



Duurzame tarbot kweek

Een statistische benadering voor de optimale bodembedekking

Linden Joos

1/17/24

Scriptie Watermanagement



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES



Houden van vis. Seafarm

Abstract

Het doel van dit onderzoek was om statistisch een benadering te maken van de optimale bodembedekking voor tarbot in de raceways van Seafarm. Het is van belang dat de kweek duurzaam verloopt, zodat het welzijn van de tarbot niet verkeken wordt, maar er moet ook voldoende productie zijn dat de handel winstgevend is. Dit is gedaan door uit negen raceways elk 50 vissen te halen van een andere maatklasse en ze te meten en wegen. Deze data is gebruikt om een formule op te stellen die gebruikt kan worden om de bodembedekkingen van oudere batches te bepalen. Deze bodembedekkingen zijn uitgezet tegen de specific growth rate (SGR), mortaliteit, en biologische en ecologische feed conversion rate (FCR biol en FCR econ). Om statistische significantie aan te tonen is Spearman's rangcorrelatie gebruikt. Er is aangetoond dat alleen de SGR beïnvloed werd door de bodembedekking ($p < 0.05$), en dat er een optimum rond de 180% bodembedekking ligt. In het vervolg zou de waterkwaliteit meegenomen moeten worden om concreter iets te kunnen zeggen over het welzijn van de tarbot en wordt er aangeraden om een soortgelijk onderzoek te doen uit één batch tijdens de grow-out totaan verkoop.

Inhoudsopgave

Introductie.....	1
Literatuuronderzoek	2
<i>Scophthalmus maximus</i>	2
Tarbot kweek in het algemeen.....	3
Tarbot kweek bij Seafarm.....	5
Stress in tarbot.....	7
ASC-criteria	10
Materiaal & methode.....	11
Data verzameling	11
Data analyse.....	12
Statistiek.....	14
Fultons condition factor	15
ASC-scoring	15
Resultaten	18
Algemene blik.....	18
Fulton	19
Bodembedekking	20
Statistische toets	22
Discussie & conclusie	24
Bemonstering.....	24
ImageJ	24
Data	25
Conclusie	27
Aanbeveling.....	28
References.....	29
Appendices.....	32
Appendix 1: Schematische tekening van het RAS op Seafarm.....	32
Appendix 2: Gantt-planning stage.....	33
Appendix 3: Excel bestand voor dataverzameling	33
Appendix 4: Excel bestand voor eindresultaten.....	33
Appendix 5: Google drive met de tarbot foto's	33

Introductie

Aquacultuur is de afgelopen jaren een steeds prominentere industrie geworden (the fish site, 2007). Niet alleen zijn er in de laatste 25 jaar grote sprongen vooruit gemaakt op het verbeteren van de genetica van vissen en het voer, zoals een ander soort voer dat minder gebruik maakt van wilde vissen (Naylor, et al., 2021), maar ook heeft het gezorgd voor het verlagen van overbevissing van bepaalde soorten (Naylor, et al., 2021).

Eén van de vele bedrijven die deze veranderingen willen bevorderen is Seafarm. Ongeveer 25 jaar geleden werd er door Seafarm ook op de visserij van tong, kabeljauw, en garnalen gericht, maar het bedrijf is hiermee gestopt om meer te kunnen richten op het verwerken van schelpdieren als oesters en scheermessen en met name op het kweken van tarbot (Seafarm, n.d.). Het doel hiervan is om zo duurzaam en diervriendelijk mogelijk te kweken. De kwaliteit is een prioriteit over de kwantiteit, en deze visie moet gedeeld worden met andere bedrijven in de aquacultuur tak, aldus Adri Bout, oprichter van Seafarm (Seafarm, n.d.).

Er zijn al stappen gezet om duurzaam te kweken door Seafarm. Voor de kweek van tarbot wordt namelijk een recirculerend aquacultuur systeem (RAS) gebruikt. Hier zal dieper op ingegaan worden in het literatuuronderzoek, maar het houdt kortom in dat het grootste deel van het water wat gebruikt wordt herbruikbaar is (Helfrich & Libey, 1991). Verder wordt er ook alleen vis gepakt op bestelling.

Op het welzijn van de tarbot moet meer focus gelegd worden volgens Seafarm. Hier zijn op dit moment 40 raceways waar tarbot in zitten. In deze bakken zitten batches met verschillende maatklassen en leeftijden, en hebben dus allemaal een andere bezettingsdichtheid. Hoewel overbevolking geen extreem effect zou moeten hebben op tarbot, en er op enkele kwekerijen gekweekt wordt op 100 kg/m² (Svåsand, Crosetti, García-Vázquez, & Verspoor, 2007), blijkt uit onderzoek wel dat een te hoge bezettingsdichtheid stress veroorzaakt bij deze vissen (Irwin, O'Halloran, & FitzGerald, 1999), wat uiteindelijk kan leiden tot mortaliteiten.

