteelt in de Oosterschelde en Grevelingen heeft men in de Wet natuurbescherming te maken met gebieds- en soortenbescherming. Hier worden de effecten op de omgeving mee in kaart gebracht en ook of dit eventuele schadelijke gevolgen heeft voor het gebied. Hier moet de vergunningsaanvrager de effecten in kaart brengen door het maken van een passende beoordeling. Het is bijvoorbeeld belangrijk om te weten wat er gebeurt met de organismen die zich aan de kweeklijnen van het teeltsysteem hechten na het oogsten. Ook wordt er gekeken naar de cumulatieve effecten, dus of het systeem bijvoorbeeld genoeg draagkracht heeft om deze activiteit te ondersteunen. Hierna wordt er vanuit de provincie besloten of deze activiteit mag plaats vinden. Voor de aanvraag van een vergunning voor zeewierteelt zijn er drie opties:

- Zeewierteelt staat op dit moment niet in het beheerplan van de Oosterschelde of Grevelingen, als dit wel het geval was geweest, hoeft er geen vergunning meer voor worden aangevraagd
- Een vergunning bij de gemeente aanvragen waardoor de aanvraag waar de Wet Natuurbescherming geldt, automatisch naar de provincie zal worden gestuurd
- De vergunning apart aanvragen bij de provincie. Wel zal er voor de aanvraag voor de omgevingsvergunning nog apart een vergunning moeten worden aangevraagd bij de gemeente.

Bij een nieuwe activiteit kan er een monitoringsplicht worden opgelegd. De ondernemer moet dan bepaalde activiteiten en effecten in en rond de nieuwe activiteit monitoren. Naast de aanvraag voor een activiteit dat als doel heeft op diezelfde locatie te blijven voor bijvoorbeeld een paar jaar, kan er ook een vergunning worden aangevraagd voor een tijdelijk experiment, dit heet een pilot. Een pilot wordt gedaan om de effecten te kunnen inschatten voor een blijvende activiteit.

Voor de aanvraag van een vergunning voor een activiteit in een Natura 2000 gebied moet er dus veel onderzoek worden gedaan naar mogelijke effecten. Tenzij deze effecten al bekend zijn. Dan is het voor de ondernemer makkelijker een passende beoordeling te maken of hoeft deze niet meer gemaakt te worden.

4.2 Waterwet

Door middel van de waterwet wordt het grond- en oppervlaktewater en de waterkwaliteit- en kwantiteit beheerd. Waterkeringen, verontreiniging en waterhuishouding zijn allemaal in deze wet verwerkt. Als men invloed op deze aspecten zou kunnen ondervinden door bepaalde activiteiten uit te oefenen moet men de integrale watervergunning aanvragen. Dit kan samen met de omgevingsvergunning worden aangevraagd bij de gemeente, waarna de gemeente dit door kan sturen naar het bevoegde gezag of men kan direct via het bevoegde gezag, dit kan bijvoorbeeld Rijkwaterstaat of het waterschap zijn (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008). In een in interview met Rijkswaterstaat (Bijlage III) zou men in het geval van zeewierteelt, als er nog geen concreet plan is qua locatie, met iemand van Rijkswaterstaat in gesprek kunnen gaan over de mogelijkheden. Als de locatie al wat concreter is kan men een vergunning aan gaan vragen. Men komt alleen bij het waterschap terecht als het een men een activiteit wil laten plaatvinden nabij een waterkering. Rijkswaterstaat heeft ook bevoegd gezag hierbij, als de beheergebieden overlappen wordt er onderling gestemd wie de vergunning in behandeling zal nemen (Gijzel, 2017).

4.3 Visserijwet

De visserijwet regelt de bescherming en behoud van vis en schelpdieren. Hierin zijn ook gemeenschappelijk visserijbeleid van EU en internationale visserijverdragen die voor Nederland gelden in verwerkt. Gemeenschappelijk visserijbeleid van de EU wordt rekening gehouden met het voorbestaan van de sector en een gezonde visstand. Er worden regels en maatregelen opgesteld over de vangsthoeveelheid, plaats waar gevist mag worden, aantal visdagen of periode en voorschriften voor vistuig en vistechniek (Noordzeeloket, 2016). In de visserijwet staat wat onder vis wordt verstaan, minimummaten, gesloten tijden, welzijnsregels, registratie, regels gevormd worden in het belang van kust- en binnenvissers en de natuurbescherming, strafbepalingen en het instellen van visserijverbod in het belang van volksgezondheid. In de visserijwet wordt een scheiding gemaakt tussen zeevisserij, kustvisserij en binnenvisserij. Deze indeling wordt gemaakt op basis van benaming van aangewezen visserijzones (NILOS, 2016). Kust- en binnenvisserij vallen onder Nederlandse wetgeving, Zeevisserij valt onder Europees visserijbeleid. De zeevisserij wordt onderverdeeld in kust- en Noordzeevisserij, grote zeevisserij (pelagisch), schelpdierenvisserij en staandwantvisserij (Noordzeeloket, 2016).

5. Toepassing op de Oosterschelde en Grevelingen

5.1 Locatie en mogelijkheden

Voor betrouwbare resultaten in onderzoek naar zeewierteelt is opschaling nodig. 100 hectare wordt gezien als een betrouwbare schaal (bijlage I). Dit zal verdeeld worden in 50 hectare in de Oosterschelde en 50 hectare in de Grevelingen. Er moet gezocht worden naar een geschikte locatie voor zeewierteelt in de Oosterschelede en Grevelingen.
Een locatie is pas geschikt voor zeewierteelt wanneer omstandigheden en ruimtelijke ordening als gunstig worden bestempeld. Gunstige omstandigheden worden bestempeld als een locatie aan de volgende eisen voldoet:

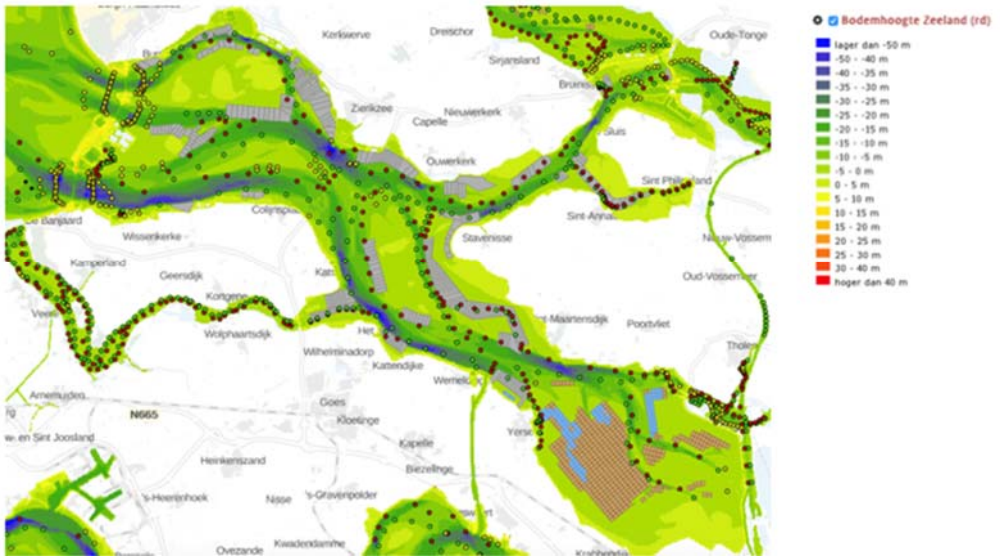
- Beschutting tegen golven
- Een minimale diepte van 3 meter
- Met betrekking tot beroepsvaart: 50 meter buiten vaarwegen
- In eerste instantie niet in gebieden met schelpdierenkweek, visserij of mosselzaadinvanginstallaties (MZI's)
- In het gebied dat de gemeente Schouwen-Duiveland heeft bestemd voor kansen in de aquacultuur

Figuur 14. Verdeling activiteiten per gebied bestemd volgens gemeente Schouwen-Duiveland. Doelen van Gemeente Schouwen-Duiveland, 2011 van (https://www.schouwen-duiveland.nl/_Resources/Persistent/bdc026ff2cd226daab1069424a6addd4474d17f1/Strategische%20Visie%20-%20Tij%20van%20de%20Toekomst.pdf)

Deze omstandigheden hebben allemaal te maken met ruimtelijke ordening. Als er geen ruimte is voor zeewierteelt kan er worden nagedacht over meervoudig ruimtegebruik met bijvoorbeeld een MZI of het kweken van wier in de wintermaanden waar oester- en mosselpercelen niet worden benut. Er zal dan met de eigenaar van de vergunning van deze locatie moeten worden overlegd, ook als er zeewier zou kunnen worden gekweekt vlak bij een visserijactiviteit. Hierna moet er via het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) toestemming worden gevraagd met betrekking tot vis- en kweekrechten. Hiermee zal er, omdat deze vorm van meervoudig ruimtegebruik niet in het bestemmingsplan staat, een passende beoordeling voor moeten komen met betrekking tot de Wet milieubeheer en de waterwet (Gorissen, 2018).

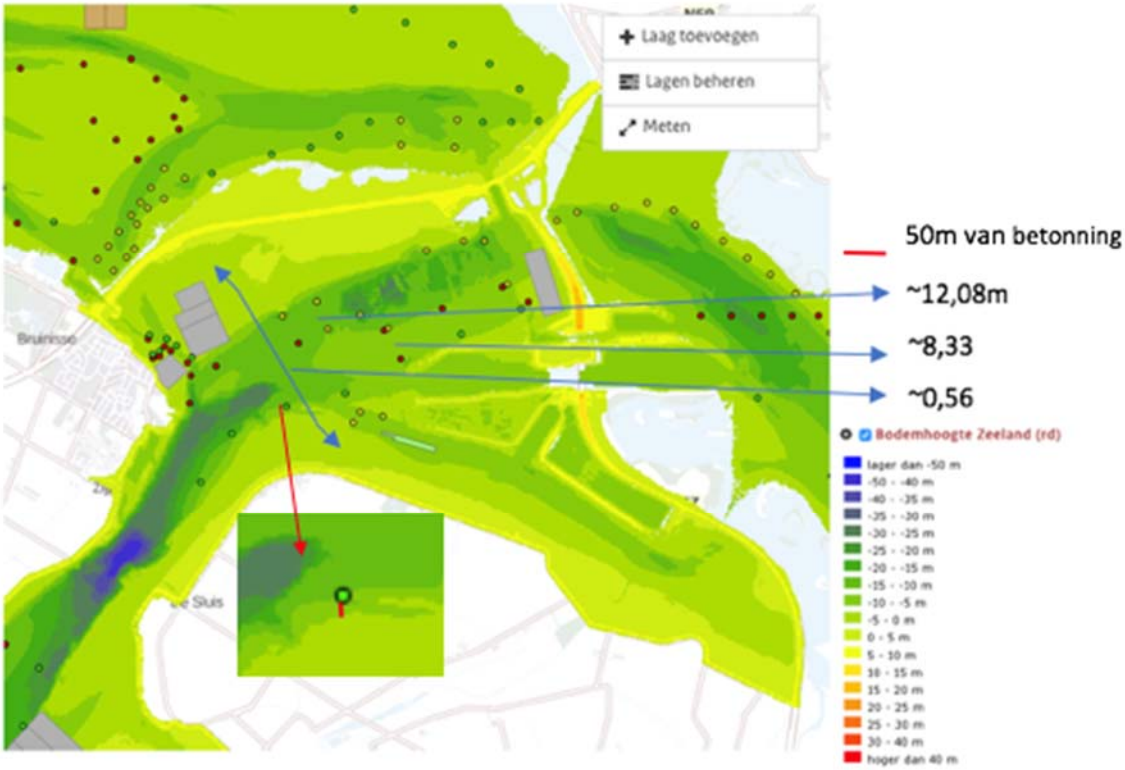
5.1.1 Oosterschelde

Zeewierkweek in de Oosterschelde heeft te maken met mossel- en oesterteelt, recreatie- en beroepsvaart, kitesurfgebieden, visserij, kokkelvisserij, uitzaaien van schelpdieren en mosselzaadinvanginstallaties (MZI)(Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal Haskoning DHV, 2016[a]). Deze ruimtelijke ordening heeft daarnaast ook te maken met gemeentelijke, provinciale en landelijke wetgeving.
In figuur 15 is te zien dat de Oosterschelde vrij vol is.

