Van discard naar duurzaam, de ondermaatse garnaal als startmateriaal

Thesis onderzoek naar het opkweken van ondermaatse *Crangon crangon* uit visserij discards

Kust en Zee-management, Marine Biology
22-04-2021, Leeuwarden
Auteurs: Wiebe Kolkman (00006615) & Willem Haen (00008258)

Opdrachtgever: NoordOogst Aquaponics
Contactpersoon: Erik Moesker
06-55772855
Info@NoordOogst.nl
Adres: Hoornsediep 89B 9727GG, Groningen

Afstudeerbegeleiders:
Patrick Bron & David Kooistra

van hall larenstein university of applied sciences

NOORD OOGST AQUAPONICS

Van discard naar duurzaam, de ondermaatse garnaal als startmateriaal

Thesis onderzoek naar het opkweken van ondermaatse *Crangon crangon* uit visserij discards

Auteurs:
Wiebe Kolkman – 00006615
Willem Haen – 00008258

Opdrachtgever: NoordOogst Aquaponics,
Contactpersoon: Erik Moesker
06-55772855
Info@NoordOogst.nl
Adres: Hoornsediep 89B 9727GG, Groningen

Afstudeerbegeleiders:
Patrick Bron & David Kooistra
LKZ428VNAO2 Final Thesis 2020-2021
Kust en Zee-management, Marine Biology
22-04-2021, Leeuwarden
Illustratie omslag: Zelfgeproduceerd materiaal

Samenvatting

In de garnalenvisserij in Europa is er door de vangstsamenstelling en kleine net-maaswijdte sprake van onvermijdbare bijvangst van ondermaatse Hollandse garnaal (*Crangon crangon)*. Deze garnalen worden weer overboord gezet (gediscard). Vanuit de garnalenvisserij sector is het idee ontstaan om de ondermaatse bijvangst op te kweken tot marktformaat. NoordOogst Aquaponics, is hier in samenwerking met de visserijsector een verkennend onderzoek naar gestart. De succesvolle opkweek van de *C. crangon* wordt belemmerd door problemen met de overleving en groeiprestatie. De doelstelling van dit onderzoek is verkenning van de kweek van *C. crangon* uit visserij discards, door experimenteel onderzoek naar het effect van voeding op het presteren. Hiervoor zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld: "Wat is het effect van een droog/pellet dieet in vergelijking met een *Artemia* dieet op het presteren van *C. crangon*?" en "Is het opkweken van ondermaatse *C. crangon* economisch haalbaar en welke factoren zijn bepalend hiervoor?".
Voor het beantwoorden van de eerste hoofdvraag is een kwantitatief experiment uitgevoerd over 27 dagen in een recirculatie aquaculture system (RAS). Hierbij zijn ondermaatse garnalen uit de garnalenvisserij gebruikt(0,41±0,18gr.) en zijn twee verschillende voergroepen, Artemia en Skretting Gemma Diamond vergeleken(N=2) op groei, overlevingspercentage en voederconversieratio (FCR). De belangrijkste resultaten zijn voor groei (gr.), *Artemia* (M=11,7 ± 4,5), Gemma Diamond (M=13,9 ±1,2) FCR, *Artemia* (M=38,2, ±13,2), Gemma Diamond (M=3,5 ±0,3) overlevingspercentage, *Artemia* (M=59,4 ±1), Gemma Diamond (M=55,8 ±1). Om de economische haalbaarheid en de bepalende factoren daarbij vast te stellen is op basis van literatuuronderzoek een kostenvergelijking gemaakt. Hierbij zijn twee verschillende productiemethoden (RAS en productievijver) met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt dat de productievijver de goedkoopste methode is met investeringskosten van €21,85 per m^2. De variabele kosten bij voeren met *Artemia* zijn €568,48 per m^2 /jaar. De variabele kosten bij voeren met droogvoer zijn €8,29 per m^2/jaar. Het overlevingspercentage uit deze pilotstudie is gebaseerd op 27 dagen onderzoek, hiermee is niet vast te stellen wat de mortaliteit is gedurende de totale kweektijd. Een belangrijke factor voor het opkweken van ondermaatse *C. crangon* is de vangst, aanland en transportmethode. Dit bepaalt in hoge mate de kwaliteit van het startmateriaal. Skretting Gemma Diamond geeft bij een lagere hoeveelheid voer en lagere kostprijs per kilo een vergelijkbaar resultaat op het presteren van de *C. crangon* als *Artemia.* Hieruit kan worden geconcludeerd dat Skretting Gemma Diamond een beter effect heeft op het presteren in vergelijking tot *Artemia* en ook veel kosten efficiënter is. Het opkweken van ondermaatse *C. crangon* is op dit moment nog niet economisch haalbaar. Dit zou het wel kunnen worden wanneer er wordt verbeterd op kweektijd, kweekdichtheid en overlevingspercentage.

Inhoudsopgave

1. Introductie 5
2. Onderzoeksvragen 12
3. Materiaal & methode 13
3.1 Methode voeder experiment 13
3.1.1 Systeem & opstartprocedure 13
3.1.2 Startmateriaal & transport 14
3.1.3 Quarantaineperiode 14
3.1.4 Sortering 14
3.1.5 Voer en voermanagement 15
3.1.6 Datacollectie 15
3.1.7 Controlevariabelen 16
3.1.8 Data-analyse 16
3.2 Methode economische haalbaarheid 18
3.2.1 Dataverzameling 18
3.2.2 Data-analyse 18
4 Resultaten 19
4.1 Effect dieet op prestatie 19
4.1.1 Groei 19
4.1.2 Overlevingspercentage 20
4.1.3 FCR (Feed Conversion Ratio) 20
4.2 Resultaten economische haalbaarheid en bepalende factoren 21
4.2.1 Kosten aanlanden ondermaatse *C. crangon* 21
4.2.2 Kosten opkweken ondermaatse *C. crangon* experimentele setup 22
4.2.3 Kosten opkweken ondermaatse *C. crangon* productievijvers 23
4.2.4 Economische haalbaarheid & bepalende factoren 24
5. Discussie 25
5.1 Effect van dieet op prestatie 25
5.2 Economische haalbaarheid en bepalende factoren 27
6. Conclusie 29
7. Aanbevelingen 30
8. Literatuurlijst 31
Bijlage I, Netinnovaties 40
Bijlage II, Sorteerproces 41
Bijlage III, Plattegrond 42
Bijlage IV, Onderhoudsplanning 43
Bijlage V, Skretting Gemma Diamond 44
Bijlage VI, Verhouding grafiek gewicht, lengte 45
Bijlage VII, Nattransportsysteem 46
Bijlage VIII, Loonkostenberekening 47

1. Introductie

Huidige stand Europese visserij

In de Noordzee zijn ongeveer 6600 vissersboten actief, de totale vangst bereikte een maximum van 4 miljoen ton in 1970 en is inmiddels teruggelopen naar ongeveer 2 miljoen ton (ICES, 2018). De vangsten in de visserij zijn onder te verdelen in drie categorieën, doelsoorten, bijvangst en discards (ongewenste bijvangst). Er zijn een aantal redenen om vangst te discarden; de vangst heeft geen of weinig economische waarde (ondermaats/benthos), de vangst is beschadigd, er is geen quotum voor de soort of high grading (op waarde selecteren, wanneer het quotum bijna is bereikt) (Villasante et al., 2018). In 2011 is door de Europese Commissie een voorstel gedaan discards te reguleren doormiddel van de aanlandplicht (discard ban) met als doelstelling het verbeteren van het visbestand management en stimuleren van selectievere vistechnieken. In 2015 is de aanlandplicht ingegaan voor de pelagische visserij en tussen 2016-2019 ook geleidelijk voor de demersale visserij op schol/tong en Noordzeegarnalen (Wageningen Universiteit Research, n.d.). De aanlandplicht geldt alleen voor gequoteerde soorten. Aangezien er geen quotum is voor de garnalen geldt de aanlandplicht niet voor de garnalenvisserij. Binnen Europa vissen Nederland, Duitsland, België, Denenmarken en het Verenigd-Koninkrijk op garnalen, in totaal zijn er 536 schepen actief. Voor de Nederlandse visserijsector is de Noordzeegarnaal (*Crangon crangon*) een belangrijke soort. In 2014 waren er 226 Nederlandse schepen met een vergunning voor het vissen op garnalen, waarvan 199 actief. De Nederlandse garnalenvloot is verantwoordelijk voor ongeveer 40-50% van de aanvoer van garnalen die in de Noord- en Waddenzee worden gevangen. In 2014 is in totaal in Nederland 19.815.000 kg aangevoerd, met een omzet van 65 miljoen euro (Turenhout, Oostenbrugge, & Beukers, 2015). De vangstsamenstelling van de garnalenvisserij verschilt per land, blijkt uit verschillende onderzoeken (tabel 1). Deze onderzoeken geven een globaal inzicht, hierbij moet rekening gehouden worden dat er maar een klein percentage van de totale visserijinspanning bemonsterd is. De variatie in percentages wordt grotendeels verklaard door verschil in jaar, seizoen en vangstgebied (Tulp, Leijzer, & Van Helmond, 2010).

Land	**Maatse garnaal (kopbreedte >6.5mm)**	**Ondermaatse garnaal (Kopbreedte <6.5mm)**	**Rest**	**Bron**
België	29%	26%	45%	(Polet, 2004)
Duitsland	11%	64%	25%	(Walter, 1997)
Nederland	38%	38%	24%	(Tulp et al., 2010)

Tabel 1: Bijvangst per land

Ongeacht deze variaties blijft het aandeel ondermaatse garnalen groot. In 2010 is er 17.500 ton maatse garnalen (kopbreedte >6.5mm, 38% vangst) gevangen, en dus ook 17.500 ton ondermaatste garnalen (kopbreedte <6.5mm, 38%vangst).

Duurzaamheid

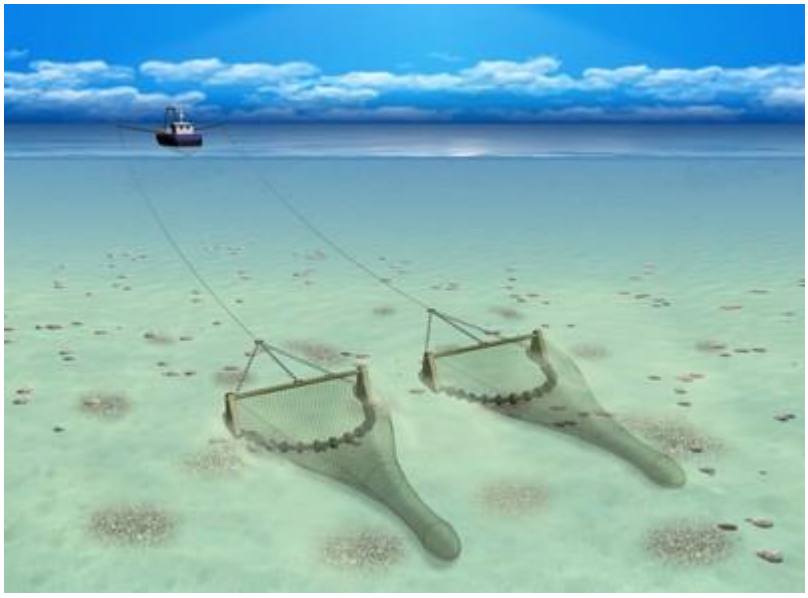
Binnen de visserijsector zijn veel verschillende definities van duurzaamheid (Zaalmink et al., 2019; WNF, n.d.; VisNed, n.d.; Marine Stewardship Council, n.d.; United Fish Auctions, n.d.). Het gaat om people, planet en profit (PPP), waar de focus ligt verschilt per partij. De visserijsector richt zich vooral op People (toekomst vissers/visserij sector, cultuurhistorie) en Profit (verhogen effectiviteit, catch per unit of effort). Daarentegen focussen de NGO's vooral op Planet (effecten op ecosysteem, implicaties van visserij, gezonde zeeën en oceanen). Stichting De Noordzee, (2017) (SDN) en Nederlandse Elasmobranchen Vereniging (NEV) geven aan dat er volgens hen op drie punten winst behaalt kan worden met betrekking tot bijvangst: 1. Vermindering van bijvangst door verbetering van selectiviteit van de vismethode, 2. Verhoging van overlevingskans van de onvermijdbare bijvangst 3. Het beter benutten van onvermijdbare bijvangst.

Wet, regelgeving & private afspraken

Europees visserijbeleid wordt gemaakt op basis van adviezen van ICES (International Council on Exploration of the Seas). ICES heeft voor de *C. crangon* een werkgroep in het leven geroepen genaamd WCCRAN (Working group Crangon). Deze werkgroep heeft als prioriteit het begrijpen van interacties tussen *C. crangon* populaties, visserij-inspanning en het ecosysteem, met als doel het verbeteren van de kennis over de populatie-status. Hierdoor kan advies en duurzaam populatie-management beter plaatsvinden (WGCRAN, n.d.). De regels voor visserij op de Noordzee zijn op Europees niveau vastgelegd in het gemeenschappelijk visserijbeleid (GVB). Er bestaan geen Europese quota voor het vangen van garnalen. Voor Nederlandse kust- en binnenwateren is het GVB geïmplementeerd in de Nederlandse visserijwet en natuurbeschermingswet. Daarnaast zijn er ook private afspraken, deze worden niet door vissers individueel, maar door vertegenwoordigende organisaties, zoals de Coöperatieve Visserij Organisatie (CVO) gemaakt. Wel is er afgesproken bij lage landings per unit of effort (LPUE) minder te gaan vissen (Addison, Gaudian, & Knapman, 2017). De LPUE-data worden verzameld door de CVO en vormen de belangrijkste basis voor bestands management. Een garnalenschip moet voldoen aan technische eisen; een maximaal vermogen van 300pk (Hoefnagel, 2007), een maximumlengte van 24 meter en een maaswijdte in de kuil (achterkant net waar de vangst in komt) tussen de 16 en 32 mm (De raad van de Europese Unie, 1998). Daarnaast is een minimummarktformaat van 6,5 mm voor de breedte van het pantser vastgesteld (zie fig. 6) (De raad van de Europese Unie, 1996). Deze maat geldt enkel voor het vermarkten, het is niet verboden om ze aan te landen (Addison et al., 2017; Campos & Van Der Veer, 2008).

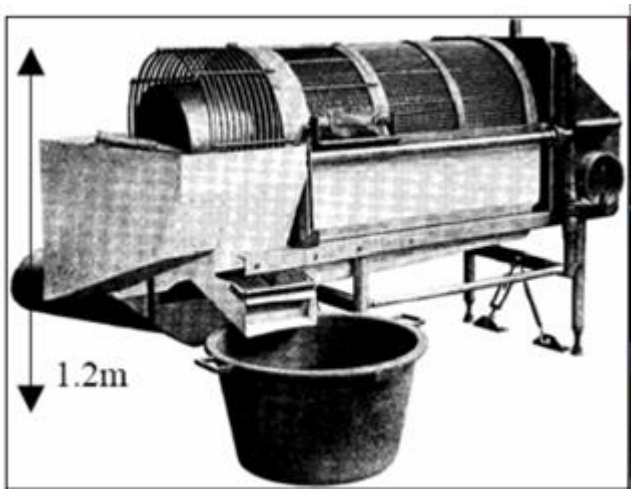
Visserijtechnieken en innovaties

Het meest gebruikte vistuig zijn 2 boomkorren van maximaal 9 meter (totaal 18m). De boomkor wordt aan beide zijden ondersteund door schoenen die over de bodem lopen, hieraan is een zogenaamde klossenpees bevestigd (zie figuur 1).
De klossenpees zit onderaan het net en dient ervoor om de garnalen op te schrikken uit de bodem en bestaat uit een touw met rubberen klossen die over de bodem rollen (Vistikhetmaar, n.d.).



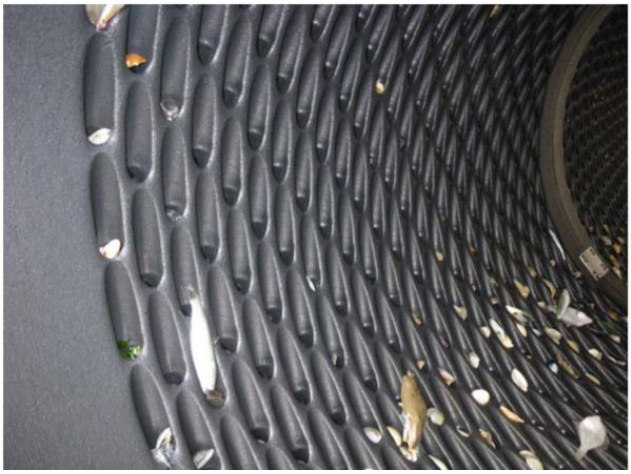
Figuur 1, Garnalenkotter met dubbele boomkor (Seafish, n.d.)

Om bijvangst van vissen, haaien en roggen te verminderen is het wettelijk verplicht voor garnalenvissers om gebruik te maken van een zeeflap (Bijlage I), een grofmazig (> 70mm) net dat schuin in de voorkant van het net is bevestigd (CVO, 2017).
Een alternatief voor de zeeflap is de brievenbus (Bijlage I), uit vergelijkend onderzoek lijkt deze methode echter minder selectief, en het vangstverlies vergelijkbaar (Vistikhetmaar, n.d.). Het gebruik van een zeeflap of brievenbus werkt alleen ter voorkoming van bijvangst van grotere soorten. Door de kleine maaswijdte in de kuil (16-32mm (De raad van de Europese Unie, 1998; Slijkerman, Dammers, Molenaar, Hammen, & Hoppe, 2016)) kan de bijvangst van ondermaatse garnalen, en kleine platvis niet worden voorkomen. Na een trek van gemiddeld 1 uur wordt de vangst aan boord gebracht (Doeksen, 2006). De kuil wordt geleegd in een bak en gesorteerd in een trommel- of zeef spoelsorteermachine (zie fig. 2). Voor het sorteerproces zijn onder het MSC-traject een gebruiksomschrijving en criteria opgesteld waaraan CVO leden moeten voldoen (Theunynck & Verschueren, 2015).



