



Zeewieren in gesloten systemen

April 2011



Zeewieren in gesloten systemen

Dit rapport is in opdracht van InnovatieNetwerk opgesteld door:

Pieter 't Hart (Koers & Vaart BV)

In samenwerking met:

Job Schipper (Hortimare)

Projectleider InnovatieNetwerk:

Dr.ir. J.G. de Wilt

Dit rapport is opgesteld binnen het domein 'Land- en tuinbouw en agribusiness', concept 'Mariene Parken'.



Postbus 19197

3501 DD Utrecht

tel.: 070 378 56 53

www.innovatienetwerk.org

Het ministerie van EL&I nam het initiatief tot en financiert InnovatieNetwerk.

ISBN: 978 – 90 – 5059 – 446 – 2

Overname van tekstdelen is toegestaan, mits met bronvermelding.

Rapportnr. 11.2.259, Utrecht, april 2011.

Voorwoord

Het project “Mariene Parken” heeft tot doel de omslag te maken van teelt op land naar teelt op zee. Een andere omslag is die van verzamelen/vissen naar het zelf kweken. Het kan daarbij gaan om vis-, wieren- en/of mosselkweek. Ook de combinatie van deze teelten is interessant, bijvoorbeeld vanwege de zuiverende werking van wieren en mosselen. Zo kan verontreiniging van de omgeving door viskweek worden tegengegaan. De aanwezigheid van windparken op zee biedt bovendien ruimte voor multifunctioneel ruimtegebruik met verschillende kweken.

Een eerste stap om deze Mariene Parken van de grond te krijgen, is de teelt van zeewieren in combinatie met windparken. Hiervoor zijn – mede onder impuls van InnovatieNetwerk – ideeën en voorstellen ontwikkeld in het kader van de SBIR-regeling van AgentschapNL. De haalbaarheidsstudies zijn inmiddels afgerond. Daarnaast heeft InnovatieNetwerk met eigen middelen een verkenning gefinancierd naar de mogelijkheden van de kweek van zeewier in gesloten systemen. De resultaten hiervan treft u in dit rapport aan.

Het blijkt dat de kweek van zeewieren in gesloten systemen (ZIGS) voordelen biedt vanuit beheersbaarheid van de productieomstandigheden. Dit is vooral van belang voor hoogwaardige eindproducten. Voor deze toepassing is de kweek in gesloten systemen economisch haalbaar. Daarnaast blijken gesloten systemen zeer geschikt voor het opkweken van de jonge zeewieren, die daarna in open, meer extensieve systemen kunnen doorgroeien.

Inmiddels hebben verschillende bedrijven interesse getoond in de kweek van wieren op zee. Dit kan het begin zijn van een nieuwe ontwikkeling, waarbij de sterktes van Nederland op het gebied van

landbouw, voedsel, chemie en offshore-bedrijvigheid tot hun recht komen.

Ik breng deze studie dan ook met veel plezier onder uw aandacht.

Dr. G. Vos,
Directeur InnovatieNetwerk

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting 1

1. Inleiding 5

- 1.1 Introductie 5
- 1.2 Vraagstelling 6
- 1.3 Onderzoeksopzet 7

2. Bronnenonderzoek 9

- 2.1 Gesloten systemen voor kweek van zeewieren 9
- 2.2 Wiersoorten geschikt voor de kweek in drijvende gesloten systemen 11
- 2.3 Locaties geschikt voor de kweek van zeewier in gesloten systemen 13

3. Concept zeewier hatcheries 19

- 3.1 Doorstroming hatchery 20
- 3.2 Volledig gesloten hatchery 24

4. Evaluatie haalbaarheid drijvende zeewier hatchery 29

- 4.1 Evaluatie en keuze basisconcept hatchery 29
- 4.2 Jaarlijkse kosten basisconcept zeewier hatchery 31
- 4.3 Opbrengstcijfers zeewieren 33
- 4.4 Commerciële kweek van volwassen zeewieren 34
- 4.5 Commerciële kweek van jong plantmateriaal 37

5. Conclusies en aanbevelingen 39

- 5.1 Conclusies 39
- 5.2 Aanbevelingen 40

Bijlage I: Lijst met geïnterviewden 43

Summary 45

Samenvatting

Zeewieren zijn een potentiële bron van groene grondstoffen. Ze worden gebruikt voor menselijke consumptie, bevatten specifieke bindmiddelen zoals alginaten en carragenen, en zijn toepasbaar als meststof met groeibevorderende eigenschappen, in diervoeders en voor de teelt van schelpdieren (zeeoor). Daarnaast worden extracten uit zeewier gebruikt voor de cosmetica-industrie en farmaceutische producten, en vormen ze een mogelijke bron van biologische brandstoffen. Zeewier kan wellicht ook dienen als eiwitplatform voor de steeds groeiende vraag naar viseiwitten en soja-eiwit.

Hoewel Nederland op het terrein van offshore en waterbouw en ook op het gebied van zaaien, telen en zaadveredeling een goede naam heeft, is de kennis van het telen en oogsten van zeewier hier zeer beperkt. Met de komst van windmolenparken in de Noordzee en de exploitatie van het continentale plat, komt ook de teelt van zeewieren in beeld. Hierbij wordt gedacht in extensieve en intensieve teeltsystemen equivalent met wat we in de land- en tuinbouw kennen.

Voor bepaalde toepassingen van zeewier zijn beter gecontroleerde teeltomstandigheden nodig, bijvoorbeeld als het gaat om specifieke inhoudsstoffen, kwaliteitseisen met betrekking tot voeding of bij de vermeerdering van het zeewier voor de toekomstige grootschalige zeewierteelt. Daar waar de waarde van het geteelde zeewier toeneemt, en daarmee de wens tot oogstzekerheid en risicobeheersing, zijn gesloten systemen waarschijnlijk de beste benadering.

Doordat de teeltcondities bij gesloten systemen beter beheersbaar zijn, zijn opbrengsten naar verwachting hoger, zijn de gehalten aan inhoudsstoffen constanter en is de algehele kwaliteit beter. Bovendien kunnen eventuele plagen eenvoudiger bestreden of voorkomen worden. In

tegenstelling tot op land gebaseerde zeewierteelt kunnen gesloten systemen beschikken over veel, schoon en relatief mineraalarm zeewater. Dit opent ook mogelijkheden voor temperatuurregulering met behulp van zeewater. Het concept van zeewieren in gesloten systemen is in zekere zin vergelijkbaar met de glastuinbouw.

Op basis van de gehanteerde prijzen voor zeewier blijkt de kweek van volwassen planten voor industriële toepassingen in gesloten systemen niet haalbaar. Zelfs voor de snelgroeiende soorten en relatief dure zeewieren zijn de investeringskosten van een gesloten kweekstelsel te hoog.

Palmaria palmata kan voor consumptiedoeleinden wel kostendekkend gekweekt worden van basismateriaal tot volwassen planten in betonnen bakken, maar niet in stalen bakken. *Ulva lactuca* kan voor consumptiedoeleinden niet rendabel gekweekt worden, noch in betonnen noch in stalen bakken. Bovendien is de vraag naar *Ulva lactuca* voor consumptie in Europa momenteel erg laag.

Het opkweken van basismateriaal tot jonge planten in stalen bakken is in economische, technische en maatschappelijke zin wel haalbaar. De voorkeur gaat daarbij uit naar een stalen bak met een tidal upweller systeem, omdat dit systeem zeer flexibel is en ook in te zetten is als volledig gesloten systeem.

De kweekfase van jonge planten kan ook plaatsvinden in betonnen bakken op zee. Vanwege de kwetsbaarheid en de minder flexibele inzet van een betonnen bak op zee, gaat de voorkeur uit naar een stalen bak.

De kweekfase van jonge planten kan ook plaatsvinden in bakken op het land. Echter, gezien de grote behoefte aan schoon zeewater, de problemen met het op peil houden van de watertemperatuur aan land en de grotere kans op vervuiling van de bakken, gaat de voorkeur uit naar kweek in een gesloten systeem op zee. Het gebruik van gesloten systemen op zee voor vermeerdering van plantmateriaal voor de grootschalige teelt lijkt een onmisbare schakel in de keten.

Gezien de aard en de omvang van deze haalbaarheidsstudie kunnen niet alle vragen volledig worden beantwoord. Wel is de conclusie dat in de Nederlandse situatie de kweek van zeewieren in drijvende systemen op zee goede mogelijkheden biedt. De kweek van jong plantmateriaal in gesloten systemen vormt mogelijk een essentiële schakel in de grootschalige offshore teelt op lijnen en/of netten.

1.

Inleiding

1.1

Introductie

Het telen en oogsten van zeewieren kent mogelijkheden die in Nederland nog maar in zeer beperkte mate worden benut. De keten van kweek tot en met verwerking van zeewier dient hier nog ontwikkeld te worden. In de zeewierteelt wordt vaak gesproken over “nearshore en offshore systemen”. In beide gevallen gaat het om open systemen in die zin dat ze in directe verbinding staan met het omringende ecosysteem. Voor het ontwikkelen van kennis en ervaring voor de teelt, en met name voor de vermeerdering, van zeewieren kan ook gebruik gemaakt worden van volledig gesloten en semi-gesloten systemen. Bij volledige gesloten systemen wordt een duidelijke scheiding aangebracht tussen de omgeving waar de kweek van zeewieren plaatsvindt en het omringende ecosysteem op zee. Semi-gesloten systemen voldoen aan dezelfde voorwaarden als gesloten systemen, maar kunnen in verbinding gebracht worden met het omringende zeewater. De term “gesloten systemen” omvat in deze rapportage zowel de volledig gesloten systemen als de semi-gesloten systemen. Doordat de teeltcondities bij gesloten systemen beter beheerst worden, zijn opbrengsten naar verwachting hoger, gehaltes aan inhoudsstoffen constanter en zal de algehele kwaliteit verbeteren. Bovendien kunnen eventuele plagen beter beheerst of voorkomen worden. In tegenstelling tot op land gebaseerde zeewierteelt kunnen gesloten systemen beschikken over veel, schoon, helder en relatief mineraalarm zeewater. Dit opent ook de mogelijkheid tot temperatuurregulering met behulp van zeewater. Het concept van zeewieren in gesloten systemen is in zekere zin vergelijkbaar met de glasteeltuinbouw versus de akkerbouw. In dit haalbaarheidsonderzoek wordt onderzocht wat de mogelijkheden zijn om zeewieren te kweken in gesloten systemen.