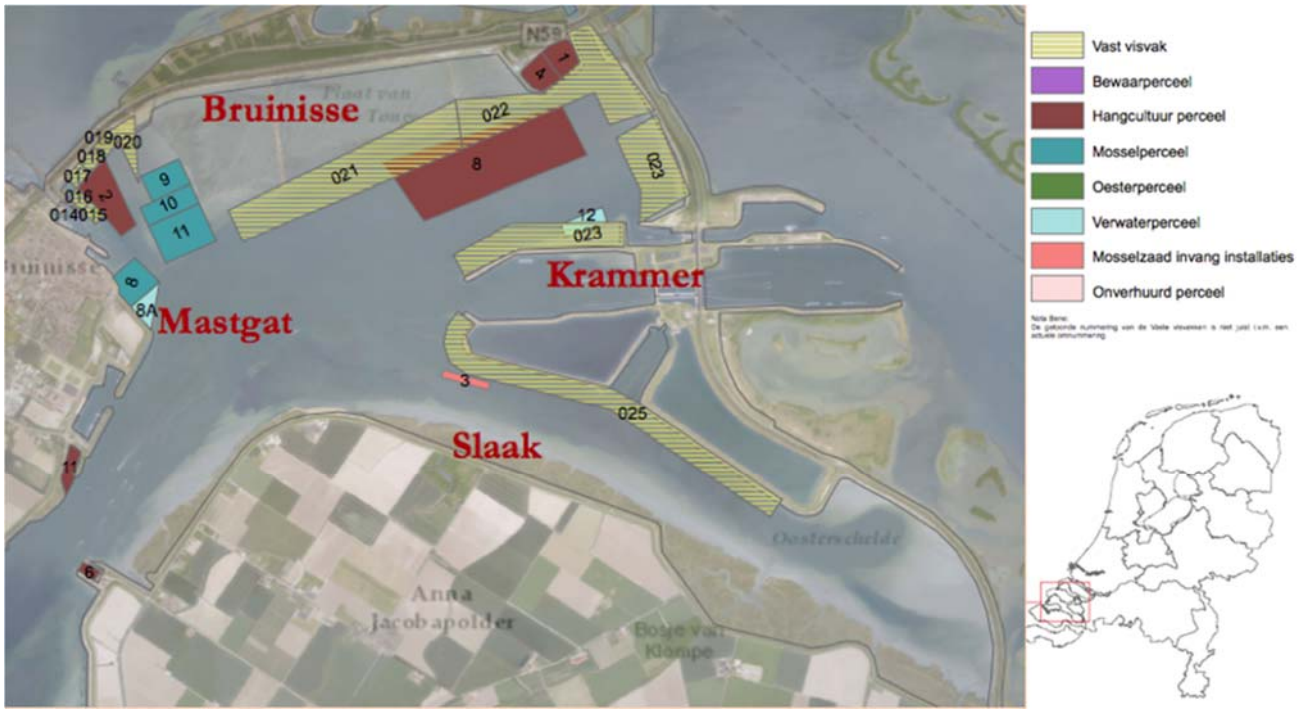


Figuur 15. Bodemhoogte Zeeland, Markeringen drijvend en schelpdierenpercelen in de Oosterschelde op basis van kaartlagen van het Nationaal Georegister (Nationaalgeoregister.nl)

In een gesprek met Rijkswaterstaat (Gijzel, 2017) is duidelijk geworden dat de meeste kans op ruimte voor zeewierkweek in de Oostelijke tak zit. Hier is minder beroepsvaart.



Figuur 16. Betonning, mosselpercelen, mosselzaadinvanginstallaties en waterdiepte (op basis van NAP) Oostelijke tak Oosterschelde gebaseerd op kaartlagen Nationaal Georegister (Nationaalgeoregister.nl)



Figuur 17. Kaart van de schelpdierenteelt, verkregen van Rijkswaterstaat.

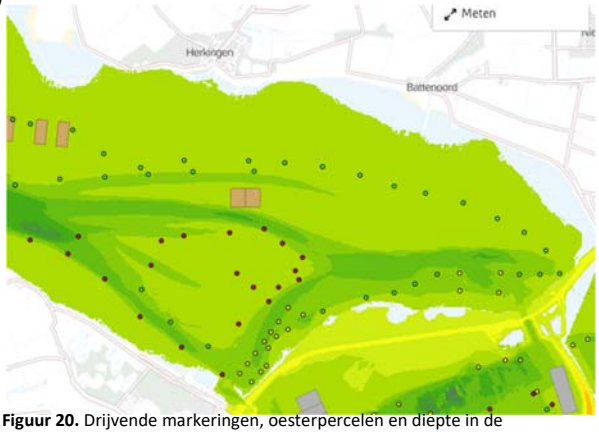
Er zouden in de Slaak nog kansen kunnen liggen voor ruimte voor zeewierteelt door in de lengte te gaan kweken (figuur 17, bij vak 025). Ook zou er in een haven bij Zijpe (figuur 17, links onderin, nummer 6) een vergunning zijn gegeven voor hangcultuur van mosselen alleen wordt hier nog geen gebruik van gemaakt. Hier zou eventueel met de vergunninghouder en het ministerie van LNV kunnen worden overlegd om hier zeewierteelt plaats te laten vinden. Plek voor de beoogde 50 hectare zeewierkweek is hier echter niet. De onderneming Landa, wil bij de Bergse diepsluis, zeewierteelt met mosselhangcultuur combineren. Indien mogelijk zouden daar lessen uit geleerd kunnen worden.

Figuur 18. Betonning, mosselpercelen, mosselzaadinvanginstallaties en waterdiepte (op basis van NAP) Oostelijke tak Oosterschelde met in het rood de beoogde 50 hectare, gebaseerd op kaartlagen Nationaal Georegister (Nationaalgeoregister.nl)

5.1.2 Grevelingen

Grevelingen heeft met betrekking tot zeewierteelt te maken met onder andere recreatievaart, kitesurflocaties en oesterteelt (Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal HaskoningDHV, 2016[b]). Omdat er geen beroepsvaart in de Grevelingen is, is de regel van 50m van betonning af hier minder streng (Gijzel, 2017).

Figuur 19. Betonning, mosselpercelen en waterdiepte (op basis van NAP) van de Grevelingen gebaseerd op kaartlagen Nationaal Georegister (na(Nationaalgeoregister.nl)



Figuur 20. Drijvende markeringen, oesterpercelen en diepte in de Grevelingen, gebaseerd op kaartlagen van Nationaal georegisgter (Nationaalgeoregister.nl)

Een probleem in de Grevelingen is dat het gebied erg ondiep is. Alle delen buiten vaargeulen zijn met een maximale diepte van 1,7m te ondiep voor zeewierkweek. In het interview met Rijkswaterstaat (Gijzel, 2017) bleek de meest belovende locatie voor zeewierkweek zuidelijk bij de Grevelingendam, achter een aangewezen kitesurflocatie (figuur 23) te zijn. Dit is het gedeelte bij de gele boeien in figuur 20 net boven de Grevelingendam bij de Flakkeese spuisluis. Hier zou een stukje betonning van de vaargeul zijn veranderd waardoor er misschien ruimte zou kunnen ontstaan voor zeewierteelt.
Maar er is nog steeds niet genoeg ruimte voor de beoogde 50 hectare zeewierteelt. Ook moet er rekening moeten worden gehouden dat er nog geen zeewier is gekweekt in de Grevelingen en dit dus ook nog in de praktijk moet worden getest. Saliniteit ligt van de Grevelingen en Oosterschelde in een gedeeld vlak van ongeveer 27,6 DIMSLS. Of nutriënten ook een beperkende factor kan zijn in de Grevelingen vergeleken met de Oosterschelde zal in 5.2.3 worden uitgewerkt.

Figuur 21. Aangewezen kitesurflocaties bij de Grevelingendam. Van Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West- Nederland & Royal HaskoningDHV, 2016 [b],
(http://www.rwsnatura2000.nl/Gebieden/DW_Deltawateren/documenten+deltawateren/HandlerDownloadFiles.ashx?idnv=648250)

5.2 Ecosyteemdiensten

5.2.2 Biodiversiteit

In de Oosterschelde zijn er behalve door de Wierderij (Wald*, et al*., 2014) geen andere studies uitgevoerd met betrekking tot biodiversiteit en zeewierteelt. Bij de Wierdeij (Wald, *et al.,* 2014) was er sprake van een kraamkamerfunctie. Ook waren er scholen harders (*Chelon labrosus*) onder het vlot van de kweek. Er is niet specifiek naar de biodiversiteit gekeken omdat het onderzoek naar veel aspecten van de zeewierkweek keek. Wel zijn de hoeveelheden kreeftachtigen, stekelhuidigen, polycheaten en zakpijpen bijgehouden. Hier bleek dat deze onder de zeewierplatforms lager was dan in een studie uit 2009 waar men bij vergelijkbare diepte maar wel buiten de haven, op een dam, naar de biodiversiteit keek (Wald, *et al.,* 2014). Ook is er bij de Wierderij onderzoek gedaan naar het bodemleven, er werd uit geconcludeerd dat er geen verschil was bij de Wierderij in vergelijking met een referentie gebied.
Het is de vraag of deze gevormde biodiversiteit ook zo blijft als er twee keer per jaar wordt geoogst en het dus niet altijd een stabiele plek is om veilig te zijn of dit dan nog veel biodiversiteit aantrekt. Ook moet hier nog meer onderzoek naar worden gedaan of, en welke soorten zich hier dan vestigen en voor hoe lang in de Oosterschelde en Grevelingen.
Om negatieve gevolgen te voorkomen is het belangrijk om bij de teelt, andere organismen in het ecosysteem niet te verdringen door licht limitatie door schaduw van de zeewierteeltconstructie of stukken afgescheurde zeewier waardoor bijvoorbeeld mosselen bedekt worden en geen water meer kunnen filteren voor voedsel (Wald, 2010).

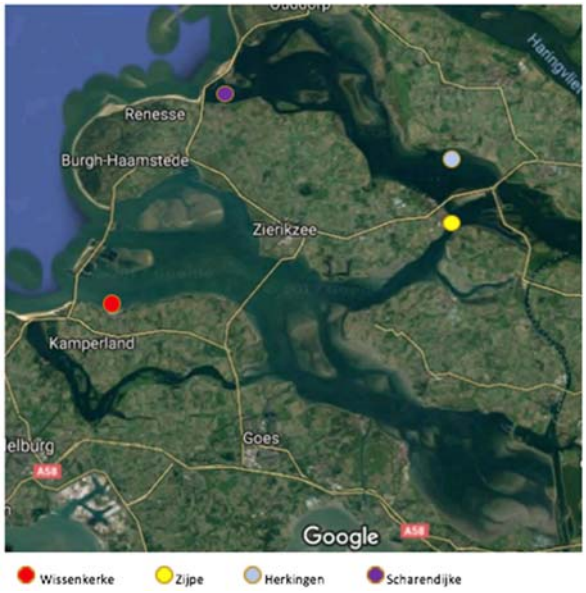
5.2.3. Afgifte van zuurstof

Afgifte van zuurstof zou door getij in de Oosterschelde niet veel effect hebben. In de Grevelingen is er in de zomer sprake van zuurstofloosheid. Dit komt doordat er meer stratificatie optreedt door minder stroming. Doordat zeewier in de bovenste laag van de waterkolom wordt gekweekt wordt hier dan ook de zuurstof afgegeven. Dit heeft alleen geen invloed op de zuurstofloze bodem doordat er geen stroming is dat de waterlagen zou kunnen mixen waardoor er meer zuurstof op de bodem zou kunnen komen.