Figuur 2, Garnalen trommelzeef (Polet, 2004)

De ondermaatse garnalen worden via een buis onderwater teruggezet (gediscard), en zouden als startmateriaal voor een opkweekprogramma kunnen worden gebruikt. Uit onderzoek van Lancaster & Frid, (2002) blijkt dat 77-80% van deze ondermaatse garnalen na het discarden 24 uur overleven. Bij dit onderzoek wordt echter gebruik gemaakt van een enkel zeefmoment met een platte schudzeef. Het is discutabel of de resultaten van het onderzoek van Lancaster & Frid (2002) gegeneraliseerd kunnen worden met de Nederlandse visserij- en sorteer-methoden. De maatse garnalen en de fractie discards die door de trommelzeef (fig. 2) komen worden nogmaals gezeefd doormiddel van een naleesspiraal (fig. 3). Deze stap scheidt de resterende kleine platvis van de garnalen en heeft als hoofddoel kleine platvis levend te houden. Hierna worden de garnalen gekookt en nogmaals gezeefd, om de laatste ondermaatse garnalen te verwijderen (Vistikhetmaar, n.d.). Beschadigingen die ontstaan tijdens de vangst, en het sorteerproces hebben vermoedelijk sterke invloed op de kwaliteit van de garnaal als startmateriaal. Er kan gesteld worden dat wanneer er meer sorteerstappen zijn en er meer mechanisch contact plaats vindt tussen de garnaal en de sorteermachines de kans op beschadiging groter is.


Figuur 3, Naleesspiraal (Tulp, Leijzer, Helmond, & Quirijns, 2008)

Onvermijdbare bijvangst

Door de kleine maaswijdte is het onmogelijk om selectief op maatse garnalen te vissen. Ondanks bovengenoemde maatregelen blijft de bijvangst van ondermaatse garnalen groot (38% (Tulp et al., 2010)), en kan dus onvermijdbaar genoemd worden. Op het gebied van vermindering van bijvangst zijn al een aantal maatregelen genomen (zie hierboven), deze hebben er niet toe geleid dat er minder ondermaatse garnalen worden gevangen. Het beter benutten van de discards lijkt vanuit energie perspectief een duurzame optie, het opvissen en discarden kost energie maar levert nu niks op. Per kilo ongepelde garnaal is het gasolieverbruik gemiddeld tussen de 1-3 liter (CREM, 2014). Het verbruik per kilo product zou aanzienlijk dalen als de discards worden gebruikt. Om de ondermaatse garnalen uit discards toch te kunnen gebruiken, is het idee vanuit een visser ontstaan om de garnalen op te kweken. Als het opkweken van de ondermaatse garnalen mogelijk is, zou dit meer waarde creëren per eenheid visserij-inspanningen. Het benutten van deze onvermijdbare bijvangst, zou de efficiëntie van de visserij en daarmee de duurzaamheid vergroten.

Opkweken

Dat het kweken van garnalen potentie heeft is al langer bekend (Van Eynde et al., 2019). Er is veel bekend over de verschillende levensstadia. Het is nog niet gelukt om de levenscyclus van de garnaal te sluiten waardoor kweken nog niet mogelijk is. De stap die ontbreekt in het sluiten van de levenscyclus is het succesvol laten voortplanten en het groot brengen van de larven (Delbare, Cooreman, & Smagghe, 2015). Daarentegen is bij het opkweken van de garnaal uit wild startmateriaal wel succesvol resultaat op groei behaald 0,13-0,16 mm/dag (Sharawy, 2012), 0,1mm/d (Hufnagl & Temming, 2011a), 0,09mm/dag (Hufnagl & Temming, 2011b).
Voor de mate van opkweeksucces wordt het presteren van de garnaal gemeten, dit wordt doorgaans bepaald door groei, overlevingspercentage per tijdseenheid, en voederconversieratio (FCR).
Uit literatuur review van Delbare et al. (2015) blijkt dat de overlevingspercentages en groeiprestaties een verband hebben met de volgende omstandigheden: waterkwaliteit (zie tabel 2), licht regime, geluid en systeem ontwerp. In tabel 2 zijn de gerapporteerde waterparameters weergegeven voor opkweken van de *C. crangon*.

Waterparameters	**Tolerantie**
Temperatuur	9-18 graden ˚C (Criales & Anger, 1986)
Saliniteit	17-32 ppt (Criales & Anger, 1986)
pH	7.5-8.5 (Agnalt, Grefsrud, Farestveit, Larsen, & Keulder, 2013; Varney, 2000)
Ammonia*	0.1 mg N-NH3 L-1 voor *Penaeus monodon* (Chin & Chen, 1987)
Nitriet*	0.18 mg N-NO2- L-1 voor *Penaeus indicus* (Jayasankar & Muthu, 1983)
Zuurstofsaturatie	>50% (Van Donk & De Wilde, 1981)
H_2S	20 µM (LD50, 1u) (Vismann, 1996)

*tolerantie waarde niet bekend voor *C. crangon* als leidraad zal hiervoor de tolerantie van andere garnalen worden gebruikt

Tabel 2: Kweekomstandigheden C. crangon.

Systeem ontwerp

In de meeste onderzoeken uit de literatuur wordt gebruik gemaakt van glazen aquaria (Cieluch, Charmantier, Grousset, Charmantier-Daures, & Anger, 2005; Gerlach & Schrage, 1969; Hufnagl & Temming, 2011a; Regnault, 1976; Sharawy, 2012) of bekers (Meixner, 1969).
Beiden bieden voor het opschalen van productie weinig mogelijkheden.
Overdag schuilt de garnaal in het zand en komt hier gedurende de schemerperiode uit om te foerageren (Pihl & Rosenberg, 1984). De voorkeur voor de grootte van het sediment ligt tussen 125-710 µm, hierin kan de garnaal zich gemakkelijk ingraven. Het is ook bekend dat de garnaal zandkorrels eet om het verteren van voedsel te bevorderen. (Pinn & Ansell, 1993)
Dit maakt zand een belangrijk onderdeel van het systeem ontwerp. Hierdoor is een groot bodem oppervlak belangrijker dan een groot watervolume (Siegenthaler, Mastin, Dufaut, Mondal, & Benvenuto, 2018; Regnault, 1976). Het watervolume is daarentegen belangrijk voor de stabiliteit van de waterwaarden.
Daarom is een zogenaamd stacked raceway system (SRS) voor de *C. crangon* zeer geschikt (zie figuur 3). Dit systeem bestaat uit boven elkaar geplaatste ondiepe bakken zogenaamde raceways, en heeft een groot bodemoppervlak ten opzichte van de watermassa. De mogelijkheid om de bakken te stapelen biedt meer productie per m^2 (Delbare et al., 2015).

Een SRS kan op een duurzame manier worden gecombineerd een recirculatie aquacultuur systeem (RAS). In dit systeem wordt het water binnen het systeem gefilterd, wat als voordeel heeft dat het efficiënt is qua energie en watergebruik en de kans op ziektes wordt verminderd. De waterkwaliteit kan constant worden gemonitord en er kan direct worden ingegrepen, hetgeen de duurzaamheid ten goede komt.

Figuur 4: voorbeeld SRS RAS (Agri-Food and Veterinary Authority of Singapore, 2020)

De opdrachtgever is van plan dit project bij de dubbele dijk voort te zetten in vijvers, gebaseerd op het proefproject “Zeeuwse Tong”. De dubbele dijk is een project in Delfzijl waarbij de dijkverzwaring gecombineerd wordt met gebiedsontwikkeling. Het bestaat uit twee dijken een hoge aan de zee kan en een lage landinwaarts, waartussen ruimte voor aquacultuur en zilte teelten beschikbaar is. (Provincie Groningen, n.d.) Project “Zeeuwse Tong” is een project in Zeeland waarbij gekeken is naar de ontwikkeling van een gemengd zilt bedrijf. Waarbij zagers, tapijtschelpen, zeekraal en tong in één doorstroomsysteem in verschillende folie vijvers worden gekweekt. (Ketelaars, Ruizenveld de Winter, 2014)

Verbeterpunten
Uit literatuurstudie blijkt dat er bij het kweken van garnalen problemen zijn met overleving en groeiprestatie. De volgende vier factoren spelen hierbij een belangrijke rol: bezettingsdichtheid, kannibalisme, pathogenen en voedselbehoeften. Deze factoren maken het kweken of opkweken op dit moment nog niet efficiënt. Kannibalisme kan verminderd worden door hoge water doorstroom en een efficiënt voedingsplan (Abdussamad & Thampy, 1994; Regnault, 1976). Ook kunnen de verschillende pathogenen worden bestreden met een uv-filter of door het toedienen van ozon. (Delbare et al., 2015) Hierdoor blijft er nog één belemmerende factor over voor de succesvolle opkweek; namelijk voeding. Hierbij is palletability (acceptatie van droogvoer) een belangrijk knelpunt, ook is er weinig bekend over de beste voerstrategie, frequentie, en de specifieke behoeften van de *C. crangon*.

Voeding
De *C. crangon* is een omnivoor waarvan het dieet bestaat uit plantaardig materiaal, kadavers, bacteriën, kleine wormen en kreeftachtigen, juveniele platvissen en larven van zeepokken, slakken en vissen (Pihl & Rosenberg, 1984; van der Veer & Bergman, 1987). De eiwitbehoefte neemt af naarmate de garnaal groter wordt, van 60% eiwit (19mm tl) naar 30% (30mm tl). Hoewel gedacht wordt dat er geen specifieke behoefte is aan koolhydraten, heeft Regnault, (1981) geobserveerd dat garnalen deze gebruiken voor korte energie boosts. Vetten zijn de hoofdenergiebron in het dieet, met name de onverzadigde essentiële vetzuren zoals EPA, DHA en ARA zijn essentieel voor de ontwikkeling (Harrison, 1990; Mourente, 1996). De voederopname in percentage van het natgewicht is 12.1% per 24 uur in het wild, waarvan het meest tussen zonsondergang en opgang (Pihl & Rosenberg, 1984).
De beste resultaten voor het opkweken van *C. crangon* worden behaald met (diepgevroren) zagers (Hufnagl & Temming, 2011b; Sartoris & Pörtner, 1997), mosselvlees (Cieluch et al., 2005; Paschke, Gebauer, Buchholz, & Anger, 2004) en *Artemia* (Criales & Anger, 1986; Dalley, 1980; Meixner, 1969; Paschke et al., 2004; Hufnagl & Temming, 2011b). Deze voeders geven een aantal problemen zoals hoge kosten, mogelijke contaminatie met pathogenen (Joaquim, Borges, Viana, Navarro, & Vireque, 2017), en hebben een negatief effect op de waterkwaliteit. Dit komt doordat deze typen voer moeilijk efficiënt te voeren zijn. Hierdoor komt er veel voer in het water, dit kan gaan rotten of direct voedingsstoffen in het water lekken wat de waterkwaliteit negatief beïnvloed. Ook zijn ze niet of nauwelijks in een geautomatiseerd systeem te voeren. Om deze redenen is gebruik van een commercieel droogvoer in pellet vorm de meest logische oplossing. Dit biedt meer uniformiteit, is verkrijgbaar in verschillende korrelgroottes, de kwaliteit en nutriënten balans zijn constanter. Daarnaast is het door de hardheid en vorm makkelijker te voeren, gemakkelijker op te slaan en langer houdbaar. Het is in grote hoeveelheden verkrijgbaar, en over het algemeen goedkoper (€1,70/kg, (Cruz, 1997)) dan levende of diepgevroren alternatieven (+-€ 17,90/kg) (FAO, n.d.).

Economisch aspect
Het opkweken van ondermaatse garnalen zou interessant zijn vanuit economisch perspectief omdat het aandeel van de vangst dat uit grote garnalen (>70mm) bestaat de afgelopen jaren sterk is gedaald, terwijl de vraag juist is gestegen (ICES, 2019). Daarnaast stijgt de vraag naar duurzaam geproduceerd voedsel (Rijksoverheid, 2020). Het aanbieden van verse, ongekookte garnalen levert veel meer mogelijkheden qua bereiding (koken, bakken, stomen, pocheren, roken, rauw etc.), en zo een toegevoegde culinaire waarde (ILVO, 2013; Strietman & Verweij, 2016). Het opkweken van ondermaatse garnalen zou de vissers een alternatieve bron van inkomsten geven en de gehele vangst zou dan optimaal gebruikt worden. Het kan in theorie hoge kwaliteit levend product op een duurzame manier continu aanleveren. De prijs van levende garnalen is gemiddeld 30% hoger dan

gekookte, dit komt door kleine aanvoer, meer arbeid en complexere aanland-procedure (ILVO, 2013). De financiële haalbaarheid van het opkweken van de ondermaatse garnaal hangt af van de minimumprijs van het eindproduct. Hierbij moet rekening worden gehouden met de kosten die het levend transporteren en het opkweken met zich meebrengen. Om het overlevingspercentage zo hoog mogelijk te houden is een opvangbak nodig na het eerste zeefmoment (zie bijlage II). Hier kunnen de garnalen in leven worden gehouden. Voor het aanleggen van een opvangbak zijn wel aanpassing aan boord van een garnalenkotter nodig. Het transport kan op meerdere manieren plaatsvinden, droog (in een garnalenkrat met een natte jutte zak) of nat (in kisten met water en mogelijk belucht). Er is geen onderzoek gedaan naar welke transportmethode het meest optimaal is voor de garnaal. De droog transportmethode vereist minder ruimte aan boord van de garnalenkotter dan de nat transportmethode. Het formaat van de kwekerij bepaalt de aanvoerhoeveelheid en daarmee de beste transportmethode. 1 kg ondermaatse garnalen is voldoende startmateriaal voor 30m^2 kweekoppervlak. Voor een kist van 25 kg is 750m^2 kweek oppervlak nodig, in de pilotfase is dit waarschijnlijk voldoende. Een ingrijpende aanpassing in de inrichting van de garnalenkotters is dus niet direct nodig.

Probleembeschrijving:
De garnalenvisserij heeft te maken met een grote hoeveelheid ondermaatse garnalen discards, waar op dit moment geen gebruik van wordt gemaakt. Onderzoeken die gebruik maken van startmateriaal uit discards van commerciële garnalenvisserij zijn er niet. De succesvolle opkweek van de *C. crangon* wordt belemmerd door problemen met de overleving en groeiprestatie door voeding.

Doelstelling:
De doelstelling van dit pilotonderzoek is: verkenning van de kweek van *C. crangon* uit visserij discards, door experimenteel onderzoek naar het effect van voeding op het presteren. Daarnaast door financiële verkenning een beter inzicht te verschaffen in de financiële haalbaarheid, en bepalende factoren hiervoor.

Leeswijzer:
In hoofdstuk 2 komen de hoofdvragen aan bod, in hoofdstuk 3 zijn de gebruikte materialen & methoden beschreven. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten van het onderzoek weergegeven, 4.1 hoofdvraag 1 en 4.2 hoofdvraag 2. In hoofdstuk 5 zal de discussie aan bod komen, gevolgd door in hoofdstuk 6 de conclusie. In hoofdstuk 7 komen de aanbevelingen aan bod.

2. Onderzoeksvragen

1. Wat is het effect van een droog/pellet dieet in vergelijking met een *Artemia* dieet op het presteren van *C. crangon*?

    1.1. Wat is het effect van een droog/pellet dieet in vergelijking met een *Artemia* dieet op de groei?

    1.2 Wat is het effect van een droog/pellet dieet in vergelijking met een *Artemia* dieet op de overlevingspercentages?

    1.3 Wat is de voederconversieratio van een droog/pellet dieet in vergelijking met een *Artemia* dieet?

2. Is het opkweken van ondermaatse *C. crangon* economisch haalbaar en welke factoren zijn bepalend hiervoor?

    2.1 Wat zijn de kosten voor het aanlanden van ondermaatse *C. Crangon*?

    2.2 Wat zijn de kosten voor het opkweken van ondermaatse *C. crangon* uitgaande van de experimentele setup?

    2.3 Wat zijn de geschatte kosten bij op het opschalen naar productievijvers voor het opkweken van ondermaatse C. crangon?

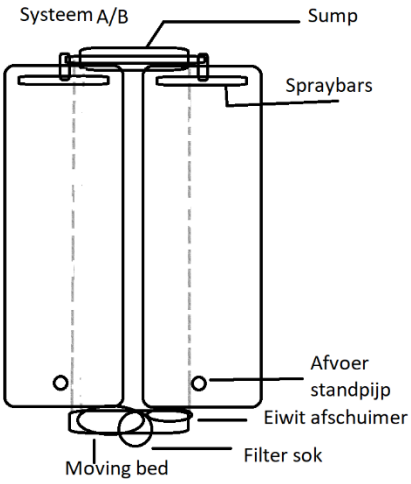
3. Materiaal & methode

3.1 Methode voeder experiment

Om antwoord te geven op de hoofdvraag 1, “Wat is het effect van een droog/pellet dieet op het presteren van C. crangon?” heeft een vergelijkend experiment plaats gevonden met 2 verschillende voer groepen. Deze zijn willekeurig in de test systemen (Fig. 3) ingedeeld. Eén groep is enkel met diepvries *Artemia* gevoerd. De andere met droogvoer van Skretting (Gemma Diamond) ontwikkeld voor Litopenaeus vannamei. Er is gewerkt met een natuurlijk lichtregime zonder artificiële verlichting. De dichtheid van 250 garnalen per raceway is gehanteerd, wat een dichtheid van 133 garnalen per m2 is. Deze dichtheid is gebaseerd op de aanvoer van testmateriaal en de werkbaarheid binnen het project.