Ook uit de praktijk is ervaren dat verschillende dichtheden leiden tot verschillende resultaten. Bij Frymarine, zuster bedrijf van Seafarm, wordt op dit moment gewerkt aan het hatchen van nieuwe tarbot larven. Het is daar geobserveerd dat de lagere dichtheid in een hoger overlevingspercentage resulteerde dan de hogere dichtheid. Hierdoor ontstaat er een probleem: om een optimale winst te halen moet er zo veel mogelijk vis gekweekt worden, maar als de dichtheid te groot is ontstaat er een stress factor voor de vis, terwijl een te kleine dichtheid leidt tot een lagere opbrengst.

Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag:

Hoe kan er een optimale bodembedekking benaderd worden voor tarbot (*Scophthalmus maximus*)?

De bodembedekking staat in direct verband met de dichtheid, maar het zegt meer over de situatie in de bakken. Bij een bodembedekking boven de 100% wordt er 'stapelgedrag' vertoond door de tarbot. Als dit optimaal blijkt te zijn voor de tarbot, betekent dit dat het dus beter is om met een hogere dichtheid te kweken.

De hoeveelheid van de gekweekte tarbot is zoals eerder benoemd niet in het enige belang van Seafarm. Het systeem moet ook in belang staan van de vis. Daarom kan de hoofdvraag opgesplitst worden in twee delen:

- Welke dichtheid is het beste voor het welzijn van de tarbot, als de ASC-criteria worden aangehouden?
- Welke dichtheid is het beste voor de groei en de productie van de tarbot.

Als deze vragen beantwoord kunnen worden, zou het inzicht geven in een klein bereik waar de groei en productie van de tarbot adequaat is voor het bedrijf, terwijl er zo weinig mogelijk stress wordt ervaren door de tarbot, en er wordt gehandeld volgens de ASC-criteria (hier zal later over geschreven worden).

Literatuuronderzoek

Voordat de onderzoeksvraag beantwoord kan worden, moet er eerst gekeken worden naar wat voor informatie er beschikbaar is. In het literatuuronderzoek wordt kort gekeken naar de tarbot zelf, wat er al bekend is in de tarbot kweek wat betreft stress factoren en andere situaties, hoe de kweek bij Seafarm verloopt, en wat de ASC-criteria zijn. Dit zal een basis vormen om de resultaten die later verkregen worden te kunnen interpreteren en over te kunnen discussiëren.

Scophthalmus maximus

De *Scophthalmus maximus*, ofwel de tarbot, is een redelijke grote en ronde platvis die leeft op zanderige en grindachtige bodems tussen de 20 en 80 meter diep (Tyler-Walters, 2008). Op de bodem jaagt de tarbot voornamelijk op kleine schaaldieren als ze jong zijn, en op andere kleine bentische vissen als ze ouder zijn (Svåsand, Crosetti, García-Vázquez, & Verspoor, 2007). Opmerkelijk is dat de tarbot een van de snelst groeiende platvissen is (Svåsand, Crosetti, García-Vázquez, & Verspoor, 2007).



Figure 1: *Scophthalmus maximus*, ook wel bekend als Tarbot

De tarbot komt in het wild voor vanaf de poolcirkel bij Noorwegen en IJsland totaan de Middellandse Zee, en langs de Europese kust tussen deze locaties in (Tyler-Walters, 2008) (Svåsand, Crosetti, García-Vázquez, & Verspoor, 2007).

Tarbot kweek in het algemeen

In de afgelopen 40 jaar is de tarbot kweek erg groot geworden, vooral vergeleken met tarbot visserij (Fernández-González, Pérez-Pérez, & Correia-da-Silva, 2022). In de EU staat Nederland op de vierde plek wat de tarbot kwekerij betreft (European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products, 2018). Hoewel Nederland in 2015 rond de 100 ton kweekte (European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products, 2018) is dat met de jaren terug getrokken tot de 60 ton (Fernández-González, Pérez-Pérez, & Correia-da-Silva, 2022).

Over het algemeen vindt de kweek van tarbot bij veel landen op verschillende manieren plaats (Person-Le Ruyet, 2002), maar een algemene manier zoals hieronder aangegeven (FAO, 2009) kan gebruikt worden als uitgangspunt.