1.2

Vraagstelling

Zeewieren zijn een potentiële bron van groene grondstoffen. Zeewieren worden gebruikt voor menselijke consumptie, bevatten specifieke bindmiddelen zoals alginaten en carragenen, en worden gebruikt als meststof met groeibevorderende eigenschappen, in diervoerders en voor de teelt van schelpdieren (zeeoor). Daarnaast worden extracten uit zeewier gebruikt voor de cosmetica-industrie en farmaceutische producten, en vormen ze een mogelijke bron van biologische brandstoffen. Zeewier kan wellicht ook dienen als eiwitplatform voor de steeds groeiende vraag naar viseiwitten en soja-eiwit. Hoewel Nederland op het terrein van offshore en waterbouw en ook het gebied van zaaien, telen en zaadveredeling een goede naam heeft, is de kennis van het telen en oogsten van zeewier hier zeer beperkt. Met de komst van windmolenparken in de Noordzee en de exploitatie van het continentale plat, komt ook de teelt van zeewieren in beeld. Hierbij wordt gedacht in extensieve en intensieve teeltsystemen equivalent met wat we in de land- en tuinbouw kennen.

Voor bepaalde toepassingen van zeewier zijn beter gecontroleerde teeltomstandigheden nodig, bijvoorbeeld als dit gaat om specifieke inhoudsstoffen, kwaliteitseisen met betrekking tot voeding of bij de vermeerdering van het zeewier voor de toekomstige grootschalige zeewierteelt. Daar waar de waarde van het geteelde zeewier toeneemt, en daarmee de wens tot oogstzekerheid en risicobeheersing, zijn gesloten systemen waarschijnlijk de beste benadering.

1.3

Onderzoeksopzet

Het haalbaarheidsonderzoek is gefaseerd middels een aantal werkpakketen die achtereenvolgens zijn uitgevoerd.

1. Bronnenonderzoek

Er is gestart met een beperkt bronnenonderzoek over de toepassing van drijvende, zeegaande systemen en platforms voor de kweek van schelpdieren en zeewieren. Dit bronnenonderzoek vormt mede de basis voor de interviews.

2. Interviews

Tevens is een aantal interviews gehouden met zeewierkwekers en -handelaren, mosselkwekers, onderzoeksinstituten, biologen en organisaties zoals Productschap Vis. Hierdoor is een eerste beeld ontstaan van wensen en eisen vanuit de zeewiertelers en vanuit aanpalende sectoren ten aanzien van het platform. Deze wensen en eisen vormen vervolgens de input voor een eerste conceptontwerp.

3. Conceptontwerp

De resultaten van het bronnenonderzoek en de interviews zijn samengebracht in een eerste conceptontwerp. Belangrijke uitgangspunten met betrekking tot het kweekstelsel zijn hierin meegenomen. Het conceptontwerp is niet beperkt tot een enkel ontwerp, maar kan ook een familie van variaties op een basisontwerp zijn. Tevens wordt bij het eerste conceptontwerp een calculatie gemaakt van de economische haalbaarheid van het integrale stelsel.

4. Evaluatie haalbaarheid conceptontwerp

Het conceptontwerp met de eventuele variaties wordt vervolgens besproken met belanghebbenden. Op basis van hun praktische input is het kweekstelsel verbeterd, waarbij ook de gevolgen voor de economische haalbaarheid meegenomen worden. Het resultaat van de evaluatie is een pakket van eisen waaraan het platform dient te voldoen, met de eventuele randvoorwaarden op maatschappelijk, economisch en technisch gebied.

5. Rapportage

De resultaten van de voornoemde werkpakketten worden samengevat in de voorliggende rapportage. Deze rapportage bevat onder andere:

- De aanpak van de haalbaarheidsstudie.
- De maatschappelijke, economische en technische afwegingen voor het kweekstelsel.
- Het conceptontwerp van het platform met bijbehorende systemen.
- Conclusies en aanbevelingen met betrekking tot de economische, technische en maatschappelijke haalbaarheid van het zeewierteelt-concept.

2.

Bronnen- onderzoek

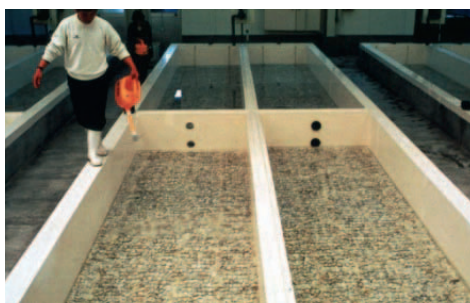
2.1

Gesloten systemen voor kweek van zeewieren

Zeewieren worden veelal gekweekt op lijnen en netten. Het gebruik van gesloten systemen voor de kweek van kleine zeewierplantjes vindt momenteel vooral op land plaats. Toepassingen van gesloten drijvende systemen zijn tot op heden nauwelijks bekend.

De kweek van zeewierplanten in open hatcheries vindt op grote schaal plaats in China. De Chinese Shandong Oriental Ocean Sci-tech Company beschikt bijvoorbeeld over een kelp breeding area met een oppervlakte van 9000 m². In Ierland wordt momenteel een hatchery ontwikkeld voor de kweek van *Palmaria palmata*, *Laminaria digitata* en *Porphyra*. In Nederland is Hortimare in 2009 kleinschalig gestart met de vermeerdering en veredeling van zeewieren.

Bij gesloten systemen op het land wordt veelal gebruik gemaakt van betonnen bakken die met elkaar in verbinding staan en waar zeewater doorheen stroomt. In Japan wordt de kweek van Nori (*Porphyra yezoensis*) uitgevoerd in grote loodsen (zie Afbeelding 1), terwijl in Zuid-Afrika de wiertelt in de buitenlucht



Afbeelding 1: Wierenkweek in Japan.

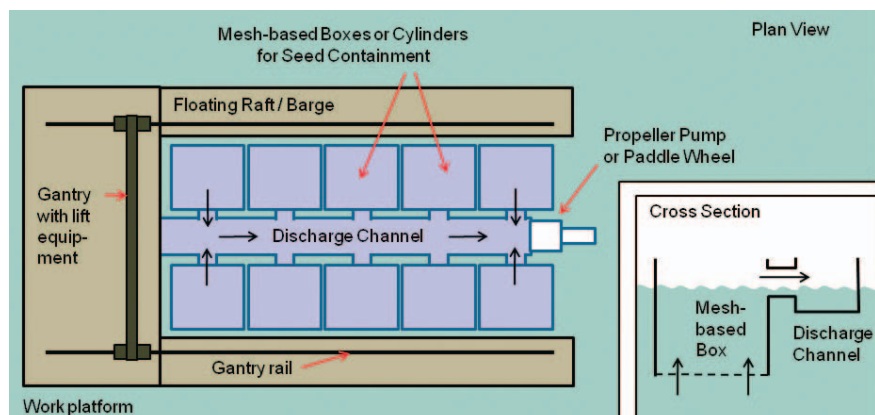
plaatsvindt en gecombineerd wordt met de kweek van schelpdieren zoals Abalone (zie Afbeelding 2).

Afbeelding 2: Gecombineerde kweek van Abalone en wieren en Zuid-Afrika.



Er zijn momenteel alleen drijvende systemen in gebruik voor het kweken van schelpdieren in combinatie met de kweek van zeewieren. De Food and Agriculture Organisation (FAO) van de Verenigde Naties geeft op haar website een beschrijving van een drijvende hatchery voor de kweek van schelpdieren (zie Afbeelding 3).

Afbeelding 3: Drijvende hatchery voor schelpdieren.



In Canada heeft de firma Seed Science een 33 meter lange hatchery ontwikkeld en gebouwd voor schelpdieren. Een andere Canadese firma heeft een hatchery gebouwd voor schelpdieren (Abalone) en zeewieren in een 30 meter lange bak (zie Afbeelding 4).

Afbeelding 4: Drijvende hatchery voor schelpdieren en zeewieren.



2.2

Wiersoorten geschikt voor de kweek in drijvende gesloten systemen

Het doel van het gebruik van gesloten systemen is het vermeerderen van zeewieren in optimale condities. Een belangrijke voorwaarde hiervoor is dat de wieren überhaupt kunnen groeien in gesloten systemen. Daarnaast is het van belang dat alleen inheemse wieren geteeld worden, zodat het omringende ecosysteem niet aangetast wordt.

In de onderstaande tabel (Afbeelding 5) wordt een opsomming gegeven van inheemse wiersoorten die gekweekt kunnen worden in gesloten systemen in de Nederlandse wateren. Hierbij is voornamelijk gebruik gemaakt van twee waardevolle bronnen van informatie:

Algae Base

Algae Base is een uitgebreide database op internet met informatie over algen die in diverse soorten omgevingen voorkomen (land, zout- en zoetwater).

Michael Guiry's Seaweed Site

Michael Guiry's Seaweed Site is een website met uitgebreide informatie over zeewieren die in de Noord-Oost Atlantische wateren voorkomen.

Vervolgens is in samenspraak met Hortimare een selectie gemaakt van de meest belovende zeewieren voor de kweek en vermeerdering in gesloten systemen. Deze keuze wordt vooral bepaald door de hoge groeisnelheid, hoge wierprijzen en de kweekmogelijkheden in gesloten systemen.

Soort	Kleur	Groeiperiode (biomassa-ontw.)	Relatieve groeisnelheid in teelt %/dag	Kweeksysteem	Geschiktheid vanuit biologie	Afmeting
<i>Laminaria digitata</i>	bruin	jaarrond	3	jonge plant, tank	+	tot 30 cm
<i>Laminaria hyperborea</i>	bruin	jaarrond	2	jonge plant, tank	+	tot 30 cm
<i>Saccharina latissima</i>	bruin	jaarrond	4	jonge plant, tank	++	tot 30 cm
<i>Alaria esculenta</i>	bruin	jaarrond	3	jonge plant, tank	+	tot 30 cm
<i>Undaria pinnatifida</i>	bruin	jaarrond	2	jonge plant, tank	++	tot 30 cm
<i>Palmaria palmata</i>	rood	jaarrond	4	jonge plant, tank	++	tot 20 cm
<i>Himanthalia elongata</i>	bruin	jaarrond	1	jonge plant, tank	+	tot 30 cm
<i>Gracilaria gracilis</i>	rood	jaarrond	4	jonge plant, tank	++	tot 10 cm
<i>Ulva lactuca</i>	groen	jaarrond	5	jonge plant, tank	++	tot 15 cm

Afbeelding 5: Geschikte wiersoorten voor kweek in de Noordzee in gesloten systemen.

De geschiktheid van de soorten hangt samen met de morfologie en het vermogen om toch goed te groeien zonder aan substraat te zijn vastgehecht. Hiervoor is de aanwezigheid van alle wierorganen (holdfast, steel, meristeem, thallus) vereist bij de kelpsoorten, terwijl *Palmaria*, *Gracilaria* en *Ulva* ook zonder wortel/holdfast kunnen doorontwikkelen. Zolang de grootte van de plant maar niet de stroming in de tanks beperkt, kan dit worden doorgezet. Inmiddels is uit ervaring gebleken dat dit prima gaat tot de aangegeven lengte.