3.1.1 Systeem & opstartprocedure

De 2 test systemen (fig. 3) bestaan uit 2 raceways per systeem 255*75*25 (L*B*H (cm)), volume (478L), gevuld met 2cm zand (125-710µm), sump: 255*75*25 (L*B*H (cm)), volume (478L), Totaal volume (1434L) moving bed filter: zelfgemaakt uit metselkuip 80 liter, biomedia Kaldness K1 (10L) eiwitafschuimer: Deltec 1455, uv-filter(36Watt), temperatuur controller (Inkbird ITC306T) verwarmingselement (2x 300Watt) (15 °C), Sensoren: Seneye marine. Spraybars en afvoer standpijpen van PVC. Filterzakken(200µm) 1 per raceway. Plattegrond gehele kweekruimte (Bijlage III).

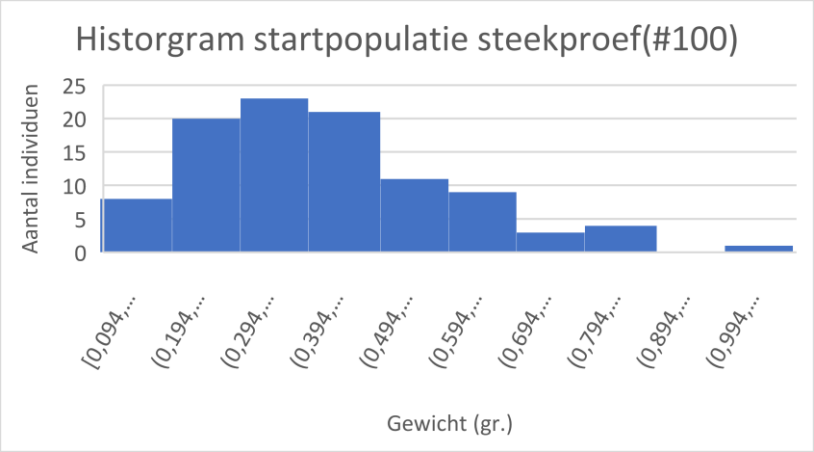


De quarantaine- en testsystemen zijn gevuld met artificieel zeewater, gemaakt van osmosewater en Aquaforest Sea Salt zeezout (33ppt ±2), initiële waterwaarden Alkaliniteit (7.7-8°dKH), Calcium (340-360mg/L), Magnesium (1200-1260 mg/L), Kalium (360-380 mg/L). Opgestart door toevoeging van bacteriecultuur van Micro-lift Special Blend. Om de bacteriecultuur van voeding te voorzien is ammoniumchloride (NH_4Cl) toegevoegd, gedurende 14 dagen ter voorkoming van een ammonia (NH_3) en nitriet (NO_2) piek. Voordat de garnalen zijn toegevoegd is er een 50% waterwissel uitgevoerd. Systemen zijn onderhouden volgens planning (Bijlage IV).

Figuur 5: Schematisch bovenaanzicht illustratie RAS opstelling experiment.

3.1.2 Startmateriaal & transport

Het startmateriaal is verkregen via de visserij, schip (ZK18), vangstgebied; Zoutkampergat (53°25'27.9"N 6°14'23.1"E), diepte: 12-18 meter, trekduur: 30 minuten, vangstmethode: 2 boomkorren van 8 meter met zeeflap, vangstdatumdatum; 04-03-2021, vangsttijdstip; 12:23, transportmethode: droog, transportduur: 4uur. De startpopulatie was normaal verdeelt met een staart naar rechts (histogram 1). Garnalen zijn handmatig uit de vangst gehaald om beschadigingen te voorkomen. Om de transportduur op het schip van vangstgebied naar de aanlandhaven zo kort mogelijk te houden zijn enkel garnalen uit de laatste trek worden. Transport van de garnalen heeft plaatsgevonden in garnalenkisten zonder water met een natte jutte zak over de kist.



Histogram 1: normaalverdeling van steekproef startpopulatie.

3.1.3 Quarantaineperiode

Om te voorkomen dat mortaliteit veroorzaakt door het vangen of transport de resultaten van het experiment beïnvloeden, zijn de garnalen voor de start van het experiment 7 dagen in quarantaine geplaatst binnen het kweeksysteem. De quarantaine is uitgevoerd in twee raceways. Hierbij zijn dagelijks de dode garnalen verwijdert en de levende garnalen gemonitord. In 2-4 uur zijn de levende garnalen vanuit het transport worden overgezet naar het systeemwater van de quarantaine bakken. In de quarantaine bak is er op een gereduceerd schema gevoerd ten opzichte van de maximaal gerapporteerde voederopname (12.1% van de totale biomassa (Pihl & Rosenberg, 1984)). Vanwege de stress van het vangen, transport en sorteren is om overvoeren te voorkomen de eerste dag 10% van de maximale voederopname gevoerd. Dit is gedurende de quarantaineperiode van 7 dagen met 10% per dag verhoogd. Mocht er sprake zijn van overvoeren, te herkennen aan overgebleven voerresten of verminderde waterkwaliteit, dan wordt de voedergift met 20% verlaagd, tot de tekenen van overvoeren verdwenen zijn. Tijdens de quarantaine zijn ook garnalen die dood of zichtbaar ziek zijn verwijderd.

3.1.4 Sortering

Na de quarantaineperiode zijn de garnalen gesorteerd op formaat doormiddel van een zeefbak (6mm). Sortering is afhankelijk van het formaat garnalen dat er wordt aangeleverd, en heeft als doel de extreem grote en extreem kleine garnalen eruit te selecteren. Hiermee is de spreiding binnen de populatie gecontroleerd. Daarnaast zijn op het oog dode, beschadigde, zichtbaar zieke en eieren dragende garnalen verwijderd. Dit is met het oog op stressreductie zo snel mogelijk gedaan en is de voedergift met 50% verlaagt om verdere stress te voorkomen.

3.1.5 Voer en voermanagement

De twee typen voer die gebruikt zijn, zijn diepvries *Artemia* en Gemma Diamond droogvoer. *Artemia* zijn kleine kreeftachtigen die veel gebruikt worden als voer voor garnalen, voedingswaarde te vinden in tabel 3

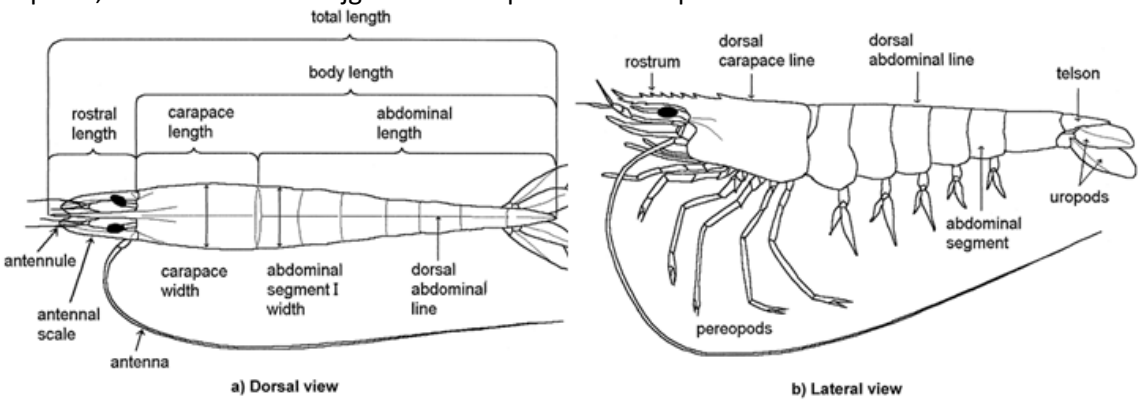
Voedingswaarde	***Artemia***	**Skretting (Gemma Diamond)**
Eiwitten	50,6%	57%
Koolhydraten	25,7%	n.d.
Vetten	14,2%	10.5%
As	9,4%	10,5%
Vezel	n.d.	0,2%
Fosfor	n.d.	1,6%

Tabel 3: Voedingswaarde Artemia (Hamsah, Widanarni, Alimuddin, Yuhana, & Zairin, 2017) & Skretting via persoonlijke communicatie

Het droogvoer, Skretting Gemma Diamond (800 µm tot 1 mm) is ontwikkeld voor viskwekerijen. Het is goed verteerbaar en bevat specifieke marine proteïnen, meervoudig onverzadigde vetzuren, fosfolipiden, marine algen, vitamines en mineralen (Gedetailleerde samenstelling zie bijlage V), voedingswaarde te vinden in tabel 3. De keuze voor de korrelgrootte is gemaakt op basis van onderzoek naar *Litopenaeus vanamei*. Bij deze soort is geconstateerd dat bij kleinere korrelgroottes onderlinge concurrentie voor voedsel vermindert (Obaldo & Masuda, 2006)**.**
De initiële voedergift is bepaald met als uitgangspunt het gegeven 12.1% (Pihl & Rosenberg, 1984) van de totale biomassa in tank. De hoeveelheid voer gedurende de proef is bepaald en aangepast door 10% van het voer in een petrischaal te doen. Wanneer dit binnen een dag opgegeten werd is de totale hoeveelheid voer de volgende voerbeurt met 1 gram verhoogd. Als dit niet volledig opgegeten was is de volgende voerbeurt met 1 gram verlaagd.

3.1.6 Datacollectie

Voor het meten van de prestaties is de volgende data verzameld (tabel 2). Aan het begin van het experiment is het totaal aantal individuen per tank bepaald. Ook is van een willekeurige steekproef van 30 individuen het natgewicht, kop lengte/breedte (carapace length/with zie fig. 4) gemeten, hieruit is een natgewicht/totale lengte verhouding bepaald (bijlage VI). Na het sorteermoment is een steekproef van 100 individuen waarbij de totale lengte (Total length fig. 4) en natgewicht is bepaald, om een beeld te krijgen van de input van het experiment.



Figuur 6: Anatomie Caridea (Primavera & Quinitio, 2000)

De populatie in de opstelling is per voergroep (*N*=2) is aan het eind van het experiment gesampeld doormiddel van een steekproef (*N*=100). Het natgewicht, kop lengte/breedte en natgewicht is bepaald. Vanwege het lage gewicht per garnaal kan water een grote invloed op de nauwkeurigheid van de meting hebben. Om hiervoor te corrigeren is de garnaal gewogen op absorberend materiaal.

Dit neemt tijdens het wegen het water op waarna het totaalgewicht kan worden afgelezen. Dan wordt de garnaal van de weegschaal (op 0,001 gr nauwkeurig) verwijdert en achtergebleven water in het absorberende materiaal van het totaal afgetrokken.

Variabele	**Meeteenheid**	**Definitie**
Aantal	Individuen	Totale hoeveelheid garnalen per raceway.
Natgewicht	Gram	Gewicht van de garnaal met water (op 0,001 gr nauwkeurig).
Kop lengte	In mm	Meting van oogkas tot het centrale dorsale eind van de kop, met een digitale schuifmaat (op 0.01 mm nauwkeurig) (Holden & Raitt, 1974).
Kop breedte	In mm	Meting op dikste deel van de kop, op de middenstreep, met een digitale schuifmaat (op 0.01 mm nauwkeurig) (Holden & Raitt, 1974).
Totale lengte	In mm	Meting van uiteinde antennula tot telson, met digitale schuifmaat (op 0.01 mm nauwkeurig) (Holden & Raitt, 1974).
Overlevingspercentage	In %	Percentage van garnalen die overleven $\frac{Totaal\ aantal\ garnalen\ eind}{Totaal\ aantal\ garnalen\ start} \times 100 = Overlevingspercentage$
Voedergift	Gram	Voedergift in grammen per raceway per dag
Voeder conversie ratio (VCR)	Ratio	Maat voor hoeveel kg. voer er nodig is voor 1 kg. toename in lichaamsgewicht (Wenk, Pfirter, & Bickel, 1980; New & Wijkström, 2002). $\frac{Hoeveelheid\ voer(gr)}{Toename\ gewicht\ garnaal\ (gr)} \times 100 = FCR$

Tabel 4: Variabelen gebruikt gedurende experiment

3.1.7 Controlevariabelen

De volgende waterparameters worden gebruikt als controlevariabelen en elk half uur gemeten, automatisch verzameld en opgeslagen (Seneye marine), temperatuur (°C), vrije ammoniak (NH_3), zuurgraad (pH), waterniveau (cm). Gedurende de proef zijn de waterparameters dagelijks bijgehouden (tabel 5), en waar nodig aanpassingen gemaakt om deze zo constant mogelijk binnen het vooraf gestelde optimum te houden.

Waterparameters	**Bereik**
Temperatuur	11-15.5 (°C)
Saliniteit	29-35 (ppt.)
pH	8.5-8.7
Ammonia	0-0.07 (mg)
Nitriet	0-0.2 (mg) NO^{2-}
Zuurstofsaturatie	-
H_2S	-
Flow	1200 L/U

Tabel 5: Waterparameters

3.1.8 Data-analyse

Om het verschil in groei, overlevingspercentage en FCR te bepalen tussen de 2 voergroepen *Artemia* en Skretting (Gemma Diamond) is een t-toets voor onafhankelijke steekproeven gebruikt. Om een correlatie tussen temperatuur en overlevingspercentage te bepalen is Pearson correlatie toets gebruikt, voor deze statistische toetsen is IBM SPSS Statistics 27 (α =.950) gebruikt. Verdere berekening met betrekking tot de groei en overlevingspercentage zijn uitgevoerd in Excel.

Groei schatting/berekening

Het effect van een droog/pallet dieet in vergelijking met een *Artemia* dieet op de groei van de *C. crangon,* is berekend door het verschil in biomassa van start experiment en einde experiment. Hierbij is de totale biomassa in (TBI)=(GGI×TAI) berekend door het totaal aantal individuen per bak (250) keer het gemiddelde gewicht (GGI) van de steekproef (*N*=100) van het startmateriaal te doen. De totale biomassa van de dode (TBD)= (GGI×TAD) garnalen is berekend door het startgemiddelde gewicht keer het aantal verwijderde dode of missende garnalen te doen. De totale eind biomassa (TEB)=(SGX×AX) per tank is bepaald door een sample van (*N*=100) hieruit is het gemiddelde gewicht uit per tank.

$$GR = (SGX \times AX) - (GGI \times TAI) - (GGI \times TAD)$$

GR=groei, GGI=Gem gewicht in, TAI=Totaal aantal in, TAD= Totaal aantal dood, A= Aantal
SG= Sample gem, X=Bak

3.2 Methode economische haalbaarheid

Om de hoofdvraag "*Is het opkweken* van *ondermaatse C. crangon economisch haalbaar en welke factoren* zijn *bepalend hiervoor?"* te beantwoorden zal een kwalitatief literatuuronderzoek worden verricht. Om de economische haalbaarheid te bepalen is de rentabiliteit een goede maatstaaf, dit is het verschil tussen totale kosten en opbrengsten. Dit getal ligt bij een gezonde bedrijfsvoering tussen de (100-110%) (Graydon, n.d.). Hierbij komende bepalende factoren voor de economische haalbaarheid aan het licht. Om de totale opbrengsten te berekenen is de totale productie per m^2 /jaar berekend. Hiervoor is een inschatting gemaakt van een haalbare bezettingsdichtheid gebaseerd op de resultaten van het experiment. Daarnaast is de gemiddelde groei berekend uit de resultaten van het experiment.

3.2.1 Dataverzameling

Om de deelvraag "*Wat zijn de kosten voor het aanlanden van ondermaatse C. crangon?*" te beantwoorden zijn de kosten voor het aanlanden benaderd. Hierbij is gekeken naar de vaste en variabele kosten van het aanlandproces. Voor de variabele kosten is gekeken naar het energie verbruik van het opvangsysteem en de bijkomende arbeidskosten. Voor de vaste kosten is gekeken naar de initiële investering voor het opvangsysteem.
Om de deelvraag "*Wat zijn de kosten voor het opkweken van ondermaatse C. crangon uitgaande van de experimentele setup?*" te beantwoorden zijn de vaste en variabele kosten benaderd. Voor de variabele kosten is gekeken naar de kosten voor het voer, water, zout, personeel en het energie verbruik van het opkweek systeem. Voor de vaste kosten is gekeken naar de initiële investering voor het opkweeksysteem, zoals de raceways, filters, pompen, leidingwerk en verwarming.
Om de deelvraag *"Wat zijn de geschatte kosten bij op het opschalen naar productievijvers voor het opkweken van ondermaatse C. crangon?"* te beantwoorden zijn de kosten van Stichting Zeeuwse tong vertaald naar kosten die gemaakt moeten worden voor het produceren van Hollandse garnalen in een productievijver. Hierbij is gekeken naar een hypothetische situatie. Er is onderzoek gedaan naar de investeringskosten voor het aanleggen van de vijvers en de bijbehorende infrastructuur.

3.2.2 Data-analyse

De verzamelde informatie, is gevalideerd. Daarna zijn de kosten bij elkaar opgeteld om een kostenindicatie te krijgen voor het opkweken en aanlanden van de ondermaatse *C. crangon.* Met de kostenindicatie is een kiloprijsberekening worden gemaakt.

