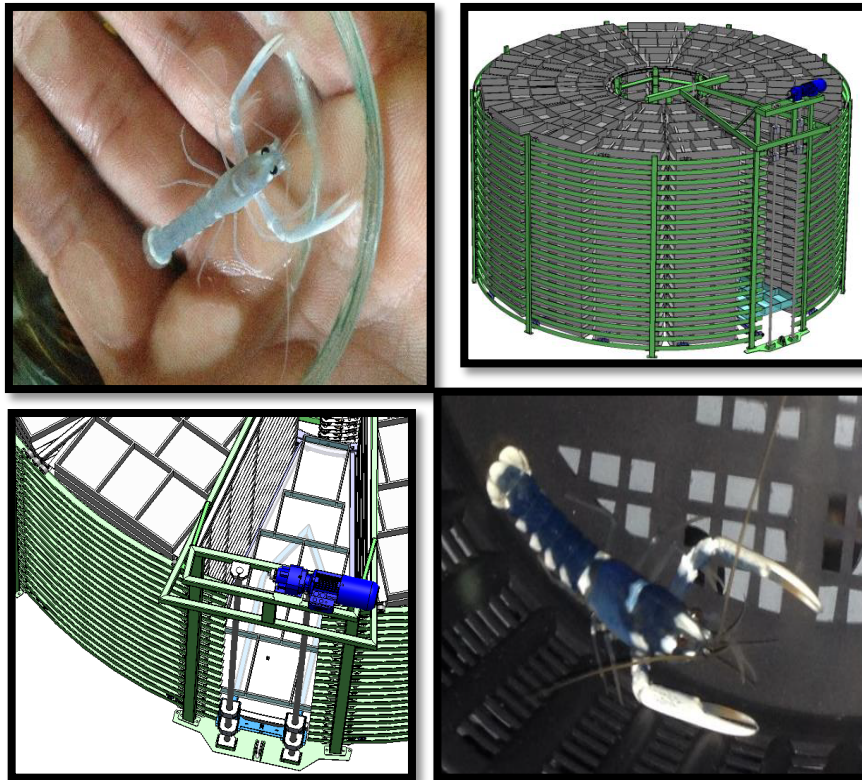


# De ontwikkeling van een systeem voor het binnendijks kweken van de Oosterscheldekreeft



Europees Visserijfonds, investering in duurzame visserij

## Inhoud

Introductie.....	3
DEEL 1: Onderzoek naar de eerste fases van de binnendijkse kreeftenkweek.....	4
Inleiding.....	5
Doelstellingen.....	6
Resultaten.....	9
Conclusie.....	11
Referenties.....	12
DEEL 2: Onderzoek naar de optimale vorm en onderlinge positie van de containers.....	13
Project opdracht.....	14
Algemene onderzoeksvraag.....	14
Methode.....	15
Resultaten.....	18
Groeisnelheid van de kreeftjes.....	18
Mortaliteit onder de kreeftjes.....	18
Waterkwaliteit in de containers.....	18
Discussie.....	19
Conclusie.....	20
DEEL 3: Specifieke ontwikkeling van de 3D-constructie.....	21
Inleiding.....	22
Onderzoeksvraag.....	22
Uitwerking 3D constructie.....	24
Mechanische constructie.....	24
Materiaal keuze.....	27
Waterkwaliteit.....	27
Monitoren.....	28
Kosten.....	29
Conclusie.....	29

## Introductie

Dit wetenschappelijk rapport is uitgewerkt in opdracht van The Dutch Lobster Hatchery (TDLH). TDLH is voortgekomen uit de zoektocht naar bedrijfsactiviteiten naast de kokkelvisserij, in combinatie met het niet bestaan van consumptiekreeft uit aquacultuur. TDLH richt zich in het onderzoek op de gecontroleerde binnendijkse kweek van Oosterscheldekreeft (*Homarus gammarus*). Het wetenschappelijk rapport is geschreven door marien bioloog Hans Kamerik, die na zijn studie in Wageningen voor TDLH werkzaam is geweest. Daarnaast is er via Kastelein Consultancy frequent advies gegeven m.b.t. de kreeftenkweek. Hierbij gaat het om adviezen die gericht zijn op het beheersen van de waterkwaliteit, behandeling van de broodstock, kwaliteit en kwantiteit van het voer, gewenste groeisnelheden en het tegengaan van ziektes onder de larven.

De binnendijkse kweek van de Oosterscheldekreeft omvat de gehele levenscyclus, van eieren tot volwassen kreeften. De levenscyclus van Europese kreeft kan men opdelen in 3 fases. De eerste fase is de larvale fase, gedurende de larvale fase zijn de kreeftjes planktonisch. Het larvale stadium duurt 15-35 dagen, waarna de larven een carapace lengte (CL) hebben van 4 mm. Na de larvale fase volgt de vroege bentische fase: tijdens deze fase groeien de jonge kreeftjes tot een CL van 20mm. De (pre) volwassen fase, ook wel de 3e fase, begint bij een CL van 20mm; de kreeftjes komen in het volwassen stadium bij een CL van 50mm en groeien door tot de gewenste grootte.

Het wetenschappelijk rapport bestaat uit drie delen. Het eerste deel richt zich op de eerste fase in de levensloop van de Oosterscheldekreeft. Hiervoor wordt is onderzoek gedaan naar het stabiel houden van de waterkwaliteit en het reduceren van de mortaliteit onder de kreeftenlarven. Deel twee en drie richten zich op de tweede en derde levensfase van de Europese kreeft. In deze twee delen wordt onderzoek gedaan naar het doorgroeien van de kreeftenlarven tot in het volwassen stadium.

## DEEL 1: Onderzoek naar de eerste fases van de binnendijkse kreeftenkweek

## Inleiding

De Oosterscheldekreeft is een Europese kreeft (*Homarus gammarus*) die in de Oosterschelde leeft en bekend staat om zijn fijne en zachte smaak. Dit maakt de Oosterscheldekreeft een gewilde delicatessen met een hoge marktwaarde en dus een interessante soort voor de aquacultuur. Daarnaast mag er maar 3 maanden per jaar op de Oosterscheldekreeft gevist worden en biedt de binnendijkse kweek van deze soort de mogelijkheid om het gehele jaar de Oosterscheldekreeft te kunnen leveren.

Het binnendijks kweken van de Europese kreeft wordt al wel op verschillende locaties gedaan, echter is deze kweek gericht op het versterken van de kreeften populatie in het wild. Hiervoor is het niet nodig om de kreeftjes tot een volwassen grote op te kweken maar worden de kreeftjes meestal na 4 tot 8 weken in het buitenwater uitgezet. Er dus nog maar weinig ervaring in het binnendijks kweken van de Oosterschelde kreeft tot in het volwassen stadium.

Begin 2014 zijn we begonnen met binnendijkse kweek van de Oosterscheldekreeft in Bruinisse. Het eerste jaar zijn we voornamelijk bezig geweest met het ontwerpen en inrichten van de kweekfaciliteit. Daarnaast hebben we onderzoek gedaan naar de optimale waterkwaliteit, voer, huisvesting van de moederdieren en van de kreeftenlarven. Ook hebben we in het eerste jaar haalbare doelstellingen voor het volgende jaar opgesteld, gebaseerd op literatuur onderzoek en met behulp van een expert uit de aquacultuur.

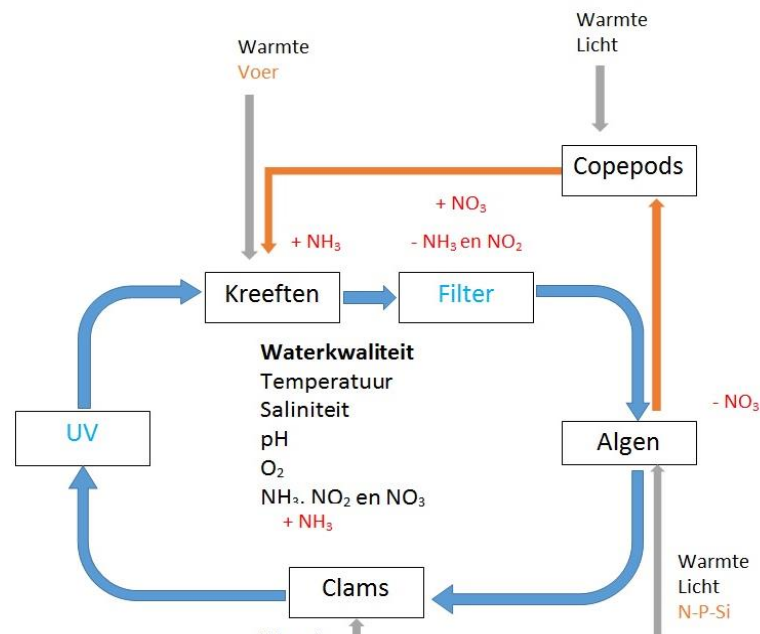
## Doelstellingen

**Doelstelling 1:** De waterkwaliteit moet gedurende een testfase van twee maanden aan de gestelde kwaliteitseisen voldoen.