5.2.4 Opname nutriënten

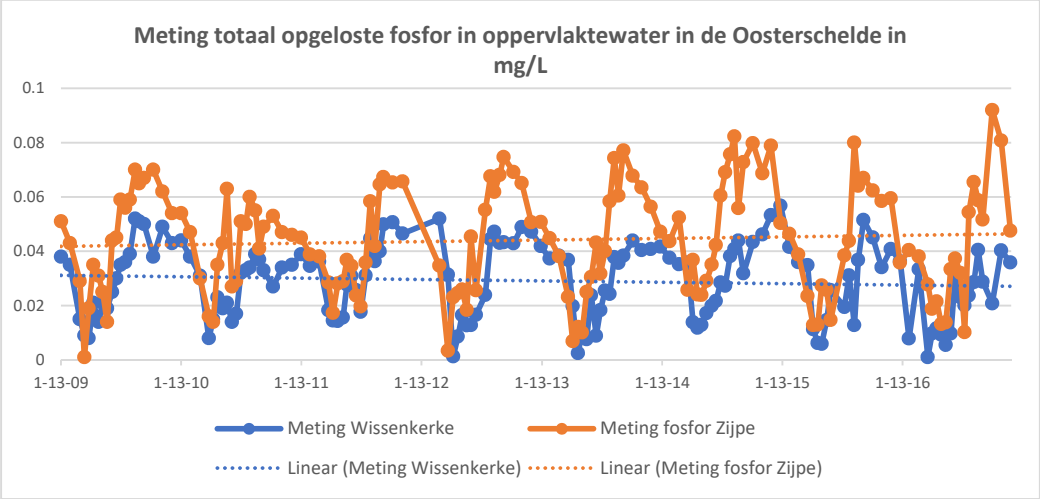
Om een schatting te kunnen maken voor de opname van nutriënten is het belangrijk om de hoeveelheden stikstof en fosfor te vergelijken in de Oosterschelde en Grevelingen. Gebaseerd op hoofdstuk 3.1.4 kan er een inschatting worden gemaakt hoeveel impact jaarronde zeewierteelt op 50 hectare zou hebben op de netto stoffenbalans van de Oosterschelde en Grevelingen. Het is ook van belang om een inschatting te maken of zeewier wel kan groeien in de Grevelingen. Om hier een schatting van te maken worden stikstof en fosfor in de Oosterschelde en Grevelingen vergeleken.

Nutriënten in de Oosterschelde en Grevelingen zijn de laatste jaren goed bijgehouden door Rijkswaterstaat. In de schelphoek wordt al zeewier gekweekt. Met deze nutriënten concentraties zou zeewierkweek dus mogelijk moeten zijn. Helaas zijn er in de schelphoek maar een paar metingen gedaan door Rijkwaterstaat. In Wissenkerke zijn wel voldoende metingen gedaan en dit is dan ook de meest vergelijkebare locatie met de schelphoek. Ter controle of er verschil in nutriënten concentraties is bij de waterkering in het westen van de Oosterschelde en bij de oostelijke tak, worden gegevens van Wissenkerke met die van Zijpe vergeleken. Zijpe wordt gekozen omdat hier de meeste potentie is voor zeewier, de

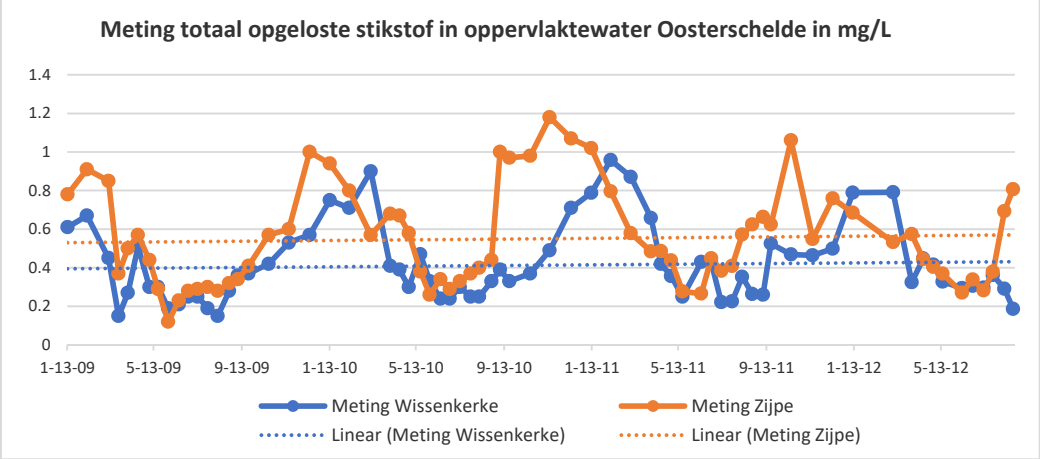


Figuur 22. Plekken van gebruikte nutriënten metingen in de Oosterschelde en de Grevelingen. Kaartgegevens Google aangepast overgenomen van Landsat/ Copernicus, Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA & GEBCO, 2017 van (https://www.google.nl/maps/@51.6213419,4.006856,65037m/data=!3m1!1e3)

zuidelijke tak wordt dus niet meegenomen. In onderstaand figuur is te zien dat er wel verschil is tussen de concentratie fosfor en stikstof in de Oostelijke tak en de westelijke tak van de Oosterschelde. De verschillen in de concentraties kunnen worden veroorzaakt doordat er een water van bemest landbouwgrond via een gemaal hier de Oosterschelde in stroomt.

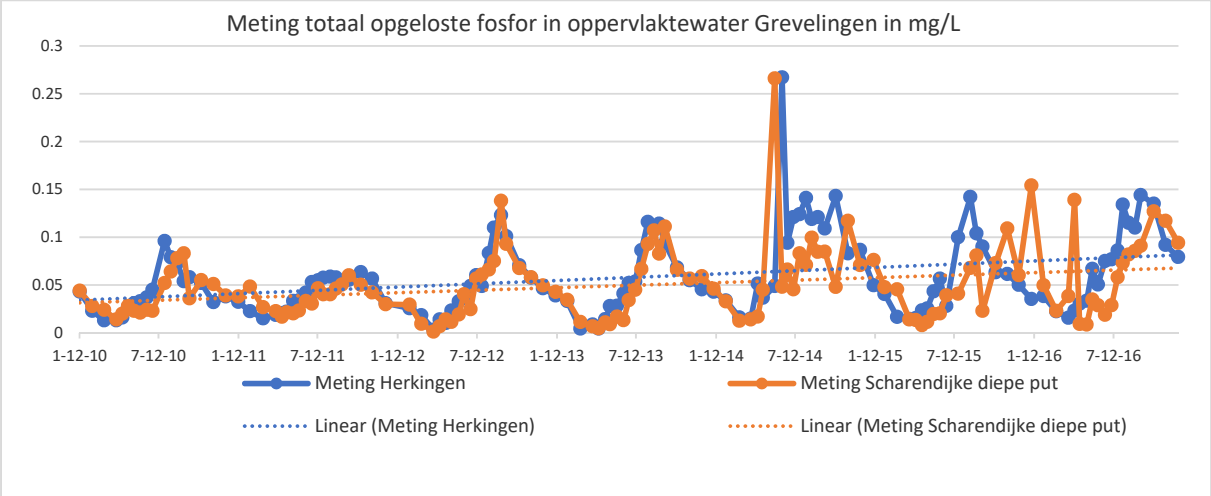


Figuur 23. Concentratie P in de Oosterschelde bij Zijpe (Noordelijke tak) en bij Wissenkerke (Oostelijke tak) van januari 2009 tot januari 2017.Gegevens van Rijkswaterstaat water info (waterinfo.rws.nl), 2017

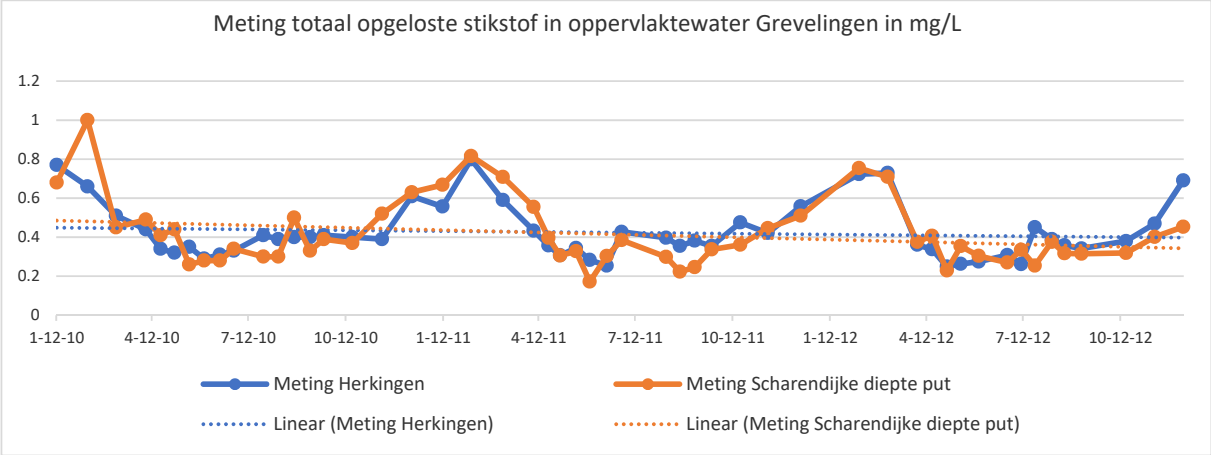


Figuur 24. Concentratie N in de Oosterschelde bij Zijpe (noordelijke tak) en Wissenkerke (westelijke tak) van januari 2009 tot december 2012. Gegevens van Rijkswaterstaat water info (waterinfo.rws.nl), 2017

Locaties in de Grevelingen zijn gekozen door de hoeveelheid beschikbare informatie van Rijkwaterstaat (Waterinfo.rws.nl, 2017) over stikstof en fosfor. De locaties zijn Herkingen en Scharendijke In de Grevelingen is er bijna geen verschil in nutriëntenconcentraties (figuur 25 en 26). Voor de vergelijking met Zijpe in de Oosterschelde zal er voor de Grevelingen worden vergeleken met Herkingen. Herkingen wordt gekozen omdat hier bij de kitesurflocatie eventueel plek zou kunnen zijn voor zeewierteelt.

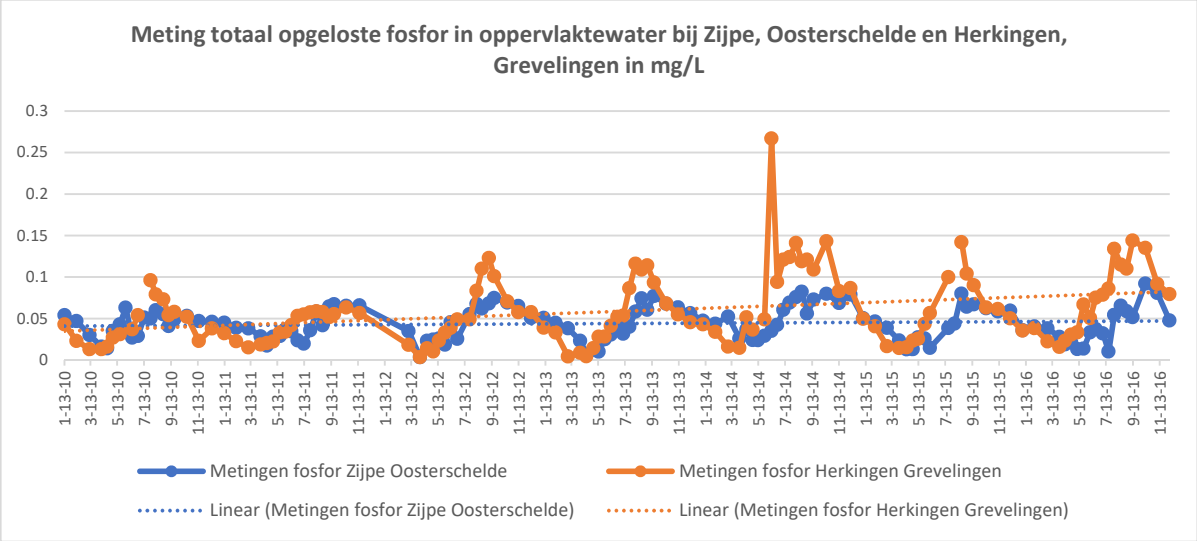


Figuur 25. Concentratie P in de Grevelingen bij Herkingen en bij Scharendijke van januari 2010 tot januari 2017.Gegevens van Rijkswaterstaat water info (waterinfo.rws.nl), 2017