4 Resultaten

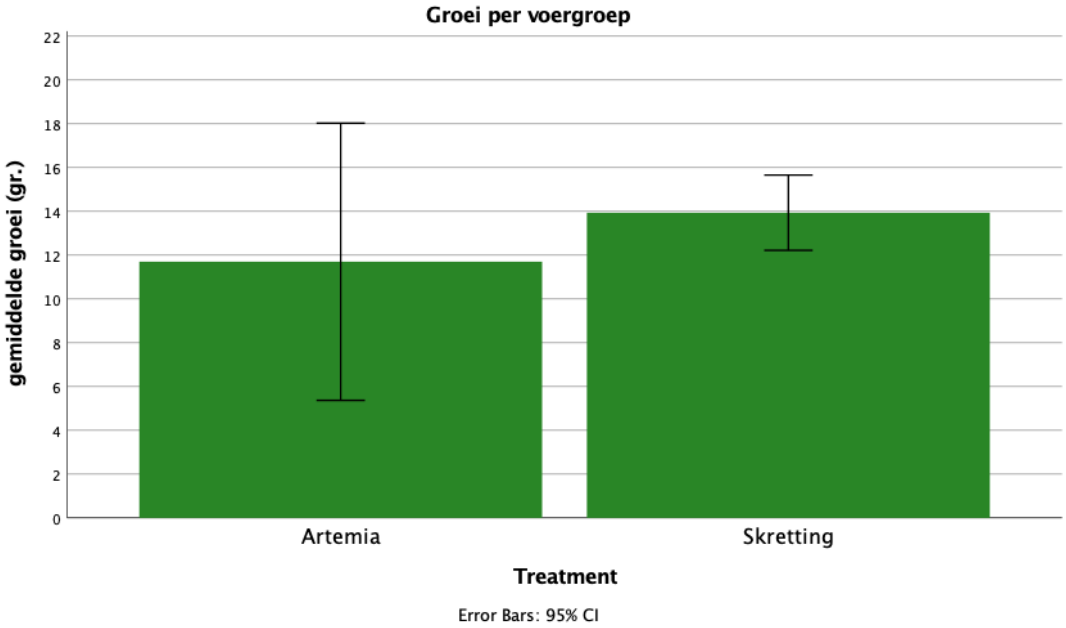
4.1 Effect dieet op prestatie

Om het effect van een dieet (*Artemia*/Gemma Diamond) op de *C. crangon* te bepalen is een vergelijkend experiment uitgevoerd. Hieronder worden de resultaten hiervan weergegeven ingedeeld per deelvraag in effecten op groei, overlevingspercentage in FCR. Tabel (6) geeft een overzicht van alle resultaten over de testperiode van 27 dagen, in alle bakken zijn 250 garnalen ingezet, met een gemiddeld gewicht van 0,416 gram en een totale biomassa van 104,12 gram. Gemiddelde waarden aan het einde van het experiment zijn voor de variabelen, aantal, biomassa, gemiddeld gewicht, overlevingspercentages, groei hoger voor Gemma Diamond, in vergelijking met *Artemia*. Totaal voer en de FCR zijn bij Gemma Diamond beide lager dan voor *Artemia.*

Treatment	Tank	Aantal Individuen uit	Biomassa (gr.)	Gemiddeld gewicht (gr.)	Overlevings-percentage %	Totaal voer (gr.)	Groei est. (gr.)	FCR
Artemia	L1	123	58,39	0,475	49,2%	388	7,22	53,7
	R2	152	79,47	0,523	60,8%	368	16,17	22,8
Gemma Diamond	L2	138	72,63	0,526	55,2%	48,5	15,15	3,2
	R1	145	73,11	0,504	58,0%	48,5	12,72	3,8

Tabel 6: Resultaten experiment

4.1.1 Groei



Figuur 7, Staafdiagram groei per voergroep

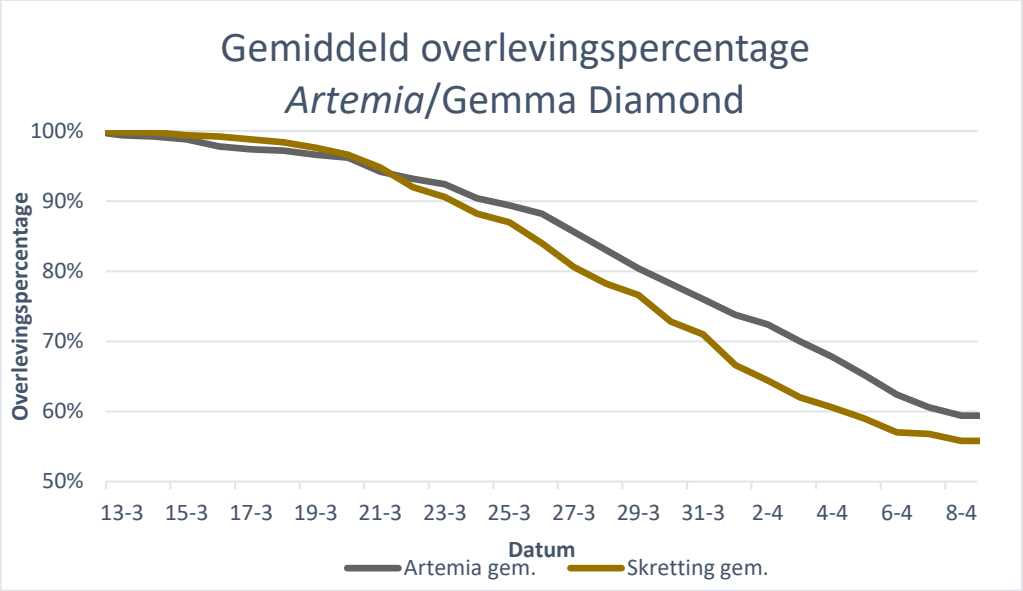
Het gemiddeld startgewicht van de garnalen, en het gemiddeld eindgewicht verschilt respectievelijk; startgewicht (M=0,410, ± 0,180), eindgewicht; L1(M=0,475, ± ,203), L2(M=0,527, ±0,236), R1(M=0,501, ±0,220), R2(M=0,522, ± 0,259). Deze verschillen zijn significant, L1(t(98)=2.334; p=0,022), L2(t(98)=4.053; p<0,001), R1(t(98)=3.265; p=0,002), R2(t(98)=4.126; p<0,001). Hiermee is groei gedurende het experiment vastgesteld.

Door de lage N waarde kon er geen statische toets worden toegepast om het verschil in groei per voertreatment aan te tonen. Uit figuur 7 blijkt dat de variatie binnen de droogvoer groep veel kleiner is dan binnen de *Artemia* groep.

4.1.2 Overlevingspercentage

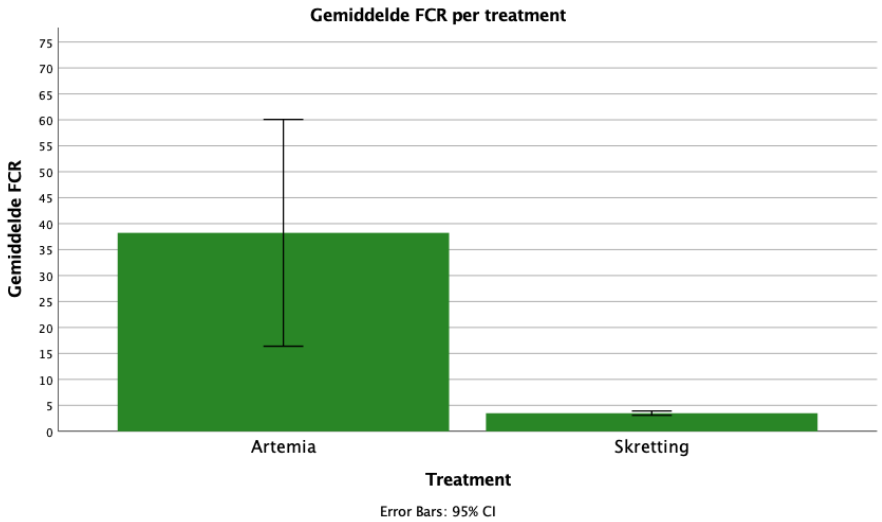
Tijdens het experiment zijn het waargenomen aantal dode garnalen geregistreerd, hieruit is het overlevingspercentage berekend. Figuur 8 geeft de overlevingspercentages gedurende het experiment weer. Deze grafiek is enkel ter illustratie van de snelheid waarmee het overlevingspercentage afloopt.

Onafhankelijke sample T-toets toont geen significant verschil in overlevingspercentage op voer treatment (*Artemia* vs. Gemma Diamond) (p=0.942; N=2) Gemiddelde overlevingspercentage *Artemia*:(M=59,4 ±1) Gemma Diamond(M=55,8 ±1).



Figuur 8: Grafiek gemiddeld overlevingspercentage

4.1.3 FCR (Feed Conversion Ratio)



Figuur 9, Staafdiagram gemiddelde FCR per voergroep

De voedergift is gedurende het experiment bijgehouden, in totaal is er L1 (388 gr), R2 (386 gr) (M=387 ± 1) *Artemia* gevoerd en L2, R1 (48,5 gr.) (M=48,5 ± 0) Skretting (Gemma Diamond) gevoerd. Berekende groei per voertreatment is voor *Artemia* (M=11,7 ± 4,5) en voor Gemma Diamond (M=13,9 ±1,2). De FCR van *Artemia* is op L1 (53,7) en R2 (22,8) (M=38,2, ±13,2) in vergelijking met Skretting (Gemma Diamond) L2 (3.2), R1 (3.8) (M=3,5 ±0,3) (zie tabel 6).

4.2 Resultaten economische haalbaarheid en bepalende factoren

4.2.1 Kosten aanlanden ondermaatse *C. crangon*

De kosten voor het aan landen van ondermaatse *C. crangon* bestaan uit de constante kosten voor het aanschaffen van een transportmethode en de variabele kosten voor personeel en brandstof. Om de kosten van de transportmethode te bepalen zijn de kosten voor een nat en een droog transportsysteem berekend. Voor beide transportmethoden is een schatting van de te transporten hoeveelheid garnalen gegeven.
In de tabel (7) zijn de kosten weergegeven voor het nattransportsysteem (zie bijlage VII), dit systeem kan naar schatting 1 kg garnalen transporteren.

Product	**Kosten in euro's**	**Kosten totaal in euro's**	**Bron**
Rako bak met deksel 30x40x23,5 cm	17	17	(Logistiekconcurrent, n.d.-c)
Rako deksel 30x40 cm	5	5	(Logistiekconcurrent, n.d.-b)
Rako bak 60x40x32 cm	14	56	(Logistiekconcurrent, n.d.-a)
Lucht pomp 12 volt	32	32	(Toppy, n.d.)
Luchtslang	1	2	(Arestho, n.d.)
Luchtsteen	1	4	(Vijverbenodigdheden, n.d.)
Manifold	13	13	(Vijvercompleet, n.d.)
12 volt 50Ah accu	58	58	(Online-Accu, n.d.)
Acculader	33	33	(Acculaders, n.d.)
	Totaal	**219**	

Tabel 7: Investeringskosten nattransportmethode

In tabel (8) zijn de kosten voor droogtransportsysteem in kaart gebracht, dit systeem kan 20 tot 25 kg garnalen vervoeren en is stapelbaar.

Product	**Kosten in euro's**	**Kosten totaal in euro's**	**Bron**
Garnalenkist 25 kg	23	23	(Hulkenbergshop, n.d.)
Jute zak 60x100	4	4	(Jutezakkenshop, n.d.)
	Totaal	**27**	

Tabel 8: Investeringskosten droogtransportmethode

Droog transport heeft een aanzienlijk grotere transportcapaciteit (20 tot 25 kg per 0,072m^3) en is goedkoper (initiële investeringskosten 27 euro). De nat transport methode is aanzienlijk duurder (initiële investeringskosten 219 euro), en heeft een lagere transportcapaciteit (1kg per 0,335m^3). Variabele kosten voor het aanladen van ondermaatse garnalen zijn uurloon van kwekerijpersoneel en brandstof (retour Groningen en Lauwersoog), tabel (9).

Kosten	**Kosten euro's**	**Totale kosten in euro's**	**Bron**
Uurloon kwekerijpersoneel	14 per uur	28	(Zie bijlage VIII)(Berekenhet, n.d.)
Dieselprijs (19/04/2021)	1,31	7	(Brandstof-zoeker, n.d.)
	Totaal	**35**	

Tabel 9: Variabele kosten voor transport

4.2.2 Kosten opkweken ondermaatse *C. crangon* experimentele setup

Om de kosten voor het opkweken van de ondermaatse garnalen te bepalen zijn als uitgangspunt de kosten voor het experiment met 7,5m2 productieoppervlak gebruikt (excl. grond, bouw, afschrijving). De totale variabele kosten zijn voor beide typen voer weergegeven, dit geeft duidelijk weer dat de invloed van de voerprijs en FCR op het totaal relatief groot is met €566 verschil.
In tabel 10 hieronder zijn de totale constante kosten (TCK) voor het experiment berekent, in tabel 11 zijn de totale variabele kosten (TVK) van het experiment berekent.

Totale constante kosten (10 jaar)

Soort kosten	Hoeveelheid	Kosten in euro
Raceways	6	750
Pompen	2	360
Osmose apparaat	80	80
UV-lampen	2	160
Flow-meters	2	34
Filterzakken	8	64
PVC/ Thyleen	-	200
Temperatuur controller	2	74
Verwarmingselement	4	120
Biomedia	40L	100
Overhead	-	100
	Totaal	**2042**
	Per m^2	**272,27**

Tabel 10: Constante kosten experimentele setup

Totale variabele kosten

Soort kosten	Hoeveelheid/ m^2 /jaar	Kosten in euro/ m^2/jaar	Bron
Elektriciteit	1.649,8 KWh	363	(Hage, 2020)
Water	7,500 L	7	(Waternet, n.d.)
Zout	75 kg	113	(Seaflower, n.d.)
Personeel	97.3 uur	1350	(Bijlage VIII)(Berekenhet (n.d.)
Artemia	32kg	573	-
Droogvoer	4 kg	7	(Cruz, 1997)
	Totaal *Artemia* Totaal Droogvoer	**2.406 1.840**	

Tabel 11: Variabele kosten experimentele setup

4.2.3 Kosten opkweken ondermaatse *C. crangon* productievijvers

Als uitgangspunt voor de kostenberekening voor vijveraquacultuur, Is een project met vergelijkbare vijvers gebruikt "Proefproject Zeeuwse Tong" de afschrijving is hierbij niet meegenomen. De variabele kosten van het experiment zijn geëxtrapoleerd naar de productiecapaciteit van de productievijvers. In tabel 12 zijn de totale constante kosten voor de productie vijvers per hectare berekent. In tabel 13 zijn de totale variabele kosten voor de productie vijvers berekent.

Totale constante kosten (10 jaar)

Soort kosten	**Hoeveelheid in m²**	**Kosten in euro**	**Bron**
Grond	10.000	75.000	(Stichting Zeeuwse Tong, 2013)
Infrastructuur	10.000	140.000	(Stichting Zeeuwse Tong, 2013)
Algemene kosten	10.000	3500	(Stichting Zeeuwse Tong, 2013)
	Totaal	**218.500**	
	Per m²	**21,85**	

Tabel 12: Constante kosten productievijvers

Totale variabele kosten

Soort kosten	**Hoeveelheid/ hectare /jaar**	**Kosten in euro/ hectare/jaar**	**Kosten in euro/m²/jaar**	**Bron**
Energie	16450 kwh	1.152	0,12	(Mainenergie, n.d.)
Water	207.200 m³	6216	0,62	(Stichting Zeeuwse Tong, 2013)
Artemia	320.000Kg	5.760.000	576,00	-
Droogvoer	40.000 kg	68.000	6,80	(Cruz, 1997)
Personeel	287 uur	3.982	0,40	(Berekenhet, n.d.)
Algemene kosten	0,50 per m²	3.500	0,35	(Stichting Zeeuwse Tong, 2013)
	Totaal *Artemia*	**5.774.850**	**568,48**	
	Totaal Droogvoer	**82.850**	**8,29**	

Tabel 13: Variabele kosten productievijvers

4.2.4 Economische haalbaarheid & bepalende factoren

Om de bepalende factoren te identificeren is de rentabiliteit berekend. Hierbij zijn de totale kosten en de totalen opbrengsten berekend. Om de opbrengsten te berekenen is de productie gebaseerd op de bevindingen van het experiment, hierbij is droogvoer de uitgangsituatie.
Om een premium oogstformaat van 4 gram te halen met een startgewicht van 0,5 gram is een productietijd van 5 jaar en 8 maanden nodig bij een groei van 0,0034 gram per dag. De groeisnelheid is berekend door de totale groei te delen door de tijd van het experiment en het totaal aantal garnalen. De *C. crangon* groei onder 10 °C (Hufnagl & Temming, 2011a), de temperatuur van de Waddenzee is ongeveer 6 maanden boven de 10 °C (Rijkswaterstaat, n.d.). Naar schatting is een optimale dichtheid 63 individuen van 4 gr per m2. Dit zou een productie van 252 gram per m2 betekenen. Uitgaande van een overlevingspercentage van 55% is een start populatie van 97 garnalen per m2 nodig. De input van 97 garnalen van (0,5 gr. gem.) staat gelijk aan 48,5 gram per m2, keer de inkoopprijs van de ondermaatse garnalen.

In het geval van vijver is het productieseizoen 6 maanden, de productie is gelijk aan = 182,5 dagen *0,0034(g/d) * 63(startgewicht +0,5gr.) = 70,59 gr./m^2/j
In het geval van een RAS setup is het productieseizoen jaarrond, en daarmee de productie 2 keer zo hoog, 141,18 gr/m^2/j

Om een rentabiliteit van 100% te halen is in een vijversysteem een productprijs van 148,39€/kg nodig (zie tabel 14). In een RAS scenario waarbij de kosten van het experiment zijn gebruikt, een kiloprijs van 13.225,86€/kg (zie tabel 14). Om het opkweken van de *C. crangon* economisch haalbaar te maken zullen de volgende factoren moeten worden verbeterd; Groeisnelheid, kweekdichtheid/oppervlak, overlevingspercentage, voor productievijvers een constante temperatuur boven de 10 °C, voer en de prijs van het startmateriaal.