In het schema in *figuur 1.1* zijn de belangrijkste parameters weergegeven die de waterkwaliteit bepalen. Voor de waterkwaliteit hebben we streefwaarden opgesteld. Deze zijn gebaseerd op literatuur en afgestemd op de kweek van kreeftenlarven.

De watertemperatuur is voor kreeftenlarven optimaal tussen de 20 en 22 °C (Richards 1981; Waddy 1988; Aiken and Waddy 1995). De verhoogde temperatuur versnelt de larvale periode van 35 dagen bij 15°C (van Olst et al. 1980) naar 12 dagen bij 20°C (Waddy 1988). Bij een watertemperatuur van 20 °C kunnen de larven in een periode van 24-30

maanden een carapace lengte (CL) van 75 mm kunnen bereiken (Wickins & Beard 1991). De pH waarde moet dicht bij de pH van zeewater blijven, met een minimum van 5 en een maximum van 9 waarbij het optimum bij een pH van 8 bereikt wordt. De Oosterscheldekreef is in staat om sterke fluctuaties in saliniteit te tolereren (van Olst et al. 1980; D'Abramo & Conklin 1985) dus kunnen we een range van 28 tot 35 ‰ aanhouden. Voor de zuurstofwaarden is de Oosterschelde kreeft in staat om zeer lage concentraties te tolereren tot wel 0,2 mg/l in 5°C zeewater (Whiteley et al 1990). Aangezien juist supersaturatie van het water schadelijk is voor de kreeft (Aiken & Waddy 1995), houden we zuurstofwaarden aan tussen de 4,0 en 7,3 mg/l. Voor ammonia kan de kreeft overleven in hogere concentratie dan de meeste vissen kunnen. Toch is ammonia voor de binnendijkse kweek een kritische parameter dus houden we aan maximale waarde van 0,14 mg/l (D'Abramo & Conklin 1985).



Figuur 1.1. Schematisch overzicht belangrijkste parameter in een recirculating aquaculture system (RAS)

Tabel 1.1. Optimale waarden voor de waterkwaliteit parameters voor *Homarus Gammarus* (van Olst et al. 1980; Wickins & Lee 2002) (Source. Kristiansen, T. S. et al 2004)

Parameter	Optimal Condition	Natural Condition	Lethal levels
Temperature (°C)	18 – 22	1 – 25	<0, >31
Salinity (‰)	28 – 35	28 – 35	<8, >45
Dissolved oxygen (mg/L)	6.4	4.0 -- 7.3	<1, >saturation
pH	8	7.8 -- 8.2	<5, >9
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	<0.14	0 -- 0.3	>1.4

**Doelstelling 2:** In het tweede jaar moeten er minstens 20000 stage-1 larven geproduceerd worden uitgaande van tien moederdieren.

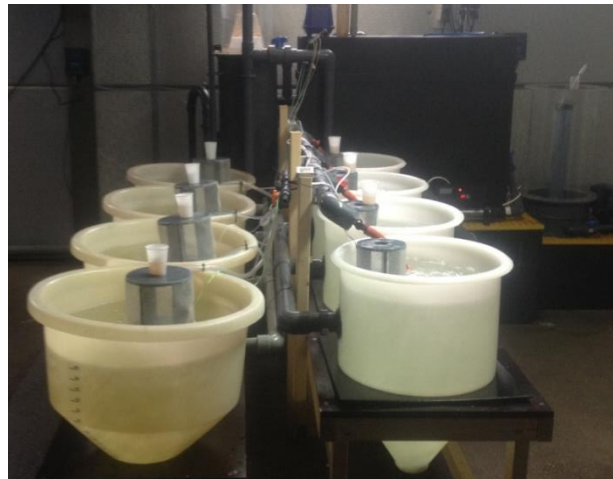
Het laten uitkomen van de eieren gebeurt in de hatchery, waar de moederdieren zich bevinden. In *figuur 1.2* is een afbeelding te zien van een vrouwtje met eieren. In de hatchery doen we geen metingen van het aantal eieren per moederdier, aangezien dit veel stress oplevert bij het moederdier wat ten koste kan gaan van de kwaliteit van de eieren. We zijn bij de moederdieren uitgegaan van gemiddeld 10000 eieren per moederdier. Ons streven is om van 10 moederdieren 20000 stage-1 larven verkrijgen. Dit komt er op neer dat 20% van de eieren uitkomen. De 20000 larven uit 10 moederdieren is een streefwaarde voor het eerste jaar. Daarna is het de verwachting dat het aantal stage-1 larven per moederdier zal toenemen, door de kennis en ervaring die we over de tijd opdoen.



*Figuur 1.2. Oosterscheldekreft met eieren.*

**Doelstelling 3:** Het overlevingspercentage van stage-1 tot stage-4 moet boven de 10% zijn.

Wanneer de larven uit het ei zijn gekomen worden deze in een conische tank verzameld en binnen 12-uur overgebracht van de hatchery naar de nursery. Hier worden ze in conische tanks geplaatst, zoals afgebeeld in *figuur 1.3*. Hierbij mogen de leeftijdsverschillen tussen de larven in een conische tank niet groter dan 1 dag zijn, om kannibalisme te reduceren. Daarnaast wordt er vanaf de bodem belucht. Op deze manier worden de larven en het voer in de waterkolom gehouden zodat de larven makkelijk het voedsel kunnen vinden en elkaar niet opeten. De stage-1 larven, die planktonisch zijn en in het water zweven, groeien in de conische tanks door naar stage-4 larven. De larven worden gedurende deze fases intensief gevoerd, tot wel 20% van het lichaamsgewicht per larve per dag. In stage-4 zijn de larven niet langer meer planktonisch maar gaan ze op de bodem leven en komen dus in de bentische levensfase. We richten ons van stage-1 tot stage-4 op een overlevingspercentage van 10%. Dit is goed haalbaar in vergelijking met de literatuur over de binnendijkse kweek van kreeft, waar overlevingspercentages van 10-40% met uitschieters tot over de 70% beschreven worden (Nicosia & Lavalli 1999, Uglem et al. 2006; Contarini et al. 2008; Browne et al. 2009).



*Figuur 1.3. De conische tanks met stage-1 tot stage-4 larven.*



**Doelstelling 4:** Het overlevingspercentages van stage-4 tot het volwassen stadium moet ten minste 50% zijn.

Wanneer de larven in stage-4 komen worden ze overgezet vanuit de conische tanks naar de hive. De hive bestaat uit een transparante cilinder met gestapelde cirkelvormige schijven zoals te zien is in *figuur 1.4*. Deze schijven zijn opgedeeld in vakjes om de kreeften individueel te huisvesten, dit om kannibalisme te voorkomen. Omdat de schijven gestapeld zijn kan er een dichtheid bereikt worden van 6000 kreeftjes per m<sup>3</sup>. Het voer wordt met behulp van een pomp over de hele hive verdeeld, dit reduceert de arbeidsintensiviteit van het voeren en biedt de mogelijkheid om grote hoeveelheden larven op een klein oppervlak te kweken. Wanneer de larven twee keer zijn verschaalt en stage-6 bereiken worden ze in schijven geplaatst met grotere vakjes. Nadat de larven 2 maanden in de hive hebben gezeten kunnen ze worden overgeplaatst naar een volgend kweekstelsel. Dit systeem is nog niet bestaand en zal dus door ons zelf ontworpen moeten worden.



*Figuur 1.4. De hive met de gestapelde schijven met daaronder een close-up van de vakjes in een schijf.*

**Doelstelling 5:** *Bepalen of de vervolgstap naar het doorgroeien van volwassen kreeften zowel biologisch, technisch als financieel haalbaar is.*

In de tweede helft van 2015 hebben we ook uitgebreid onderzoek gedaan naar het ontwikkelen van een methode/systeem om zoveel mogelijk kreeftjes te huisvesten per m<sup>2</sup>. Dit onderzoek is uitgevoerd aan de hand van een prototype waarmee we de werking van het systeem in de praktijk kunnen testen. Het kunnen opgroeien van kreeftenlarven tot volwassen kreeften is echter nog maar de eerste stap in het haalbaarheidsonderzoek. De tweede stap is het berekenen van de economische haalbaarheid van het project aan de hand van de gemaakte kosten en de bij behorende risico's. Dit is de stap waar we ons in deel drie van het onderzoek op richten. We kijken hierbij voornamelijk naar de gemaakte kosten en extrapoleren deze kosten naar een productie van 100.000 kreeften per jaar. Daarbij kijken we ook naar de extra investeringskosten die nodig zijn voor het opschalen van de productie capaciteit en de bijbehorende risico's die hiermee gepaard gaan.



## Resultaten

De eerste twee jaar zijn we voornamelijk bezig geweest met het ontwerpen en inrichten van de kweekfaciliteit. Daarnaast hebben aan de hand van 5 doelstellingen onderzoek gedaan naar de optimale waterkwaliteit, het juiste voedsel, huisvesting van de moederdieren en van de kreeftenlarven.