ZIGS heeft de interessante mogelijkheid om de zeewieren zoveel mogelijk in de exponentiële groeifase te kweken. Dit is de fase waarin de relatieve groeisnelheid het hoogste is en dus vanuit kosten oogpunt het interessantst. Immers, elke reeds ontwikkelde cel vraagt voornamelijk onderhoud en vangt licht af. Uiteraard is het wel zo dat er enige tijd overheen gaat voordat een cel zijn gewenste inhoudsstoffen heeft gesynthetiseerd. Daar ligt nog een optimalisatievraagstuk.

Er moet ook onderscheid worden gemaakt tussen de soorten met een duidelijk gelokaliseerd meristeem (*Laminaria*, *Palmaria*) en de integraal delende soorten (*Ulva*). De laatste soorten kunnen zelfs in een soort continu systeem worden geteeld, waarbij steeds een deel van het blad wordt afgevoerd.

2.2.1

Eisen en randvoorwaarden voor de kweek van zeewieren in gesloten systemen

Een succesvol kweekstelsel dient aan eisen en randvoorwaarden te voldoen met betrekking tot:

Licht

Er dient zoveel mogelijk licht toegelaten te worden. Licht is altijd een beperkende factor voor groei. Zeewier kan eventueel ook met intermitterend licht groeien. Uit de literatuur blijkt dat een lichtflits van 10 seconden voldoende is om in de volgende 10 seconden in het donker de energie daarvan om te zetten, zonder groeiverlies.

Nutriënten

In eerste instantie zijn stikstof (N) en daarna fosfor (P) beperkend voor optimale groei. Voor stikstof (N) dient een niveau van ongeveer 30 mg/l te worden aangehouden. Voor fosfor (P) is dit een factor 15 lager.

Kooldioxide

CO₂ is vaak een beperkende factor en moet worden toegediend voor maximale groei.

Zuurstof

Het zuurstofniveau (O₂) kan toxische niveaus bereiken bij veel licht en dient dan uitgeblazen te worden.

Kleine waterorganismen

Er is een reeks organismen die zeewier begrazen. Door voldoende doorstroming, filters en predatoren zijn deze organismen te bestrijden.

2.3

Locaties geschikt voor de kweek van zeewier in gesloten systemen

Uit het bronnenonderzoek komt duidelijk naar voren dat hatcheries een onvermijdelijke schakel zijn in het realiseren van commercieel haalbare zeewierenkweek. In alle grote zeewierproducerende landen wordt gebruik gemaakt van hatcheries voor vermeerdering van plant-materiaal.

Deze hatcheries zijn vaak grote gegraven vijvers, maar bestaan in sommige gevallen ook uit speciale constructies die zich vooral bevinden in de kustwateren en rivierdelta's, omdat daar onder andere voldoende voedingsstoffen in het water aanwezig zijn.

De voordelen van land hatcheries zijn vooral gelegen in de relatief lage investeringskosten. Daartegenover staan de hogere operationele kosten voor klimaatcontrole en het realiseren van voldoende doorstroming in de hatchery. Daarboven bestaat vooral bij vijvers de kans op blijvende beschadiging van de hatcheries door het gebruik van pesticiden en andere chemicaliën.

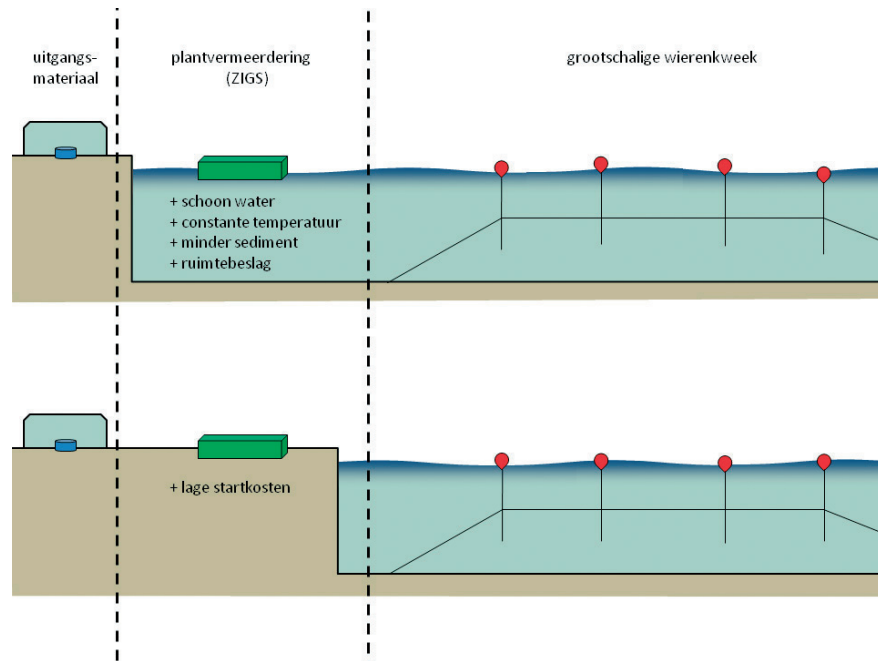
De voordelen van drijvende hatcheries zijn vooral gelegen in de lagere operationele kosten voor klimaatcontrole en het realiseren van voldoende doorstroming in de bak. Belangrijk argument voor een hatchery op zee is bovendien dat de moederplanten daar door de continue verversing van water veel beter in leven te houden zijn dan in een landvijver. In een dergelijk systeem is de groeisnelheid ondergeschikt en gaat het er juist om gezonde planten te houden die kunnen worden aangezet tot sporenvorming op het gewenste moment. De investeringskosten voor een hatchery op zee zijn echter wel hoger.

In Afbeelding 7 worden deze hatcheries (in groen) schematisch weergegeven. De uitdaging is erin gelegen de voordelen van de hatcheries op land zo goed mogelijk te combineren met de voordelen van hatcheries op zee.



Afbeelding 6: Ulva en Cracilaria in hun natuurlijke habitat.

Afbeelding 7: Schematisch overzicht van twee hoofdtypen hatcheries.



Wellicht dat er hatcheries geplaatst kunnen worden op droogvallende platen in zee, zodat de voordelen van beide systemen benut kunnen worden.

De nearshore systemen zijn het onderwerp van deze haalbaarheidsstudie. In tweede instantie wordt gekeken naar offshore toepassingen, omdat gesloten systemen daar wellicht ook unieke voordelen bieden.

2.3.1. Nearshore toepassingen

Het kweken van zeewier in gesloten systemen lijkt vooral kansen te bieden bij nearshore toepassingen. Het voordeel van gesloten drijvende systemen boven hatcheries aan land is vooral gelegen in het feit dat het platform de beschikking heeft over omgevingscondities die vergelijkbaar zijn met de omgevingscondities die gelden voor de (grootschalige) kweek in zee.

In het gesloten drijvende systeem kan geëxperimenteerd worden met watertemperatuur, voedingsstoffen, doorstroomsnelheden en lichtinval die de daadwerkelijke situatie in de praktijk benaderen. Vooral de doorstroomsnelheid en de watertemperatuur zijn belangrijke factoren voor een succesvol kweekstelsel.

Voor hatcheries op het land zijn grote pompvermogens vereist om voldoende doorstroming te kunnen realiseren. Bovendien zal het op het land extra investeringen kosten om de watertemperatuur op het juiste peil te houden, omdat landmassa nu eenmaal sneller opwarmt en afkoelt onder invloed van zonnestraling. Uit gesprekken met mossel- en wierenkwekers blijkt dat zij voor de kweek van zeewieren in gesloten systemen de meeste kansen zien in beschutte wateren met hogere stroomsnelheden, en zo mogelijk bij de mondingen van rivieren. Voor Nederland blijft dan een beperkt aantal gebieden over waar de wierenkweek in gesloten systemen plaats kan vinden.

In eerste instantie zijn de Waddenzee en de Eemsmonding geïdentificeerd als mogelijk interessante locaties voor zeewierenkweek. Het zijn relatief beschutte plaatsen met voldoende stroming en voedingsstoffen om de gewenste doorstroomsnelheden voor zeewierenkweek te kunnen bereiken (zie Afbeelding 8 en 9).



Afbeelding 8: Waddenzee en Razende Bol.



Afbeelding 9: Eemsmonding

In tweede instantie wordt gedacht aan het windmolenpark Amalia nabij IJmuiden of een locatie ten zuiden van de Tweede Maasvlakte. Hoewel deze gebieden niet erg beschut zijn is er wel voldoende stroming en bevinden deze gebieden zich bij grote riviermondingen (zie Afbeelding 10).

Het Oosterscheldebekken is een beschutte plaats, maar beschikt naar verwachting over onvoldoende voedingsstoffen, en kan niet voldoen aan de eisen voor hoge doorstroomsnelheden, tenzij gebruik gemaakt wordt van elektrisch aangedreven pompen.

Momenteel wordt door Hortimare en Plant Research International in Wageningen het project “Geïntegreerde Aquacultuur: Vis, Schelp &

Wier” uitgevoerd, waarbij een proefopstelling voor zeewier getest wordt bij twee tarbotkwekerijen aan de Oosterschelde. Het effluent hiervan kan als nutriëntenbron worden aangesloten op een drijvende ZIGS-installatie.

Afbeelding 10: Jmonding, Tweede Maasvlakte en Oosterscheldebekken.



2.3.2. Offshore toepassingen

Voor windmolenparken die buiten de territoriale wateren liggen en/of niet in de nabijheid van riviermondingen, kan er een tekort aan voedingsstoffen optreden voor grootschalige kweek van zeewieren. Wanneer gebruik gemaakt wordt van volledig gesloten drijvende zeewiersystemen, kunnen voedingsstoffen separaat meegenomen worden in de tanks in de dubbele bodem of de zijden van de kweekbak.

Deze voedingsstoffen kunnen naar gelang de behoefte worden toegevoegd aan het water in de kweekbak, zodat de zeewierkweek geoptimaliseerd kan worden met betrekking tot het toevoegen van voedingsstoffen. Op deze wijze is het mogelijk om bij offshore toepassingen, waarbij een tekorten aan nutriënten dreigt, de zeewieren toch van voldoende voedingsstoffen te voorzien.

In Nederland zijn er op dit moment twee windmolenparken in de Noordzee. De NoordzeeWind staat voor de kust in vak Q8 bij Egmond aan Zee. Het park heeft 36 windmolens met elk een vermogen van 3 MW. Het tweede windmolenpark, het Prinses Amalia windpark, staat in vak Q7 buiten IJmuiden. Het park heeft zestig windturbines van elk 2 MW. Deze parken bevinden zich beide binnen de Nederlandse territoriale wateren.