	Kosten per m2/jaar	**Opbrengsten m2/jaar**
Experiment	**TCK:** €27,23 **TVK:** €1.840 **TK:** €1.867,23	141,18 gr. **Prijs:** 13.225,86€/kg
Productievijvers	**TCK:** €2,19 **TVK:** €8,29 **TK:** €10,48	70,59 gr. **Prijs:** 148,39€/kg
	Rentabiliteit 100%	Rentabiliteit 100%

Tabel 9: Rentabiliteit & vraagprijs berekening

5. Discussie

5.1 Effect van dieet op prestatie

Voor overlevingspercentage is statistisch aangetoond dat er geen verschil is gemeten tussen de beide voeder groepen, *Artemia* en Gemma Diamond. Door de lage *N* waarde per voergroep (*N*=2) is de power 1-β 0,42. Hierdoor is het resultaat van de t-toets voor ongepaarde samples niet volledig betrouwbaar. De steekproef van het startmateriaal voor het experiment (*N*=1550), had bij een foutmarge (5%), betrouwbaarheidsniveau (95%) en mate van spreiding (30%) 268 moeten zijn. Er is een steekproef van 100 individuen genomen, daardoor is het betrouwbaarheidsniveau <95% (Steekproefcalculator, n.d.). Hierdoor zijn de conclusies voor de hoofdvraag opkweken *C. crangon* niet te generaliseren.
In alle bakken is significante groei waargenomen, tussen de begin en eindgemiddelden.
Door de kleine *N* waarde per voergroep was een statistische toets op groei per voergroep niet mogelijk. De groei gedurende het experiment is gemeten in kilogrammen, de groei in de overige onderzoeken is echter gemeten in millimeters. Hierdoor kan er geen vergelijking worden gemaakt met de literatuur over de groei.

Er zijn overeenkomsten gevonden tussen de resultaten van het experiment en de resultaten uit de literatuur. Van het experiment zijn de gemiddelde overlevingspercentages; *Artemia* 55,0% Gemma Diamond 56,6%, gemiddelde groei *Artemia* 11,69 gr. Gemma Diamond 13,94 gr., gemiddelde FCR *Artemia* 38,24 Gemma Diamond 3,51. Uit onderzoek van Sharawy (2012) blijkt een vergelijkbaar overlevingspercentage (42 tot 63%) met een vergelijkbare methode (132L RAS, 30-35mm (TL) garnaal, 17,6 °C). Andere onderzoeken van Hufnagel & Temming, (2011a) en Regnault, Campillo, & Luquet (1975) vinden een vergelijkbaar overlevingspercentage (60%), maar met een andere methode (Hufnagel & Temming, 2011a): 10L RAS, 18 mm (TL) garnalen, 14.9 °C; Regnault, *et al* (1975).: 50L flow through, 9-17 (TL) mm garnalen, 20°C).

Het verschil in gemiddelde biomassa per garnaal tussen het begin en eind van het experiment is te verklaren doordat de *C. crangon* is gegroeid door het consumeren van het toegediende voer. Het kan niet worden uitgesloten dat de groei is beïnvloed door het consumeren van andere garnalen (kannibalisme). Garnalen kunnen tevens meer of minder energie verbruikt hebben door een verandering in foerageergedrag.

Voer

Tijdens de proef is meer activiteit waargenomen binnen de *Artemia* groepen tijdens het voeren dan bij de Gemma Diamond groepen. Daarnaast is er bij de Artemia groepen minder frequent en een lagere hoeveelheid voederrest waargenomen. Gecombineerd met de voer methode heeft dit ertoe geleid dat de *Artemia* groep veel in voedergift is verhoogd, in tegenstelling tot de Gemma Diamond groepen waar weinig activiteit is waargenomen en frequenter een grotere hoeveelheid voederrest is waargenomen. Deze waarnemingen hebben geleid tot de verwachting dat de *Artemia* groepen beter presteerden dan de Gemma Diamond groepen. Achteraf bleek het tegenovergestelde, hetgeen tot het inzicht heeft geleid dat naast de voedingswaarde, het gedrag dat een voer veroorzaakt een belangrijke rol speelt.

Skretting Gemma Diamond bevat onder andere toegevoegde vitamine en cholesterol. Cholesterol is een essentiële voedingstof voor de *C. crangon,* het vormt een cruciale bouwstof voor celmembranen, steroïden en vervellingshormonen (Global Aquaculture Alliance, 2019). Zelfs wanneer in alle andere benodigde voedingswaarden wordt voorzien is een tekort aan cholesterol een limiterende factor. *Artemia* bevat van nature cholesterol, maar deze hoeveelheid is onvoldoende voor het bereiken van een optimale groei (Teshima & Kanazawa, 1971).

Gedrag
Tijdens het voeren van *Artemia* is waargenomen dat ±60% van de garnalen zich verplaatsten uit het zand en op zoek gingen naar voedsel. Hierbij duurde het soms een aantal minuten voordat het voer werd gevonden door de garnaal. Bij het voeren van Gemma Diamond, is waargenomen dat slechtst ±10% van de garnalen zich verplaatsten uit het zand op zoek naar voedsel. Hieruit kan worden afgeleid dat de *Artemia* voergroepen meer energie besteedden aan het zoeken van eten, waardoor het energie verbruik groter was en meer voer nodig is voor dezelfde hoeveelheid groei.

Dit kan mogelijk worden verklaard doordat de geurstoffen in de *Artemia* sneller oplossen in water, omdat de *Artemia* vers met water wordt ingevroren. Het Gemma Diamond droogvoer daarentegen bevat voornamelijk geurstoffen in de vorm van vetten, deze lossen minder snel op. Hierdoor verspreid de geurstof van de Artemia zich sneller door de gehele raceway, waardoor de garnaal niet meer weet waar hij/zij het moet zoeken.

Doodsoorzaak
Gedurende het experiment is een mortaliteit waargenomen van tussen de 49,2% en 60.8%, wat overeenkomt met de verwachtingen, echter is de oorzaak hiervan onbekend. Dit maakt het lastig om doelgerichte verbeteringen van het systeem en proces door te voeren. Het proces is in 2 hoofdlijnen op te delen, het visserij deel (vangst, aanlanden en transport) en het opkweek deel (transitie, quarantaine, opkweek, sorteringen en oogst)

Tijdens de vangst kan de garnaal in het net beschadigd raken, langere trackduur vergroot de kans, en mate van beschadiging. De zeefmethode, en het aantal zeefstappen heeft hier ook sterke invloed op. Gedurende de proef zijn er bij een aantal garnalen zwarte plekken op onder andere het cephalon (kop), thorax (lichaam), abdomen (staartsegment), telson, pereopoden (poten), antenna, en de ogen (fig. 6). Verklaring hiervoor is zogenaamde “Black necrosis” of zwarte stip schaal ziekte. Dit is een aandoening veroorzaakt door een dysbiose in de bacteriën die zich op het exoskelet van de garnaal bevinden. En is in dit geval waarschijnlijk veroorzaakt door mechanische beschadiging tijdens de vangst, en het sorteerproces aan boord van het schip.

Tijdens de opkweekfase van het proces kan de garnaal nog invloed ondervinden van beschadigingen opgedaan tijdens vangst en transport. Ook kunnen er nieuwe beschadigingen ontstaan of bestaande versterkt door stressvolle omgevingsfactoren (temperatuur, waterkwaliteit). Dit laatste kan er ook voor zorgen dat andere pathogenen gemakkelijk de garnaal binnendringen. (Segelken-Voigt, Miller & Gerlach, 2018) In het geval van de zwarte ogen is er vermoedelijk sprake fotoreceptorschade. Dit kan ook veroorzaakt worden door mechanische schade tijdens de vangst, en sorteerproces, biologische schade (aanvallen door soortgenoten/predatoren, pathogenen, onvolledige vervelling) (Meyer-Rochow, 2001). Tijdens de proef is regelmatig waargenomen dat garnalen die net verveld waren werden opgegeten, te herkennen aan de nog zachte schaal. Dit is in andere onderzoeken ook veelvuldig waargenomen (Moreira, Reis, Costa-Dias, Bio, & Campos, 2019; Moreira, Carvalho, & Campos, 2015) en wordt in verband gebracht met dichtheid en stress. Dit laatste is ook waargenomen tijdens het experiment in de vorm van vluchtreacties, hieronder wordt verstaan een of meerdere samentrekking van het abdomen, waarbij de garnaal zich achterwaarts verplaatst (Ansell, Arnott, & Neil, 1998). Mogelijke oorzaken hiervoor zijn harde trilling van bijvoorbeeld stampen op de vloer, en schaduw over de tank. Tijdens het experiment werd een schrikreactie waargenomen, hieronder wordt verstaan een of meerdere samentrekking van het abdomen, waarbij de garnaal zich achterwaarts verplaatst (Ansell, Arnott, & Neil, 1998). Mogelijke oorzaken hiervoor zijn harde trilling van bijvoorbeeld stampen op de vloer, en schaduw over de tank. Vanwege het design van de opstelling (ramen aan 1 zijde van de container) trad dit schaduw effect enkel bij L1 en R1 op. Dit was echter niet terug te zien in de resultaten, het effect van de schaduw alleen zal daarom minimaal geweest zijn.

5.2 Economische haalbaarheid en bepalende factoren

De methode gebruikt voor het bepalen van de kosten voor het opkweken van ondermaatse *C. crangon* geeft duidelijk antwoord op de deel- en hoofdvragen. Hierbij moet wel rekening worden gehouden met een aantal gemaakte aannames voor het berekenen van de productie. Daarom kan deze kostenberekening enkel worden gebruikt ter indicatie. Het overlevingspercentage van het experiment over 27 dagen geëxtrapoleerd naar de totale productietijd. Hierdoor wordt waarschijnlijk het daadwerkelijke overlevingspercentage over lange termijn overschat. Verder zijn de kosten bij het opkweken in het een RAS sterk schaalafhankelijk en lager bij grotere schaal, de berekende kosten per m^2 in dit scenario zijn niet te extrapoleren naar een grotere kwekerij. Daarnaast zijn de kosten voor het startmateriaal, de ondermaatse *C. crangon* niet meegenomen in de berekening. Voor de economische haalbaarheid zijn de kosten van het project de Zeeuwse tong gebruikt, dit project is in 2013 uitgevoerd. Hierdoor kunnen de kosten in de tussentijd zijn veranderd of afwijken door regionale verschillen in grondprijzen. Daarnaast zijn de voerkosten gebaseerd op een bron van de FAO uit 1997 ook deze kosten kunnen in afwijken van de huidige prijzen voor garnalenvoer. De prijs voor de ondermaatse garnalen is niet meegenomen in de berekening omdat nog niet duidelijk is wat deze prijs zou moeten zijn. Dit kan een groot effect hebben op de totale opkweek kosten wanneer de mortaliteit hoog is. Desondanks is de kostenberekening en rentabiliteit in dit stadium een goede indicatie voor de economische haalbaarheid.

De kiloprijs van de opgekweekte *C. crangon* (148,39€/kg productievijvers, 13.225,86€/kg RAS) komt overeen met de verwachting. Door de hoge investeringskosten per m^2 voor een RAS in combinatie met de relatief lage productie, is het RAS ontwerp nog niet economische haalbaar. Door de lagere investeringskosten per m^2 lijkt het productievijversysteem een economisch haalbaardere optie voor het opkweken van ondermaatse *C. crangon.* Een kanttekening hierbij is wel dat de resultaten uit het experiment niet garant staan voor dezelfde resultaten in een productievijver. Er is verbetering nodig in het overlevingspercentage en groeisnelheid voor het verhogen van de technisch en economisch haalbaarheid van het opkweken van ondermaatse *C. crangon* uit garnalenvisserij discards.

Een cruciale stap in het opkweken van de ondermaatse *C. crangon* is het aanlanden en transporteren van de garnalen. Om op duurzame manier te produceren is het van belang om de mortaliteit van de garnaal zo laag mogelijk te houden. Uit onderzoek van Lancaster & Frid (2002) blijkt dat de meeste mechanische schade bij de garnaal wordt veroorzaakt tijdens het vangst- en sorteer-proces. Om het overlevingspercentage zo hoog mogelijk te houden is het van belang dat de rest van de aanlandprocedure optimaal verloopt. Hiervoor is een adequaat transportsysteem nodig, het nattransportsysteem zou hiervoor een oplossing kunnen bieden. Het droogtransportsysteem biedt een hogere capaciteit met een lager volume en lagere kosten dan het nattransport systeem, echter is er nog geen onderzoek gedaan naar de capaciteit van de systemen en de mortaliteit over tijd. Bij een minder dan optimale aanlandprocedure zal de mortaliteit gedurende en na het transport toenemen. Hierdoor wordt er tijd, ruimte, geld en voer verspild. Lancaster & Frid (2002) tonen aan dat het overlevingspercentage van de discarden garnaal binnen 24 uur tussen de 77% en 80 % ligt. Hiervan uitgaande is het wenselijk om een transportmethode te ontwikkelen waarbij hetzelfde of hoger overlevingspercentage wordt behaald. Het overlevingspercentages van de garnaal na 24 uur is onbekend.

Het opkweken van de ondermaatse *C. crangon* in een RAS kwekerij is een intensieve manier van aquacultuur. De voordelen van een RAS is dat er totale controle is over de waterparameters, garnalen zijn relatief makkelijk te monitoren, voeding is nauwkeurig af te stemmen op de behoefte van de garnaal en het een RAS biedt een continue productie. De combinatie met het SRS-systeem zou daarnaast het kweekoppervlak per vierkante meter grond aanzienlijk verhogen. Daartegenover staat wel dat een RAS arbeids- en onderhouds-intensief is en hoge variabele en investeringskosten met zich meedraagt. De productievijvers zijn een extensieve vorm van

aquacultuur. Het voordeel hiervan is dat er weinig energie wordt verbruikt en lage variabelen en investeringskosten. Daar staat tegenover dat er relatief minder controle is over de waterparameters, garnalen lastiger te monitoren zijn en de productie seizoensgebonden is.

Per kilo ongepelde garnaal is het gasolieverbruik gemiddeld tussen de 1-3 liter (CREM, 2014) dit komt neer op een energieverbruik van 11,86-36,58 kwh/kg (Vreuls, 2004). Het opkweken van één kg ongepelde garnaal kost in de experimentele RAS 11.686 KWh elektriciteit en in een productievijver 23,30 KWh elektriciteit (Stichting Zeeuwse Tong, 2013). De energie voor het opkweeksysteem kan daarentegen worden opgewekt uit hernieuwbare bronnen in tegenstelling tot de fossiele brandstof gasolie. Het opkweken van ondermaatse *C. crangon* in een productievijver zou in theorie duurzamer zijn.

6. Conclusie

Om het effect van dieet, droogvoer in vergelijking tot *Artemia* op het presteren van de *C. crangon* te bepalen is een kwantitatief experiment uitgevoerd. Het gemiddelde steekproef gewicht is bij alle groepen significant toegenomen gedurende het experiment. Tussen de twee voedergroepen is geen statistisch significant verschil in overlevingspercentage of groei waargenomen. Het verschil in FCR tussen beide diëten is groot, relatief hoog voor *Artemia* (38,2) en voor droogvoer relatief laag (3,5). Ondanks dat de garnalen uit de droogvoergroep minder voer hebben geconsumeerd, hebben deze garnalen vergelijkbaar gepresteerd met de garnalen van de *Artemia* groep. Hieruit is op te maken dat de garnalen met een droogvoerdieet beter presteren dan de garnalen met een *Artemia* dieet.

Om te bepalen of het opkweken van de ondermaatse *C. crangon* economisch haalbaar is, en welke factoren hierbij bepalend zijn is een kwalitatieve literatuurstudie verricht. Hieruit zijn de constante en variabele kosten berekend. De kosten voor het opkweken in de experimentele setup (7,5m^2) zijn: totale constante kosten €2042, totale variabele kosten zijn, *Artemia* €2406 en droogvoer €1840, met een verschil van €566/m^2/j.
De geschatte kosten voor het opschalen naar productievijvers (10.000m^2) zijn: Totale constante kosten €218.500. Totale variabele kosten: *Artemia* €5.774.850 droogvoer: €82.850, met een verschil van €5.692.000. Deze verschillen in kosten komen door de hoge kilo prijs van *Artemia* in combinatie met de hoge FCR van *Artemia*. Daarnaast is voor een rentabiliteit van 100% de productprijs berekend, voor de experimentele RAS setup €13.225,86/kg en voor productievijvers €148,39/kg, dit verschil van €13.077,47 is te verklaren door de hogere investerings- en variabele-kosten van een RAS. De kosten van het aanlanden van ondermaatse *C. crangon* zijn afhankelijk van de transportmethode. Droogtransport heeft een aanzienlijk grotere transportcapaciteit en is acht keer goedkoper. De nattransportmethode is aanzienlijk duurder en heeft een lagere transportcapaciteit.

In dit stadium is het opkweken ondermaatse garnaal economisch niet haalbaar, noch duurzaam. Door de kweektijd te verkorten, de kweekdichtheid te vergroten en het overlevingspercentage te verhogen, zou het opkweken van ondermaatse *C. crangon* economisch haalbaar kunnen worden. Voor de economische haalbaarheid zijn voer, opkweekmethode en productie, bepalende factoren.

7. Aanbevelingen

Op basis van de opgedane ervaring en resultaten van de proef kunnen de auteurs de volgende aanbevelingen doen. Er is veel winst te behalen op het gebied van de voerstrategie, met name het afstemmen van de hoeveelheid voer op de behoefte van de garnalen. Dit zou de efficiëntie verhogen, waardoor er minder voer verwijdert hoeft te worden, en minder risico op door voerresten veroorzaakte organische opbouw, rottingsprocessen en bacteriegroei.

Tijdens het experiment is de groei berekend op basis van de steekproef gemiddelden. Hierdoor wordt de groei benaderd, maar geeft geen exacte weergaven van de groei. Wanneer de totale in- en output, zowel levend en doden garnalen worden gewogen, kan de groei nauwkeuriger worden bepaald. Daarbij kan de FCR nauwkeuriger worden berekend, wanneer overgebleven voer wordt terug gewogen. Met een nauwkeurigere groei en FCR-berekening kan de productie specifieker worden bepaald, hierdoor kan een accuratere economische analyse worden gemaakt. Omdat deze proef over een relatief korte periode van 27 dagen heeft plaatsgevonden ligt het voor de hand om een vervolgonderzoek te doen over een langere termijn. Om een beter beeld te geven van het verloop van de prestaties en FCR en vast te stellen hoe hoog het overlevingspercentage is totdat de garnalen het premium oogstformaat bereiken.