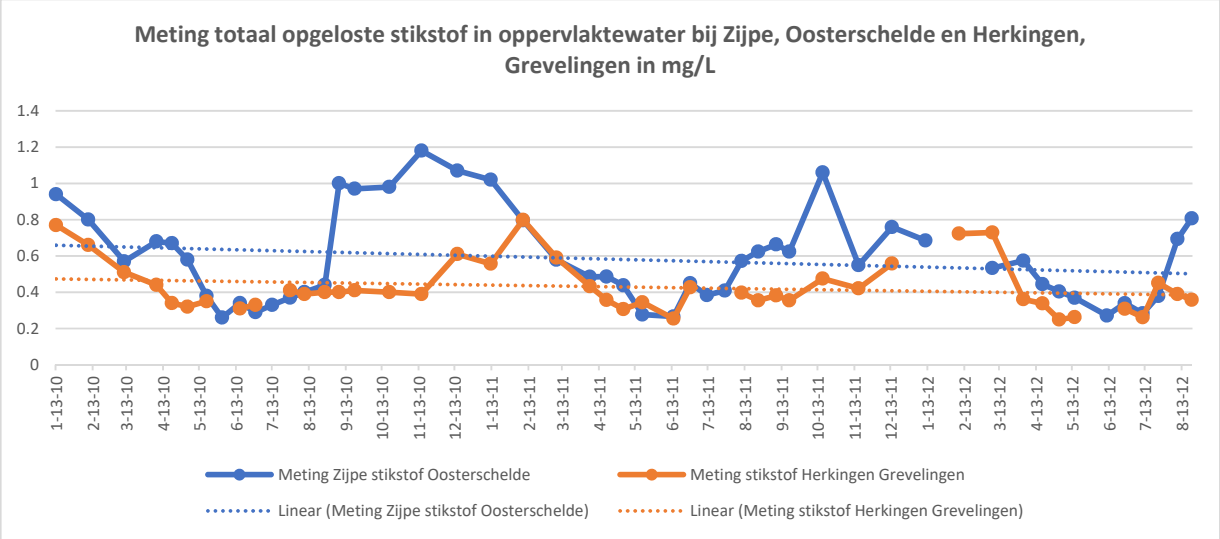


Figuur 26. Concentratie N in de Grevelingen bij Herkingen en bij Scharendijke van januari 2010 tot januari 2017. Gegevens van Rijkswaterstaat water info (waterinfo.rws.nl), 2017

Over het algemeen kan er uit onderstaande grafieken worden geconcludeerd dat er meer stikstof zit in de Grevelingen en dat er in de Oosterschelde meer fosfor is. Als er verschil in productie van Ulva en Saccharina zou ontstaan dan zou er onder andere dus naar het verschil in concentratie van fosfor en stikstof kunnen worden gekeken



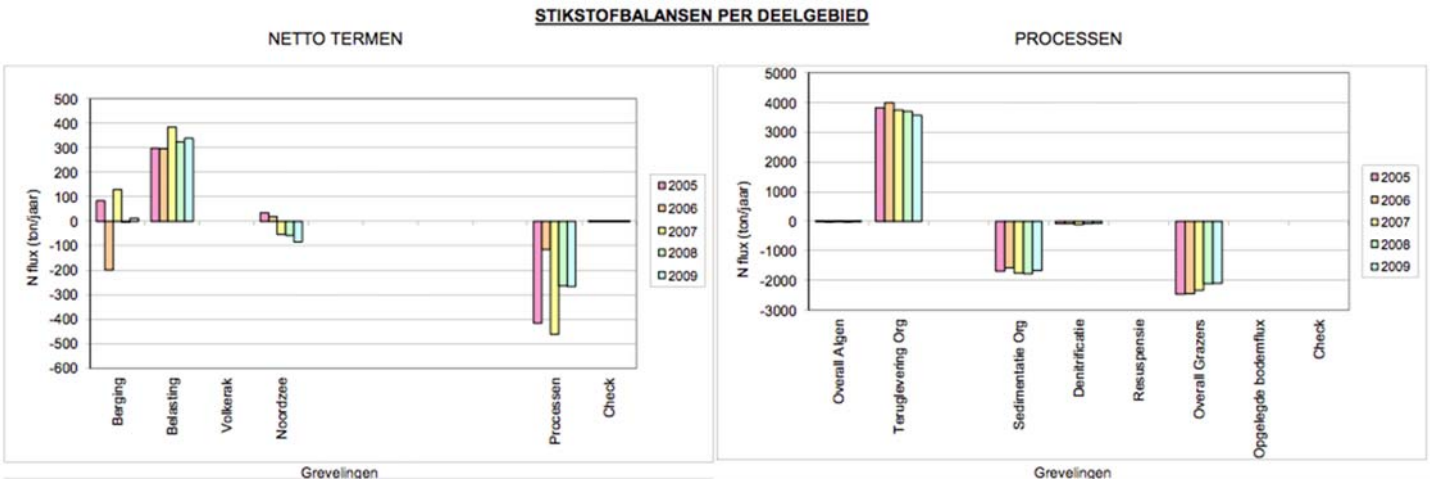
Figuur 27. Concentratie P in de Oosterschelde bij Zijpe (noordelijke tak) en Herkingen, Grevelingen van januari 2010 tot december 2016. Gegevens van Rijkswaterstaat water info (waterinfo.rws.nl), 2017



Figuur 28. Concentratie N in de Oosterschelde bij Zijpe (noordelijke tak) en Herkingen, Grevelingen van januari 2010 tot december 2012. Gegevens van Rijkswaterstaat water info (waterinfo.rws.nl), 2017

5.2.4.1 Effect op stoffenbalans

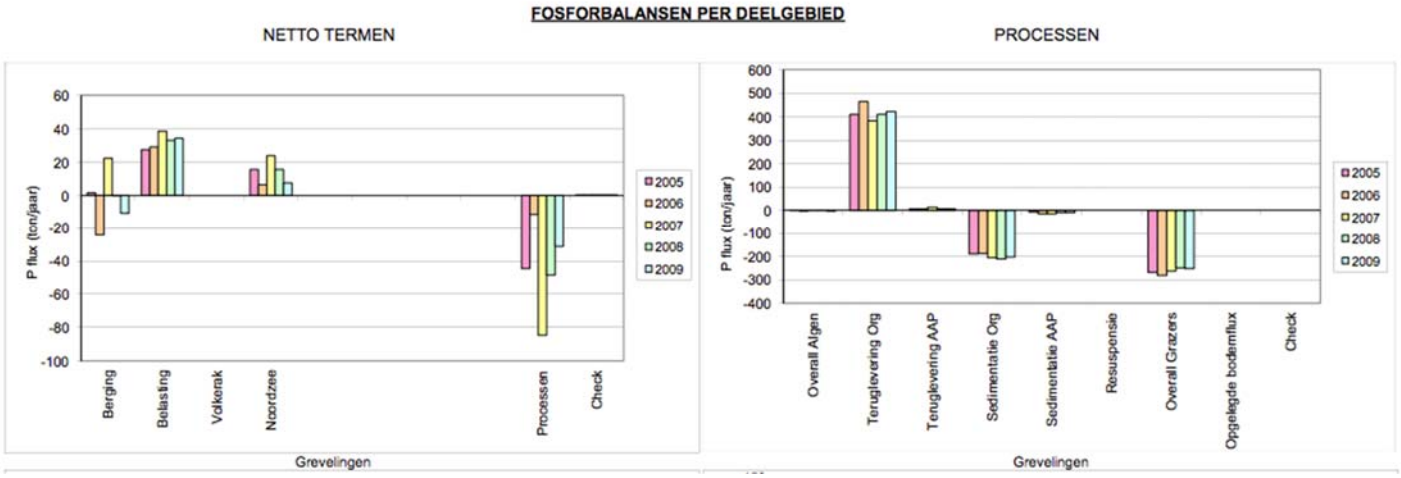
Voor het systeem van de Grevelingen en Oosterschelde is het belangrijk om te weten hoeveel impact 50 hectare zeewierteelt zou kunnen hebben. Dit wordt gedaan door de hoeveelheid nutriënten op basis van hoofdstuk 3.1.4 voor 50 hectare in de Oosterschelde en 50 hectare in de Grevelingen te vergelijken met de netto in- en output van stikstof en fosfor. Bij Rijkswaterstaat is deze balans aangevraagd, hier zijn de gegevens van 2005-2009 in een model verwerkt. Hier wordt het gemiddelde van genomen. Water van de Oosterschelde ververst elke dag met water uit de Noordzee. Dit is niet opgenomen in deze stoffenbalans. Daarom is het niet van groot belang om te weten hoeveel impact 50 hectare zeewierteelt zou hebben op de stoffenbalans in de Oosterschelde. Dit blijkt ook uit gegevens van de Wierderij (Wald, *et al.,* 2014), er was geen verschil in nutriëntenconcentraties bij de kweeklocatie in vergelijking met een controle locatie buiten de kom van de Schelphoek. Deze aanname wordt dus bevestigd.



Figuur 29. Stikstofbalans van de Grevelingen van de jaren tussen 2006-2009. Van Gils, 2014.

De Grevelingen staat niet direct in verbinding met de Noordzee en daarom kan er wel worden gerekend met de stoffenbalans van de Grevelingen. Uit de stoffenbalans kan het totaal aantal netto tonnen aan stikstof en fosfor worden gehaald. Dit wordt gedaan door de belasting uit netto termen en de terug levering org. bij elkaar op te tellen. Dit is de hoeveel ton stikstof en fosfor wat er totaal jaarlijks in het systeem is.

Er zal gerekend worden met de waarden uit hoofdstuk 3.1.4. Op jaarbasis komt er netto gemiddeld ongeveer 340 ton stikstof binnen via water dat de Grevelingen binnen komt. Verder komt er in processen in de Grevelingen van bijvoorbeeld vertering van dood organisch materiaal nog ongeveer gemiddeld 3800 ton netto aan stikstof vrij. Er is dus ongeveer gemiddeld jaarlijks 4140 ton netto stikstof beschikbaar. Jaarlijks zou hier ((85,1+4,5)/2) 44,8 ton stikstof worden opgenomen voor een jaarronde teelt op 50 hectare. Dit is (44,8*100/4140) 1,1% op het jaarlijkse netto stikstofbalans.



Figuur 30. Fosforbalans van de Grevelingen van de jaren tussen 2006-2009. Van Gils, 2014.

Voor Fosfor is de stoffenbalans netto ongeveer 37 ton per jaar dat via onder andere via sloten en gemalen binnen komt. Daarbij komt dan nog ongeveer gemiddeld netto nog 420 ton stikstof vrij door processen zoals de ontbinding van organismen. Voor 50 hectare wordt er jaarlijks ((2,4+0,7)/2) 1,55 ton fosfor per jaar opgenomen door 50 hectare zeewierteelt als er jaarrond zou worden gekweekt. Dat is (1,55*100/457) 0,3% op de jaarlijkse netto fosforbalans.

50 hectare zeewierteelt heeft met 0,3% en 1,1% bijna geen invloed op de stoffenbalans. In eerste instantie zullen er voor de schelpdierenkweek geen nadelige effecten merkbaar zijn doordat er minder voedsel beschikbaar zou zijn door minder algengroei.

5.3 Beperkingen in wetgeving

5.3.1 Natuurwetgeving

Effecten van 50 hectare zeewierteelt op de doelstellingen van het beheerplan van de Oosterschelde en Grevelingen zijn nog niet uitgebreid onderzocht. Voor Oosterschelde zouden er minder negatieve effecten kunnen zijn omdat hier veel verversing is door beperkt getij. In de Grevelingen zouden er wel negatieve effecten kunnen zijn omdat hier weinig verversing plaats vindt. Er zal dus goed naar de draagkracht van een gebied moeten worden gekeken. Er zal een vergunning moeten worden aangevraagd omdat zeewierteelt niet in het beheerplan van de Oosterschelde en Grevelingen wordt genoemd. Voor de aanvraag van een vergunning zal er dan allereerst plek voor moeten zijn en dan zou de provincie misschien een monitoringsplicht kunnen opleggen om de effecten goed te kunnen inschatten. Vooral in de Grevelingen, waar nog helemaal geen zeewierteelt is, zou de aanvraag van een vergunning moeilijker kunnen zijn.

5.3.2 Waterwet

Met betrekking tot de waterwet is het vooral belangrijk dat de veiligheid kan worden gegarandeerd. Ook is het belangrijk om te weten wat er met de waterkwaliteit gebeurd met zeewierteelt in de Grevelingen waar nog geen zeewierteelt heeft plaatsgevonden. Ook moet de algemene veiligheid kunnen worden verzekerd. Zeewier moet bijvoorbeeld niet in filters of spuisluizen kunnen verstoppen als stukken wier af kunnen scheuren.