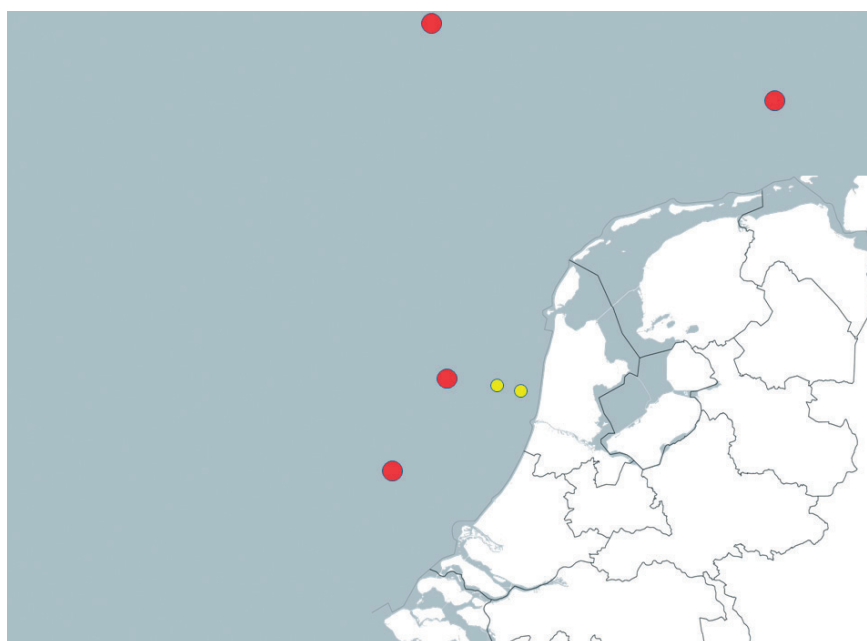
Een initiatief van het Ierse energiebedrijf Airtricity om een offshore park van in totaal 284 MW te realiseren, wordt waarschijnlijk het derde windpark in de Nederlandse Noordzee. De locatie, West Rijn, ligt zo'n veertig kilometer uit de kust bij Hoek van Holland. Op die

afstand zullen de windturbines vanaf de kust met het blote oog nauwelijks te zien zijn.

Het plan heeft in november 2006 exclusiviteit gekregen van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, maar moet voor de definitieve toestemming nog een Milieueffectrapportage indienen, die vervolgens goedgekeurd moet worden.

Verder heeft het Ierse energiebedrijf in 2007 exclusiviteit gekregen voor een windmolenpark dat 350 MW moet produceren op locatie Breeveertien 2, zo'n 55 kilometer voor de kust in IJmuiden. Het hoopt in 2012 te beginnen met de bouw van dit park.

In de Noordzee, zo'n veertig kilometer ten noordwesten van het Oost-Friese Waddeneiland Juist, gaat EON een park aanleggen met tachtig turbines van maximaal 3,5 MW per stuk. Het bedrijf hoopt in 2011 het park geheel in gebruik te hebben met een piekvermogen van 500 MW. Op de Doggersbank komt mogelijk een windmolenpark van 9000 MW (zie ook Afbeelding 11).



Afbeelding 11: Bestaande nearshore windparken (geel) en geplande offshore windparken (rood).

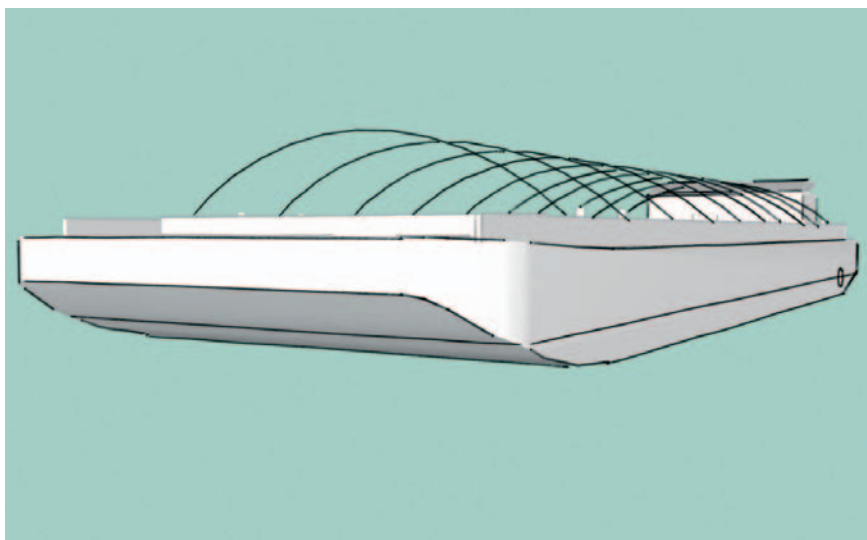
Hoewel dit minder vanzelfsprekend is, is een volledig gesloten systeem natuurlijk ook in nearshore situaties toe te passen.

3.

Concept zeewier hatcheries

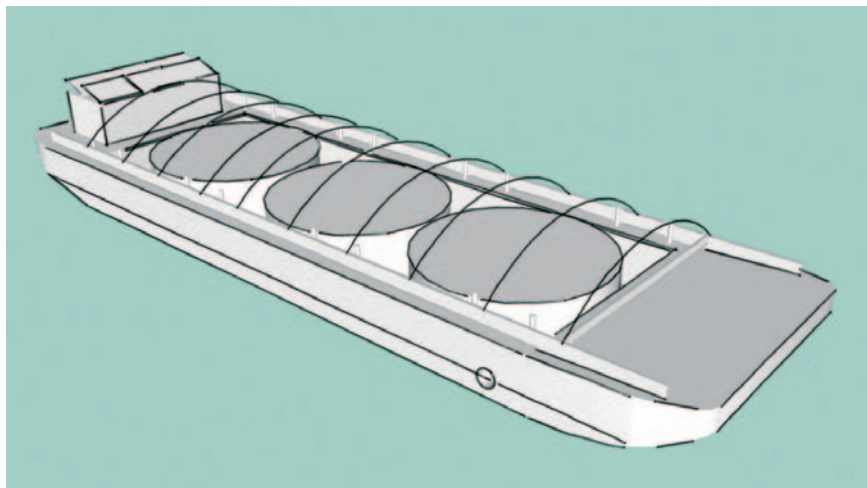
Op basis van gesprekken met mosselkwekers blijkt dat drijvende systemen voor de kweek van mosselzaad vooral kwetsbaar zijn met betrekking tot de doorstroming van het systeem. De verwachting is dat hetzelfde geldt voor zeewieren. Deze aanname wordt onderbouwd door diverse publicaties en haalbaarheidsonderzoeken voor zeewiersystemen.

Naar analogie met de drijvende schelpdier en zeewier hatcheries wordt gekeken naar een platform met een lengte van circa 30 meter, een breedte van circa 10 meter en een holte van 2 meter (zie Afbeelding 12, 13 en 14).

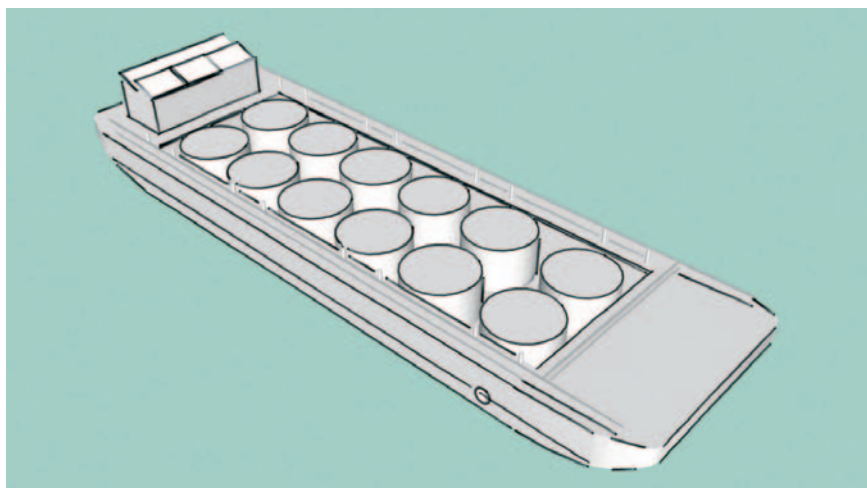


Afbeelding 12: Concept zeewier hatchery (met overkapping).

Afbeelding 13: Concept zeewier hatchery (met overkapping).



Afbeelding 14: Hatchery met twaalf ronde bassins.



Het gewicht van de lege bak wordt geschat op 75.000 kg. Het gewicht van de hatchery installatie en de controleruimte wordt geschat op 25.000 kg.

Het ruim van de bak wordt voornamelijk gebruikt voor het plaatsen van de bassins waarin de wieren gekweekt worden. Uitgaande van de ruimaftmetingen van 26 x 9 x 2 meter bedraagt de bruto inhoud van het ruim 470 m³. Naar gelang de behoefte kunnen er in het ruim minimaal drie grote bassins (diameter 8 meter) of maximaal twaalf kleinere bassins (diameter 4 meter) geplaatst worden. Uitgaande van een waterhoogte van 2 meter is er in de bassins 300.000 liter zeewater beschikbaar voor zeewierenkweek.

Het totale gewicht van de hatchery komt daarmee uit op 400.000 kg. De diepgang van het platform komt daarmee uit op circa 1,33 meter, het vrijboord (de afstand tussen de waterlijn en het dek waar het water het schip in kan lopen) bedraagt circa 0,67 meter.

3.1 Doorstroming hatchery

Sommige hatcheries aan land vervangen het water in de bakken slechts sporadisch (eens per maand), andere hatcheries kennen juist een veel grotere omloopsnelheid van het water. Volgens zeewier- en

mosselkwekers is voldoende doorstroming van voedselrijk water met de juiste temperatuur essentieel voor het behalen van hoge groeisnelheden van zeewier en mosselen.

De doorstroming in hatcheries kan op verschillende manieren gerealiseerd worden. In de hatcheries aan land wordt voor de watertoevoer meestal gewerkt met pompen, eventueel in combinatie met paddlewheels (zie ook Afbeelding 2). Eventuele verbindingen tussen de bassins worden gemaakt met leidingen en/of goten.

Bij drijvende hatcheries zijn er verschillende manieren om een goede doorstroming te realiseren. Er zijn passieve systemen die volledig gebruik maken van de stroming van het omringende zeewater (zoals floating tidal upwellers), maar ook drijvende platforms uitgerust met pompen voor de regulering van de watertoevoer.

Vanwege het gebrek aan betrouwbare gegevens voor zeewier hatcheries en het feit dat zeewieren en schelpdieren vaak in dezelfde ecosystemen voorkomen, wordt aangenomen dat de mate van doorstroming die gunstig is voor schelpdieren, ook van toepassing is op de groei van zeewieren.

3.1.1.

Landbased hatchery met pompen/ paddlewheels

De op het land gestationeerde hatchery voor Abalone en zeewier in Zuid-Afrika gebruikt voor de bassins een doorstroomsnelheid van 12 tot 24 volumewisselingen per dag. De afmetingen van de bassins zijn circa 30 x 8 x 0,8 meter. Voor een volume van 192.000 liter bedraagt de maximale doorstroming 192 m³/uur.