Het nattransportsysteem is tijdens het experiment niet gebruikt. Hierdoor is niet achterhaald wat de maximale dichtheid, en overlevingspercentage is en hoe dit systeem zich verhoudt tot de droogtransportmethode. Omdat het transport grote invloed heeft op de staat van het startmateriaal is hier verder onderzoek gewenst.

Het is tijdens de proef niet in alle gevallen duidelijk geworden wat de doodsoorzaak was. Hier zou een vervolgstudie naar gedaan kunnen worden omdat de oorzaak hiervan weten, een gerichtere zoektocht naar de oplossing mogelijk maakt. Hierdoor kan de mortaliteit gedurende het opkweken worden verlaagd.

Bij een vervolgonderzoek of een herhaaldelijk onderzoek is het aanbevolen om meerdere aquaria of raceways te gebruiken. De t-toets gaf een niet significant resultaat, op treatment en overlevingspercentage. Per voertreatment is de *N*-waarde 2. Door kleine de kleine *N*-waarde is de statische power laag ($1-\beta=0{,}436$) dit vergroot de kans op het onjuist verwerpen van de hypothese. Om de power van de statistische toets te verhogen is een *N*-waarde van 4 per groep nodig, blijkt uit de poweranalyse (G-power). Bij deze *N*-waarde geeft een power van $1-\beta=0{,}987$.

Daarnaast is de voordehand liggend om verder onderzoek te doen naar het sluiten van de kweekcyclus, om zo niet meer afhankelijk te zijn van de visserij voor startmateriaal. Dit zou meer continuïteit van de aanvoer geven, betere kwaliteit startmateriaal, en minder risico op het binnenhalen van pathogenen.

8. Literatuurlijst

Abdussamad, E. M., & Thampy, D. M. (1994). Cannibalism in the tiger shrimp Penaeus monodon Fabricius in nursery rearing phase. *Journal of Aquaculture in the Tropics*, *9*(1), 67–75. Retrieved from http://eprints.cmfri.org.in/4457/

Acculaders. (n.d.). *ABSAAR AB-4 6/12V*. Retrieved 17 April 2021, from https://www.acculaders.nl/absaar-ab-4.html

Addison, J., Gaudian, G., & Knapman, P. (2017). MSC Sustainable Fisheries Certification North Sea Brown Shrip. Retrieved from https://www.msc.org/docs/librariesprovider8/de/zertifizierung-nordseekrabben/20171103-nsbs-pcr-final.pdf

Agnalt, A.-L., Grefsrud, E. S., Farestveit, E., Larsen, M., & Keulder, F. (2013). Deformities in larvae and juvenile European lobster (Homarus gammarus) exposed to lower pH at two different temperatures. Biogeosciences Discussions, 10(5), 7579–7615. https://doi.org/10.5194/bgd-10-7579-2013

Agri-Food and Veterinary Authority of Singapore. (2020, February 20). *Multi-layer turbot farming at Seafarm B.V.* [Photo]. Retrieved from https://www.sfa.gov.sg/food-for-thought/article/detail/recirculating-aquaculture-system-better-farming-indoors

Ansell, A. D., Arnott, S. A., & Neil, D. M. (1998). Escape trajectories of the brown shrimp Crangon crangon, and a theoretical consideration of initial escape angles from predators. *Journal of Experimental Biology*, *1999*(202), 139–209. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/13435681_Escape_trajectories_of_the_brown_shrimp_Crangon_crangon_and_a_theoretical_consideration_of_initial_escape_angles_from_predators

Arestho.nl. (n.d.). *Transparante PVC slang | arestho*. Arestho. Retrieved 17 April 2021, from https://www.arestho.nl/transparante-pvc-slang.html?id=51831418&gclid=EAIaIQobChMImtvRh8SF8AIVhrh3Ch1_zwY1EAQYASABEgLTYPD_BwE

ASC. (n.d.). Over het ASC. Retrieved December 8, 2020, from https://www.asc-aqua.org/nl/over-ons/over-het-asc/

Berekenhet. (n.d.). *Loonkosten voor de werkgever in 2021 berekenen*. berekenhet.nl. Retrieved 18 April, 2021, from https://www.berekenhet.nl/ondernemen/loonkosten-werkgever.html#calctop

Brandstof-zoeker. (n.d.). Tankstation Tango Tango Groningen Zuiderweg - Groningen. Retrieved 19 April 2021, from https://www.brandstof-zoeker.nl/station/tango-tango-groningen-zuiderweg-2978/

Campos, J., & Van Der Veer, H. W. (2008). Autecology of Crangon Crangon (L.) with an emphasis on latitudinal trends. Oceanography and Marine Biology (Vol. 46). https://doi.org/10.1201/9781420065756.ch3

Chin, T. S., & Chen, J. C. (1987). Acute toxicity of ammonia to larvae of the tiger prawn, Penaeus monodon. Aquaculture, 66, 247–253. https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90110-4

Cieluch, U., Charmantier, G., Grousset, E., Charmantier-Daures, M., & Anger, K. (2005). Osmoregulation, immunolocalization of Na+/K+-ATPase, and ultrastructure of branchial epithelia in the developing brown shrimp, Crangon crangon (Decapoda, Caridea). Physiological and Biochemical Zoology, 78(6), 1017–1025. https://doi.org/10.1086/432856

CREM. (2014). Duurzame En Vers Gepelde Hollandse Garnalen in Het Schap. Retrieved from https://www.vissersbond.nl/wp-content/uploads/2015/06/Eindrapport-Alternatieve-positionering-Hollandse-garnalen.pdf

Criales, M. M., & Anger, K. (1986). Experimental studies on the larval development of the shrimps Crangon crangon and C. allmanni. Helgoländer Meeresuntersuchungen, 40(3), 241–265. https://doi.org/10.1007/BF01983735

Cruz, P. S. (1997). *Aquaculture Feed and Fertilizer Resource Atlas of the Philippines*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-104044-3

CVO. (2017, December). Crangon crangon managementplan. Retrieved from https://www.cvo-visserij.nl/wp-content/uploads/2017/12/Managementplan-garnalen-12-12-2017.pdf

CVO. (n.d.). Wie zijn we? Retrieved December 8, 2020, from https://www.cvo-visserij.nl/

Dalley, R. (1980). The survival and development of the shrimp Crangon crangon (L.), reared in the laboratory under non-circadian light-dark cycles. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 47(2), 101–112. https://doi.org/10.1016/0022-0981(80)90105-7

Raad van de Europese Unie. (1996, November 26). Verordening (EG) nr. 2406/96 van de Raad van 26 november 1996 houdende vaststelling van gemeenschappelijke handelsnormen voor bepaalde visserijprodukten. Retrieved 7 November 2020, from https://op.europa.eu/nl/publication-detail/-/publication/5d2cc7ea-ffe1-4c74-9c48-0d6b93aa713c/language-nl

Raad van de Europese Unie. (1998, Maart 30). Verordening (EG) nr. 850/98 van de Raad van 30 maart 1998 voor de instandhouding van de visbestanden via technische maatregelen voor de bescherming van jonge exemplaren van mariene organismen. Retrieved 7 November 2020, from https://op.europa.eu/nl/publication-detail/-/publication/ba90d601-5b8c-4359-b811-126a70896ede

Delbare, D., Cooreman, K., & Smagghe, G. (2015). Rearing European brown shrimp (Crangon crangon, Linnaeus 1758): A review on the current status and perspectives for aquaculture. Reviews in Aquaculture, 7(4), 262–282. https://doi.org/10.1111/raq.12068

DFPO. (n.d.). Vi mener. Retrieved December 8, 2020, from https://fiskeriforening.dk/om-os/vi-mener/

Doeksen, A. (2006). The North Sea *C. crangon* fishery - An inventory of its effects on the marine ecosystem. Wageningen University.

FAO. (n.d.). Manufactured feeds for aquaculture. Retrieved December 7, 2020, from http://www.fao.org/3/Q3567E/q3567e06.htm

Fieggen, W. (1989). *De berekening van het zuurstofverzadigingspercentage van water*. Retrieved from https://edepot.wur.nl/379645

Gerlach, S. A., & Schrage, M. (1969). Freilebende Nematoden als Nahrung der Sandgarnele Crangon crangon. Oecologia, 2(4), 362–375. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/BF00778992%0Ahttp://www.springerlink.com/content/j6127172457278x7/

Global Aquaculture Alliance. (2019, December 12). *Effects of sterol supplements on shrimp growth, survival « Global Aquaculture Advocate*. https://www.aquaculturealliance.org/advocate/effects-of-sterol-supplements-on-shrimp-growth-survival/
Graydon. (n.d.). Rentabiliteit. Retrieved 4 May 2021, from https://www.graydon.nl/nl/resources/wiki/rentabiliteit
Greenpeace. (n.d.). Missie. Retrieved December 8, 2020, from https://www.greenpeace.org/nl/over-ons/onze-missie/#:~:text=We geloven dat een groene,nodig%2C beter en haalbaar is.&text=We stellen grote milieuproblemen aan,en vreedzame en inventieve confrontaties.

Hage, J. (2020, September 23). Wat kost een kilowattuur (kWh) elektriciteit? Retrieved 19 April 2021, from https://www.consumentenbond.nl/energie-vergelijken/kwh-prijs#:%7E:text=Een%20Kilowattuur%20(kWh)%20elektriciteit%20kost,.%2015%20cent%20per%20kWh).

Hamsah, Widanarni, Alimuddin, Yuhana, M., & Zairin, M. (2017). The nutritional value of *Artemia* sp. enriched with the probiotic Pseudoalteromonas piscicida and the prebiotic mannan-oligosaccharide. AACL Bioflux, 10(1), 8–17.

Harrison, K. E. (1990). The role of nutrition in maturation, repro- duction and embryonic development of decapod crustaceans: a review. Journal of Shellfish Research, (9), 1–28.

Hoefnagel, E. (2007). Co-management en motorvermogen - Nulmeting van opvattingen van vissers (Vol. Rapport 6.).

Holden, M. J., & Raitt, D. F. S. (1974). MANUAL OF FISHERIES SCIENCE Part 2 - Methods of Resource Investigation and their Application. Rome. Retrieved from fao.org/3/f0752e/F0752E00.HTM#toc

Hufnagl, M., & Temming, A. (2011a). Growth in the brown shrimp Crangon crangon. II. Meta-analysis and modelling. Marine Ecology Progress Series, 435(May), 155–172. https://doi.org/10.3354/meps09224

Hufnagl, M., & Temming, A. (2011b). Growth in the brown shrimp Crangon crangon. I. Effects of food, temperature, size, gender, moulting, and cohort. *Marine Ecology Progress Series*, *435*, 141–154. https://doi.org/10.3354/meps09223

Hulkenbergshop. (n.d.). *Viskist - 800x400xH225mm - 25kg - 40l - blauw - 81650300*. Retrieved 17 April 2021, from https://www.hulkenbergshop.nl/820/viskist-800x400xh225mm-25kg-40l-blauw?gclid=EAIaIQobChMI-sb65MeF8AIVDNZ3Ch01BQzuEAQYAiABEgLKsfD_BwE

ICES. (2018). ICES Fisheries Overviews: Greater North Sea Ecoregion. ICES Advice 2018. https://doi.org/https://doi.org/10.17895/ices.pub.4647

ICES. (2019). Report of the Working Group on Crangon Fisheries and Life History (WGCRAN). Copenhagen. https://doi.org/ICES CM 2018/EPDSG:06.

ILVO. (2013). Grijze Noordzeegarnaal in het nieuw - Wetenschappelijk onderzoek naar een betere houdbaarheid en productieketen voor additief-vrije levende (rauwe) garnaal. Retrieved December 2, 2020, from https://www.ilvo.vlaanderen.be/language/nl-NL/NL/Pers-en-media/Alle-media/articleType/ArticleView/articleId/1055/Grijze-Noordzeegarnaal-in-het-nieuw--Wetenschappelijk-onderzoek-naar-een-betere-houdbaarheid-en-productieketen-voor-additief-vrije-levende-rau

ILVO. (n.d.). VELD TOT VORK…LAB TOT LEPEL…. Retrieved December 7, 2020, from https://www.ilvo.vlaanderen.be/NL/OverILVO/tabid/6059/language/nl-NL/Default.aspx#.X9X3kNhKhPZ

Jayasankar, P., & Muthu, M. S. (1983). Toxicity of nitrite to the larvae of Penaeus indicus. Water Management.

Joaquim, D. C., Borges, E. D., Viana, I. G. R., Navarro, P. A., & Vireque, A. A. (2017). Risk of Contamination of Gametes and Embryos during Cryopreservation and Measures to Prevent Cross-Contamination. *BioMed Research International*, *2017*, 1–11. https://doi.org/10.1155/2017/1840417

Jutezakkenshop. (n.d.). *Jute zakken zonder sluitkoord 60 x 100 cm zware kwaliteit*. Retrieved 17 April 2021, from https://jutezakkenshop.com/onbedrukte-jute-zakken/984-jute-zakken-zonder-sluitkoord-60-x-100-cm-zware-kwaliteit-per-stuk.html?gclid=EAIaIQobChMIzb2z08iF8AIVEOd3Ch1pGA2xEAQYASABEgIblPD_BwE

Ketelaars, J. J. M. H., & Ruizenveld de Winter, A. C. (2014). *Toekomstperspectief voor het gemengd zilt bedrijf*. Plant research international, Wageningen UR. https://www.deltaexpertise.nl/images/4/46/Toekomstperspectief_voor_het_gemengd_zilt_bedrijf.pdf

Lancaster, J., & Frid, C. L. J. (2002). The fate of discarded juvenile brown shrimps (Crangon crangon) in the Solway Firth UK fishery. Fisheries Research, 58(1), 95–107. https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00357-5

Logistiekconcurrent. (n.d.-a). *Euronorm bak 600 x 400 x 320 mm 65 liter grijs*. Retrieved 17 April 2021, from https://www.logistiekconcurrent.nl/euronorm-bak-600-x-400-x-320-mm-65-liter-grijs?gclid=CjwKCAjwjuqDBhAGEiwAdX2cj8VRJ1YoWXdUP64OK3eX5O_j4vgzKu9bo0zqJz-IjXeVMzLeDxdiNBoCNsEQAvD_BwE

Logistiekconcurrent. (n.d.-b). *Oplegdeksel donkergrijs voor Rako bak 400x300 mm*. Retrieved 17 April 2021, from https://www.logistiekconcurrent.nl/oplegdeksel-donkergrijs-voor-rako-bak-400x300-mm?gclid=CjwKCAjwjuqDBhAGEiwAdX2cj-MzDG6jOY7f67PeNjNKa8JrMIskcZGExBytp3VNfgwgy8xp87q23BoCmqQQAvD_BwE

Logistiekconcurrent. (n.d.-c). *Rako bak met deksel 20 liter grijs 400 x 300 x 235 mm*. Retrieved 17 April 2021, from https://www.logistiekconcurrent.nl/rako-euronorm-bak-met-deksel-20-liter-grijs-400-x-300-x-235-mm?gclid=CjwKCAjwjuqDBhAGEiwAdX2cj8RXYQl7MMydrlgavXVpIRIuUeiZY-oaVneK0EGzYzcbFVBH5VOyYRoCkhgQAvD_BwE

Mainenergie. (n.d.). Zakelijke tarieven. Retrieved 19 April 2021, from https://www.mainenergie.nl/energielevering-zakelijke-tarieven/

Marine Stewardship Council. (n.d.). Wat is duurzaam vissen. Retrieved 27 April 2021, from https://www.msc.org/nl/over-msc/wat-is-msc/wat-doet-MSC/msc-biedt-een-oplossing/wat-is-duurzaam-vissen

Meixner, R. (1969). Wachstum, Häutung, und Fortpflanzung von Crangon crangon (L.) bei Einzelaufzucht. Berichte Der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission Für Meeresforschung, 20, 93–111.