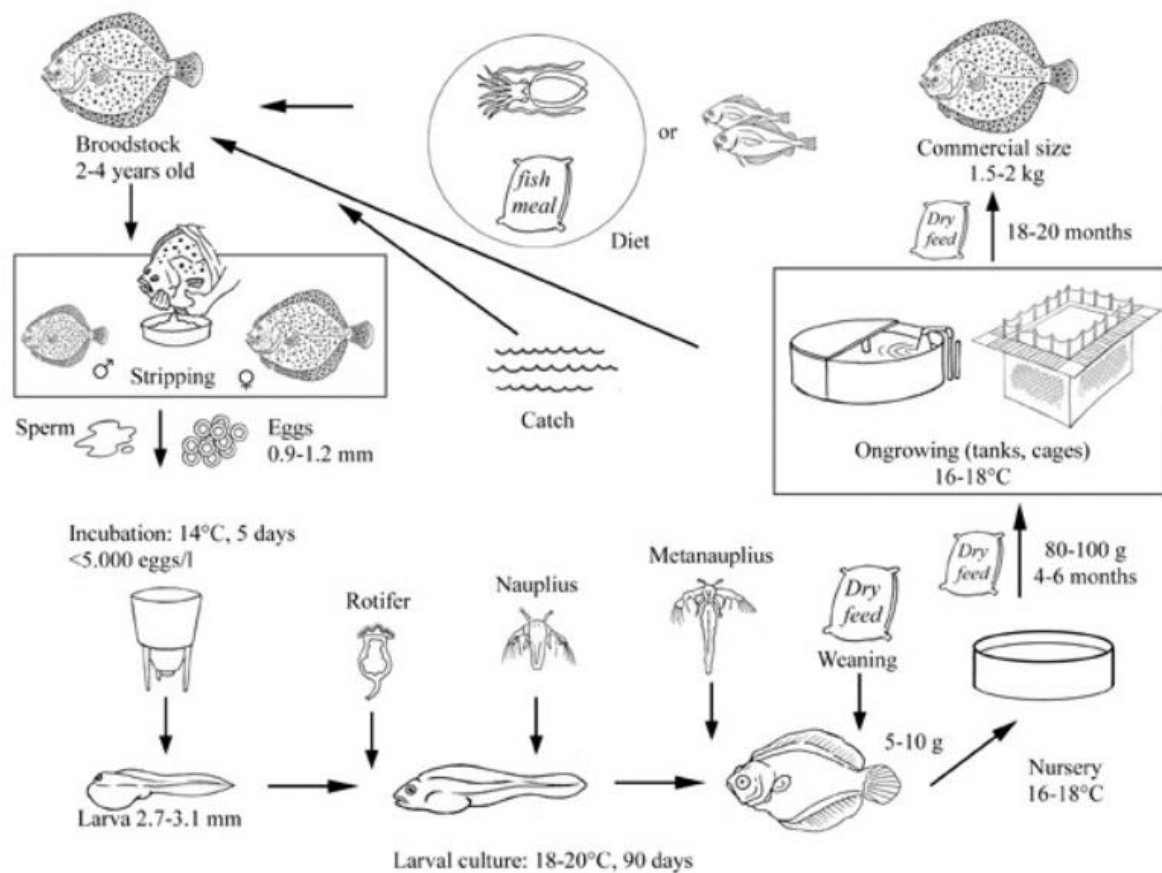


Figure 2: Productie cyclus van tarbot (FAO, 2009)

Er zijn over het algemeen drie fases bij het kweken van tarbot: de broed fase, de opgroei fase, en de uitgroei fase (Person-Le Ruyet, 2002) (Bjørndal & Øiestad, 2010). Er moet vooraf wel een broedstok zijn. De broedstok kan bestaan uit wilde individuen en gekweekte individuen (Svåsand, Crosetti, García-Vázquez, & Verspoor, 2007), maar bestaat vaker uit gekweekte vissen die uit een jarenlang selectieproces komen van vissen die eitjes/zaad produceren (Bjørndal & Øiestad, 2010). Bij de selectie wordt voornamelijk gekeken naar ziektes en geslacht (CANDAN, KARATAŞ, KÜÇÜKTAŞ, & OKUMUŞ, 2007), maar ook naar andere kenmerken zoals een hoge groeisnelheid (Rurangwa & Poelman, 2011). De broedstok tarbot wordt gehouden en verzorgd in grote betonnen tanks op een lage dichtheid (Bjørndal & Øiestad, 2010) (Svåsand, Crosetti, García-Vázquez, & Verspoor, 2007). Ze krijgen gespecialiseerde, vochtige pellets als voedsel (FAO, 2009) (Bjørndal & Øiestad, 2010).

Als de vissen oud genoeg zijn (de mannetjes 3-4 jaar en de vrouwtjes 4-5 jaar) worden ze met de hand gestript (CANDAN, KARATAŞ, KÜÇÜKTAŞ, & OKUMUŞ, 2007) (Rurangwa & Poelman, 2011). Nadat de vissen gestript zijn worden de eitjes bevrucht met het zaad.