5.3.3 Visserijwet

Zeewierteelt valt in Nederland niet onder visserijactiviteiten. Als mosselhangcultuur zou kunnen worden gekweekt zal de visserijwet wel gelden. Door multifunctioneel ruimtegebruik zou men in overleg moeten met de schelpdierenkwekers en het ministerie van LNV. Ook zou men erg afhankelijk zijn van de schelpdierenkwekers als er op hun percelen, wanneer deze niet worden gebruikt, of in combinatie met MZI of mosselhangcultuur zeewier zou kunnen worden gekweekt. Dit moet ook nog in overleg met het ministerie van LNV en of de scheldierenkweker zekerheid heeft dat hij nog lang een vergunning heeft voor dat gebied wil men hier een onderneming kunnen beginnen om nog tientallen jaren te kunnen zeewierkweken. Voor een vervolgonderzoek zou het zeer interessant zijn om naar deze optie te kijken met schelpdierenkwekers.

5.3.4 Omgevingswet

In de nieuwe omgevingswet moet de gemeente een overzichtelijk beeld geven over alle wetten en regels die in een gebied gelden. Ook moet de gemeente een visie maken waar belangen in een gebied zijn beschreven. Deze nieuwe omgevingswet moet in 2021 gaan gelden. In deze wet moeten ruimtelijke ordening, milieu en natuur beter op elkaar af kunnen worden gestemd. Ook zullen duurzame projecten worden gestimuleerd (Rijksoverheid, n.d.). De gemeente Schouwen-Duiveland heeft al een strategische visie gemaakt (Gemeente Schouwen-Duiveland, 2011) waar ook gebieden voor stimulering van aquacultuur zijn aangewezen. Met de nieuwe omgevingswet zouden er meer kansen voor ruimte voor zeewierteelt kunnen worden gegeven. In deze visie kan multifunctioneel ruimtegebruik voor zeewierteelt worden gestimuleerd.

5.4 aanbevelingen

De grootste problemen zitten in de ruimtelijke ordening. Er moet vooral flexibeler met de ruimte worden omgegaan, dit ligt aan verschillende belanghebbenden zoals schelpdierenkwekers, Rijkswaterstaat en de provincie. Onderzoek naar een precieze locatie voor zeewierteelt zou van groot belang zijn.

In beide gebieden zou de biodiversiteit kunnen worden bijgehouden als men een proefopstelling zou opzette. Zo kan er precies worden bijgehouden of er verschil is en welke organismen hierop af komen. Er zou een uitgebreide modelstudie kunnen worden gemaakt voor effecten van bijvoorbeeld zeewierteelt op de stoffenbalans, zuurstofgehalte en koolstofdioxide opname. In de Grevelingen zou er ook nog naar de productie kunnen worden gekeken, hoe de productie bijvoorbeeld zou kunnen verschillen met de Oosterschelde.

Onderzoek naar kustverdediging met betrekking tot zeewierteelt zou ook verder kunnen worden onderzocht Opname van CO_2 zou misschien in de toekomst op door productie op grote schaal meer compensatie kunnen bieden. Wel kan er voorzichtig geconcludeerd worden dat 50 ha zeewierteelt geen invloed zal hebben op de algengroei, en dus de mossel- en oesterteelt door beperkte opname van nutriënten met betrekking tot de stoffenbalans.

Nawoord

Ik heb deze verkennende studie als erg leerzaam ervaren. Als tweedejaars Kust- en Zeemanagement heb ik nog maar jaar aan basiskennis mogen leren en hier kon ik wat dieper op onderwerpen ingaan. Processen in een ecosysteem vind ik erg interessant maar ook omdat ik nu in het tweede jaar door ga met de beleid-kant van de opleiding (andere keuze was biologie) vond ik het ook heel leerzaam om naar het proces van vergunningen te kijken en wat voor wet- en regelgeving er in een gebied gelden. Met mijn eerste interview was ik erg beduusd en vond ik het moeilijk in te spelen op antwoorden. Ik ben nu minder zenuwachtig en kan alles beter in me opnemen. Ik wil graag mijn begeleider Jouke Heringa bedanken voor de goede begeleiding, hij heeft mij overal mee naar toegenomen en hierbij kwam zijn uitgebreide netwerk erg van pas, een goede les. Ook Jenny van der Welle wil ik graag bedanken voor haar feedback over opbouw. Ik ben erachter gekomen dat ik erg moet letten op mijn zinsbouw en opbouw van alinea's. Ook het wetenschappelijk formuleren vond ik lastig. Ik heb veel geleerd over de provincie Zeeland, biologie en wet- en regelgeving. Ook wil ik de geïnterviewden bedanken voor hun bijdrage.

Literatuurlijst

Alles over het aquarium, z.d. *Over licht [foto].* Geraadpleegd op 26 oktober 2017 van http://www.allesoverhetaquarium.nl/overlicht.html

Agarwal, S., Banejee, K., Saha, A., Amin, G. & Mitra, A., (augustus, 2016). Can seaweed be a potential sink of carbon. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRAET). Vol. 2, Issue 8: 217-225. ISSN: 2321-9653 https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwif0ufwtdLYAUrIMAKHR2uDx8QFgg1MAI&url=https%3A%2F%2Fwww.ijraset.com%2F&usg=AOvVaw3tAHo0zj4G26CalUcYxs_

Amos, C.L., Bouma, T.J., & Paul, M. (2011). Wave attenuation by submerged vegetation: combinding the effect of organism traits and tidal current. *Marine Ecology Progress Series, 444*(31-41), 40. Doi: 10.3354/meps09489

Armstrong, E., Yan, L., Boyd, K.G., Wright, P.C. & Burgess J.G., (2001). The sybiotic role of marine microbes on living surfaces. *Hydrobiology*. Vol. 461: 37-40. DOI: 10.1023/A:1012756913566

Basisregistratie Topografie (bewerking van Creative Commons), (31 december, 2015). *Topografiche kaart van het Grevelingenmeer [Foto].* Geraadpleegd op 1 november 2017 van https://nl.wikipedia.org/wiki/Grevelingenmeer#/media/File:Grevelingenmeer-natuur-OpenTopo.jpg

Beschermde natuur in Nederland: soorten en gebieden in wetgeving en beleid, (n.d.). *Procedure Natura 2000.* Geraadpleegd op 15 januari 2018 van https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=procedure

Bleaij, A. de, Blanken, H.S. van der, Jak, R., Martens, S., Rood, T., & Smits, M.J., (2016). *Zeewier als natuurlijk kapitaal* [LEI Rapport 2016-049]. Geraadpleegd van https://www.wur.nl/upload_mm/6/f/4/4bcb58c0182-4a39-9ca0-9cf0c057f60b_Vanden_Burgetal%282016%29.pdf

Brandenburg, W. A., (2017). *Zeewierteelt heeft de toekomst [foto].* Geraadpleegd op 30 september 2017, van http://www.biosolarcells.nl/interviews/willem-brandenburg.html

Brandenburg, W.A., Deurwaarder, E.P., Hemmes, K., Kamermans, P., Reith, J.H. & Zeeman, G., (2005). *Bio offshore: grootschalige teelt van zeewieren in combinatie met offshore windparken in de Noordzee* [Rapport ECN-C-05-008]. Geraadpleegd van http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/120118

Breure, M.S., (september, 2014). *Exploring the potential for using seawees (Ulva lactuca) as organic fertiliser*. [Rapport PPS-80436]. Geraadpleegd op 30 oktober 2017 van http://edepot.wur.nl/341911

Bruhn, A., dahl, J., Nielsen, H.B., Nikolaisen, L., Rasmussen, M.B., Markager, S., Olesen, B., Arias, C. & Jensen, P.D., (1 oktober, 2010). Bioenergy potential of Ulva lactuca: Biomass Yield, methane production and combustion. *Bioresource Technology*. Vol. 102: 2595-2604. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.10.010

Burg, S., van der, Jak, R., Smits, M., Blaeij, A., de, Rood, T., Blanken, H., Martens, S., (mei 2016). *Zeewier een natuurlijk kapitaal* (Rapport LEI 2016-049). https://www.wur.nl/upload_mm/6/f/4/4bcb58c7-0182 4a39-9ca0-9cf0c057f60b_Vanden_Burgetal%282016%29.pdf

Chapman, A. & Indergard, E., (2017). *Drying of harvested Saccharina latissima [foto].* Geraadpleegd op 31 oktober van http://promac.no/drying-of-harvested-saccharina-latissima/

Chung, I.K., Oak, J.H., Lee, J.A., Shin, J.A., Kim, J.G. & Park, K., (20 december 2012). Installing kelp forest/seaweed beds for mitigation and adaptation againt global warming: Korean project overview. *ICES Journal of marine Science*. Vol. 70(5): 1038-1044. DOI: 10.1093/icesjms/fss206

Cohen, I. & Neori, A., (19 juli, 1991). *Ulva lactuca* Biofikters for Maine Fishpond Effluents I. Ammonia Uptake Kinetics and Nitrogen Content. Vol. 34: 475-482. DOI: 10.1515/botm.1991.34.6.475

Compendium voor de Leefomgeving, (13 april, 2016). *Vermesting in meren en plassen, 1980-2014*. Geraadpleegd op 11 januari 2018 van http://www.clo.nl/indicatoren/nl0503-vermesting-van-meren en-plassen-

Compendium voor de Leefomgeving, (2 oktober, 2015). *Goederen en diensten van ecosystemen in Nederland, 2013.* Geraadpleegd op 3 oktober 2017 van http://www.clo.nl/indicatoren/nl1572-goederen-en-diensten-van-ecosystemen-in-nederland-

Compendium voor de Leefomgeving, (2 februari, 2009). *Wetlands van de Conventie van Ramsar*. Geraadpleegd op 29 september 2017 van http://www.clo.nl/indicatoren/nl1509-wetlands-van-de-conventie-van-ramsar

Cremer, M., (2011). The future of Aquafeeds [Rapport NMFS F/SPO-124]. *Soy products and aquaculture are winning (p.25-26).* http://www.nmfs.noaa.gov/aquaculture/docs/feeds/the_future_of_aquafeeds_final.pdf

Deltares, Imares Wageningen UR, NIOZ, Rijkswaterstaat, (2014). *De staat van de Noordzee.* https://www.noordzeedagen.nl/web/file?uuid=c494a71f-f648-4ef5-a8e6 8154ccac1b9d&owner=e80c7a54-130d-4d1d-b34d-c4fd6e0f278d

Deltares, Informatiehuis Marien & Noordzeeboerderij, (2017). *Aquacultuur Atlas – Zeewier.* Geraadpleegd op 1 november 2017 van https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0ahUKEwjZkcGHs53XhWHLsAKHdGyD3gQFghPMAY&url=http%3A%2F%2Fwww.informatiehuismarien.nl%2Fpublish%2Fpaes%2F121263%2Faquacultuur_atlas__zeewier_eindversie_14_02_17.pdf&usg=AOvVaw0W9nF3xpsaQrJNsRFEL-0

Delta TU Delft, (13 mei, 2014). *Leuk bedacht: De zandmotor [foto].* Geraadpleegd op 3 oktober 2017 van https://www.delta.tudelft.nl/article/leuk-bedacht-de-zandmotor

Eseer, R. & Aubel, M.C., (30 november, 2017). Beleidsondersteuner natuur & landschap provincie Zeeland [interview wet natuurbescherming bijlage III]

European Commission, (2016). *Reducing CO_2 emissions for passenger cars.* Geraadpleegd op 11 januari 2018 van https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars_en

Eurpean Commision, (2014). *Blue Growth*. Geraadpleegd van http://ec.europa.eu/assets/mare/infographics/

FAO, (2014). *Yearbook fishery and aquaculture statistics* [Rapport, ISBN 978-92-5-009268-3]. Geraadpleegd van http://www.fao.org/3/a-i5716t.pdf

Fei, X., (2004). Solving the coastal eutropication problem by seaweed cultivation. *Developments in Hydrobiology*. Vol. 173: 145-151. DOI: 10.1007/978-94-007-0944-7_19

Fernandez, P.A., Hurd, C.L. & Roleda & M.Y., (2014). Bicarbonate uptake via an anion exchange protein is the main mechanism of inorganic carbon acquistitaion by the fiant kelp Macrocystis pyriferia (Laminariales, Phaeophyceae) under variable pH. *Journal of Phycology*, 50, issue 6, (998-1008). Doi:10.1111/jpy.12247

Garna, H., Besbes, S., Paquot, M., Blecker, C. & Attia, H., (2011). *Food Chemistry*. Vol. 128: 895-901. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.03.114

Gemeente Schouwen-Duiveland, (2011). *Tij van de toekomst*. Geraadpleegd op 18 januari 2018 van https://www.schouwenduiveland.nl/_Resources/Persistent/bdc026ff2cd226daab1069424a6addd447d17f1/Strategische%2Visie%20-%20Tij%20van%20de%20Toekomst.pdf

Gijzel, F., (11 december 2017) Relatiemanager bij Rijkswaterstaat, Middelburg. [Interview waterwet bijlage III]

Gils, J., van, 2014. *Zuidwestelijke Delta-model voor stofstroomanalyses, Beschrijving en validatie* [Rapport 1208495-000]. Geraadpleegd op 19 januari 2018.