**Doelstelling 1:** *De waterkwaliteit moet gedurende een testfase van twee maanden aan de gestelde kwaliteitseisen voldoen.*

We hebben ons allereerst gericht op het verkrijgen van de optimale waterkwaliteit, aan de hand van de vooraf gestelde streefwaarden (zie tabel 1.1). Tijdens het opstarten van het systeem verliep alles naar verwachting met uitzondering van te hoge ammonia waarden. Dit had te maken met het filter dat net opgestart was. Na twee maanden was het filter goed ingedraaid en waren we in staat om de streefwaarden voor de waterkwaliteitsparameters te behouden. Tijdens het kweken van de kreeftenlarven hebben we een enkele keer een te hoge ammonia waarde gehad, omdat het filter, door een verhoogd voerregime, de plotselinge toename aan afvalstoffen niet volledig kon verwerken.

**Doelstelling 2:** *In het tweede jaar moeten er minstens 20000 stage-1 larven geproduceerd worden, uitgaande van tien moederdieren.*

Ons streven om in 2015 minstens 20000 stage-1 larven te kweken hadden we in juni al behaald. Daarna zijn we verdergegaan met de 20000 stage-1 larven die we hadden om hier eerst ervaring mee op te doen. Gedurende het kweekproces leerden we dat de kwantiteit en kwaliteit van de eieren sterk verschilt per moeder dier. De kleine moederdieren met een CL kleiner dan 100 mm leveren beduidend minder larven op dan de grote moederdieren met een CL groter dan 120 mm. Ook waren de larven van de moeder dieren grote en hadden ze een hogere overleving dan de larven van de kleine moederdieren.

**Doelstelling 3:** *Het overlevingspercentage van stage-1 tot stage-4 moet boven de 10% zijn.*

De derde doelstelling voor het tweede jaar was het groot brengen van ten minste 1000 kreeftenlarven tot stage-4, zoals te zien in *figuur 1.5*. Dit is het stadium waarin de kreeftenlarven niet meer in het water zweven maar op de bodem gaan leven. Deze doelstelling hebben we begin juli 2015 gehaald, zodat we afgelopen jaar zeker 2000 jonge kreeftjes hadden om mee verder te kweken.



**Figuur 1.5:** *Op de linker afbeelding zijn de net uit het ei gekomen kreeftenlarven te zien en op de afbeelding ernaast zijn de kreeftenlarven na 4 weken.*

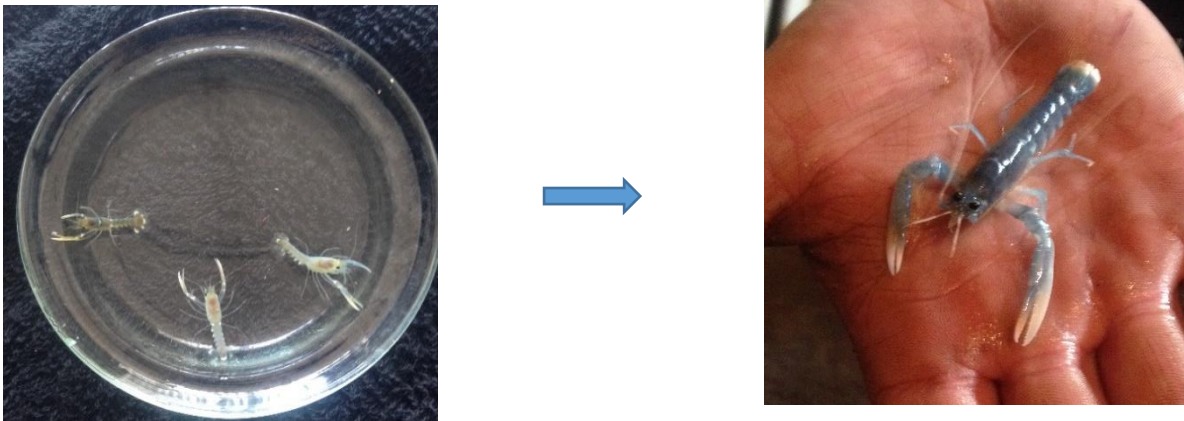
hebben dit gedaan aan de hand van een theoretische groeicurve. Deze groeicurve is in het eerste jaar ontwikkeld en geeft de theoretische groeisnelheid aan waarin het haalbaar is om binnen twee jaar de kreeften op een gewicht van minimaal 300 gram te hebben.

**Doelstelling 4:** *Het overlevingspercentages van stage-4 tot het volwassenstadium moet ten minste 50% zijn waarbij de groeisnelheid van de kreeftjes moet overeenkomen met de theoretische groeicurve.*

Voor onze vierde doelstelling is het gelukt om de voorspelde groeisnelheid van de groeicurve aan te houden voor onze eigen kreeftjes. *Figuur 1.6.* laat de groei zien die de kreeftjes ondergaan over deze periode van 5 maanden.

Het is echter niet gelukt om de 50% overleving te behalen, door hoge sterfte in de hive hebben we slechts 107 kreeftjes overgehouden wat neerkomt op een overleving van 5,4%.

Met de overgebleven 107 kreeftjes zijn we verder gaan kweken in de experimentele opstellingen. Met de experimentele opstellingen deden we onderzoek voor het ontwerpen van een kweekstelsel om de kreeftjes gecontroleerd door te laten groeien tot in de volwassen fase.



*Figuur 1.6. Hier zijn links de 4 weken oude kreeftenlarven weer te zien, ernaast is een foto van een kreeftje na 6 maanden.*

**Doelstelling 5:** *Bepalen of de vervolgstap naar het doorgroeien van volwassen kreeften zowel biologisch, technisch als financieel haalbaar is.*

Dit onderzoek is terug te vinden in deel 3 van dit rapport.

## Conclusie

Dankzij mede financiering van Provincie Zeeland en het Europees visserijfond hebben we de eerste stap in het kweekproces kunnen zetten en een groot deel van onze doelstellingen behaald. We hebben tijdens deze eerste stap 2000 stage-4 kreeftjes geproduceerd, tot deze stap hebben we de doelstellingen behaald. Echter in de laatste stap in de hive hadden we onverwacht veel sterfte. Dit was voornamelijk te wijten aan voer dat in de hive bleef hangen waardoor de bacteriedruk toenam en hieraan gerelateerd de mortaliteit. Toch hebben we genoeg geleerd om verder te gaan met de vervolgstap van doelstelling 5. Deze stap bestaat uit het ontwikkelen van een prototype kweekstelsel om zo te bepalen of de vervolgstap naar het doorgroeien tot volwassen kreeften haalbaar is. Dit onderzoek is uitgewerkt in deel twee en drie.

## Referenties

- D'Abramo & L.R.Conklin (1985). Lobster aquaculture. In J Huner and E.E. Brown (Eds.) Crustacean and mollusc aquaculture in the USA. P.159-201. AVI Publ. Co., Westport, Conn.
- Aiken, D.E. & S.L. Waddy (1995). Aquaculture, pp.153-175. In: Factor, J. R. (Ed.). Biology of the lobster *Homarus americanus*. Academic Press, Inc.
- Browne, R., Benavente, G. P., Uglem, I., Balsa, C. M., (2009). An illustrated hatchery guide for the production of clawed lobsters (Using a green water technique), Galicia.
- Contarini, G., Parrella, N., Hickey, J., Ballestrazzi, R., (2008). Hatchery production of European lobster (*Homarus gammarus*, L.): broodstock management and effects of different holding systems on larval survival. Italian Journal of Animal Science, 7, pp.351– 362.
- Kristiansen, T. S., A. Drengstig, A. Bergheim, T. Drengstig, R. Svensen, I. Kollsgård, E. Nøstvoll, E. Farestveit & L. Aardal (2004). Development of methods for intensive farming of European lobster (*Homarus gammarus* L.) in recirculated seawater. Results from experiments conducted at Kvitsøy lobster hatchery from 2000 to 2004. Fisken og Havet, 6 - 2004: 52 pp.
- Nicosia, F. & Lavalli, K., (1999). Homarid Lobster Hatcheries: Their History and Role in Research, Management, and Aquaculture. Marine Fisheries Review, 61(2), pp.1–57.
- Richards, P.R. (1981) Some aspects of growth and behaviour in the juvenile lobster *Homarus gammarus* (Linnaeus) . PhD Thesis University of Wales, Bangor, Great Britain. 209 pp
- Schmalenbach, I. & Franke, H. D., (2010). Potential impact of climate warming on the recruitment of an economically and ecologically important species, the European lobster (*Homarus gammarus*) at Helgoland, North Sea. Marine Biology, 157(5), pp.1127–1135.
- Uglem, I., Benavente, G.P. & Browne, R., (2006). A regional development strategy for stock enhancement of clawed lobster (*Homarus gammarus*) - Development of juvenile lobster production methodologies, Trondheim.
- van Olst, J.C., J.M. Carlberg & J.T. Hughes 1980. Chapter 10: Aquaculture. -Pp. 333-384 in: Cobb, J.S. & B.F. Phillips (eds.). The biology and management of lobsters. Vol II. Ecology and management. Academic Press, Inc.,
- Waddy, S.L. (1988) Farming the homarid lobsters: State of the art. World Aquaculture 19(4): 63-71
- Wickins, J.F. & T.W. Beard 1991. Variability in size at moult among individual broods of cultured lobsters, *Homarus gammarus* (L.). Aquaculture and Fisheries Management 22: 481-489.