Als de eitjes bevrucht zijn, duurt het tussen de 5 en 7 dagen voordat de embryo ontwikkeld is en de eitjes uitkomen (Bjørndal & Øiestad, 2010) (Rurangwa & Poelman, 2011). Dit gebeurt vrijwel altijd in aparte incubatietanks, die een cilindrisch-conische vorm hebben voor een optimale watercirculatie (CANDAN, KARATAŞ, KÜÇÜKTAŞ, & OKUMUŞ, 2007) (Rurangwa & Poelman, 2011). Bij het selecteren van bruikbare eitjes, wordt er naar een aantal factoren gekeken. De belangrijkste hiervan is hoe goed de eitjes blijven drijven (Rurangwa & Poelman, 2011).

Zodra de eitjes tot larven zijn uitgekomen, zijn de larven ongeveer 3 mm lang. In het begin van hun levensfase krijgen ze levend voedsel, namelijk eerst rotiferen en na 10 dagen de garnalensoort *Artemia nauplii* (Bjørndal & Øiestad, 2010). Over het algemeen worden de larven gekweekt met een dichtheid van 20000 individuen per m³ (CANDAN, KARATAŞ, KÜÇÜKTAŞ, & OKUMUŞ, 2007) (Bjørndal & Øiestad, 2010). Het water in de tanks van de larven wordt in eerste instantie langzaam ververs, hoewel dit later gelijdelijk op wordt gevoerd. Dit geldt ook voor de temperatuur van het water, wat wordt opgevoerd vanaf 15 °C naar 18 – 21 °C (CANDAN, KARATAŞ, KÜÇÜKTAŞ, & OKUMUŞ, 2007).

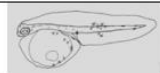
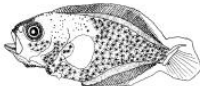
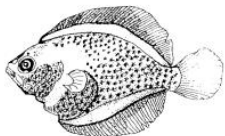
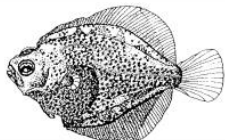
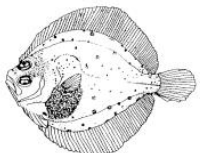
Age (days)	Size in total length (mm)	Characteristics	Illustration
0	2.5	Newly hatch larvae have unpigmented eyes, unformed mouth and closed anus. Melanophores are distributed on the central notochord	
5	4.0	The pectoral fin membrane appears.	
10	4.8	The pectoral fins are well developed. Melanophores are distributed on both the dorsal and ventral parts of the notochord	
15	6.3	Differentiation of the anal fins from the common finfold begins and melanophores on the notochord are well developed except in the posterior region	
20	9.6	The dorsal, anal and caudal fins are all differentiated; the flexion of the notochordal end has advanced rapidly and the membrane of the ventral fins appears. Many melanophores are distributed in the posterior region of the notochord.	
25	14.1	All the fin rays are functionally differentiated. Many melanophores are distributed on the notochord except the anterior region of the head	
30	17.6	The migration of the eye from a symmetrical position to one side begins	
70	43.3	The migration of right eye advances slowly compared to the relative growth of the other body parts. Fish is completely transformed at D-70.	

Figure 3: De ontwikkeling van tarbot larve naar vis (CANDAN, KARATAŞ, KÜÇÜKTAŞ, & OKUMUŞ, 2007)

Zoals hierboven is te zien in een overzicht uit “Marine aquaculture in Turkey” (CANDAN, KARATAŞ, KÜÇÜKTAŞ, & OKUMUŞ, 2007), duurt het ongeveer twee maanden voordat de larve zich tot jonge

tarbot ontwikkeld heeft. In de twee tot drie maanden die hierna volgen, krijgt de jonge tarbot droge pallets totdat ze een commercieel gewicht van tussen de 5 en 10 gram bereikt hebben (Svåsand, Crosetti, García-Vázquez, & Verspoor, 2007) (Bjørndal & Øiestad, 2010).

Nadat ze dit gewicht bereikt hebben, worden de vissen overgebracht naar een nieuw doorstroom systeem of recirculatie systeem met ondiepe tanks of raceways, en worden ze daar voor de komende vier tot vijf maanden verzorgd zodat ze groeien (Person-Le Ruyet, 2002). Op deze grootte wordt de tarbot op een relatief lage dichtheid gegroeid, namelijk op 10 kg/m² gelijdelijk toenemend naar 30kg/m². Verder worden de vissen voor het eerst gemeten en beoordeeld als ze rond de 50-60 gram zijn (Person-Le Ruyet, 2002). In deze fase is het ook belangrijk dat ze het juiste voedsel krijgen, namelijk droge pallets die langzaam naar de bodem zinken vanwege het eetgedrag van de tarbot, en dat ze gevaccineerd worden tegen bepaalde bacteriële ziektes en parasieten (Person-Le Ruyet, 2002).