Voor de eerste concept zeewier hatchery met een bassinvolume van 300.000 liter komt dat neer op een maximale doorstroomsnelheid van 300 m³/uur.

3.1.2.

Drijvende hatchery met pompen/ paddlewheels

In Nederland is in het verleden een drijvende hatchery ontwikkeld voor de kweek van mosselen. Begin 2000 heeft Lenger Seafoods een platform ontwikkeld voor de kweek van mosselen. Dit platform was 30 meter lang, 6 meter breed en 3 meter diep, en uitgerust met een pompcapaciteit van 1.000 m³/uur.

De heer Bakker van Lenger Seafoods, die nauw betrokken was bij dit project, is van mening dat de doorstroming in dit platform onvoldoende was om mosselen voldoende snel te laten groeien. Voor de eerste concept zeewier hatchery zou in dat geval de maximale doorstroming beperkt zijn tot 550 m³/uur.

In Canada zijn diverse succesvolle initiatieven ontplooid met drijvende hatcheries voor de kweek van schelpdieren. Deze hatcheries zijn uitgerust met pompen of paddlewheels voor de toevoer van vers water.

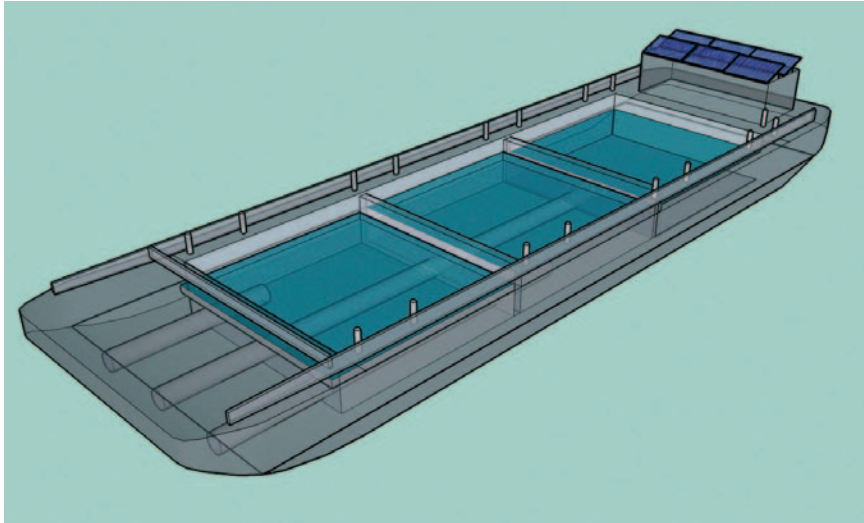
Voor een platform van 22 x 9 x 1,2 meter (volume 238 m³) is een maximale pompcapaciteit beschikbaar van circa 1400 m³/uur. Voor de eerste concept-zeewier hatchery met een bassinvolume van 300.000 liter betekent dat een maximale doorstroomsnelheid van 1800 m³/uur. Dat is 3,5 keer groter dan in het Nederlandse proefproject van Lenger Seafoods, dat achteraf niet succesvol bleek.

3.1.3. Drijvende hatchery met passieve doorstroming

In Nederland is omstreeks 2005 door Lenger Seafoods opnieuw een platform gebouwd voor de kweek van schelpdieren. Dit ponton was gebaseerd op het principe van een passieve doorstroming. Met een oppervlakte van 30 x 30 meter en een diepgang van 3 meter was het uitgerust met uv-lampen en twee filters voor de bestrijding van bacteriën, met een capaciteit van 1.200 m³/uur. Het proefproject bleek niet succesvol, omdat volgens de heer Bakker van Lenger Seafoods ook de doorstroming op dit platform onvoldoende was.

De eerste concept-zeewier hatchery met een bassincapaciteit van 300.000 liter zal om voldoende voedselrijk water toe te voeren zoveel mogelijk gebruik moeten maken van een natuurlijke waterdoorstroming. Uitgaande van een enkelvoudige verankering aan de voorzijde van het platform en een gewenste doorstroomsnelheid van het zeewater in natuurlijke omstandigheden van 0,1 knopen, bedraagt het maximale debiet $\text{bassinbreedte} \times \text{bassinholte} \times \text{snelheid} = 9 \times 2 \times 0,1 \times 1.852 = 3.334 \text{ m}^3/\text{uur}$. Dit is aanzienlijk hoger dan het debiet dat ooit met elektrische pompen is bereikt. Uitgaande van een netto inhoud van de bassins van circa 2/3 deel van de bruto inhoud van het ruim is het benodigde pompdebiet 2.222 m³/uur.

Met een stroomsnelheid op locatie van circa 1 knoop is de maximale vereiste opening aan de voorzijde van de bak 1,2 m². Dit kan gerealiseerd worden door drie ronde inlaatkanalen met een diameter van 70 centimeter (zie Afbeelding 15). Deze inlaatkanalen dienen te worden uitgerust met een beweegbare afsluiter (bijv. een vlinderklep), zodat de toevoer van zeewater nauwkeurig geregeld kan worden.



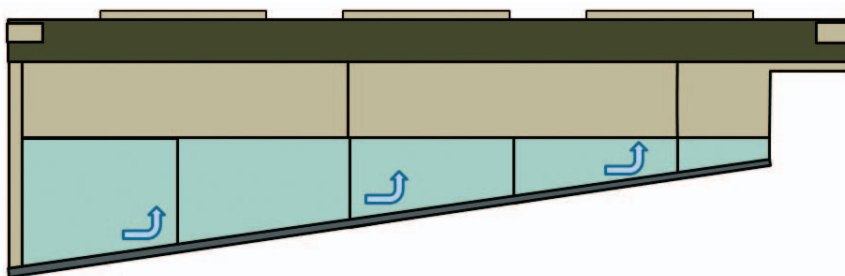
Afbeelding 15: Zeewater hatchery met ronde inlaatkanalen.

3.1.4. Drijvende hatchery met passief tidal upweller systeem

Een andere manier om de hatchery te voorzien van vers zeewater is door middel van een zogenaamd tidal upweller systeem. Dit principe wordt in de USA gebruikt bij de kweek van schelpdieren.

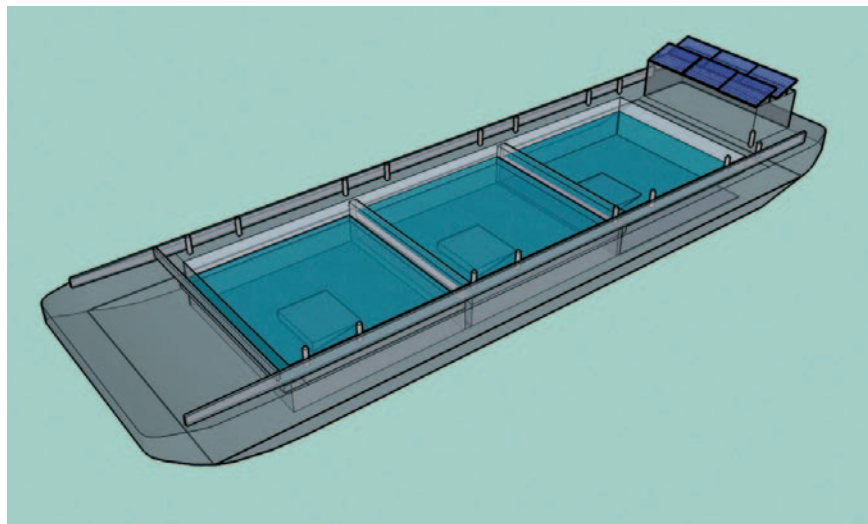
Veelal wordt er gewerkt met drijvende houten constructies die aan de voorzijde verankerd worden, zodat ze mee kunnen draaien op de stroming. Afbeelding 16 geeft een tidal upweller weer, waarbij een getijdestroming van links naar rechts zorgt voor een opwaartse beweging.

Naar analogie met dit systeem worden de waterinlaten aan de onderzijde van het schip geplaatst en staan ze in direct contact met de bassins. Deze waterinlaten functioneren als een soort bodemdeuren die op afstand geopend en gesloten kunnen worden.



Afbeelding 16: Technisch ontwerp van de tidal upweller.

Afbeelding 17: Zeewier hatchery met tidal-powered upweller system.



Voordelen van dit systeem zijn de korte afstand van de waterinlaat tot het bassin, de eenvoud van het afsluitsysteem en de stromingsrichting van beneden naar boven, die zorg draagt dat ook lager gelegen wieren voldoende voedingsstoffen en licht ontvangen. Met een stroomsnelheid op locatie van circa 1 knoop is de maximale vereiste opening aan de onderzijde van de bak 1,2 m². Dit kan gerealiseerd worden door drie rechthoekige inlaatkanalen met een breedte van 2 meter en een hoogte van 20 centimeter. Deze inlaatkanalen kunnen volledig afgesloten worden, zodat de toevoer van zeewater nauwkeurig geregeld kan worden. Een en ander is weergegeven in Afbeelding 17.

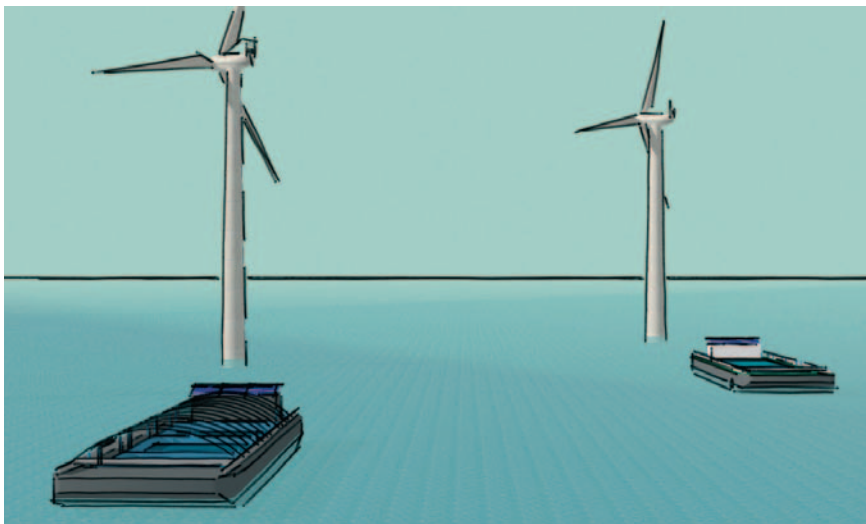
3.2 Volledig gesloten hatchery

Naast de semi-gesloten systemen gebaseerd op doorstroming kan ook gebruik gemaakt worden van volledig gesloten systemen, waarbij geen grote hoeveelheden water door de hatchery stromen.

Een volledig gesloten drijvend systeem kent een aantal voordelen ten opzichte van landsystemen.

De klimaatcondities kunnen makkelijker beheerst worden, omdat het drijvende systeem zich in een omgeving bevindt waar de omgevingscondities optimaal zijn voor de kweek van zeewieren, namelijk de zee zelf. Doordat het kweekstelsel volledig gesloten is, kunnen bovendien kunstmatige voedingsstoffen en pesticiden toegevoegd worden zonder dat deze stoffen in het omringende ecosysteem terechtkomen.