Mercier, L., Palacios, E., Campa-Córdova, N. I., Tovar-Ramírez, D., Hernández-Herrera, R., & Racotta, I. S. (2006). Metabolic and immune responses in Pacific whiteleg shrimp Litopenaeus vannamei

exposed to a repeated handling stress. *Aquaculture*, *258*(1–4), 633–640. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.036

Meyer-Rochow, V. B. (2001). The Crustacean Eye: Dark/ Light Adaptation, Polarization Sensitivity, Flicker Fusion Frequency, and Photoreceptor Damage. *Zoological Science*, *18*(9), 1175–1197. https://doi.org/10.2108/zsj.18.1175

Moesker, E. (n.d.). Over NoordOogst. Retrieved November 20, 2020, from https://noordoogst.nl/over-noordoogst/

Moreira, C., Carvalho, A., & Campos, J. (2015). Comparing the response of the Brown shrimp Crangon crangon(Linnaeus, 1758) to prolonged Deprivation of food in two seasons. Journal of Shellfish Research, 34(2), 521–529. https://doi.org/10.2983/035.034.0237

Moreira, C., Reis, J., Costa-Dias, S., Bio, A., & Campos, J. (2019). Cannibalism behavior in the brown shrimp Crangon crangon. Frontiers in Marine Science, 6, 274–283. https://doi.org/10.3389/conf.fmars.2019.08.00107

Mourente, G. (1996). In vitro metabolism of 14C-polyunsaturated fatty acids in midgut gland and ovary cells from Penaeus kerathurus Forskal at the beginning of sexual maturation. Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology, 115(2), 255–266. https://doi.org/10.1016/0305-0491(96)00111-3

MSC. (n.d.). Strategie. Retrieved December 8, 2020, from https://www.msc.org/be/over-msc/strategie-van-msc

New, M. B., & Wijkström, U. N. (2002). Use of Fishmeal and Fish Oil in Aquafeeds: Further Thoughts on the Fishmeal Trap. Rome. Retrieved from http://www.fao.org/3/y3781e00.htm#Contents

Obaldo, L. G., & Masuda, R. (2006). Effect of diet size on feeding behavior and growth of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of Applied Aquaculture, 18(1), 101–110. https://doi.org/10.1300/J028v18n01_07

Online-Accu. (n.d.). *Exide EB500 Excell 12V 50Ah 450A autobatterij*. Retrieved 17 April 2021, from https://online-accu.nl/Batterijen-voor. . ./Boot/Startaccu/5610/Exide-EB500-Excell-12V-50Ah-450A-autobatterij?number=9882720&gclid=CjwKCAjwjuqDBhAGEiwAdX2cj-3lfrFohwm2qU8um8b0sa5Q99o029QvDyfIfhfU4q-059nvQ_fxcBoCftQQAvD_BwE

Paschke, K. A., Gebauer, P., Buchholz, F., & Anger, K. (2004). Seasonal variation in starvation resistance of early larval North Sea shrimp Crangon crangon (Decapoda: Crangonidae). Marine Ecology Progress Series, 279, 183–191. https://doi.org/10.3354/meps279183

Pihl, L, & Rosenberg, R. (1984). Food selection and consumption of the shrimp Crangon crangon in some shallow marine areas in western Sweden. Marine Ecology Progress Series, 15(May 2014), 159–168. https://doi.org/10.3354/meps015159

Pinn, E. H., & Ansell, A. D. (1993). The effect of particle size on the burying ability of the brown shrimp crangon crangon. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 73(2), 365–377.https://doi.org/10.1017/S0025315400032926

Polet, H. (2004). Evaluatie van de bijvangst in de Belgische visserij op grijze garnaal (Crangon Crangon L.) en van technische middelen om teruggooi te verminderen. Universiteit Gent.

Primavera, J. H., & Quinitio, E. T. (2000). Runt-Deformity Syndrome in Cultured Giant Tiger Prawn Penaeus Monodon. *Journal of Crustacean Biology*, *20*(4), 796–802. https://doi.org/10.1163/20021975-99990101

Provincie Groningen. (n.d.). *Dubbele Dijk*. Retrieved May 17, 2021, from https://www.provinciegroningen.nl/projecten/dubbele-dijk/

Regnault, M. (1976). Influence du substrat sur la mortalité et la croissance de la crevette Crangon crangon (L.) en élevage. Cahiers de Biologie Marine, 17(3), 347–357. Retrieved from http://olivo.csic.es:9003/sfx_local?sid=CSA:aquclust-set-c;pid=%3CAN%3E5264350%3C/AN%3E&%3CPY%3E1976%3C/PY%3E&%3CAU%3ERegnault, M%3C/AU%3E;volume=17;issue=3;spage=347;epage=357;date=1976-00-00;genre=article;aulast=Regnault;auinit=M;title=Cah. Biol. Mar.;a

Regnault, M. (1981). Respiration and ammonia excretion of the shrimp Crangon crangon L.: Metabolic response to prolonged starvation. Journal of Comparative Physiology ? B, 141(4), 549–555. https://doi.org/10.1007/BF01101478

Regnault, M., Campillo, A., & Luquet, P. (1975). Croissance des crevettes Crangon crangon et palaemon serratus soumises a un régime artificiel: Influence du mode de séchage de l'aliment. *Cahiers De Biologie Marine Tome*, *XVI*, 1–20. Retrieved from http://www.vliz.be/imisdocs/publications/285740.pdf

Regnault, N., & Lagardere, J. P. (1983). Effects of ambient noise on the metabolic level of Crangon crangon (Decapoda, Natantia). *Marine Ecology Progress Series*, *11*, 71–78. https://doi.org/10.3354/meps011071

Rijksoverheid. (2020). Toegenomen vraag en aanbod duurzaam voedsel. Retrieved January 19, 2021, from https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/11/17/toegenomen-vraag-en-aanbod-duurzaam-voedsel

Rijkswaterstaat. (n.d.). *Rijkswaterstaat Waterinfo*. Rijkswaterstaat water info. Retrieved May 5, 2021, from https://waterinfo.rws.nl/#!/kaart/watertemperatuur/

Sartoris, F. J., & Pörtner, H. O. (1997). Temperature dependence of ionic and acid-base regulation in boreal and arctic Crangon crangon and Pandalus borealis. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 211(1), 69–83. https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02712-8

Schatte, J., & Saborowski, R. (2005). Change of external sexual characteristics during consecutive moults in Crangon crangon L. *Helgoland Marine Research*, *60*(1), 70–73. https://doi.org/10.1007/s10152-005-0013-4

Seafish. (n.d.). *Schematische weergave van de boomkormethode* [illustratie]. Retrieved from https://vistikhetmaar.nl/lesmodules/vissen-met-korren-2/garnalenkor/

Seaflower. (n.d.). Aquaforest Sea Salt. Retrieved 19 April 2021, from https://www.seaflower.nl/aquaforest-sea-salt/

Segelken-Voigt, A., Miller, G. M., & Gerlach, G. (2018). Shell disease in Crangon crangon (Linnaeus, 1758): The interaction of temperature and stress response. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *500*, 105–111. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.12.017

Sharawy, Z. (2012). Investigations into growth and nutritional condition of Crangon crangon (L). Universität Hamburg. Retrieved from http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2012/5826/pdf/Dissertation.pdf

Siegenthaler, A., Mastin, A., Dufaut, C., Mondal, D., & Benvenuto, C. (2018). Background matching in the brown shrimp Crangon crangon: adaptive camouflage and behavioural-plasticity. *Scientific Reports*, *8*(1), 3292. https://doi.org/10.1038/s41598-018-21412-y

Skretting. (n.d.). Skretting's mission: Feeding the future. Retrieved December 8, 2020, from https://www.skretting.com/en/about-us/vision--mission/

Slijkerman, D. M. E., Dammers, M., Molenaar, P., Hammen, T. van der, & Hoppe, M. van. (2016). Vermindering Discards Garnalenvisserij door Netaanpassingen (VDGN). Den Helder.

Steekproefcalculator. (2021, March 11). Steekproefcalculator.com. http://www.steekproefcalculator.com/steekproefcalculator/
Steenbergen, J., Machiels, M., Leijzer, T., & Oever, D. (2011). Reducing discards in Shrimp fisheries with the Letterbox.

Stichting De Noordzee. (2017). Waarom NGO's en vissers samen werken aan advies aanlandplicht. Retrieved January 4, 2021, from https://www.noordzee.nl/waarom-ngos-en-vissers-samen-werken-aan-advies-aanlandplicht/

Stichting Zeeuwse Tong. (2013). *Perspectief voor binnendijkse kweek*. Retrieved from https://www.zeeland.nl/digitaalarchief/zee1400284

Strietman, W. J., & Verweij, M. (2016, December). Markt voor levende garnaal. Europese Unie, Europees Fonds voor Maritieme Zaken en Visserij. Retrieved from https://www.wur.nl/upload_mm/5/7/d/4468c97d-d264-4f88-b448-66087f2cb1d3_10.%2020161228%20Factsheet%20levende%20garnaal.pdf

Teshima, S. I., & Kanazawa, A. (1971). Bioconversion of the dietary ergosterol to cholesterol in artemia salina. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry, 38(3), 603–607. https://doi.org/10.1016/0305-0491(71)90315-4

Theunynck, R., & Verschueren, B. (2015, Januari). Slimmer verwerken, Bijvangst beperken. ILVO. Retrieved from https://core.ac.uk/download/pdf/132492628.pdf

Toppy. (n.d.). *Hailea aco piston luchtpomp 208*. Retrieved 17 April 2021, from https://www.toppy.nl/product/5213/hailea-acon-piston-luchtpomp.html?channable=0271876964003532313301&utm_campaign=&utm_content=&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_term=770900008-5213&gclid=EAIaIQobChMIzff128KF8AIVDah3Ch3amA3rEAQYBCABEgLldPD_BwE

Tulp, I, Leijzer, T., & Van Helmond, E. (2010). Bijvangst garnalenvisserij - Eindrapport. Imares.

Turenhout, M. N. J., Oostenbrugge, J. A. E. van, & Beukers, R. (2015). Economische kengetallen garnalenvisserij. Retrieved from http://edepot.wur.nl/375414

United Fish Auctions. (n.d.). Duurzame visserij - United Fish Auctions. Retrieved 27 April 2021, from https://unitedfishauctions.com/voorlichting/vissen-en-het-milieu

Van der Veer, H. W., & Bergman, M. J. N. (1987). Predation by crustaceans on a newly settled 0-group plaice Pleuronectes platessa population in the western Wadden Sea. Marine Ecology Progress Series, 35, 203–215. https://doi.org/10.3354/meps035203

Van Donk, E., & De Wilde, P. (1981). Oxygen consumption and motile activity of the brown shrimp Crangon crangon related to temperature and body size. *Netherlands Journal of Sea Research*, *15*(1), 54–64. https://doi.org/10.1016/0077-7579(81)90005-3

Van Eynde, B., Vuylsteke, D., Christiaens, O., Cooreman, K., Smagghe, G., & Delbare, D. (2019). Improvements in larviculture of Crangon crangon as a step towards its commercial aquaculture. *Aquaculture Research*, *50*(6), 1658–1667. https://doi.org/10.1111/are.14048

Varney, M. (2000). Behavior of organic carbon in Southampton Water. Solent Science: A Review. Proceedings in Marine Science, 1, 175–185.

Vijverbenodigdheden. (n.d.). *Luchtsteen bol 50 mm*. Retrieved 17 April 2021, from https://www.vijverbenodigdheden.nl/luchtsteen-bol-50-mm?utm_source=googleshopping&utm_campaign=googleshopping-Feed&gclid=EAIaIQobChMI8_zarcSF8AIViMx3Ch2aJQmYEAQYBiABEgJhYfD_BwE

Vijvercompleet. (n.d.). *AquaForte luchtverdeler messing 6 uitgangen 4mm*. Retrieved 17 April 2021, from https://vijvercompleet.nl/luchtverdeler-messing-6-uitgangen-4mm

Villasante, S., Antelo, M., Christou, M., Fauconnet, L., Frangoudes, K., Maynou, F., … Vassilopoulou, V. (2018). The implementation of the landing obligation in small-scale fisheries of southern European union countries. The European Landing Obligation: Reducing Discards in Complex, Multi-Species and Multi-Jurisdictional Fisheries. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03308-8_5

Vismann, B. (1996). Sulfide species and total sulfide toxicity in the shrimp Crangon crangon. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 204(1–2), 141–154. https://doi.org/10.1016/0022-0981(96)02577-4

VisNed. (n.d.). Duurzame Visserij. Retrieved 27 April 2021, from https://www.visned.nl/thema/duurzaamheid

Vistikhetmaar. (n.d.). Garnalenkor. Retrieved December 30, 2020, from https://www.vistikhetmaar.nl/lesmodules/vissen-met-korren/garnalenkor/

Vreuls, H. H. J. (2004). Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2-emissiefactoren. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Retrieved from https://www.rvo.nl/sites/default/files/2013/10/Vreuls%202005%20NL%20Energiedragerslijst.pdf

Waddenvereniging. (n.d.). Doelstelling. Retrieved December 8, 2020, from https://www.waddenvereniging.nl/vereniging/doelstelling

Wageningen Universiteit Research. (n.d.). Discards ongewenste bijvangst. Retrieved January 16, 2021, from https://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Discards-Ongewenste-bijvangst.htm

Walter, U. (1997). Quantitative analysis of discards from Brown shrimp trawlers in the coastal area of the East Frisian islands. Archive of Fishery and Marine Research, 45(1), 61–76.

Waternet. (n.d.). Wat kost een kuub water? Retrieved 19 April 2021, from https://www.waternet.nl/veelgestelde-vragen/drinkwater/wat-kost-kuub-

water/#:%7E:text=Drinkwater%20van%20Waternet%20kost%20in,belasting%20op%20leidingwater%20en%20btw.

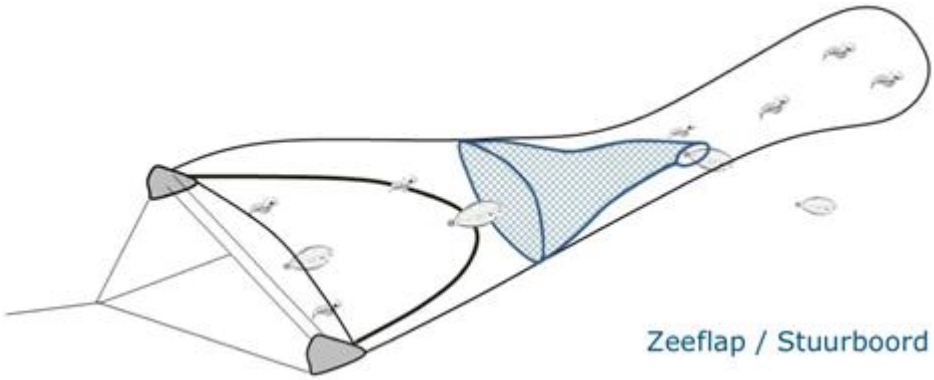
Wenk, C., Pfirter, H. P., & Bickel, H. (1980). Energetic aspects of feed conversion in growing pigs. Livestock Production Science, 7(5), 483–495. https://doi.org/10.1016/0301-6226(80)90086-x

WGCRAN. (n.d.). Working Group on Crangon Fisheries and Life History. Retrieved December 8, 2020, from https://www.ices.dk/community/groups/Pages/WGCRAN.aspx

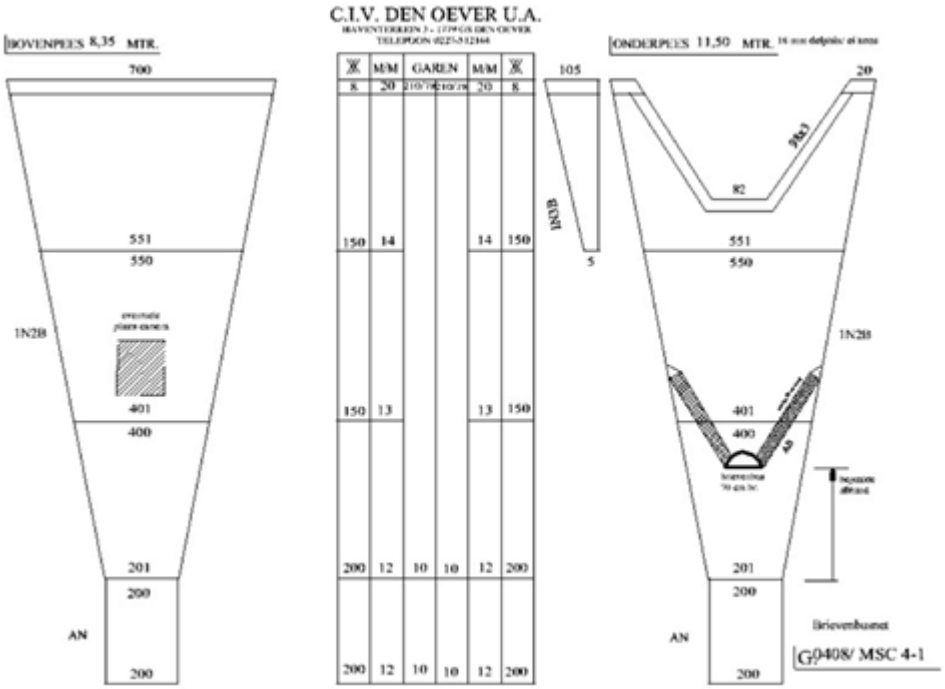
WNF. (n.d.). De impact van visserij. Retrieved 27 April 2021, from https://www.wwf.nl/wat-we-doen/focus/oceanen/duurzame-visserij

Zaalmink, W., Smith, S., Bos, O., Steins, N., Schadeberg, A., van den Bogaart, L., . . . Tamis, J. (2019, July). *Duurzame Visserij* (1928089). Wageningen Marine Research. Retrieved from https://www.wur.nl/nl/show/Programmeringsstudie-Duurzame-Visserij.htm

Bijlage I, Netinnovaties

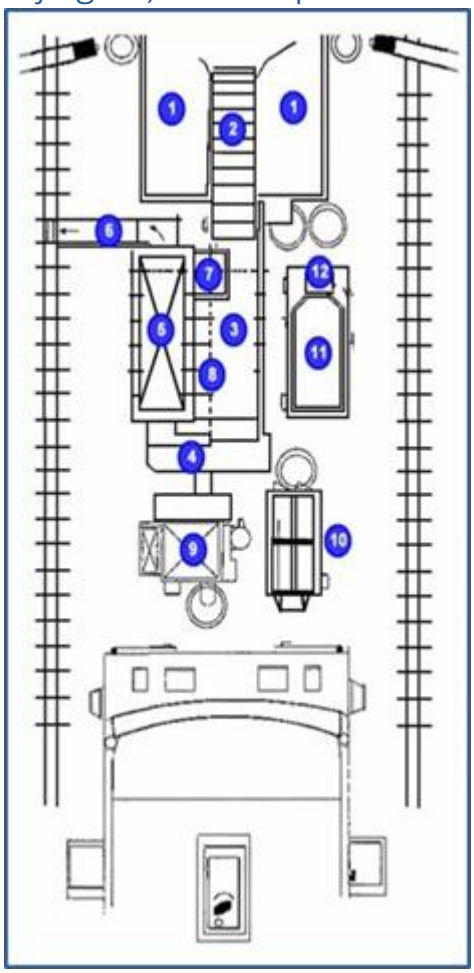


Schematische weergave van de werking van een zeeflap (Vistikhetmaar, n.d.).