Als de tarbot tot tussen de 200 en 400 gram is gegroeid, wordt deze verplaatst naar een groei tank, waar ze in het begin met 20 kg/m² gehouden worden wat later toeneemt tot 50-70 kg/m² (Bjørndal & Øiestad, 2010). Volgens Person-Le Ruyet kan tarbot tegen overbevolking, en wordt daarom wel eens op dichtheden van boven de 100 kg/m² gekweekt, maar er is echter onderzoek gedaan naar dit onderwerp waaruit blijkt dat een hogere dichtheid een stressfactor is voor de tarbot (Jia, et al., 2016). Hier zal later over geschreven worden. In deze tanks wordt de tarbot verder gegroeid voor anderhalf tot twee jaar totdat deze groot genoeg zijn voor op de markt, over het algemeen tussen de 0,8 en 1,5 kg (Bjørndal & Øiestad, 2010) (Person-Le Ruyet, 2002). Als voeding krijgen ze droge pallets, die groter worden naarmate de vis groter wordt.

Tarbot kweek bij Seafarm

Door middel van een kort interview met Luuk van der Heijden, manager van Frymarine, zal in dit deel beschreven worden hoe de vis gekweekt wordt op Seafarm in samenwerking met Frymarine.

Het kweken begint met de broedstok die gehouden wordt op Frymarine. De broedstokvissen kunnen beginnen met het geven van zaad en eitjes als ze rond de drie jaar oud zijn, en er wordt gedacht dat vijf jaar oud de optimale leeftijd is. In totaal wordt er op Frymarine in vier seizoenen vis gestript. Elke tank bevat één 'seizoen'. Een seizoen duurt ongeveer zes tot acht weken. Dit is het 'natuurlijke seizoen' van de vis, dus het seizoen wat de vis in de natuur aan zou houden om vruchtbaar te zijn. De andere drie seizoenen worden artificiële opgewekt door het manipuleren van het licht en de temperatuur van het water. Het begin van een seizoen is te herkennen aan het feit dat de tarbot weinig tot niet meer eet. Als een seizoen begonnen is, kunnen de vissen gestript worden. Dit houdt in dat er zaad en eitjes van de tarbot met de hand uit de onderzijde van de vis wordt geduwd. De eitjes worden dan bevrucht door ze met het zaad in een maatbeker met zout water te mixen.

Ongeveer 10 minuten na het mixen zijn de eitjes bevrucht en worden ze overgeplaatst in een 37 liter cone. Hier worden ze gedurende vier tot vijf dagen gehouden en twee keer ontzout totdat ze uitkomen. Bij ontzouten worden de onbevruchte of slechte kwaliteit eitjes uit de batch gehaald. Dit is te herkennen aan het drijfvermogen van de eitjes. Als de eitjes zinken, betekent dit dat ze onbevrucht of van slechte kwaliteit zijn.

Zodra de eitjes uitgekomen zijn, worden ze overgebracht naar het larvensysteem. Dit zijn tanks van 4,5 m³. De eerste drie dagen krijgen de larven niks te eten. Hierna krijgen ze rotiferen, ookwel bekend als radarbeestjes. Verder worden er probiotica toegevoegd, een bacteriecultuur die zorgt voor een betere waterkwaliteit, en algen, die ervoor zorgen dat de larven rustig blijven. Na zeven dagen gaan de larven over op artemia (pekelkreeftjes). In eerste instantie krijgen de larven onverrijkte artemia, wat over gaat naar verrijkte artemia naarmate de larven groter worden. Het grootste verschil tussen onverrijkt

en verrijkt is de maat van de artemia. Verrijkte artemia zijn namelijk groter dan onverrijkte artemia. Dit krijgen ze tot twintig dagen na het uitkomen. Daarna gaan de larven voor het eerst over op droog voer. Dit begint met droog voer dat stofachtig is, maar wordt langzaam opgevoerd qua grootte naarmate de larven wennen aan het droge voer en zelf groter worden. Hier blijven ze tot dag 30 – 40. Daarna zijn het geen larven meer en worden ze overgeplaatst naar raceways, waar ze in het begin rond de 0,5 gram wegen. Hier blijven ze tot 4 maanden na het uitkomen. Dan worden ze in een tub geplaatst en getransporteerd naar Seafarm. Op dit moment horen ze tussen de 20 en 25 gram te wegen. De tarbot wordt op Seafarm dan in raceways geplaatst, waar ze groeien totdat ze verkocht kunnen worden. Hier krijgen ze drijvende droge pallets te eten, in verband met de ondiepe raceways. Een gewicht van 400 gram is de minimale verkoopmaat.