## DEEL 2: Onderzoek naar de optimale vorm en onderlinge positie van de containers

## Project opdracht

Dit technische ontwikkelingsproject richt zich op fase 3, waarin er wordt gefocust op het effectief, in een gecontroleerde omgeving, opkweken van kreeft tot consumptie grootte. Een van de belangrijkste stappen in dit proces is het ontwikkelen van een gesloten systeem waarin de kreeften op een duurzame wijze kunnen opgroeien van juveniele tot volwassen kreeften. TDLH wil aan de hand van de uitkomsten van dit onderzoek een zelfstandig werkend 3D-systeem ontwikkelen, specifiek voor de binnendijkse kreeftenkweek.

Het project bevindt zich in de startfase. Het is waarschijnlijk zo dat alle technische risico's en onzekerheden nog niet voor 100% in beeld zijn, omdat dit project voor TDLH moet leiden tot een geheel nieuwe technische oplossing. Tot nu toe werden kreeftjes opgekweekt tot de vroege bentische-fase waarna ze in het wild werden uitgezet. Dit project richt zich op het binnendijks doorgroeien van de kreeftjes tot consumptie grootte. Zodoende kan er geen gebruik gemaakt worden van concrete kennis en ervaring binnen en buiten het eigen bedrijf, omdat een dergelijk kweekstelsel het eerste zal zijn.

Bij het ontwikkelen van een dergelijk kweekstelsel moeten verschillende problemen opgelost worden. Een van de grootste problemen van kreeftenkweek t.o.v. viskweek is de hoge mortaliteit bij kreeften door kannibalisme. Hierdoor is het een vereiste dat kreeften per individu in gescheiden 'containers' opgegroeid moeten worden, wat logistiek uitdagend is. Daarbij is het nodig om een hoge dichtheid aan kreeften te hebben per m<sup>2</sup> om de kweek kostenefficiënt te maken, dus zal er in 3D gebouwd moeten worden. Aangezien een 3D systeem voor het individueel doorgroeien van de kreeftjes, op een kostenefficiënte manier, nog niet bestaat zal hier de uitdaging liggen. De grote knelpunten liggen voornamelijk bij het voeren van de kreeften en het reinigen van de individuele containers. Daarbij moet het voeren en reinigen worden geautomatiseerd, zodat het systeem 'zelfstandig' functioneert. Kortom, we richten ons op het optimaliseren van de kreeftenkweek door te werken in 3D. De knelpunten waar we dan tegenaan lopen zijn:

- *Een 3D systeem voor de kweek van kreeften is nog niet beschikbaar.*
- *Een methode voor het kosteneffectief voeren in een 3D systeem is nog niet beschikbaar.*
- *Een methode om de individuele containers kosteneffectief te reinigen in een 3D systeem is nog niet beschikbaar.*

Dit onderzoek zal uitgevoerd worden aan de hand van een prototype aangezien door de complexiteit van het project niet alle technische risico's in theorie uitgewerkt kunnen worden. Het werken met een prototype biedt de mogelijkheid om deze technische risico's te analyseren en te tackelen.

### Algemene onderzoeksvraag

Het onderzoek is opgedeeld in deel twee en drie. Deel twee richt zich op het bepalen van het juiste type container waarbij we onderscheid maken tussen drie verschillende systemen. Deel drie richt zich op de specifieke ontwikkeling van het systeem.

De algemene onderzoeksvraag is:

#### **Wat is het optimale 3D systeem voor het binnendijks kweken van kreeft?**

Deze onderzoeksvraag is op te delen in twee stukken:

1. *Wat is de optimale vorm en onderlinge positie van de individuele containers?*
2. *Wat is de optimale 3D-constructie voor de individuele containers?*



## Methode

Dit deel van het onderzoek richt zich op de eerste deelvraag:

### Wat is de optimale vorm en onderlinge positie van de individuele containers?

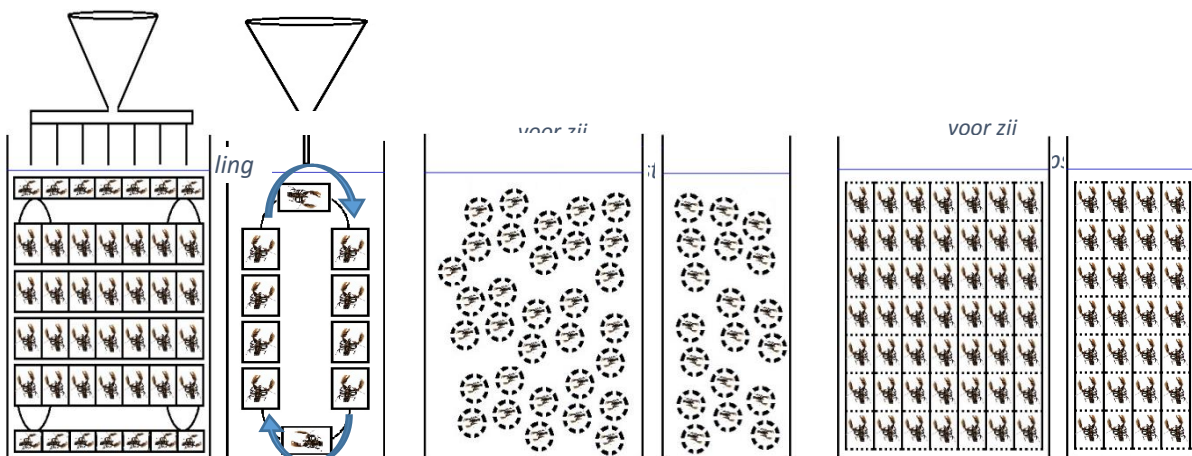
Het binnendijks kweken van kreeft kan op vele verschillende manieren aangepakt worden en iedere aanpak vereist een ander systeem. Het is dus belangrijk dat we eerst weten welk systeem we gaan gebruiken. We gaan hiervoor drie soorten systemen testen:

1. Vaste opstelling
2. Zwevende opstelling
3. Combinatie van de vaste en zwevende opstelling.

De vaste opstelling bestaat uit horizontale rijen met containers die kunnen roteren over een verticaal vlak, zoals te zien is in *figuur 2.1*. De containers zijn geperforeerd om een goede waterflow door de containers mogelijk te maken. Aan de bovenkant van de vaste opstelling bevindt zich een voermachine waarmee de kreeften automatisch gevoerd worden. De voerfrequentie wordt bepaald aan de hand van de rotatiesnelheid. Wanneer de kreeftjes drie keer per dag gevoerd moeten worden dan zullen de containers drie keer per dag rond moeten gaan. Het grote voordeel van het roterende systeem is dat de containers frequent gemonitord kunnen worden met behulp van camera's die boven de bakken hangen en bijvoorbeeld naast de voermachine bevestigd kunnen worden. Voor het voeren kan relatief groot voer gebruikt worden omdat het m.b.v. een voermachine in de containers gedeponerd kan worden.

Het zwevende systeem is een veel simpelere opstelling. De containers die hier gebruikt worden zijn minstens aan twee zijden geperforeerd zodat er voer doorheen kan stromen. De containers 'zweven' in de waterkolom en worden in beweging gebracht door zuurstof dat vanaf de bodem in de bak wordt gepompt. Tijdens het voeren worden er kleine voerdeeltjes in de waterkolom gebracht. Deze voerdeeltjes kunnen zo ook binnen de geperforeerde containers komen.