Op deze wijze wordt een intensieve teelt op zee mogelijk, zonder dat de beschikbaarheid van voedingsstoffen een beperkende factor wordt voor optimale groei. Dit betekent dat de hoeveelheid voedingsstoffen in het zeewater geen beperkende factor is voor de kweek van zeewieren. Een volledig gesloten systeem kan zowel voor nearshore als voor offshore toepassingen gebruikt worden. Een impressie van een gesloten systeem voor offshore toepassing is weergegeven in Afbeelding 18.



Afbeelding 18: Volledig gesloten hatchery voor offshore zeewierenkweek.

3.2.1. Doorstroming middels luchtinblaassystemen

Om bij een volledig gesloten systeem toch voldoende watercirculatie te krijgen, kan lucht onderin de bassins geblazen worden. Hierdoor ontstaat een verticale circulatie, zodat de zeewieren voldoende licht en lucht krijgen voor een snelle vermeerdering. Dergelijke luchtinblaassystemen worden vooral gebruikt in volledig gesloten hatcheries. Een voorbeeld van een luchtinblaassysteem is weergegeven in Afbeelding 19.



Afbeelding 19: Luchtinblaassysteem.

3.2.2. Energievoorziening

De energievoorziening op het platform voor het beluchten van de bassins en het elektrisch bedienen van afsluiters voor de toevoer van extra voedingsstoffen kan geleverd worden door zonnepanelen of door een kleine dieselgeneratorset.

Zonnepanelen hebben de voorkeur omdat zij geen emissies kennen. Daar staat echter tegenover dat zij relatief kwetsbaar zijn in zware weersomstandigheden.

Dieselgeneratorsets daarentegen zijn zeer robuust, leveren een constante hoeveelheid energie en kennen nauwelijks onderhoud. De uitlaatgassen van de dieselgeneratorset kunnen in de bassins geblazen

worden om extra kooldioxide toe te voeren aan het water en de verticale watercirculatie in de bassins te ondersteunen.

Deze opties vormen geen onderdeel van deze haalbaarheidsstudie, maar dienen in een later stadium nader uitgewerkt te worden.

4.

Evaluatie haalbaarheid drijvende zeewier hatchery

4.1. Evaluatie en keuze basisconcept hatchery

In samenspraak met Hortimare en InnovatieNetwerk zijn de basisconcepten zoals beschreven in Hoofdstuk 3 nader geëvalueerd.

4.1.1. Doorstroming hatchery versus volledig gesloten hatchery

In eerste instantie dient de keuze gemaakt te worden tussen een doorstroming hatchery of een volledig gesloten hatchery. Hoewel beide systemen potentie lijken te hebben, gaat de voorkeur momenteel vooral uit naar de doorstroming hatchery.

Een doorstromingsysteem is namelijk geschikt voor nearshore toepassingen en maakt gebruik van de van nature aanwezige stroming en voedingsstoffen in de Noordzee. In een goed gedimensioneerd doorstromingsysteem kunnen naar verwachting alle wier-soorten gekweekt worden. Bovendien biedt een doorstromingsysteem mogelijkheden voor energiebesparing ten opzichte van land hatcheries waar met pompen vers water opgevoerd moet worden. Hiermee kunnen de initiële hogere investeringskosten op termijn terugverdiend worden ten opzichte van de land hatcheries. Bovendien kan de doorstroming hatchery indien

gewenst ook afgesloten worden, zodat deze kan functioneren als volledig gesloten systeem.

Volledig gesloten hatcheries hebben wellicht potentie voor de offshore toepassing, maar lijken voor nearshore toepassing minder geschikt. Het voordeel van de energiebesparing op pompen valt weg. De investeringskosten van een volledig gesloten hatchery zijn aanzienlijk hoger dan die van de land hatchery, waardoor de voordelen van een drijvend gesloten systeem grotendeels wegvallen. De enige voordelen van een volledig gesloten drijvende hatchery boven een land hatchery zijn dan gelegen in de mogelijkheid om de zeewatertemperatuur constanter te houden en het ruimtebeslag op land te verminderen.

4.1.2. Hatchery met ronde inlaatkanalen versus tidal upweller hatchery

Uitgaande van een doorstroming hatchery dient de keuze gemaakt te worden tussen een hatchery met ronde inlaatkanalen (Afbeelding 15) en een tidal upweller systeem (Afbeelding 16 en 17).

Vooraf een tidal upweller systeem biedt goede kansen voor de kweek van hoogwaardige zeewieren in de Noordzee. De hatchery met de ronde inlaatkanalen wordt als minder effectief beschouwd. De inlaatkanalen zijn langer, de stroming is vooral in horizontale richting en het reinigen van de bassins is minder eenvoudig als bij een tidal upweller systeem.

Door gebruik te maken van een tidal upweller systeem kan er voldoende verticale watercirculatie in de bak gerealiseerd worden, terwijl sediment en andere afvalstoffen relatief simpel afgevoerd kunnen worden. Ook de eenvoud van het systeem is een sterk punt. Een dergelijk systeem kan middels één enkel anker met de kop op de stroming gehouden worden. Bij stroomsnelheden van 1 knoop ontstaat voldoende doorstroming in de bak, zodat geen gebruik gemaakt hoeft te worden van dure en kwetsbare pompen. De energiebehoefte van een tidal upweller systeem is beperkt tot de aansturing van afsluiters, navigatieverlichting en eventueel monitoring en signalering.

Een bak met een tidal upweller systeem is zowel in technische als in maatschappelijke zin haalbaar, op voorwaarde dat er gebruik gemaakt wordt van inheemse wiersoorten. De belangrijkste vraag die resteert, betreft de economische haalbaarheid van een dergelijk systeem.

4.2.

Jaarlijkse kosten basisconcept zeewier hatchery

4.2.1.

Stalen bak als zeewier hatchery

Sinds de economische crisis van 2008 is ook de transportvraag voor schepen sterk gedaald. Hoewel de markt inmiddels voorzichtig aantrekt, is de markt voor tweedehandsschepen momenteel gunstig. Een stalen bak wordt daardoor een aantrekkelijke optie. Het voordeel van een stalen bak is vooral gelegen in de zeewaardigheid van het platform, waardoor het eenvoudig te verplaatsen is en afgemeerd kan worden op elke gewenste positie. Ook de restwaarde van een stalen bak is gunstiger dan een betonnen bak. De mogelijke restwaarde is overigens niet meegenomen in de kostprijsberekeningen. Op diverse websites worden bakken en pontons aangeboden met afmetingen van circa 32 x 13 x 2 meter voor prijzen rond 150.000 euro (zie Afbeelding 20).

Woon / kantorenponton

GEGEVENS

- Woon / kantorenponton
- Bouwjaar ca. 1970
- Afmetingen
- 32.00 x 13.00 meter
- Indeling : Havenkantoor met separate pantry en keuken
- Woonhuis met 3 slaapkamers, keuken, toilet en douche alles van 2005.
- De opbouw is een aaneen gesloten kantoorunit voorzien van sanitaire faciliteiten.
- 2 damestoiletten 2 herentoiletten 3 damesdouches en 3 herendouches alles van 2005.
- Technische installatie incl.netwerk. Boiler en c.v. van 2005.
- Stahoogte in de ponton 1.60 m. Stahoogte binnen 2.80 m. Hoogte vanaf het water 4.60 m.
- Balcon 8.40 x 2.70 meter. Ideaal voor watersportvereniging
- Vraagprijs
- 150.000,= Euro

Afbeelding 20: Voorbeeld stalen ponton als zeewier hatchery.



Natuurlijk dienen deze pontons of bakken grondig verbouwd te worden, voordat ze dienst kunnen doen als zeewier hatchery. Afhankelijk van de gekozen afschrijvingsperiode (10 of 20 jaar) bedragen de jaarlijkse kosten van de stalen hatchery respectievelijk 40.000 en 30.000.

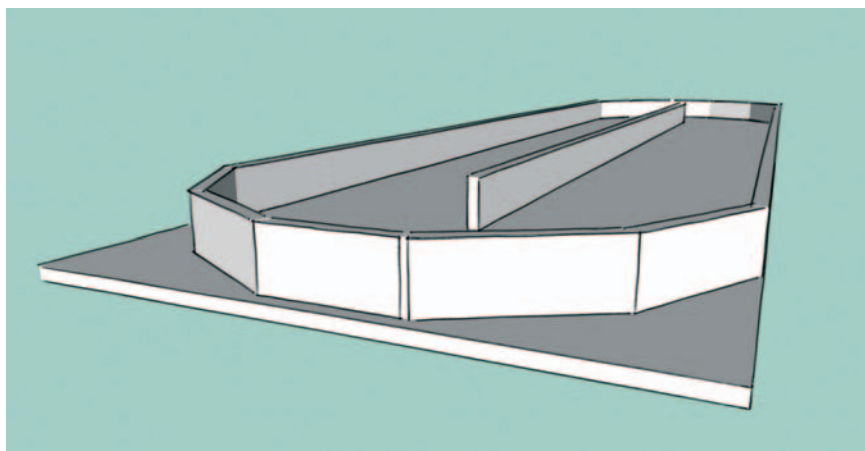
Aanschaf bak	125.000	euro	125.000	euro
Verbouwing bak	50.000	euro	50.000	euro
Onvoorzien	25.000	euro	25.000	euro
Totaal	200.000	euro	200.000	euro
Afschrijvingsperiode	10	jaar	20	jaar
Hypotheek	5%		5%	
Onderhoudskosten	5%		5%	
Jaarlijkse rentekosten	10.000	euro	10.000	euro
Jaarlijkse afschrijving	20.000	euro	10.000	euro
Jaarlijks onderhoud	10.000	euro	10.000	euro
Totaal jaarlijkse kosten	40.000	euro	30.000	euro

4.2.2. Betonnen bak als zeewier hatchery

Als alternatief voor de stalen bak kan ook gekozen worden voor een betonnen bak. De kosten voor een dergelijke bak zijn lager dan die van een stalen bak, en de onderhoudskosten zijn lager. Een dergelijke bak is echter niet voldoende zeewaardig en zal geplaatst moeten worden in beschutte en/ of ondiepe wateren om te voorkomen dat de constructie beschadigd raakt of zelfs bezwijkt.

Als een dergelijk bak geplaatst kan worden op het grensgebied van water en land, kunnen de sterke punten van een zeegaande hatchery gecombineerd worden met de sterke punten van een land hatchery. De kosten van een betonnen bak zijn afgeleid van de kosten voor een hatchery in Zuid-Afrika waar Abalone en Ulva gekweekt wordt (zie Afbeelding 21 en Afbeelding 2).

Afbeelding 21: Voorbeeld betonnen bak als zeewier hatchery.