Er wordt gebruik gemaakt van een RAS (recirculerend aquacultuur systeem) bij zowel Frymarine als bij Seafarm. Zoals benoemd in de introductie is een RAS een duurzaam systeem dat het grootste deel van het water hergebruikt. Al het water wat rondgepompt wordt in een RAS wordt op de locatie gefilterd en gereinigd om het rendement zo hoog mogelijk te houden en het risico van besmetting en vervuiling zo klein mogelijk te maken (Wageningen University & Research, n.d.). Een groot voordeel van een RAS systeem is dat externe omstandigheden die in de natuur invloed zouden hebben op het water bijna compleet geëlimineerd worden (Bregnballe, 2015). Er kan dus een compleet gecontroleerde situatie gecreëerd worden.

Hoewel de gecontroleerde situatie en de verkleinde kans op ziektes door de beperkte wateraanvoer grote voordelen zijn, is het wel van belang dat het water goed wordt gezuiverd. Als vervuilingen zoals extra stikstof door overgebleven voedsel of uitwerpselen van de tarbot in het water blijven, kan dit voor problemen zorgen. Ook moet er constant zuurstof in het water gepompt worden om de vissen levend te houden. Zij verbruiken namelijk voortdurend zuurstof voor het zwemmen en het verbranden van voedsel.

Figure 4: Biodragers die op Seafarm gebruikt worden

Seafarm beschikt over drie zoutwaterbronnen die dienen voor al het water op de kwekerij. Niet alleen wordt het gebruikt voor de kweek van de tarbot, maar ook voor het verwateren van de oesters en andere schelpdieren. In dit onderzoek is echter alleen de viskweek van toepassing. Hiervoor wordt zoals eerder gezegd een RAS gebruikt. Hier is in Appendix 1: Schematische tekening van het RAS op Seafarm een schematische tekening van te zien, die gemaakt is door te kijken naar de P&ID (process & identification) en door de zogenaamde bioruimte op Seafarm te observeren. Met een mondelinge beschrijving van de technische dienst en de P&ID kan het systeem als volgt worden beschreven: Eerst wordt het water opgepompt uit de drie bronnen waar Seafarm over beschikt. Het wordt meteen doorgepompt naar een ontijzeringsinstallatie die bestaat uit zandfilters om het eventuele ijzer in het water te verwijderen. Hierna wordt het naar een pomp put getransporteerd, die dient als opslag voor het nu ontijzerde water. Vanuit de pomp put wordt het water naar de header gepompt. De header is een grote bak boven de raceways die dient als buffer voordat het water verdeelt wordt over de raceways. Het verdelen van het water over de raceways gebeurt per laag. Er zijn namelijk 8 lagen met elk 5 raceways. Het water wordt volledig via zwaartekracht naar elke laag gebracht, waar het door elke raceway wordt gepompt. De zuivering van het water gebeurt per laag. Het water komt uit de raceways terecht in een drumfilter. Dit drumfilter draait rond en heeft een koker van selectief permeabele membranen (6 µm) die alleen permeabel zijn voor water. Op deze membranen komt het vuil terecht. In de drumfilters zitten sproeiers die het vuil van de membranen in een goot spuiten. Dit afvalwater wordt vervolgens weggevoerd naar de bezinkputten. In de bezinkput blijft het water een tijd staan zodat het overgebleven vuil nog kan bezinken, waarna het water geloosd

wordt in de Oosterschelde. De slib die overblijft na het bezinken wordt 3 tot 4 keer per jaar weggepompt en getransporteerd.



Het gezuiverde water in het drumfilter spoelt daarna over naar de biofilters. Deze biofilters zijn een soort MBBR (moving bed bioreactor). Er worden biodragers toegevoegd aan het water die in beweging worden gehouden door mixers (Lenntech, n.d.). Deze dragers hebben relatief een erg groot contactoppervlak. Dit zorgt ervoor dat er makkelijk bacteriën op kunnen groeien die nodig zijn voor de biologische afbraak van stikstof, fosfor, en ander organisch materiaal (STOWA, 1993). De MBBR is echter niet de enige zuiveringsmethode die hier plaatsvindt. Vanuit de biofilters stroomt er ook water naar ozonskimmers. In deze ozonskimmers wordt er water middenin de tank door een bellenpomp gestuurd, waarna het onderin weer in de skimmer komt. Verder wordt er ook ozon via venturis onderin de tank geblazen, waardoor erg kleine ozonbelletjes ontstaan. Deze hechten zich aan overgebleven organisch materiaal en breken dit af (Langlais,

Reckhow, & Brink, 1991), wat vervolgens met de bellen uit de bellenpomp omhoog wordt geduwd. Dit wordt dan uitgestoten als schuim, wat vervolgens afgespoten wordt in een afvoerbuys voor afvalwater. Het schone water stroomt vervolgens terug het biofilter in, waarna het naar de raceways terug gestuurd wordt. Zo ontstaat er een gesloten systeem met recirculerend water en een minimale afvalstroom.