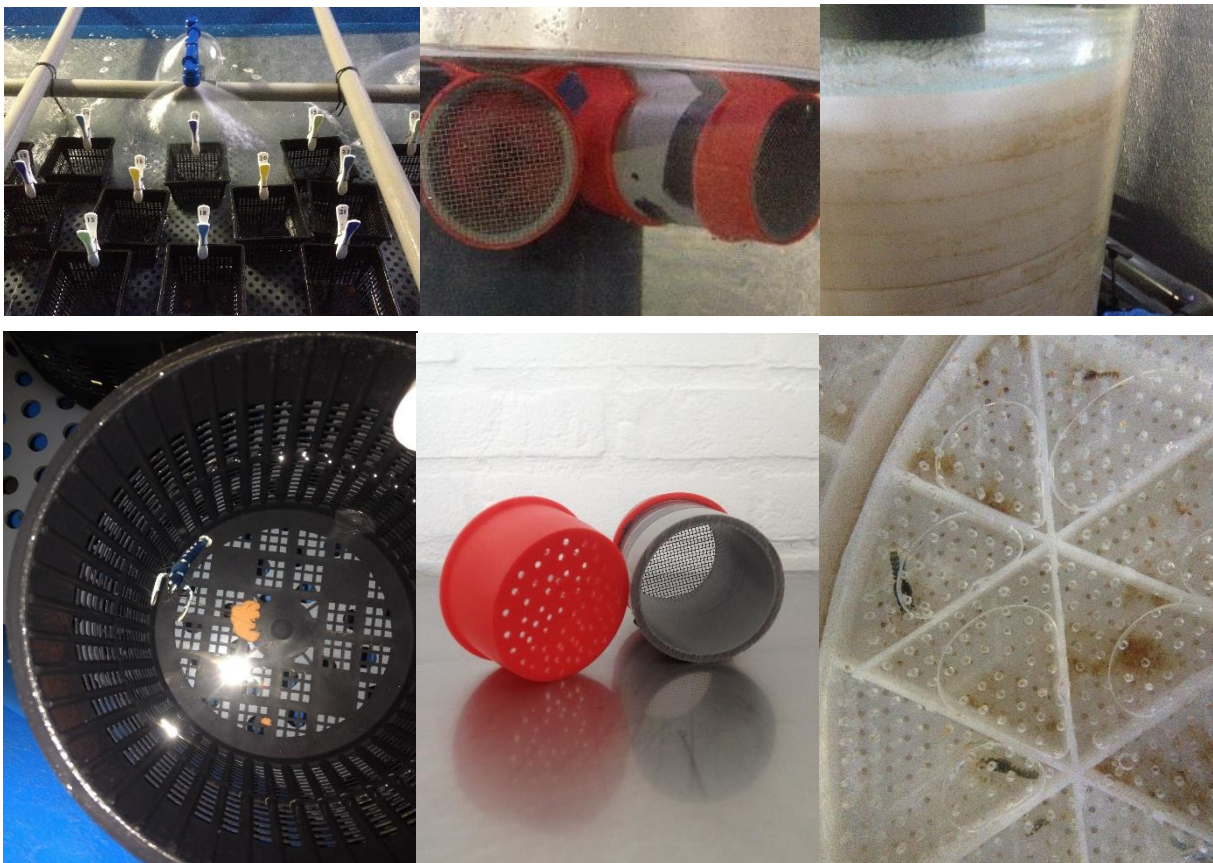
De gecombineerde opstelling bestaat uit vaste containers die niet kunnen roteren. De containers zijn aan de onderkant geperforeerd, aan de bovenzijde open en kunnen gestapeld worden. Tijdens het voeren worden er kleine voerdeeltjes door de containers gepompt.



Figuur 2.1. Het voor- en zijaanzicht van de drie verschillende opstellingen.

Het verschil tussen de drie type kweeksystemen is vooral te vinden in de vorm, positie en toegankelijkheid van de individuele containers. Daarom richten we ons tijdens dit onderzoek voornamelijk op de containers, hierin onderscheiden we drie containertypes, zoals afgebeeld in *figuur 2.2*.

- Container type-1 kan gebruikt worden voor een vaste opstelling. Bij de vaste opstelling zitten de containers vast en kunnen alleen roteren, het voer wordt per container gevoerd.
- Container type-2 is geschikt voor een zwevende opstelling, bij de zwevende opstelling zitten de kreeftjes in containers die in het water zweven. Het voeren gebeurt door middel van klein voer dat toegediend wordt in de waterkolom waarin de kreeftjes zich bevinden. Het voer zal vervolgens in de geperforeerde containers komen, op deze manier zijn de kreeftjes zelf in staat om voedsel te pakken.
- Container type-3 is een combinatie van type-1 en type-2 en bestaat uit een vaste opstelling. Hierbij zweven de containers niet in het water, maar zijn ze in een hoge dichtheid per m<sup>3</sup> gestapeld. De kreeftjes worden van voer voorzien door het voeren van kleine partikels die door de containers worden gepompt.



*Container type-1*

*Container type-2*

*Container type-3*

*Figuur 2.2. De drie verschillende container types. Met van boven de containers in test opstelling en vanonder de containers individueel.*

De drie verschillende types containers zijn gedurende 3 maanden getest. Hierbij werd er gekeken naar het gedrag van de kreeftjes in de verschillende type containers met de focus op:

- *Groeisnelheid van de kreeftjes*

De groeisnelheid van de kreeftjes wordt uitgedrukt in gemiddelde groeisnelheid per week gedurende drie maanden. Voor de groei meten we de carapace lengte (CL) van de kreeftjes.

- *Mortaliteit onder de kreeftjes*

De mortaliteit wordt bepaald in procent sterfte naar verhouding van het aantal kreeftjes waar het experiment mee begonnen is.

- *Waterkwaliteit in de containers*

Voor de waterkwaliteit in de containers zal voornamelijk gekeken worden naar het voer dat blijft hangen in de containers en de flow die door de containers gaat.

## Resultaten

Voor het testen van de containers is hetzelfde watersysteem gebruikt en zijn de experimenten gelijktijdig uitgevoerd. Dus we kunnen aannemen dat de waterkwaliteit voor alle drie de soorten containers gelijk is geweest als het gaat over het milieu waarin de containers zich bevonden.

### Groeisnelheid van de kreeftjes

De kreeftjes in container type-1 waren over de periode van 3 maanden gegroeid van een gemiddelde CL van 8,2 mm naar 15,0 mm. Dus een groeisnelheid van 0,57 mm per week. Dit komt neer op een groei van 6,95% per week wanneer er uitgegaan wordt van de CL aan het begin van het experiment.

De kreeftjes in container type-2 waren over een periode van 3 maanden gegroeid van een gemiddelde van 8,3 mm naar 10,4 mm CL. Dus een groeisnelheid van 0,18 mm per week. Dit komt neer op een groei van 2,17 % per week wanneer er uitgegaan wordt van de CL aan het begin van het experiment.

De kreeftjes in container type-3 waren over een periode van 3 maanden gegroeid van een gemiddelde van 7,7 mm naar 9,1 mm CL. Dus een groeisnelheid van 0,12 mm per week. Dit komt neer op een groei van 1,52% per week wanneer er uitgegaan wordt van de CL aan het begin van het experiment.

### Mortaliteit onder de kreeftjes

Van de 30 kreeftjes in container type-1 waren na drie maanden nog 18 over. Dit komt neer op een mortaliteit van 33%.

Van de 30 kreeftjes in container type-2 waren er na drie maanden nog 3 over. Dit komt neer op een mortaliteit van 90 %.

Van de 30 kreeftjes in container type-3 waren er na drie maanden nog 4 over. Dit komt neer op een mortaliteit van 86%.

### Waterkwaliteit in de containers

De waterkwaliteit in het systeem waar de containers zich bevonden vertoonden geen extreme waarden, zoals te zien in *tabel 2.1*. Hierin staan de gemiddeldes van de belangrijkste waterwaarden die gemeten zijn gedurende het experiment. Naast de waterkwaliteit hebben we ook gekeken naar de hoeveelheid voer en afval dat in de containers bleef hangen. Dit was bij de zwevende container, type-2 en bij de gecombineerde container, type-3, duidelijk meer dan bij de vaste container, type-1.

*Tabel 2.1. Gemiddelde waarden van de waterkwaliteit parameters*

Temperature (° C)	19,1
pH	8,09
Oxygen (ppm)	7,46
Conductivity (µS/cm)	45,1
NH <sub>3</sub> (g/m <sup>3</sup> )	0
NO <sub>2</sub> (g/m <sup>3</sup> )	0,03
NO <sub>3</sub> (g/m <sup>3</sup> )	11

## Discussie

Aan de hand van de groeisnelheid en mortaliteit die we gemeten hebben in de containers is het opvallend dat container type-1 veel betere resultaten laat zien dan type-2 en 3. De grote verschillen tussen container type-1 en de andere twee types is het soort voer dat gevoerd kan worden, de grote van de containers en de mogelijkheid tot monitoren. Het kleine voer dat wordt gevoerd aan de kreeftjes in container type-2 en 3 blijft hangen in de containers en vermindert de waterkwaliteit. Voeer restanten in deze containers worden afgebroken door bacteriën, dit zorgt ervoor dat de bacteriedruk in deze containers vele malen hoger is dan in container type-1, waar vast voer wordt gevoerd. De hoge bacteriedruk verstoort voornamelijk het verschaalproces en geeft daardoor een verhoogde mortaliteit.

De proeven die we uitgevoerd hebben zijn een benadering van de drie systemen die beschreven zijn in de inleiding. Waar het voornamelijk om ging was het testen van de groei en mortaliteit van de kreeftjes in de verschillende systemen.



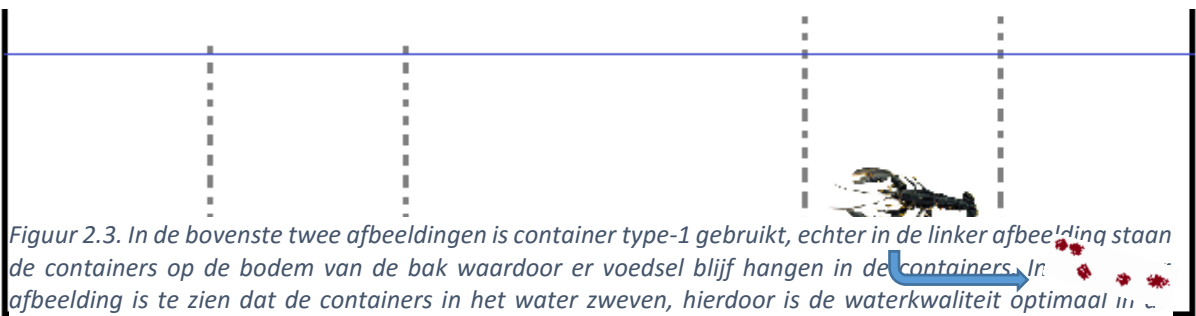
## Conclusie

Het voordeel van de vaste opstelling is de hoge reguleerbaarheid. Iedere container kan op vaste tijden van voer worden voorzien, worden schoongemaakt en is gemakkelijk bereikbaar. Dit heeft ook grote voordelen voor het monitoren van de kreeftjes. De nadelen zijn de kosten voor het ontwikkelen en construeren van een vaste (roterende) opstelling.