Ook de betonnen bakken dienen aangepast te worden, voordat ze dienst kunnen doen als zeewier hatchery.

Aanschaf bak	25.000 euro	25.000 euro
Verbouwing bak	50.000 euro	50.000 euro
Onvoorzien	25.000 euro	25.000 euro
Totaal	100.000 euro	100.000 euro
Afschrijvingsperiode	10 jaar	20 jaar
Hypotheek	5%	5%
Onderhoudskosten	5%	5%
Jaarlijkse rentekosten	5.000 euro	5.000 euro
Jaarlijkse afschrijving	10.000 euro	5.000 euro
Jaarlijks onderhoud	5.000 euro	5.000 euro
Totaal jaarlijkse kosten	20.000 euro	15.000 euro

Afhankelijk van de gekozen afschrijvingsperiode (10 of 20 jaar) bedragen de jaarlijkse kosten van de hatchery respectievelijk 20.000 en 15.000 euro.

4.3. Opbrengstcijfers zeewieren

Als basis voor de opbrengstcijfers voor zeewieren wordt onder meer gerekend met de door Hortimare verstrekte gegevens zoals weergegeven in Afbeelding 22.

	Application	Product	Value (Euros)
Propagation material	Young plants	Single sporofyte	0,01
Young plants (incl. Carrier)	Production	Per cluster (produces 1 kg wet weight)	0,20
Production (raw seaweed)	For extracts or consumption	Wet/kg	0,30
Raw seaweed	Alginates/Biomass	Wet/kg	0,05
Dried seaweed	Consumption	Purified, packed (kg)	25-40

Afbeelding 22: Opbrengstcijfers zeewieren.

Op basis van een platform met de afmetingen van 32 x 13 x 2 meter zoals weergegeven in Afbeelding 12 en voorzien van een tidal upweller systeem zoals weergegeven in Afbeelding 17, is er een volume beschikbaar van 600 m³ (30 x 10 x 2 meter) voor zeewierenteelt.

Voor de eerder genoemde wiersoorten (Afbeelding 5) is een inschatting gemaakt van de jaarlijkse opbrengsten gebaseerd op cijfers uit de praktijk en/of literatuur. Vervolgens is voor de meest geschikte wiersoorten onderzocht of kweek van de genoemde zeewiersoort tot volwassen planten in drijvende gesloten systemen economisch haalbaar is.

Het teeltsysteem voor *Ulva*, *Palmaria* en *Gracilaria* is vergelijkbaar en berust op een losse werveling middels luchtballen die het water omhoog stuwen (airlift). De teelt kan in minimaal drie fasen worden opgedeeld:

Fase 1: Vermeerderingsfase van de jonge zeewieren tot 1-2 centimeter. In deze fase kunnen onder strikt gecontroleerde omstandigheden (laboratorium, hatcheries) hoge dichtheden worden behaald.

Fase 2: Doorgroefase tot ongeveer 5 centimeter. Het totaalvolume wordt in deze fase minstens vijf keer vergroot vanwege de groei in oppervlak. De toename van biomassa hangt samen met de verhouding tussen bladoppervlak en massa. In deze fase treedt, afhankelijk van de soort en omstandigheden, ook diktegroei op. Mogelijk dient deze fase nog verder gesplitst te worden voor maximaal rendement.

Fase 3: Teeltfase waarin de biomassa met een factor twee tot drie toeneemt. Het volume wordt drie keer zo groot als het volume in fase 2.

Afhankelijk van de zeewiersoort en het teeltseizoen is voor fase 2 en fase 3 ongeveer drie tot acht weken nodig om het plantmateriaal te vermeerderen.

Het streven is om de plantvermeerdering in de gesloten systemen een (semi-)continuproces te laten worden, waarbij de tanks zoveel mogelijk op een optimale plantdichtheid worden gehouden en de grootste planten steeds worden geoogst. Op deze wijze kan het hoogste rendement worden verkregen. Oogsten en verdunnen zijn eenvoudig te mechaniseren processen, omdat het materiaal voldoende klein is om te verpompen.

Op basis van betrouwbare ervaringscijfers voor de productiekosten van zeewierplanten en de verkoopopbrengsten kan een goede inschatting gemaakt worden van de haalbaarheid van gesloten systemen voor de kweek van volwassen zeewieren (fase 3) en de kweek van jong plantmateriaal (fase 1). Voor de doorgroefase zijn momenteel onvoldoende gegevens voorhanden om een goede berekening te kunnen maken.

4.4. Commerciële kweek van volwassen zeewieren

Voor de commerciële kweek van volwassen zeewieren gelden de groei-cijfers zoals weergegeven in Afbeelding 23.

soort	relatieve groeisnelheid in teelt% /dag	# teelten/jaar maximaal	groeiperiode in dagen	droge stof In %	opbrengst nat per m ² /jaar of m ³ *	theoretische opbrengsten DS kg/m ² of kg/m ³
Laminaria digitata	3	12	30	13-16%	49 kg/m ³	7,3 kg/m ³
Laminaria hyperborea	2	8	44	13-16%	33 kg/m ³	5,0 kg/m ³
Saccharina latissima	4	16	23	13-16%	63 kg/m ³	9,5 kg/m ³
Alaria esculenta	3	12	30	13-16%	49 kg/m ³	7,3 kg/m ³
Undaria pinnatifida	2	8	44	12%	33 kg/m ³	4,0 kg/m ³
Palmaria palmata	4	16	23	16%	63 kg/m ³	10,2 kg/m ³
Himanthalia elongata	1	4	87	20%	17 kg/m ³	3,4 kg/m ³
Gracilaria gracilis	4	16	23	15%	63 kg/m ³	9,5 kg/m ³
Ulva lactuca	5	19	19	20-22%	77 kg/m ³	13,8 kg/m ³

*rekening houdend met licht en temp. v.d. seizoenen, 1 m diep, belucht, bemest.

De genoemde opbrengsten zijn voorzichtig en houden rekening met jaarlijkse fluctuaties in licht en temperatuur. Omgerekend naar ton droge stof per hectare en ervan uitgaande dat de diepte van het bassin effectief niet meer dan 1 meter zal bedragen, mogen de waarden met 10.000 worden vermenigvuldigd en ontstaan opbrengsten tussen 25 en 115 ton droge stof/ha. Dit ligt boven het praktisch theoretisch maximum in Nederland van 68 ton/ha.

Foto-inhibitie, het verminderen van de fotosynthese door overmatig licht, kan worden voorkomen door gebruik te maken van de diepte van de tank, zodat de cel de tijd krijgt om de opgevangen lichtenergie te verwerken.

Vanwege de hoge opbrengsten aan droge stof zijn *Ulva lactuca* en *Palmaria palmata* de interessantste soorten voor kweek in gesloten systemen.

4.4.1. **Ulva lactuca**

Ulva lactuca of zeesla is een snelgroeiende groenwier die goed in bakken gekweekt kan worden.

Maximale groeisnelheden van *Ulva lactuca* van 40% per dag worden in de literatuur genoemd, maar ook de gemiddelde groeisnelheid is hoog. Hoewel sommige cijfers sterk variëren, wordt in deze haalbaarheidsstudie voor de gemiddelde groeisnelheid een realistische waarde van 5% per dag aangehouden.

De wieropbrengsten van *Ulva lactuca* voor het voorgenoemde bassin worden geschat op 47 ton per jaar. De opbrengst in droge stof is ongeveer 15% en bedraagt zodoende 7 ton per jaar. Hoewel veel hogere waarden genoemd worden voor de waarde van de droge stoffen in *Ulva lactuca*, wordt voor industriële toepassing in deze casus gerekend met een realistische schatting van 500 euro per ton. Dit resulteert in een omzet van circa 3.500 euro per jaar voor industriële toepassingen van *Ulva lactuca*.



Afbeelding 24: Ulva lactuca.

De consumentenprijzen voor *Ulva lactuca* voor consumptiedoeleinden zijn extreem hoog en variëren van 45 tot 90 euro per kilogram. De productiewaarde van *Ulva lactuca* voor consumptie bedraagt volgens voorzichtige schatting 0,30 euro per kilogram (nat). Waarden van 0,50 euro per kilogram (nat) worden in publicaties wel genoemd, maar de betrouwbaarheid van deze cijfers roept vragen op. Met een opbrengst van 47 ton *Ulva* (nat) per jaar en een waarde van 0,30 euro bedraagt de omzet 14.100 euro voor menselijke consumptie. Daarbij dient aangetekend te worden dat *Ulva lactuca* in Europa momenteel slechts beperkt gebruikt wordt voor consumptiedoeleinden, waardoor marktverzadiging op kan treden.

De kweek van *Ulva lactuca* voor industriële toepassing in bakken is dus niet haalbaar. De waarde van de inhoudsstoffen is te laag om zelfs in betonnen bakken gekweekt te worden. In de praktijk wordt de kweek van *Ulva lactuca* vaak gecombineerd met de kweek van vis of

schelpdieren. Ulva functioneert in die gevallen vooral als biofilter en genereert een aanvullende omzet.

4.4.2. **Palmaria palmata**

Palmaria palmata (ook wel “Dulse” genoemd) is een roodwier die goed in bakken gekweekt kan worden. *Palmaria palmata* heeft een hogere waarde dan *Ulva lactuca* vanwege het hoge gehalte aan kostbare inhoudsstoffen (pigmenten, anti-oxidanten, etc.). *Palmaria palmata* kan bovendien hoge groeisnelheden bereiken. In de literatuur worden groeisnelheden van 12% van het eigen gewicht per dag genoemd. In de berekeningen wordt echter een realistische gemiddelde groeisnelheid van 4% aangehouden.



Afbeelding 25: *Palmaria palmata*.

Voor industriële toepassing van *Palmaria palmata* is een prijs van 1,80 euro per kilogram droge stof haalbaar wanneer gebruik gemaakt wordt van bio-cascadering. Bij het bepalen van de waarde van het zeewier wordt dan uitgegaan van de inhoudsstof met de hoogste waarde en wat overblijft wordt gebruikt voor andere doeleinden. Eerst wordt getracht om er farmaceutisch producten uit te halen, vervolgens wordt getracht er grondstoffen voor levensmiddelen uit te halen. Ten slotte kunnen de inhoudsstoffen gebruikt worden als diervoedsel of als biobrandstof. De schatting is overigens aan de voorzichtige kant, omdat ook waarden van 12 tot 16 euro per kilogram droge stof genoemd worden.

In de genoemde bak kan naar verwachting circa 38 ton per jaar *Palmaria palmata* (nat) gekweekt worden. Dit levert 6 ton droge stof op per jaar, hetgeen goed is voor een omzet van 11.000 euro per jaar voor industriële toepassingen van *Palmaria palmata*.