Stress in tarbot

Zoals eerder is benoemd, is op een zo een groot mogelijke dichtheid kweken van groot belang voor veel bedrijven. Hoe meer vis gekweekt kan worden, hoe meer vis verkocht kan worden. Hier wordt anders over gedacht door Seafarm. Het doel is hier om de tarbot zo te kweken, dat ze zo min mogelijk stress ondervinden met een zo hoog mogelijke groei. Er moet wel genoeg vis gekweekt worden om nog profitabel te zijn, dus moet er een goede, flexibele balans tussen zitten.

Er wordt bij Seafarm vermoed dat de dichtheid waar de vis op gekweekt wordt een grote invloed heeft op de stress die de vis beleeft. Dit is echter niet de enige factor die invloed kan hebben op hoe gestresst een vis is. Volgens Iwama zijn er drie soorten stress orzaken, namelijk stress veroorzaakt door de milieu stressfactoren, fysieke stressfactoren, en biologische stressfactoren (Iwama, Stress in fish, 2006).

Bij de omgevings- of milieu stressfactoren gaat het over het algemeen over vervuilingen in het water en plotselinge veranderingen. Als het water vies is, worden de vissen onrustig. Bij Seafarm is geobserveerd dat ze bijvoorbeeld veel gaan zwemmen als er vuil in het water drijft. Dit wil je niet hebben, aangezien de vissen dan meer zuurstof gebruiken. De plotselinge veranderingen komen vaak door abiotische factoren die gaan fluctueren. Denk hier bijvoorbeeld aan temperatuur, pH, of aan een lichtcyclus die ineens aangepast is (Iwama, Stress in fish, 2006).

Bij fysieke stressfactoren komt de vis vaak in contact met menselijke handelingen (Iwama, Stress in fish, 2006). Hierbij gaat het om handelingen als de vis uit het water halen om te wegen of te strippen, de transport van de vissen, of een overbevolkte tank. Vaak gebruikte manieren om vis te stressen voor studies zijn bijvoorbeeld het uitputten van vissen door ze op te jagen of door ze even in een netje boven water te houden (Iwama, Afonso, & Vijayan, Stress in fishes, 2005).

Ook zijn er biologische stressfactoren (Iwama, Stress in fish, 2006). Hoewel deze vaak in gecontroleerde milieus worden veroorzaakt, komen ze ook wel eens in de natuur voor. Het gaat hier vooral om dominante hiërarchieën, waarbij individuen strijden om dominantie binnen een beperkt gebied (bijvoorbeeld een kleine tank) (Iwama, Afonso, & Vijayan, Stress in fishes, 2005).

Om de stress te kunnen verwerken, zijn er drie niveaus waarop de vis met stress om kan gaan, namelijk primair, secundair, en tertiair (Iwama, Stress in fish, 2006).

De eerste, primaire respons die de vis ervaart is een endocriene respons (Iwama, Afonso, & Vijayan, Stress in fishes, 2005). Dit houdt in dat de vis bepaalde hormonen en enzymen meer of minder gaat aanmaken. Cortisol is bijvoorbeeld een hormoon dat vaak gebruikt wordt als een indicator voor stress (Jia, et al., 2016). Er is geobserveerd dat bij blootstelling aan stress de cortisol niveaus in de vis stijgen (Figure 5). Dit gebeurt meer bij vis gekweekt op hogere dichtheden dan bij middelmatige en lage dichtheden. Ook wordt er meer glucose afgegeven (Jia, et al., 2016).

Veel enzymen hebben echter een lagere activiteit tijdens stress dan normaal, zo is gebleken uit een onderzoek waarbij het slijm van de vis is onderzocht bij stress situaties (Jia, et al., 2016). Eén van deze soort enzymen zijn de lysozymen. De lysozymen spelen een erg belangrijke rol in het immuunsysteem van vissen omdat ze de celwand van bacteriën breken (Saurabh & Sahoo, 2008).

Deze veranderingen zorgen direct voor de secundaire stress respons, waardoor er veranderingen in de hematologie en de chemie van het bloed waargenomen kunnen worden (Iwama, Afonso, & Vijayan, Stress in fishes, 2005). Zoals eerder verondersteld is, wordt er meer cortisol en adrenaline aangemaakt door de vis. Dit heeft direct effect op de lever, die verantwoordelijk is voor het maken van glucose. Ook is er meer glucose nodig omdat gestresst zijn erg veel energie kost (Lankford, Adams, Miller, & Chec Jr., 2005).