Google & INEGI (2018). *Van Amsterdam naar Kaapstad, Zuid-Afrika*. Geraadpleegd op 11 november 2018 via https://www.google.nl/maps/dir/Amsterdam/Kaapstad,+Zuid-Afrika/@7.1113341,31.5706501,3z/am=t/data=!3m1!4b1!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x47c63fb5949a7755:0x6600fd4cb7caf8d!2m2!1d4.8951679!2d52.3702157!1m5!1m1!1s0x1dcc500f8826eed7:0x687fe1fc2828aa87!2m2!d18.4240553!2d-33.9248685!3e0

Gorissen, L.C.M., (12 januari, 2018). Regeldeskundige kust en binnenvisserij, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland [Persoonlijke communicatie telefonisch].

Gregersen, O., (19 december 2017). Ondernemer Ocean Rainforest, FaroeIslands. [E-mail bijlage IIII]

Groenendijk, F., Bikker, P., Blaauw, R., Brandenburg, W.A., Burg, S. van der, Dijkstra, J.W., Duren, L. van, Ha, J. van, Harmsen, P., Huijgen, W., Jak, R., Kamermans, P., Leeuwen, J. van, Krimpen, M. van, Lindeboom, R., Prins, H., Putten, S. van der, Schouten, J.-J, Stuiver, M. & Werf, A. van der (juni 2016). *North-Sea Weed-Chain Susstainable seaweed from the North Sea; an exploration of the value chain (Rapport ECN-E—16-026).* Geraadpleeg op 27 oktober 2017 van https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--16-026

Handa, A., Forbord, S., Wang, X., Broch, L.J., Dahle, S.W., Storseth, T.R., Reitan, K.I., Olsen, Y., Skjermo, J., (6 augustus, 2013). Seasonal- and depth- dependent growth of cultivated kel (Saccharina lattisima) in close proximity to salmon (*salmo salar)* aquaculture in Norway. *Aquaculture*. 414-415, 191-201. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.08.006

Hakkenes, E., (5 mei, 2017). *Waarom zeeiwer de toekomst heeft*. Geraadpleegd op 12 oktober 2017 van https://www.trouw.nl/home/waarom-zeewierteelt-de-toekomst-heeft~a99074ab/

Harrison, P.J. & Hurd, C.L., (2014). Nutrient physiology of seaweed: Application of concepts to aquaculture. *Cahiers de Biologie Marine*, 42(1-2): (71-82). ISSN 0007-9723

Hopen, H.G.H. ten, (1976). Recent applications of artifical seaweeds in the Netherlands. In American society of civil engineers. *Proceedings of the Fifteenth Coastal Engineering Conference* (15e ed.,pp.2905-2915). Doi: 10.1061/9780872620834

Price, W.A., Tomlinson, K.W. & Hunt, J.N., (1968). The effect of artificial seaweed in promoting the build-up of beaches. In American society of civil engineers, *Coastal engineering* (11e ed., pp. 570-578). Doi:10.1061/978087262131

Joint, I., Trait, K. & Wheeler, G., (13 maart, 2007). Cross-kingdom signalling: exploitation of bacterial quorum sensing molecules by the green seaweed Ulva. *Philosophical transactions of the royal society*. Vol. 362: 1223-1233. DOI: 10.1098/rstb.2007.2047

Kaarten&Atlassen, (2017). *Schouwen Duiveland [foto].* Geraadpleegd op 29 september 2017 van https://www.kaartenenatlassen.nl/wandkaarten/schouwen-duiveland

Kabdasli, M.S., Turker, U., & Yafci, O., (2005). Analysis of coastal damage of a beach profile under the protection of emergent vegetation. *Ocean Engineering, 33*(810-828), 826-827. Doi: 10.1016/j.oceaneng.2005.04.019

Kamsma, M., (4 mei, 2017). *De Noordzeeboerderij oogst wier*. Geraadpleegd op 12 oktober 2017 van https://www.nrc.nl/nieuws/2017/05/04/akkerbouw-op-volle-zee-8630323-a1557085

Kraan, S., (15 december, 2010). Mass-cultivation of carbohydrate rich macroalgae, a possible solution for sustainable biofuel production. *Mitigation and adaptation stratagies for global change*. Vol. 18, issue 1:27-46. DOI: 10.1007/s11027-010-9275-5

Landsat/ Copernicus, Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA & GEBCO, (2017). *Kaart gegevens Google* [afbeelding] Geraadpleegd op 20 december 2017 van https://www.google.nl/maps/@51.6213419,4.006856,65037m/data=!3m1!1e3

Lovas, S.M. & Torum, A., (4 juli, 2001). Effect of the kelp *Laminaria hyperborea* upon sand dune erosion and water particle velocities. *Coastal Engineering*. Vol. 33: 37-63. DOI: 10.1016/SO378-3839(01)00021-7

Mendez, F.J. & Losada, I.J., (15 augustus, 1999). Hydrodynamics induced by wind waves in a vegetation field. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 104: 18,383-18,396. DOI: 10.1029/1999JC900119

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, (november, 2008). *De waterwet in het kort*. Geraadpleegd op 17 januari 2018 van https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/waterwet/brochures documenten/@178323/brochure-waterwet/

Mork, M., (1996). The effect of kelp in wave damping. *Sarsia, 80*(323-323), 324. Doi: 10.1080/00364827.1996.10413607

Muraoka, D., (2004). Seaweed recources as a source of carbon fixation. *Bulletin of Fisheries Research Agency*. Supplement No. 1: 59-63. Geraadpleegd op 23 november 2017 van http://www.climatebabes.com/documents/Carbon%20absorved%20by%20seaweed.pdf

National Environmental Research Institute (NERI), Aarhus University Denmark, Central Salt & Matine Chemicals Research Institute (CSMCRI) India, National Interuniversity Consortium for Ocean Sciences (CoNISMa) Itlay, (n.d.). *Cataloque of algea species with high growth rates and energy potential, deliverable 2.1.* Geraadpleegd op 4 december 2017 van http://prospettivehitech.com/progetti/b4b/wpcontent/uploads/b4b/wp2 submitted/Catalogue_of_algae_with_high_growth_rates_and_energy_potential.pdf

Nationaal Park Oosterschelde[a], (2017). *Feitjes en weetjes.* Geraadpleegd op 26 oktober 2017 van http://www.npoosterschelde.nl

Nationaal Park Oosterschelde[b], (2017). *Natuur*. Geraadpleegd op 26 oktober 2017 van http://www.noosterschelde.nl/over-het-park/natuur.htm

Nationaal Park Oosterschelde[c], (2017). *Organisatie*. Geraadpleegd op 26 oktober 2017 van http://www.np-oosterschelde.nl/over-het-park/organisatie.htm

Nationaal Park Oosterschelde [d], (2017). *Landschap.* Geraadpleegd op 26 oktober 2017 van http://www.np-oosterschelde.nl/over-het-park/landschap.htm

Nationaal Park Oosterschelde[e], (2017). *Economie*. Geraadpleegd op 26 okotber 2017 van http://www.np-oosterschelde.nl/over-het-park/economie.htm

Natuur&milieu, (20 april, 2017). *Zeewier heeft grote potentie als bron van biomassa*. Geraadplgeed op 12 oktober 2017 van https://www.natuurenmilieu.nl/nieuwsberichten/zeewier-grote-potentie-alsbronbiomassa/

Nielsen, M.M, Bruhn, A., Rasmussen, M.B., Olesen, B., Larsen, M.M. & Moller, H.B., (2010). Bioenergy potential of *Ulva lactuca*: biomass yield, methane production and combustion. *Bioresource Technology.* Vol. 102: 2595-2604. Doi: 10.1016/j.biotech.2010.10.010

Nielsen, M.M., Krause-Jensen, D., Olesen, B., Thinggaard, R., Christensen, P.B. & Bruhn, A., (17 juni, 2014). Growth dynamics of *Saccharina latissima* (Laminariales, Phaeophyceae) in Aarhus Bay, Denmark, and along the species' distribution range. *Marine Biology*. Vol. 161, Issue 9: 2011-2022. DOI: 10.1007/s00227-014-2482-y

Nielsen, M.M., Manns, D., D'Este, M., Krause-Jensen, D., Rasmussen, M.B., Larsen, M.M., Alvarado-Morales, M., Angelidaki, I. & Bruhn, A., (7december, 2015). Variation in biochemical composition od Saccharina latissima and Laminaria digitata along an estuarine salinity gradient in inner Danish waters. *Algal reasearch*. vol. 13: 235-245. DOI: 10.1016/j.algal.2015.12.003

NILOS (Basislijst BREIN, wet- en regelgeving), (2016). *Visserijwet*. Geraadpleegd op 1 februari 2018 van https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/122398/visserijwet_570.pdf

Noordzeeloket, (z.d.). *Waterkwaliteit*. Geraadpeegd op 20 november 2017 van https://www.noordzeeloket.nl/functies-en-gebruik/waterkwaliteit/

Noordzeeloket, (2016). *Visserij.* Geraadpleegd op 9 februari 2018 van https://www.noordzeeloket.nl/functies en-gebruik/visserij/

OceanDesertFood, (2018). *De grote kelpwouden langs de Pacific* [foto]. Geraadpleegd op 10 januari 2018 van http://oceandesertfood.nl/nl/producten/chips-uit-zee/kelp-in-woord

Offermans, R., (20 okotber 2017). *Zeesla [Foto].* Geraadpleegd op 31 oktober 2017 van http://static.digischool.nl/bi/onderwaterbiologie/html/fotogala/zeeland/2007/zeesla_1.htm

Omroepwest, (28 februari, 2017). *Zeewier voor kust Scheveningen groeit als kool.* Geraadpleegd op 30 september 2017 van https://www.omroepwest.nl/nieuws/3361314/Zeewier-voor-kust-Scheveningen-groeit-als-kool

Ortind, E.G., (2015). *Seasonal variations in growth, yield and amino acid profile os sugar kelp (Saccharina latissima) cultivated in a sound of the Faroe Islands* (Rapport S080005). http://www.fiskaaling.fo/upload/elma%20ortind.pdf

Paul, M., Bouma, T.J., Amos, C.L., (10 januari, 2012). Wave attenuation by submerged vegetation: combining the effect of oganism traits and tidal current. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 444: 31-41. DOI: 10.3354/meps0948

Pedersen, M.F. & Borum, J., (31 december, 1997). Nutrient control of estuarine macroalgae: growth strategy and the balance between nitrogen requiremnet and uptake. *Marine ecology progress series*. Vol. 161: 155-163. DOI: 10.3354/meps161155

Pedersen, M.F., Borum, J. & Fotel, F.L., (2010). Phosphorus dynamics and limitation of fast- en slow growing temperate seaweeds in Oslofjord, Norway. *Marine Ecology Progress Series, 399(103-115).* Doi: 10.3354/meps08350

Pereira, R.C., Gama, B.A.P, da & Sudatti, D.B., (2017). The role of chemically defended seaweeds as biodiversity sources. In E. Olaffson*, Marine macrophytes as foundation species* (pp.26-42). Boca Raton, Verenigde Staten: CRC Press

Planbureau van de Leefomgeving, (2 december, 2014). *Voorbeelden van ecosysteemdiensten in Nederland.* Geraadpleegd op 3 oktober 2017 van http://www.pbl.nl/infographic/ecosysteemdiensten-in-nederland