Het voordeel van de zwevende opstelling is de lage kostprijs van het ontwikkelen en het construeren van de opstelling. Het grote nadeel is de slechte 'bereikbaarheid' van de kreeftjes. Hierdoor is het lastig om de kreeftjes continu van voer te voorzien, te monitoren en de containers schoon te maken.

Het voordeel van de gecombineerde container is de lage kostprijs voor ontwerp en constructie. Hoewel de kreeftjes in deze opstelling beter bereikbaar zijn dan in de zwevende opstelling is de bereikbaarheid in vergelijking met de vaste opstelling wel minder. Ook is de waterkwaliteit veel minder, door het voer dat blijft hangen in de containers. Dit veroorzaakt net als in container type-2 een sterk verhoogde mortaliteit.

De kreeften in container type-1 laten dus voor zowel de groeisnelheid als de mortaliteit de beste uitkomsten zien. Tijdens deze proef stonden de type-1 containers op de bodem van de kweekbak. Verwacht wordt dat het gebruik van dezelfde containers maar dan hangend in de waterkolom, zoals te zien is in figuur 2.3, nog betere resultaten oplevert. Met een soortgelijke constructie zoals in figuur 2.3 zal er ook in het roterende systeem gewerkt worden. Namelijk met containers die in de waterkolom hangen en aan de boven en onderzijde geperforeerd zijn zodat ze tijdens het roteren gemonitord kunnen worden en er geen afvalstoffen ophopen in de containers.



*Figuur 2.3. In de bovenste twee afbeeldingen is container type-1 gebruikt, echter in de linker afbeelding staan de containers op de bodem van de bak waardoor er voedsel blijft hangen in de containers. In de rechter afbeelding is te zien dat de containers in het water zweven, hierdoor is de waterkwaliteit optimaal en wordt het afval door de waterflow afgevoerd. Dit is nog een keer schematisch te zien in de onderste afbeelding.*



## DEEL 3: Specifieke ontwikkeling van de 3D-constructie

## Inleiding

Dit technische ontwikkelingsproject richt zich op fase 3, waarin er wordt gefocust op het effectief, in een gecontroleerde omgeving, opkweken van kreeft tot consumptie grootte. Een van de belangrijkste stappen in dit proces is het ontwikkelen van een gesloten systeem waarin de kreeften op een duurzame wijze kunnen opgroeien van juveniele tot volwassen kreeften. Op deze stap zal dit deel van het onderzoek zich richten. TDLH wil aan de hand van de uitkomsten van dit onderzoek een zelfstandig werkend 3D-systeem ontwikkelen, specifiek voor de binnendijkse kreeftenkweek.

Tijdens het tweede deel van het onderzoek hebben we dus bepaald welk type opstelling het beste is voor intensieve productie van kreeften. Aangezien voor de vorm en de positie van de containers belangrijk is hebben we hier eerst gekeken. We zijn hierbij uitgekomen op een container die ten minste aan twee zijden geperforeerd is zodat er een goede waterflow door de container kan. Ook moet de container in het water hangen en niet in contact met de bodem staan zodat de voerrestanten en uitscheidingsresten van de kreeften afgevoerd kunnen worden.

We gaan nu verder met het derde deel, de specifieke ontwikkeling van het roterende systeem. Dit zullen we uitwerken aan de hand van een technische tekening van het verder ontwikkelde prototype. Tijdens het ontwerp richten we ons op de volgende vraag en deelvragen. Deze vragen worden niet specifiek beantwoord maar zijn wel meegenomen in de constructie tekeningen.

## Onderzoeksvraag

De onderzoeksvraag van het derde deel is:

### **Wat is de optimale roterende constructie voor het binnendijks kweken van kreeft?**

Voor het beantwoorden van de bovenstaande onderzoeksvraag wordt deze opgedeeld in vijf delen.

#### **Mechanische constructie**

- *Welke mechanische constructie is nodig voor het laten roteren/zweven van de individuele containers, waarbij de impact van het zoute water minimaal is?*

De ontwikkeling van de mechanische constructie is de meest complexe deelvraag en heeft direct invloed op de volgende deelvragen.

#### **Materiaal keuze**

- *Welke materiaal soorten zijn geschikt voor duurzaam gebruik in zoutwater en voldoen aan de eisen van de mechanische constructie?*

De gebruikte materialen moeten een lange levensduur kennen en weinig onderhoud behoeven. Daarnaast moeten de eigenschappen van deze materialen aansluiten op de eisen van het systeem.

### **Waterkwaliteit**

- *Welke toevoegingen zijn nodig voor het creëren van de optimale waterkwaliteit voor de kreeftjes in het gehele systeem?*

De focus ligt hierbij op de fysieke voorzieningen die benodigd zijn binnen en buiten het kweekstelsel voor het creëren van de optimale waterkwaliteit. Ook met deze technische aspecten zal rekening gehouden moeten worden bij het algehele ontwerp en te bouwen prototype. Hierbij moeten we letten op de juiste maatvoering, vormgeving en plaatsing van het systeem en de filters.

### **Monitoren**

- *Wat zijn de aspecten die we willen monitoren en hoe kunnen we hiermee rekening houden in het ontwerp.*

Het monitoren is een van de belangrijkste onderdelen voor het garanderen van de waterkwaliteit en het in kaart brengen van de groei.

### **Kosten**

- *Wat zijn de kosten en risico's van een roterend systeem voor de binnendijkse kweek van kreeft?*

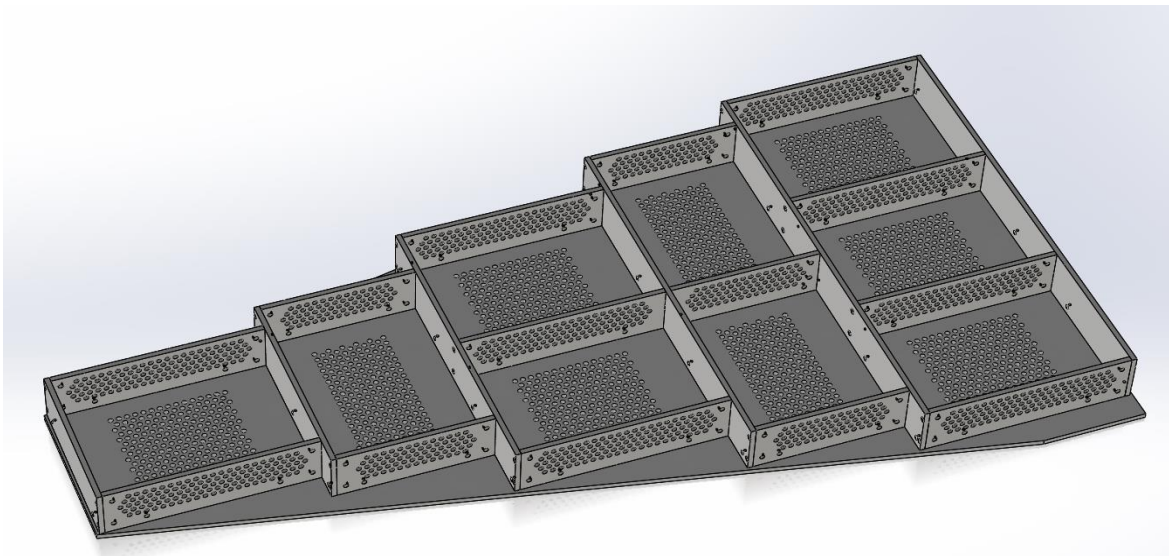
De combinatie van deze vijf deelvragen, in samenhang met de eis dat het systeem niet arbeidsintensief mag zijn in gebruik, geeft dit project zijn grote technische uitdaging.

## Uitwerking 3D constructie

### Mechanische constructie

De mechanische constructie kan opgedeeld worden in twee delen. Ten eerste zullen we kijken naar de vorm van de containers, vervolgens kijken we naar de positie en de bereikbaarheid van de containers.

Tijdens het ontwerpen is er gekozen voor een rechthoekige container vorm, deze vorm komt het meest overeen met de lichaamsvorm van de kreeft en gaat dus het efficiëntst om met de ruimte. Dit is een vereiste om zoveel mogelijk kreeften per m<sup>3</sup> te kunnen kweken. De containers kunnen met behulp van tussenschotten nog kleiner gemaakt, zodat de kreeftjes al vanaf jonge leeftijd in het systeem kunnen worden opgekweekt. Zoals te zien in *figuur 3.1* is nodig dat de containers gegroepeerd worden in driehoeken zodat ze efficiënt in een rond kweekstelsel geplaatst kunnen worden.