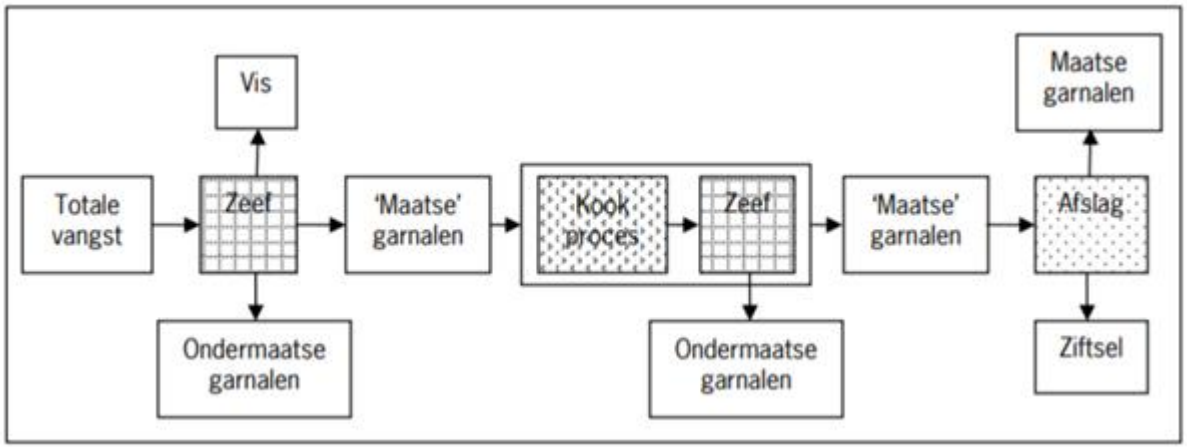


Tekening brievenbus net (Steenbergen, Machiels, Leijzer, & Oever, 2011)

Bijlage II, Sorteerproces



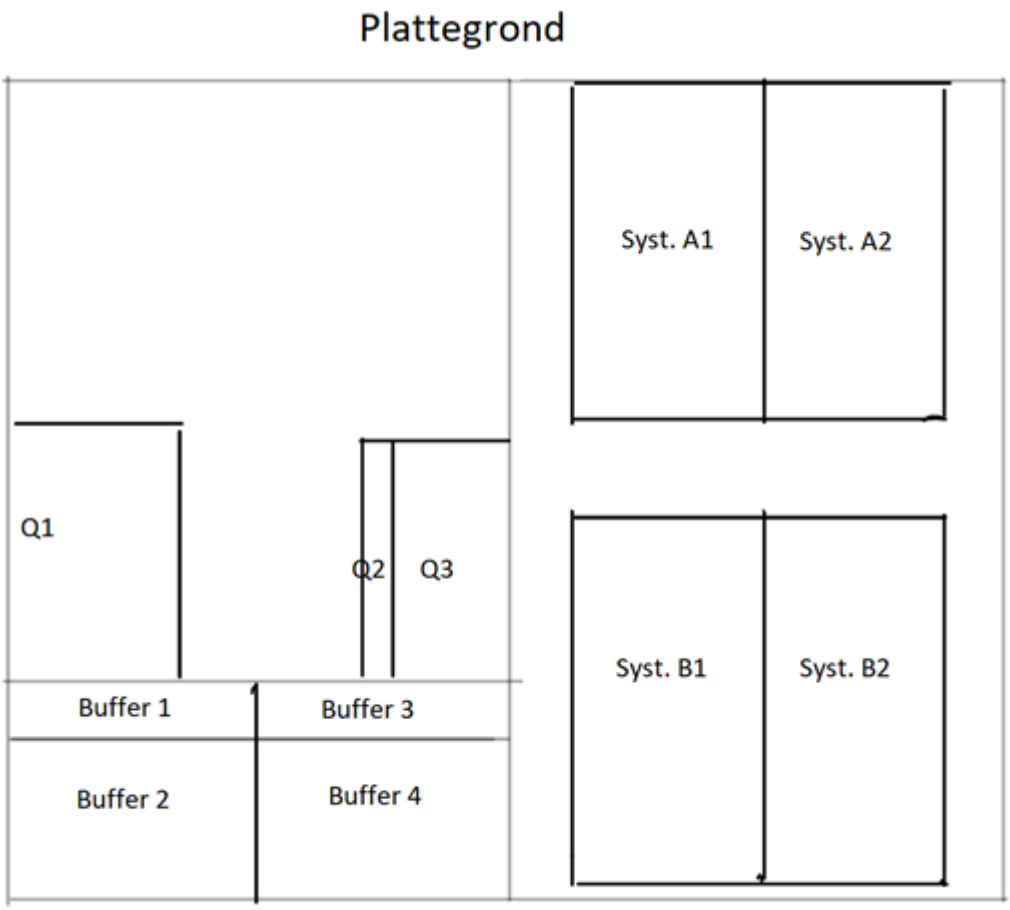
Een schematisch overzicht van de verwerkingslijn aan boord van een garnalenkotter, bestaande uit: (1) stortbakken, (2) opvoerband, (3) sorteerband, (4) transportgoot, (5) sorteermolen, (6) afvoergoot, (7) garnalenwelbak, (8) transportgoot voor de garnalen, (9) automatische kookketel, (10) spoelmolen, (11) uitzoekbak en visruimluik en het (12) stortkokerluik (Vistikhetmaar, n.d.).



Sorteerproces schematisch (I. Tulp et al., 2010)

Bijlage III, Plattegrond

Schematische weergave van opkweekruimte



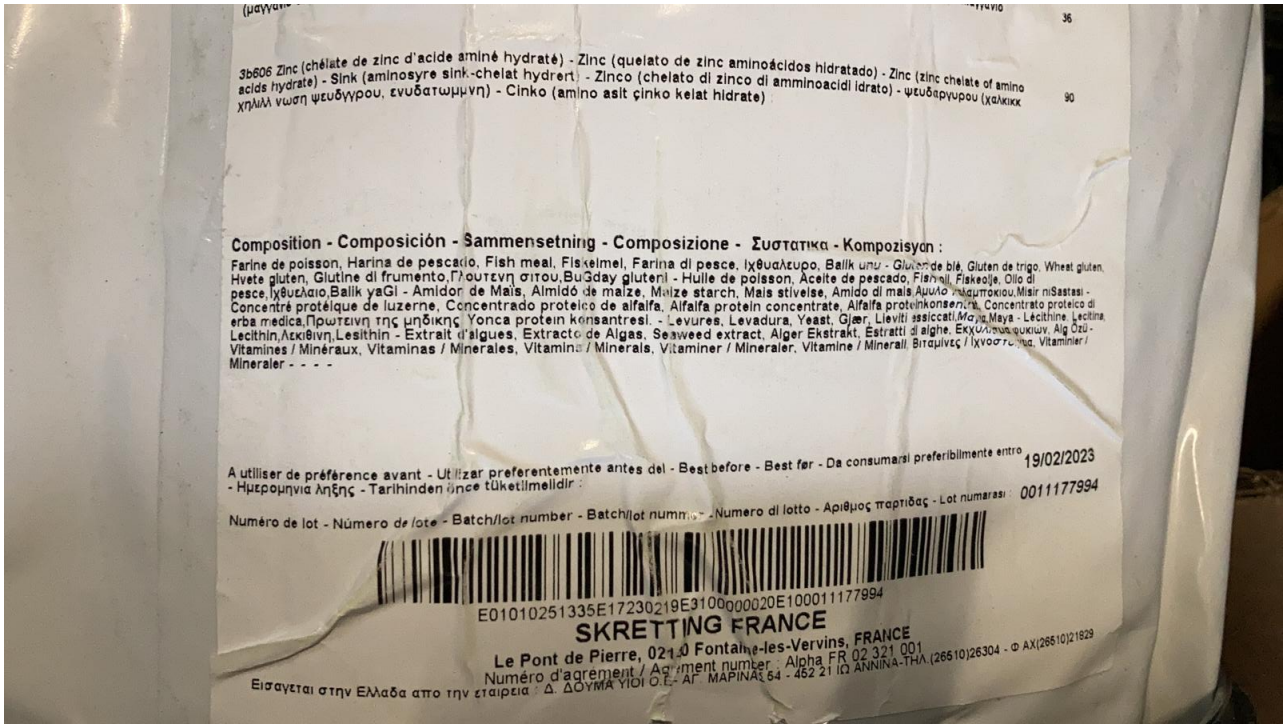
Bijlage IV, Onderhoudsplanning

Onderhoudsplanning														
		Week #												
Activiteit	Ma	Di	Wo	Do	Vrij	Za	Zo	Ma	Di	Wo	Do	Vrij	Za	Zo
Checken skimmers														
Zand schoonmaken														
schoonmaken MB														
Check Flow														
Filterzakken controlen														
Voer schaaltjes														
Dode garnalen uithalen														
pH sensor schoon														
pH callibratie														
Sensoren Seneye														
Verversen water														

Onderhoudsschema gedurende experiment

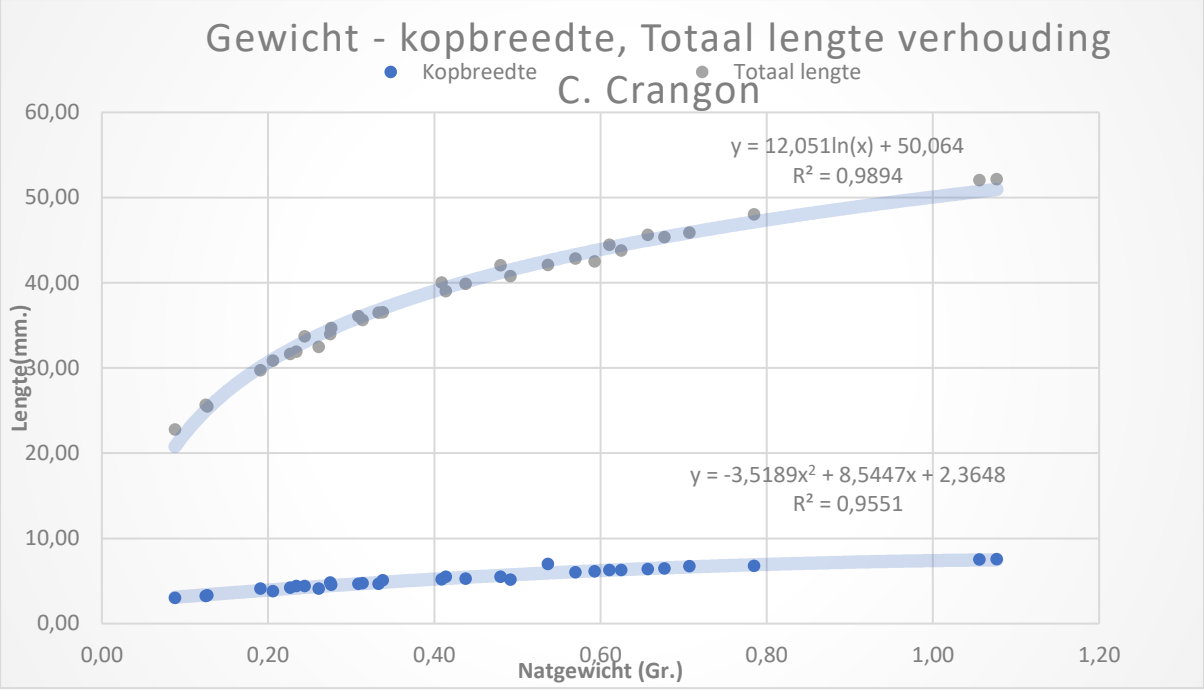
Bijlage V, Skretting Gemma Diamond

Label Skretting Gemma Diamond exacte ingrediënten



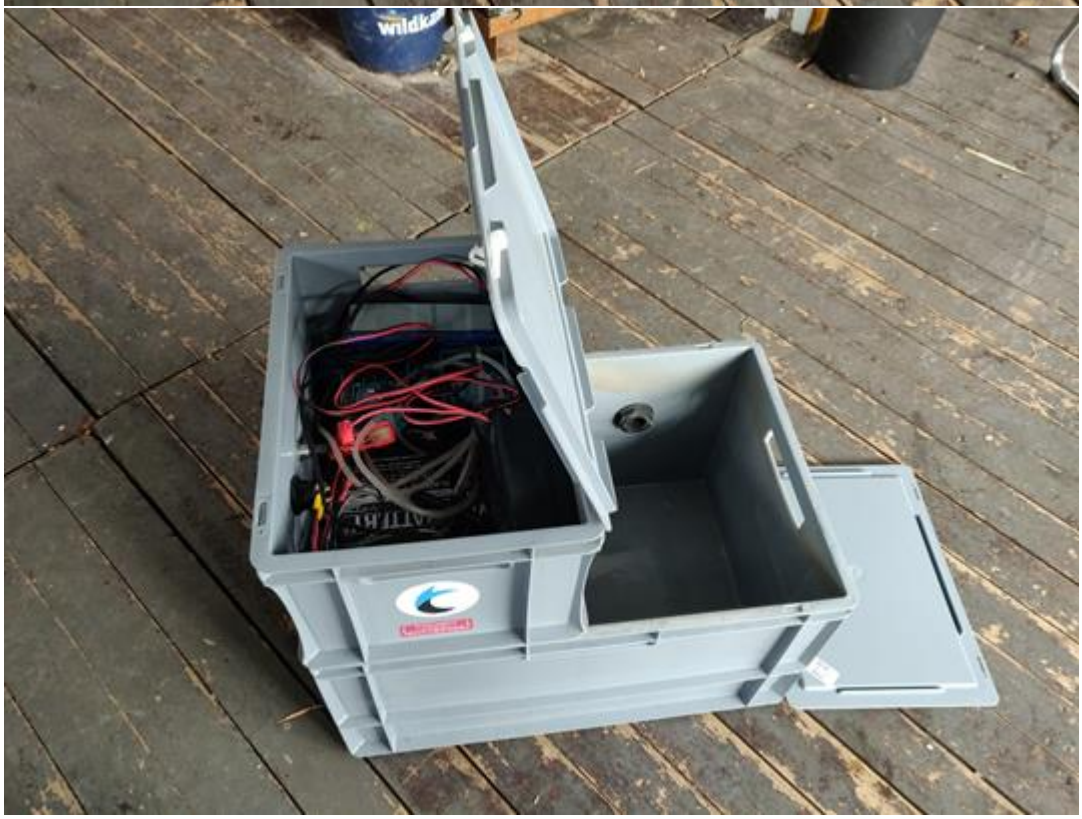
Bijlage VI, Verhouding grafiek gewicht, lengte

Verhouding tussen gewicht en kopbreedte en lengte grafiek en formules



Bijlage VII, Nattransportsysteem

Nattransportbakken



Bijlage VIII, Loonkostenberekening

Loonkosten voor productievijvers

Loonkosten – 2021, vast contract		
Bruto jaarloon	€ 1.056	
Vakantiegeld	€ 84	
Werknemersverzekeringen	€ 131	
Inkomensafhankelijke bijdrage Zvw	€ 79	+
Totaal	€ 1.350	
Extra loonkosten t.o.v. brutoloon	28%	

(Berekenhet. n.d)

Stakeholderlijst

Organisatie	Visie	Belang bij het project
Aquaculture Stewardship Council (ASC)	Een wereld waarin aquacultuur een belangrijke rol speelt bij de voedselproductie en maatschappelijke voordelen biedt, terwijl negatieve gevolgen voor het milieu tot een minimum worden beperkt (ASC, n.d.).	Een nieuwe soort waar ook een ACS-keurmerk op zit.
Marine Stewardship Council (MSC)	Duurzame vangst van vis, schelp en schaal dieren (MSC, n.d.).	Verduurzaming van de sector
Coöperatieve Visserij Organisatie (CVO)	Duurzame beroepsvisserij, door in te zetten op certificering en afzet bevordering van gecertificeerde vis (CVO, n.d.).	Verduurzaming van de beroepsvisserij.
German Brown shrimp steering group (GbR)	-	Meer kennis over de soort.
Danish Fisheries Producers Organisation (DFPO)	Een gebalanceerde visserij, waar ruimte is voor grote en kleine schepen, waar duurzaamheid en visserijbeleid hand in hand gaan voor een dynamische visserij industrie (DFPO, n.d.).	Economisch en ecologisch gezonde garnalenvisserij
Working Group on Crangon Fisheries and Life History (WGCRAN)	Het begrijpen van de interacties tussen de *C. crangon* populatie en de visserij inspanning en tussen de garnalen en het ecosysteem (WGCRAN, n.d.).	Meer kennis over de soort.
Waddenvereniging	Behoud, herstel en goed beheer van natuur, landschap en milieu en van de ecologische en cultuurhistorische waarden van het waddengebied, waaronder begrepen het noordelijk zeekleigebied, en de Noordzee als onvervangbare en unieke natuurgebieden (Waddenvereniging, n.d.).	Minder verstoring van de Waddenzee per kg product.
Greenpeace	We geloven dat een groene, duurzame wereld nodig, beter en haalbaar is. Voor die verandering moeten we de huidige status quo doorbreken (Greenpeace, n.d.).	Een gezond ecosysteem
Skretting	Aanbieden van innovatieve en duurzame voedingsoplossingen die de prestaties van de dieren, vissen en garnalen ondersteunen (Skretting, n.d.).	Resultaten dragen bij aan het creëren van een nieuwe afzetmarkt voor voederproducenten.
NoordOogst	Op een creatieve en innovatieve wijze duurzame oplossing maken voor het voedselvraagstukken (Moesker, n.d.).	Belang bij het ontwikkelen van een “nieuw” concept/business model.
ILVO	Multidisciplinair, baanbrekend en onafhankelijk onderzoek gericht op duurzame landbouw en visserij in economisch, ecologisch en maatschappelijk perspectief (ILVO, n.d.).	Meer kennis over de soort en verduurzaming van de sector