Plomp, A.J., Wetzels, W., Seebregts, A.J. & Kroon, P., (april 2013). *Verkenning voor Rotterdam Climate Initiative-CO_2-Emissies tot 2030* (Rapport ECN-E—13-019). Geraadpleegd op 11 januari 2018 van https://www.ecn.nl/docs/library/report/2013/e13019.pdf

Programmadirectie Natura 2000, (2009). *Besluit Natura 2000-gebied Oosterschelde* (Rapport PDN/2009-118). Geraadpleegd van https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/gebieden/118/n2k118_db_hvnw_oosterschelde.pdf

Radulovich, R., Umanzor, S., Cabrera, R. & Mata, R., (21 oktober, 2014). Tropical Seaweeds for human food, their cultivation and its effect on biodiversity enrichment. *Aquaculture*. Vol. 436: 40-46. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.10.032

ResearchGate, (2017). *Schelpdierenpercelen en vaste vistuigvakken in de Oosterschelde [foto]*. Geraadpleegd op 27 oktober 2017 van https://www.researchgate.net/figure/283419739_fig8_Figuur-10 Schelpdierpercelen-en-vaste-vistuigvakken-in-de-Oosterschelde

Rijksoverheid, (n.d.). *Nieuwe omgevingswet maakt omgevingsrecht eenvoudiger*. Geraadpleegd op 22 januari 2018 van https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/omgevingswet/vernieuwing-omgevingsrecht

Rijkswaterstaat info, (2016). *Concetratie fosfor totaal in oppervlaktewater uitgedrukt in fosfor/opgeloste fractie in mg/l* [figuur]. Geraadpleegd op 20 november 2017 van https://waterinfo.rws.nl/#!/details/expert/Nutri___C3___ABnten___20en___20eutrofi___C3___Abrigsparameters/2819/(massa)Concentratie___20fosfor___20totaal___20in___20Oppervlaktewater___0uitgedrukt___20in___20fosfor___20___2F___20opgeloste___20fractie___20in___20mg___2Fl,(masa)Concentratie___20stikstof___20totaal___20in___20Oppervlaktewater___20uitgedrukt___20in__20stikstof___20___2F___20opgeloste___20fractie___20in___20mg___2Fl

Rijkswaterstaat info, (2012). *Concentratie stikstof totaal in oppervlaktewater uitgedrukt in stikstof/opgeloste fractie in mg/l* [figuur]. Geraadpleegd op 20 november 2017 van https://waterinfo.rws.nl/#!/details/expert/Nutri___C3___ABnten___20en___20eutrofi___C3___Abrigsparameters/2819/(massa)Concentratie___20fosfor___20totaal___20in___20Oppervlaktewater___0uitgedrukt___20in___20fosfor___20___2F___20opgeloste___20fractie___20in___20mg___2Fl,(masa)Concentratie___20stikstof___20totaal___20in___20Oppervlaktewater___20uitgedrukt___20in__20stikstof___20___2F___20opgeloste___20fractie___20in___20mg___2Fl

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, (2017). *Wet natuurbescherming*. Geraadpleegd op 29 september 2017 van https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/beschermde-planten-dieren-en-natuur/wet-natuurbescherming

Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkwaterstaat West- Nederland, Royal HaskoningDHV, (2 juni, 2016)[a]. *Natura 2000 Deltawateren*. *Oosterschelde*. Geraadpleegd op 26 okotber 2017 van https://www.zwdelta.nl/sites/all/files/default/publicaties/oosterschelde_natura_2000_deltawateren beheerplan_2016-2022.pdf

Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkwaterstaat West- Nederland, Royal HaskoningDHV, (17 juni, 2016)[b]. *Natura 2000 Deltawateren Beheerplan 2016-2022. Grevelingen.* Geraadpleegd op 17 november 2017 van https://www.zwdelta.nl/sites/all/files/default/publicaties/grevelingen_natura_2000_deltawateren_beheerplan_2016-2022.pdf

Sanderson, J.C, Cromey, C.J., Dring, M.J. & Kelly, M.S., (12 maart, 2008). Distribution of nutrients for seaweed cultivation around salmon cages at farmsites in north-west Scotland. *Aquaculture*. Vol. 278: 60-68. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.03.027

Seaweed Harvest Holland, (2016). Geraadpleegd op 8 januari 2018 van http://seaweedharvestholland.nl/index.html

Schutterstock, (11 november 2013). *Groen alternatief: energie uit algen.* Geraadpleegd op 29 september 2017 van https://www.demorgen.be/nieuws/groen-alternatief-energie-uit-algen-bcc0cc06/

Trommelen, J., (26 oktober, 2015). *'Zeewier is energiebron van de toekomst*'. Geraadpleegd op 12 oktober 2017 van https://www.volkskrant.nl/economie/-zeewier-is-energiebron-van-de-toekomst~a4170841/

Vismagazine, (31 mei 2016). *Zeewierteelt op Texel [foto].* Geraadpleegd op 29 september 2017 van https://www.vismagazine.nl/2016/05/zeewierteelt-op-texel/

Vogelbescherming, (2017*). EU-vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn*. Geraadpleegd op 29 september 2017 van https://www.vogelbescherming.nl/bescherming/juridische-bescherming/wet-en-regelgeving/eu-vogelrichtlijn-en-habitatrichtlijn

Waddenwier, 2017. *Wat zijn en doen wij*. Geraadpleegd op 8 januari 2018 van http://www.waddenwier.com/waddenwier

Wagenignen UR, z.d. *Zeewierteelt heeft de toekomst.* Geraadpleegd op 12 oktober 2017 van https://www.wur.nl/upload_mm/0/4/f/ce7ae3b0-2077-46ed-a0cd-25cb945b50b9_fc6a4571-a26a-4de3-9037-b35859aec335_zeewierteelt_heeft_de_toekomst.pdf

Wald, J., (mei, 2010). *Evaluatie naar mogelijkheden voor grootschalige zeewierteelt in het zuidwestelijke Deltagebied, in het bijzonder de Oosterschelde (*Rapport 341, Plant Research International, WageningenUR). Geraadpleegd op 31 oktober 2017 van http://edepot.wur.nl/192138

Wald, J., Visser, W., de & Brandenburg, W.A, (2014). *De Wierderij, zeewierteelt in de Oosterschelde in de periode van 2011 t/m 2014.* Geraadpleegd op 31 oktober 2017.

Wald, J., Visser, W., de, Brandenburg, W.A., Jongschaap, R., Werf, A., van der, Deelman, B.J. & Helmendach Nieuwenhuize, C., (maart, 2016). *SPARK-UP; Seaweed production and refining of kelp, Ulva and Palmaria* (Rapport 515898 Wageningen University & Research). Geraadpleegd op 4 december 2017 van http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/411013

Waterinfo.rws.nl, (2017). Gegevens Plaat van Oude Tonge voor Oosterschelde, afgelopen 28 dagen saliniteit oppervlaktewater en Gegevens Bommenede voor Grevelingen, afgelopen 28 dagen. Geraadpleegd op 19 januari 2018 van https://waterinfo.rws.nl/#!/kaart/Zouten/Saliniteit___20Oppervlaktewater___20/

Zandmotor, (2017). *Introductie.* Geraadpleegd op 3 oktober 2017 van http://www.dezandmotor.nl/nl/de-zandmotor/introductie/

Zeewaar, (n.d.). *Home*. Geraadpleegd op 8 januari 2018 van https://www.zeewaar.nl/nl/

Zeewierwijzer, (2017). *Zeewier.* Geraadpleegd op 31 oktober 2017 van http://www.zeewierwijzer.nl/zeewier/

Zou, D., (10 mei, 2005). Effects of elevated atmospheric CO_2 on growth, photosynthesis and nitrogen metabolism in the economic brown seaweed, *Hizikia fusiforme* (Sargassaceae, Phaeophyta). *Aquaculture*. Vol. 250: 726-735. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2005.05.014

Zuidwestelijke Delta, (n.d). *Natuur in de Grevelingen.* Geraadpleegd op12 januari 2018 van https://www.zwdelta.nl/sites/all/files/default/publicaties/natuur_in_de_grevelingen.pdf

Bijlage's

Bijlage I

Opbrengsten Onderzoeksvragen
Living Lab Schouwen Duiveland Wieren

Stand van zaken
Er zijn momenteel 3 concrete projecten operationeel op 50.000 meter teeltlijn. Dit is nu de grootste in Europa.
Het ontbreekt aan ruimte vanwege de concurrentie met andere velden zoals mossel, vis, toerisme, natuur etc.
Soorten; 12/14 soorten worden de komende jaren onderzocht op kweekbaarheid en toepassing.
Oosterschelde wier is van hoge kwaliteit door het zuivere water en gaat naar food en farma (eiwit t.b.v. Alzheimer, cholesterolverlagend) vanwege de hogere verwaarding. Wieren t.b.v. feed levert voordelen op door bv meer melkproductie, minder antibiotica gebruik, minder methaan uitstoot .
Wieren in de Grevelingen worden veelal toegepast t.b.v. verbetering van de waterkwaliteit.
Wieren t.b.v. energie; grootschalige vergisting ECN en digestaat als groenbemester.
Leren van China, het land waar men op grootschalige wijze wieren produceert en verwerkt.

Wat is er nodig:

1. Ruimte;
    a. Ha opschaling (100 Ha)
    b. Ha experimenteerruimte 3 locaties:
        i. Oosterschelde op basis van Natura 2000; meervoudig ruimtegebruik is daar relevant
        ii. Grevelingen ten behoeve van verbetering waterkwaliteit en cascadering)
        iii. Noordzee (mui bij Renesse/Verklikkerplaat) ten behoeve van kustverdediging. Nieuwe zandmotor.
        iv. Gebruik Lab van Deltares en NIOZ
2. Onderzoek/kennis
    a. Ankerpunt HZ als bewaker doorlopende leerlijn en verankering in het gebied en onderwerp
    b. Schaal/ruimte; kan dat in deze omgeving? Ruimte benutten tussen windmolens.
    c. Teelten; welke soorten kweek je, wat zijn de inhoud/voedingstoffen, welke toepassingsmogelijkheden zijn er. Opstellen ecologisch/juridisch kader voor teelt.
    d. Technologie; welke technologie is beschikbaar, welke moet worden ontwikkeld
    e. Economie; natte teelt versus landteelt. Opbrengsten versus investeringen
    f. Milieu; CO2 reductie
    g. Juridisch; regelgeving, verzekeringskwesties, verantwoordelijkheden, bevoegdheden
    h. Infrastructuur; doorlaat Oosterschelde aan kant van Schouwen-Duiveland
    i. Marketing; vraag kosten versus opbrengsten .
    j. Logistiek; volume van wier is een knelpunt, duurzame logistiek en seizoen.
    k. Transitie; welke stappen moeten worden gezet, feed zal verminderen, food, farma neemt toe, welke consequenties heeft dit, leidend naar nieuwe bedrijfsontwikkeling.
    l. Kustverdediging; welke soorten heb je nodig voor kustverdediging en welke effecten heeft dit op zandhonger en geulvorming (Schelphoek)
    m. Verontreiniging; bv bij teelt in Rijnmond.
    n. Nulmeting; nutriënten belasting, herstel door inzet wieren.
    o. Doorlopende leerlijnen zijn van belang. Onderzoeksopdrachten via de onderzoeksgroepen en lectoren en studenten worden ingezet. Hiermee is continuïteit in de het onderzoek en inzet studenten gewaarborgd. Dit moet ook leiden naar nieuwe beroepen.
3. Governance
    a. Politieke en ambtelijke verankering binnen gemeente, provincie en waterschap
        i. Betrekken 4 B's en kennisinstellingen

4. Communicatie
    a. Opstellen communicatiestrategie met daarin:
        i. Duurzaamheidsconcept opstellen ; gezondheid, water , en veiligheid
        ii. Meervoudig ruimtegebruik; verbinding offshore en teelt
        iii. Circulaire aanpak
        iv. Verbinding maken tussenteelt en kustverdediging
        v. CO2 reductie
        vi. Relatie leggen tussen ecologie en economie

Wie hebben we nodig?