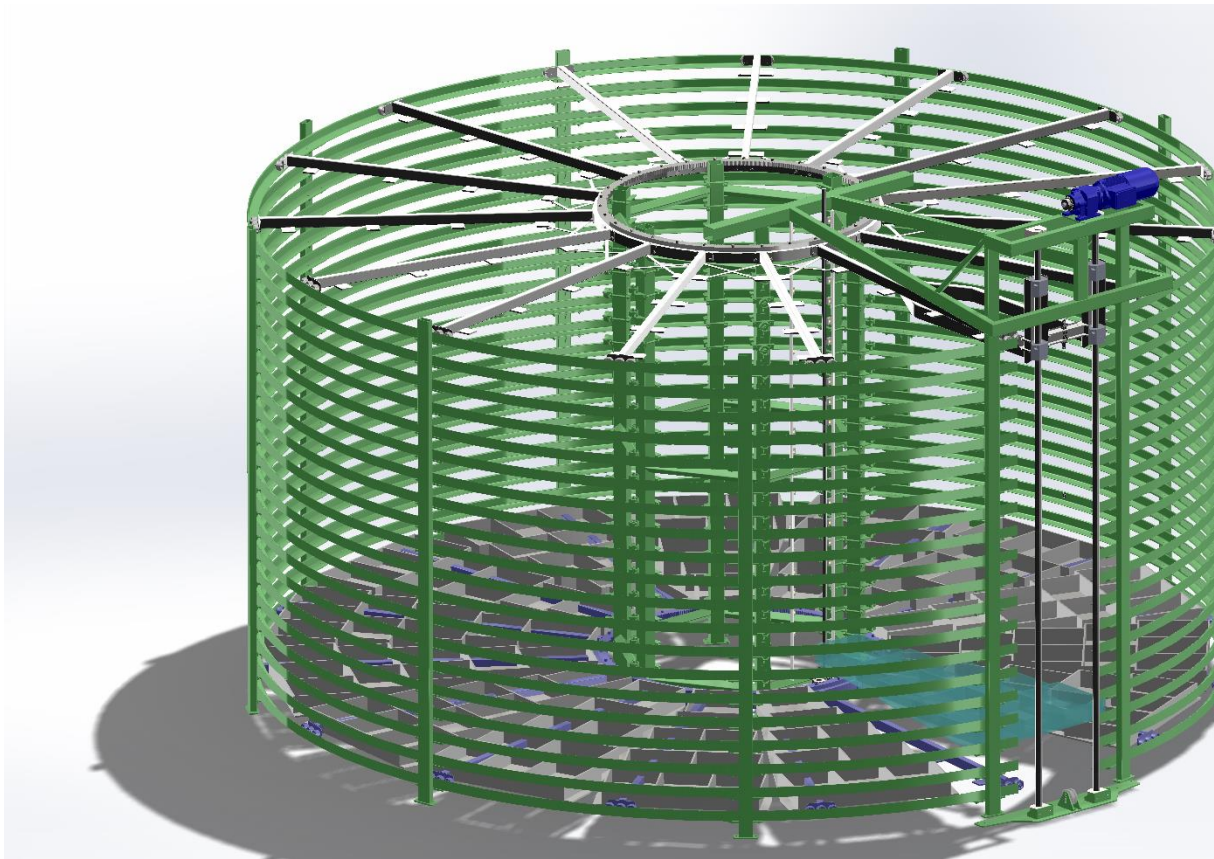
*Figuur 3.1. De prototype containers, samengevoegd tot driehoeken om efficiënt in een cirkelvormig systeem geplaatst te kunnen worden.*

Het kweekstelsel zelf bestaat uit een ronde constructie waarin de containers geplaatst kunnen worden. De constructie kan in een ronde HDPE bak geplaatst worden (*figuur 3.2*) en zal dus zodanig ontworpen moeten worden dat deze in het water kan staan. Daarnaast zal de constructie moeten kunnen roteren in het water zodat alle kreeften gevoerd en gemonitord kunnen worden. In *figuur 3.3* is de mechanische constructie, die in de ronde bakken geplaatst kan worden, te zien. In



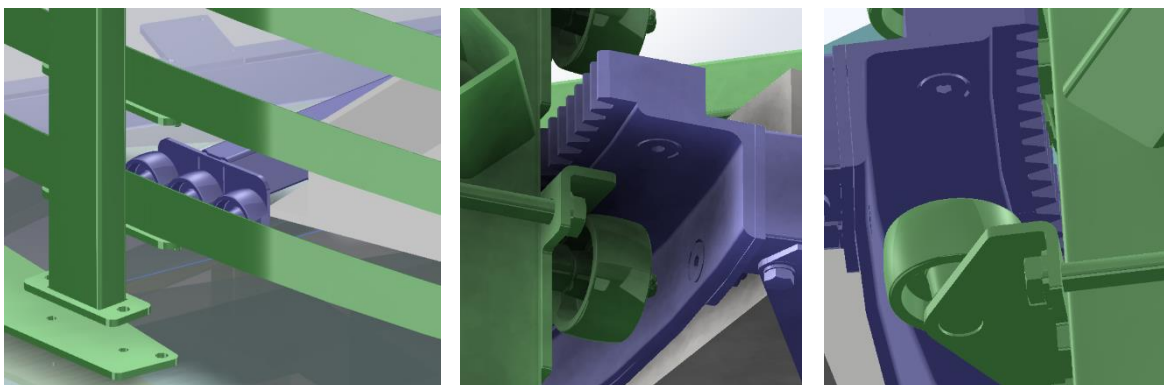
*Figuur 3.2. De HDPE bakken waar het roterende systeem in geplaatst kan worden.*

deze afbeelding zijn de containers in de onderste laag al ingetekend zodat er een duidelijk beeld verkregen kan worden van de capaciteit van de constructie en de indeling van de containers.



*Figuur 3.3: De constructie zonder containers.*

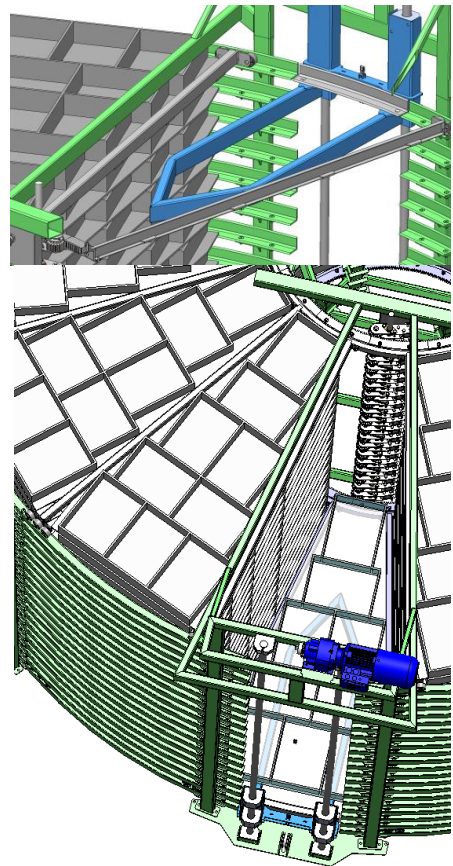
In *figuur 3.4* is de specifieke constructie van de ophanging te zien. Hierbij is er rekening gehouden met het gewicht van de containers en de mogelijkheid om te roteren. Door het roteren van de containers is het mogelijk om met behulp van een lift de containers op één punt voorbij te laten komen zodat de kreeften automatisch gevoerd en gemonitord kunnen worden.



*Figuur 3.4. Detail tekening van de ophanging waar de containers op rusten.*

In *figuur 3.5* zijn de details van de lift te zien. Door het lichtblauwe frame worden de containers naar boven gebracht. Boven aan de lift bevindt zich een voermachine die het voer automatisch over de bakken verdeelt. Naast de voermachine komen camera's die registreren hoeveel voer de kreeften krijgen en ook de conditie van de kreeften bepalen. Het monitoren van de kreeftjes is erg belangrijk. Hierbij wordt er voornamelijk gelet op het gedrag van de kreeftjes. Zo willen we graag weten of het kreeftje nog leeft, hoe vaak het is verschaalt, wat de lengte is over de tijd en of er voer/afval blijft liggen in de container. Op deze manier zijn we in staat om een grote hoeveelheid kreeften te kweken met een lage arbeidsintensiteit.

De aandrijving van de lift en van de roterende schijven is te zien in *figuur 3.6* en het complete systeem in *figuur 3.7*. Het complete systeem bestaat uit 20 roterende lagen, elke laag bestaat uit 14 driehoeken met containers, deze driehoeken bestaan uit 9 individuele containers. Dus in totaal bestaat het systeem uit 2500 individuele containers. In het midden van het systeem is ruimte overgelaten om toegang tot de mechanische onderdelen te hebben in het geval er reparaties of onderhoud plaats moeten vinden.