De consumentenprijzen in het Verenigd Koninkrijk voor gedroogde en verpakte Dulse voor menselijke consumptie bedragen circa 37 euro/kilogram. In tegenstelling tot *Ulva lactuca* wordt *Palmaria palmata* in Europa wel gebruikt voor consumptiedoeleinden. De waarde van *Palmaria palmata* voor consumptie bedraagt naar schatting 0,50 euro per kilogram (nat). Dit is een voorzichtige schatting, omdat ook bedragen van 1,00-1,20 euro per kilogram (nat) genoemd worden. Met een opbrengst van 38 ton (nat) per jaar en een prijs van 0,50 euro bedraagt de omzet circa 19.000 euro voor menselijke consumptie.

De kweek van *Palmaria palmata* in betonnen bakken is haalbaar. In stalen bakken is de kweek van *Palmaria palmata* momenteel niet haalbaar bij het prijsniveau van 0,50 euro. Bij prijzen van 1,00 euro per kilogram (nat) is de kweek van *Palmaria palmata* in stalen bakken wel haalbaar.

4.5.

Commerciële kweek van jong plantmateriaal

Bij het gebruik van een gesloten systeem voor de kweek van zeewieren is ruimte een van de meest beperkende factoren. Voor de teelt van kleine planten geldt deze beperking het minst. Daarom is de kweek van jonge planten in bakken als uitgangsmateriaal voor grootschalige teelt van zeewieren een goede optie. Naar analogie met de tuinbouw leveren zaaigoed en jonge planten meer op dan volwassen planten. Voor snelgroeïende zeewieren worden groeisnelheden gehaald van 4 tot 6 % per dag voor langere perioden. Bepaalde wieren kennen nog veel hogere groeisnelheden, maar dan vaak voor een beperktere tijd.

Jonge zeewieren bestemd voor de teelt in open zee zijn bevestigd aan lijnen of andere dragers. Op deze wijze kunnen ze eenvoudig naar de plaats van bestemming worden gebracht en bevestigd. Het op de dragers aanbrengen en uit laten groeien kan relatief eenvoudig en erg praktisch in een drijvend gesloten systeem plaatsvinden. De transportafstanden zijn dan klein en het materiaal is reeds gewend aan de condities die ter plekke in zee heersen.

Per kubieke meter watervolume kan naar schatting 2 kilometer dragerlijn met jonge zeewiertjes opgekweekt worden. Voor een hectare zeewier is ongeveer 6 tot 8 kilometer dragerlijn nodig, resulterend in 3 tot 4 kubieke meter in een gesloten systeem.

De verkoopwaarde voor een meter dragerlijn bedraagt circa 1,00 euro. In het totaal van de kosten komt uit deze opbrengst naar schatting slechts 0,05 euro ter dekking van de systeemkosten (bak).

De opbrengsten voor plantvermeerdering in het gesloten systeem van losse wieren bedragen 0,05 euro per meter lijn. Per kubieke meter watervolume (en 2000 m lijn) in een gesloten systeem is de opbrengst dus 100 euro.

De kweekperiode loopt van juli tot oktober en vervolgens van februari tot mei. In deze periode kan het gesloten systeem maximaal vier maal benut worden. De jaarlijkse kostendekkingomzet voor het gesloten systeem komt daarmee op een bedrag van $4 \times 100 \times 600 = 240.000$ euro. Dit is ruimschoots voldoende.

Daarnaast kan het gesloten systeem ook gebruikt worden om de moederplanten in stand te houden die in de vermeerdering worden gebruikt.

De commerciële kweek van jong plantmateriaal is economisch haalbaar in gesloten systemen. De ruimtebeperking van het gesloten systeem heeft in deze situatie de minste invloed en ook de hoge waarde van het plantmateriaal op de dragerlijnen draagt bij aan de haalbaarheid van het concept.

5.

Conclusies en aanbevelingen

5.1. Conclusies

Op basis van de gehanteerde prijzen voor zeewier blijkt de kweek van volwassen planten voor industriële toepassingen in gesloten systemen niet haalbaar. Zelfs voor de snelgroeiende soorten en relatief dure zeewieren zijn de investeringskosten van een gesloten kweekstelsel te hoog.

Palmaria palmata kan voor consumptiedoeleinden wel economisch haalbaar gekweekt worden van basismateriaal tot volwassen planten in betonnen bakken, maar niet in stalen bakken. *Ulva lactuca* kan voor consumptiedoeleinden niet rendabel gekweekt worden in betonnen of stalen bakken. De vraag naar *Ulva lactuca* voor consumptie in Europa is momenteel bovendien erg laag.

De kweek van basismateriaal tot jonge planten in stalen bakken is in economische, technische en maatschappelijke zin wel haalbaar. De voorkeur gaat uit naar een stalen bak met een tidal upweller systeem, omdat dit systeem een grote flexibiliteit kent en eventueel ook ingezet kan worden als volledig gesloten systeem.

Deze kweekfase van jonge planten kan natuurlijk ook uitgevoerd worden in betonnen bakken op zee. Vanwege de kwetsbaarheid van een betonnen bak op zee en de minder flexibele inzetmogelijkheden van een betonnen bak onder verschillende weersomstandigheden, gaat de voorkeur uit naar een stalen bak.

De kweekfase van jonge planten kan ook uitgevoerd worden in bakken op het land. Gezien de grote behoefte aan schoon zeewater, de

problemen die ontstaan met het op peil houden van de watertemperatuur aan land en de grotere kans op vervuiling van de bakken, gaat de voorkeur uit naar kweek in een gesloten systeem op zee. Hierbij wordt aangetekend dat het gebruik van gesloten systemen op zee voor vermeerdering van plantmateriaal voor de grootschalige teelt een onmisbare schakel in de keten kan blijken te zijn.

Gezien de aard en de omvang van deze haalbaarheidsstudie kunnen niet alle vragen volledig beantwoord worden. Wel kan geconcludeerd worden dat ook in de Nederlandse situatie de kweek van zeewieren in drijvende systemen op zee goede mogelijkheden biedt. De kweek van jong plantmateriaal in gesloten systemen vormt wellicht een essentiële schakel in de grootschalige offshore teelt op lijnen en/of netten.

5.2. Aanbevelingen

Gezien de haalbaarheid van de kweek van zeewieren in gesloten systemen voor de vermeerdering van jong plantmateriaal, wordt aanbevolen om een kleinschalig systeem daadwerkelijk te realiseren.

Hiertoe dient een basisontwerp gemaakt te worden dat middels energetische berekeningen en modelproeven goed gedimensioneerd moet worden. Naast hoofdafmetingen, indeling, verankering, en doorstroming, dient in het basisontwerp ook een keuze gemaakt te worden voor gewenste materiaalsoort en energievoorziening, gebaseerd op kosten, veiligheid en duurzaamheid.

Vervolgens dient het ontwerp gerealiseerd te worden op een bestaand of nieuw te ontwikkelen platform. Dit platform kan dan ingezet worden voor de kweek van grotere hoeveelheden uitgangsmateriaal voor grootschalige kweek op lijnen en/of netten.

Als alternatief kan een dergelijk platform ook gebruik worden voor de kweek van hoogwaardige wiersoorten voor consumptiedoeleinden en/of industriële toepassingen.

Bijlage I:

Lijst met geïnterviewden

1	Dhooge	John	Dhooge	mosselkweek
2	W. Bakker	Wim	Bakker	machinebouw
3	Universiteit van Leiden	Rob	Verpoorte	pharmacie
4	Universiteit van Leiden	Naira	Quintana	pharmacie
5	ECN	Jip	Lenstra	bio refinery
6	Lenger Seafood	Arie	Bakker	mosselkweek
7	IFAPA	Erik Jan	Malta	aquacultuur (email)
	Instituto Politécnico			
8	Nacional	Diego Ramon	Briceño-Dominguez	wierkweek (email)
9	Productschap Vis	Wim	van Eijck	aquacultuur
10	WUR/PRI	Willem	Brandenburg	onderzoek wieren/kweek

Seaweed in closed systems (SICS)

Hart, P. 't (Koers & Vaart B.V) and J. Schipper (Hortimare)

InnovationNetwork Report No. 11.2.259, Utrecht, The Netherlands, April 2011.

Seaweed is a potential source of green raw materials. They are used for human consumption, contain specific thickening agents such as alginates and carrageenans, and can be applied as growth-promoting fertilizers, in animal feed and for the cultivation of shellfish (abalones). In addition, extracts from seaweed are used in cosmetics and pharmaceutical products and seaweeds also constitute a possible source of biofuels. Seaweed can possibly also serve as a protein platform for catering to the steadily growing demand for fish protein and soy protein.

Though the Netherlands has a good reputation in offshore and hydraulic engineering as well as in seed cultivation and improvement, the knowledge of cultivating and harvesting seaweed is very limited. With the advent of wind farms in the North Sea and the commercial exploitation of the continental shelf, the opportunities for cultivating seaweed are now also being explored. Both extensive and intensive cultivation systems as used in agriculture and horticulture are being considered.

Certain applications of seaweed require more controlled cultivation conditions. This is the case with specific plant substances, nutritional factors and with the propagation of seaweed for large-scale cultivation. Wherever the value of the cultivated seaweed increases, and hence the need for harvest security and risk control, closed systems are probably the best approach.

As the cultivation conditions can be more easily controlled in closed systems, the yields are expected to be bigger, the quantities of plant substances more consistent and the overall quality better. In addition, pests are easier to control or prevent. In contrast with land-based seaweed cultivation, closed systems benefit from the abundant availability of clean and relatively low-mineral seawater. This makes it possible to control the temperature with the aid of seawater. The concept of seaweed in closed systems is in some ways comparable to greenhouse horticulture.

Given the present prices for seaweed, the cultivation of mature plants in closed systems for industrial applications is not feasible. Even with fast-growing types and relatively expensive seaweeds, the investment costs of a closed cultivation system are too high. *Palmaria Palmata* can be commercially cultivated from basic material into mature plants for consumption using concrete tanks, but not using steel tanks. *Ulva lactuca* cannot be commercially cultivated for consumption purposes, whether in concrete tanks or steel tanks. In addition, consumer demand for *Ulva lactuca* in Europe is currently very small.

Nurturing basic materials into young plants in steel tanks is feasible in economic, technical and social terms. The preference is for steel tanks with a tidal upweller system, which is very flexible and can also be used as a fully closed system.

Young plants can also be nurtured in concrete tanks at sea. However, concrete tanks are more vulnerable and less flexible at sea compared to steel tanks.

Young plants can also be nurtured in onshore tanks. In view of the great need for clean seawater, the problems in maintaining the right water temperature on land and the bigger risk of tank pollution, a closed offshore system is the preferred option. The use of offshore closed systems for propagating plant materials for large-scale cultivation appears to be an indispensable link in the chain.

In view of the nature and scope of this feasibility study, not all questions can be answered in detail. However, the conclusion is that seaweed cultivation in offshore floating systems is viable in the Dutch situation. The nurturing of young plant material in closed systems may be an essential link in the large-scale offshore cultivation on lines and/or nets.