1. Ruimte
    a. Gemeente
    b. Provincie
    c. Ministeries EZ, I&M
    d. RWS
    e. Waterschap
2. Onderzoek
    a. Deltares
    b. NIOZ
    c. TU delft voor techniek en materiaal kennis
    d. Naturalis
    e. WUR
    f. HZ
    g. HR
    h. VHL
    i. HAS
    j. RIVM
    k. Erasmus Universiteit
    l. TNO voiding
    m. ECN
    n. Andere sectoren zie ook communicatie
3. Governance
    a. Gemeente
    b. TU Twente
    c. Rotterdam School of management
4. Communicatie
    a. Communicatiedeskundigen
    b. andere sectoren zoals algentelers en visserij, stichting Noordzee Boerderij
    c. organisaties zoals milieufederatie, samenwerkingsverbanden van bedrijven, streekconcepten etc.
    d. Recreatie ondernemers
    e. ZLTO/LTO
    f. Delta Wind en ECN, Shell en DOW
    g. Universiteit Utrecht

Vervolgstappen

Gefaseerd plan/onderzoeksagenda opzetten met daarbij wie op welk moment waarmee aan de slag gaat.

Stap 1. Is het realiseren van de testlocaties op 3 plekken.
Onderzoeksvraag :
Aan welke condities moeten de onderzoeklocaties voldoen om antwoord te kunnen op de gestelde vragen?
Tegelijkertijd zal er een communicatiestrategie opgesteld moeten worden

Bijlage II

Groeifactor per dag	Land/manier van proef	Bron
1,23	Nederland, Oosterschelde water	Groenendijk, F., Bikker, P., Blaauw, R., Brandenburg, W.A., Burg, S. van der, Dijkstra, J.W., Duren, L. van, Ha, J. van, Harmsen, P., Huijgen, W., Jak, R., Kamermans, P., Leeuwen, J. van, Krimpen, M. van, Lindeboom, R., Prins, H., Putten, S. van der, Schouten, J.-J, Stuiver, M. & Werf, A. van der (juni 2016). *North-SeaWeed-Chain Susstainable seaweed from the North Sea; an exploration of the value chain (RapportECN-E—16-026).* Geraadpleeg op 27 oktober 2017 van https://www.ecn.nl/publicaties/PdfFetch.aspx?nr=ECN-E--16-026
1,0981	Fjord in Noorwegen	Pedersen, M.F., Borum, J. & Fotel, F.L., (2010). Phosphorus dynamics and limitation of fast- en slow growing temperate seaweeds in Oslofjord, Norway. *Marine Ecology Progress Series, 399(103-115).* Doi:10.3354/meps08350
1,2 - 1,35 1,25 1,4	Denemarken Noorwegen Denemarken Water uit fjord	Breure, M.S., (september, 2014). *Exploring the potential for using seawees (Ulva lactuca) as organic fertiliser*. (Rapport PPS-80436) 6-10. Geraadpleegd op 30 oktober 2017 van http://edepot.wur.nl/341911
1,1 - 1,3	Denemarken Water uit fjord	Geertz-Hansen, O. & Sand-Jensen, K., (1992). Growth rates and photon yield of growth of antural populations of marine macroalga Ulva lactuca. *Marine ecology progress series.* Vol 81: 179-183. Doi: 10.3354/meps081179
1,105	Denemarken indoor Water uit Fjord	Nielsen, M.M, Bruhn, A., Rasmussen, M.B., Olesen, B., Larsen, M.M. & Moller, H.B., (2010). Bioenergy potential of Ulva lActuca: biomass yield, methane production and combustion. *Bioresource Technology.* Vol. 102: 2595-2604. Doi: 10.1016/j.biotech.2010.10.010
Min:1,0981 Max:1,4 Gemiddeld: 1,22		

Bijlage III

Interview Natuurwetgeving

Interview provincie Zeeland over natuurwetgeving met Richard Esser en Marie-Cecile van Aubel, donderdag 30 november 2017 te Middelburg

Als een ondernemer wil beginnen met de teelt van zeewier in een Natura 2000 gebied kan hij op dier manieren tot goedkeuring krijgen:

- Door zeewierteelt in het beheerplan van het Natura 2000 gebied te verwerken wordt de aanvraag van een vergunning makkelijker en simpeler of dit hoeft niet eens meer te worden aangevraagd.
- Door via de gemeente een omgevingsvergunning aan te vragen kan de gemeente zien dat er voor een Natura 2000 gebied vergunningen moeten komen. De gemeente stuurt deze aanvraag dan door naar de provincie
- Ook kan de aanvraag direct naar de provincie gaan maar dan zou de ondernemer nog apart naar de gemeente moeten voor de aanvraag voor een omgevingsvergunning.

Voor de beoordeling van de goedkeuring voor een vergunning in natuurwetgeving moet er in het geval van zeewierteelt moet er een vergunning voor gebieds- en soortenbescherming komen. Welke soorten gebieden en diersoorten rekening moet worden gehouden en wat de doelen hiervan zijn staat in het beheerplan van het betreffende Natura 2000 gebied. De vergunningaanvrager moet zorgen voor een beoordeling van effecten op de omgeving van de activiteit op de doelstellingen van het desbetreffende Natura 2000 gebied. Het maken van een passende beoordeling wordt gedaan door de vergunningaanvrager, men kan hiervoor ook betrouwbare bedrijven inhuren die hier onderzoek naar zouden kunnen doen en dit kunnen beschrijven. De provincie moet dan naar de betrouwbaarheid kijken en het belang van de activiteit moet ook worden onderzocht, als de activiteit verstorende effecten zou hebben op de omgeving gaat de provincie kijken naar andere bevredigende oplossingen. Ook moet de provincie kijken naar de draagkracht van het gebied in de beoordeling meenemen. Voor activiteiten waar men de effecten nog niet goed kent en deze wil uitzoeken kan er ook een aanvraag worden gedaan voor pilot. Hierna zou de aanvraag van een vergunning ook makkelijker kunnen worden vergregen omdat de invloeden zijn gedocumenteerd. Door de provincie kan bij de aanvraag van een vergunning ook een monitoringsverplichting worden gegeven. Bij activiteit moeten dan verplicht bepaalde indicatoren op de omgeving worden bijgehouden en gedocumenteerd worden. Als de vergunning wordt afgegeven of wordt afgegeven met bepaalde voorwaarden zal de controle van de naleving van de vergunning worden gecontroleerd door RUD Zeeland. Hier zijn vierhandhavers die in de hele provincie de naleving van natuurwetgeving controleren.

Interview waterwet

Interview Rijkswaterstaat over de waterwet met Frank Gijzel, maandag 11 december 2017 te Middelburg

In de Oosterschelde en Grevelingen lijkt er veel ruimte te zijn voor eventuele zeewierteelt maar dit is helemaal niet zo. Drijvende constructies zoals zeewierteelt moet minstens 50 meter van de betonning afliggen, ook zijn er veel verschillende regels over drijvende constructies bij dammen en sluizen. Voor de rest is het meeste al in gebruik door MZI's, scheldierenpercelen en mosselhangcultuur. Een mogelijkheid voor de teelt zou misschien wel een optie kunnen zijn bij de Slaak in de Oosterschelde en in een verlaten haventje bij Zijpe waar een vergunning is verleend voor een MZI maar deze is niet in gebruik genomen dus dit gebied zou kunnen worden gehuurd. Als men bij een waterkering een drijvende constructie wil bouwen moet men dit doen bij het waterschap. Het risico voor waterstaatkundig beheer wordt dan getoetst en hierbij wordt ook naar onder andere de verankering van de constructie gekeken. Voor Rijkswaterstaat is bij de beoordeling belangrijk dat er een specifiek gebied is aangewezen waar een activiteit moet plaatsvinden. Ook heeft Rijkswaterstaat de verantwoordelijkheid om bijvoorbeeld kitesurflocaties aan te wijzen, het watergebied kan worden opgedeeld in verschillende gebieden met een eigen functie. Bij het geval om zeewier boven schelpdierenpercelen te kweken heeft de scheldierenkweker als enige de beslissing of dit wel of niet mag. Bij vaarroutes kan de scheepvaartwet ook nog van toepassing zijn, dit is voor de veiligheid van het vaarverkeer. Gemeentes zijn nog niet heel actief bezig met waterbeheer al is de gemeente Schouwen-Duiveland wel een koploper in zeeland. Eventueel zouden MZI's kunnen worden gecombineerd met zeewierteelt. Zeewierteelt valt niet onder de

visserijwet maar MZI's wel dus als dit een optie zou zijn dan zou de zeewierteelt wel met de visserijwet te maken krijgen. Bij kweek in de mosselhangcultuur, Landa, zal dit bedrijf gaan proberen dit te combineren met zeewierteelt bij de Bergse Diepsluis.
In de Grevelingen is het een probleem dat het erg ondiep is. Voor wierenteelt is er een diepte van 3 meter nodig en veel gebieden in de Grevelingen zijn maar een halve meter diep. Voor de rest is er ook veel schelpdierenkweek. Door een kitesurf locatie bij de Flakkeese spuisluis zou een stukje betonning van een vaargeul wel zijn veranderd waardoor er hier een plek vrij zou kunnen komen voor zeewierteelt. Wel hebben de Oosterschelde en Grevelingen veel te maken met schelpdierenkweek en hier zal, als er legaal ruimte voor zou zijn, men dan ook zeker mee te maken krijgen. Een voordeel aan de Grevelingen is dat er geen hoofdvaarwegen lopen dus daar minder rekening mee kan worden gehouden.
Voor de waterkwaliteit is er niet veel zorgen, wel als dit op grote schaal zou gebeuren zou dit een probleem kunnen vormen voor de schelpdierenkweek door de opname van nutriënten waardoor algen, het voedsel van de schelpdieren, in mindere hoeveelheden voorkomen waardoor de schelpdieren minder hard zouden kunnen groeien. Wel zou de zuurstofafgifte de waterkwaliteit van de Grevelingen wel verbeteren. In de beide gebieden zou zeewier geen oplossing kunnen zijn voor de opname van overtollige nutriënten. Hier zijn in de Oosterschelde en Grevelingen geen problemen mee, in de Oosterschelde is zelfs bijna een tekort aan nutriënten.

Bijlage IIII

Mail with Olavur Gregersen from Ocean Rainforest in the Faroe Islands

To:

Hello,

My name is Dorieneke and I saw your presentation on the Seagriculture in Den Haag. I am an intern by the HZ University in Zeeland and I am doing a research on seaweed cultivation in Zeeland. I was wondering if the numbers in your presentation are correct. On the 6th slide you where referring to I think an area of 8 ha where you could harvest 150 tonnes of fresh weight. Which is 1,875 tonnes of dw per ha if you go for a 10% dw. In literature the production is much higher, at least 15 tonnes dw per ha. I am using the mass to calculate the uptake of nutrients and the uptake of CO2 and your tonnes of harvest could be a reliable number because it's from a real farmer.

Kind regards

Dorieneke Trul
Intern HZ university Zeeland, The Netherlands
student of Integrated coastal zone management at van Hall Larenstein University

From:

Dear Dorieneke Trul

Thank you for your email and question.

I think you suggest the right answer your-self - that our numbers are realistic in contrast to other studies. Many numbers in the literature does not include the handling space needed. They estimate their yield from few meters (<100 m) of line and then calculate the yield per ha using these numbers. For us, it is only the average yield from large production which gives us a realistic estimation of yield.

I also like to point out, that we do multiple partial harvesting leaving 10-30% of the yield on the lines for re-growth (therefore lower yield than others). We harvest the lines 4-6 times before re-seeding, with two harvests per year. And I like to point out that space is not the largest issue regarding offshore cultivation, it is surviveability of the rig. Finally, though our numbers are based on 5 km of growth line and a yield of more than

30 tonnes per year, it is still small scale (for us) and we are still learning how to optimize the yield. Therefore, we expect to increase these numbers in future.

I can inform you that we now have 20 km of growth lines deployed at our offshore cultivation site, seeded on 4 rigs, which takes up a 500 m x 200 m sea surface area. Is similar to 10 ha with a theoretical annual production of: 4kg/m x 2harvest = 180.000 FW -> 18.000 kg/ha -> 1800 kg/ha DW.

Unfortunately it is much easier to optimize yield/ha in Excel than on sea, but if you know of any offshore operation with 10 ha installed in Europe, we would be very interested in bench marking harvesting yield and spatial occupation.

We would appreciate very much if you could share your findings with us.

Yours sincerely

Olavur Gregersen
Managing Director

www.oceanrainforest.com