*Figuur 3.5. Detail overzicht van de container lift*

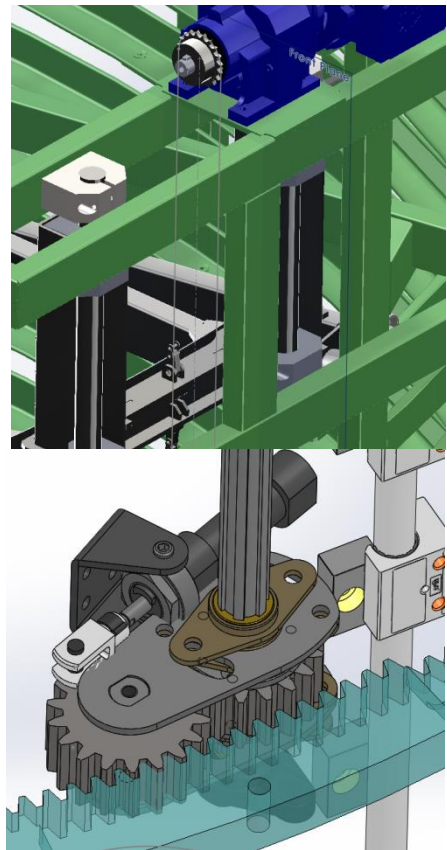


### Materiala keuze

Om de duurzaamheid van het systeem te garanderen moet er gekozen worden voor materialen die bestand zijn tegen het zoute water waarin de kreeften leven. Daarnaast mogen de materialen geen schadelijke stoffen afgeven die de waterkwaliteit kunnen beïnvloeden. Daarom hebben we gekozen voor gecoate materialen voor zover dat mogelijk is. Daarnaast is het systeem zo ontworpen dat het overgrote deel van de mechanische onderdelen van de lift niet in het water is gesitueerd.

### Waterkwaliteit

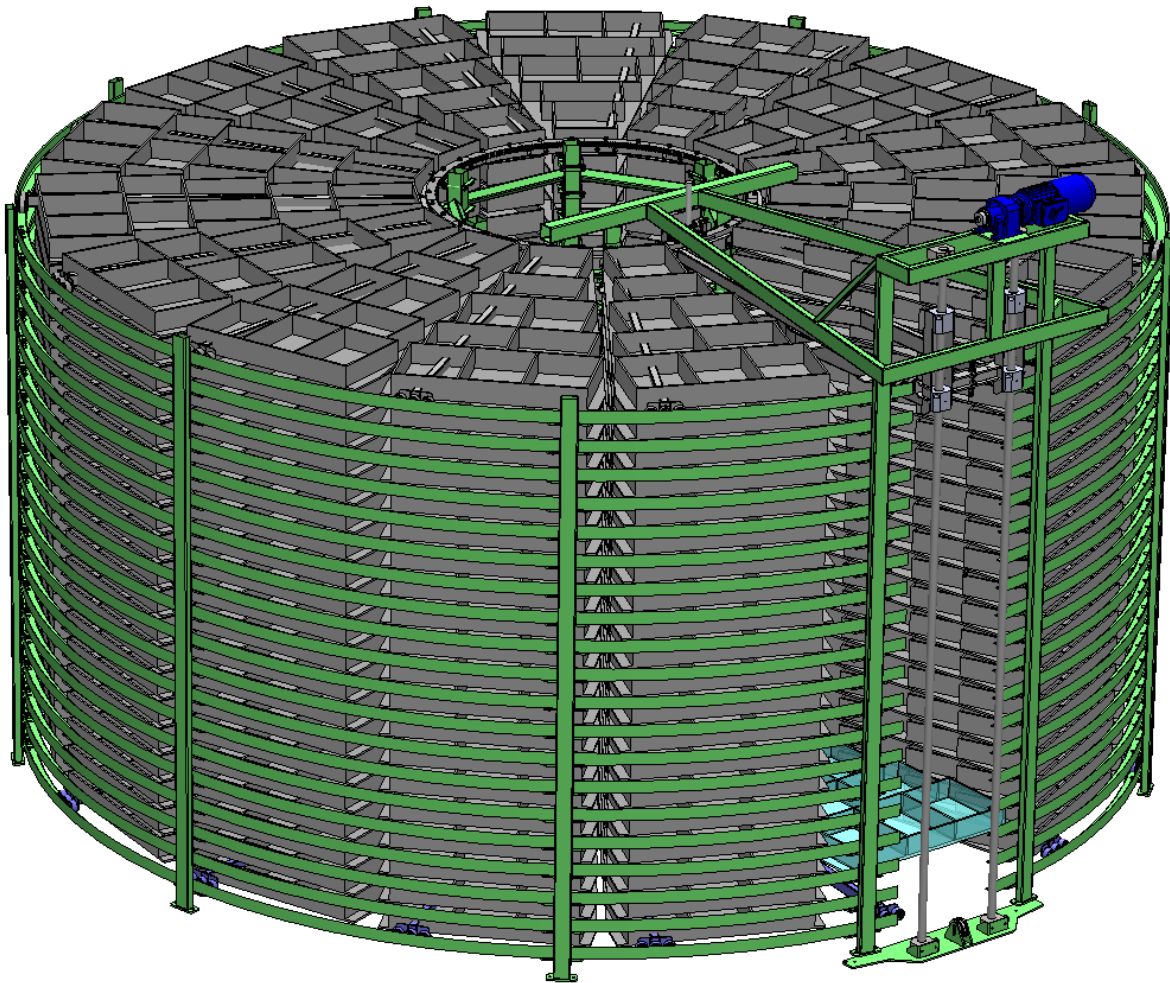
Om een goede waterkwaliteit in het systeem te hebben is het van belang dat afvalstoffen zo snel mogelijk uit het water verwijderd worden. Door een sterke waterflow in het liftgedeelte worden de afvalstoffen, net voor het voeren uit de containers gespoeld. De bodem van de HDPE bak waar het kweekstelsel in geplaatst wordt is conisch van vorm zodat de afvalstoffen onderin kunnen bezinken en eenvoudig door het openen van een klep uit het water verwijderd kunnen worden. Verder zullen er continu metingen worden gedaan naar de zuurstofconcentratie, pH en temperatuur zodat een verschuiving in de waterkwaliteit direct wordt opgemerkt.



Figuur 3.6. Detail overzicht van de aandrijving

### Monitoren

Het monitoren zal gedaan worden met behulp van camera's die boven de lift hangen zodat elke dag alle kreeften gemonitord kunnen worden. De informatie die deze camera's in de vorm van beeldmateriaal verzamelen zal met behulp van intelligente software geanalyseerd worden zodat de conditie van de kreeften geregistreerd wordt. Op deze manier kan er nauwkeurig bijgehouden worden wat de groei, sterfte en het gedrag van de kreeften in het systeem is.



*Figuur 3.7. Het kweekstelsel in zijn geheel, maximaal gevuld met de containers.*

## Kosten

Omdat de uitkomst van deel twee van dit rapport aangaf dat de roterende constructie de meest efficiënte is hebben we ons in dit deel gericht op het ontwerpen van een roterende constructie. De roterende constructie biedt veel voordelen, het grote nadeel is echter dat deze constructie duur is in ontwerp en realisatie. De kosten voor het bouwen van deze constructie, met een capaciteit van 2500 volwassen kreeften, wordt geschat op 100000 euro

Nu we de capaciteit van het roterende systeem weten kunnen we een berekenen wat de opbrengsten zijn per jaar. Voor deze berekening gebruiken we de marktprijs van in het buitenwater gevangen kreeft, dit komt neer op 25 euro per kilo. We gaan voor de volwassen kreeften uit van 300 gram per kreeft. Er kunnen 2500 volwassen kreeften in het roterende systeem en het duurt anderhalf jaar om de kreeften tot een gewicht van 300 gram te kweken. Dus 0,3 kg per kreeft en 2500 kreeften per roterend systeem komt uit op een productie van 750 kilo kreeft per anderhalf jaar. Uitgaande van een marktprijs van 25 euro per kilo is de opbrengst per jaar 12500 euro. Met deze calculatie zijn we uitgegaan van de optimale situatie en zijn: sterfte onder de kreeften, arbeid, stroomverbruik, onderhoud en afschrijving nog niet meegenomen. Daarnaast moet er rekening gehouden worden met een lagere prijs per kilo omdat de kreeften binnendijks gekweekt zijn.

## Conclusie

Er is een technisch haalbare constructie ontworpen van een systeem om kreeften op te laten groeien tot een gewicht van minimaal 300 gram. Daarnaast geven de uitkomsten van het eerste deel van het onderzoek aan dat het biologisch haalbaar is om de kreeftjes door te laten groeien tot 300 gram. Wanneer we echter de kans op hoge mortaliteit, de hoge investeringskosten en mogelijk lagere marktprijs meerekenen moeten we concluderen dat het doorgroeien van de Oosterscheldekreeft tot een vermarktbare grootte, op dit moment, te hoge investeringskosten en te veel risico met zich meebrengt.