Als de vissen zich niet kunnen aanpassen aan de plotselinge of ernstige veranderingen in niet alleen het water, maar ook hun lichaam, ontstaat er een tertiaire respons. Bij deze respons zullen er veranderingen plaatsvinden in de hele vis, of zelfs een hele populatie (Iwama, Stress in fish, 2006). Denk bij deze veranderingen aan een lagere groei en een kleinere kans om te reproduceren. Men denkt dat dit komt doordat het omgaan met stress, zoals eerder genoemd, erg veel energie kost, wat dan weggenomen wordt van de groei en reproductie (Iwama, Afonso, & Vijayan, Stress in fishes, 2005). Hoe ernstig deze stress factoren de vis beïnvloeden ligt sterk aan de duur en de intensiteit van de stress factor.

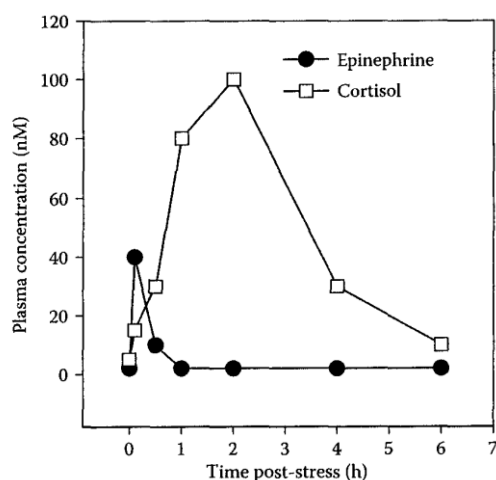


Figure 5: Schematische weergave over hoe cortisol niveau stijgt na stress in vissen (Iwama, Afonso, & Vijayan, 2005)

Naar één van deze tertiaire responsen is nader onderzoek gedaan, namelijk de groei. Irwin, O'Halloran en FitzGerald hebben in hun onderzoek laten zien dat de bezettingsdichtheid, een fysieke stressfactor en oorzaak voor een tertiaire stress respons, wel degelijk effect had op de groei van tarbot. Ze hebben dit gedaan door te kijken naar de SGR (specific growth rate) en naar een coëfficiënt CV% die variatie in gewicht laat zien. Dit hebben ze berekend voor vier verschillende dichtheden, waarvan elke dichtheid 4 tanks had. Hieruit bleek dat de hoogste dichtheid de laagste SGR had en de hoogste CV%. Dit betekent dat de vissen in deze tanks het minste gegroeid waren, maar wel het meest uit elkaar gegroeid qua gewicht. Volgens dit onderzoek zou een optimale bedekking onder de 100% liggen voor jonge tarbot, in tegenstelling tot andere platvissoorten als heilbot, waarvan geschat wordt dat het optimum tussen de 100 en 200% ligt (Irwin, O'Halloran, & FitzGerald, 1999).

Hoewel een ander onderzoek niet over tarbot maar over grote geelstaart gaat, komen de resultaten wel op hetzelfde neer als eerder aangetoond: bij een hoge dichtheid worden de vissen meer gestresst (hogere cortisol niveaus), is er minder groei, en wordt het voedsel een stuk slechter benut wat resulteert in een lagere SGR en FCR (food conversion rate) (Fernández-Montero, et al., 2020).

Verder wordt er ook meer slijm aangemaakt door de productie van een enzym (Fernández-Montero, et al., 2020) (Jia, et al., 2016). De hoeveelheid slijm wat aangemaakt wordt door de vis kan dus als indicator gebruikt worden voor stress die de vis ervaart. Dit is weer een gevolg van de secundaire respons, aangezien de hoeveelheid slijm gezien kan worden als een fysiologisch effect wat ontstaan is door een primaire, endocrine respons. Er is aangetoond dat cortisol en andere enzymen meer prominent aanwezig waren in het slijm van vissen die gestresst zijn dan in het slijm van vissen die niet gestresst zijn (Guardiola, Cuesta, & Esteban, 2016).

ASC-criteria

Tegenwoordig is er een commercieel belang voor een label dat aangeeft dat kwekerijen duurzaam en diervriendelijk kweken. Een product met zo een label wordt sneller gekocht door een consument dan een product zonder dit label (Stichting Aquaculture Stewardship Council Foundation, n.d.). De Aquaculture Stewardship Council, afgekort ASC, is een organisatie die zo een label aan bedrijven kan uitreiken. Elk jaar komt de ASC bedrijven die in aanmerking komen voor een ASC-certificaat of er al één hebben controleren in zogenaamde audits. Het ASC controleert hier volgens een strict protocol of de bedrijven aan de voorwaarden voldoen. Het kijkt bijvoorbeeld of bedrijven negatieve impacten op het milieu zo veel mogelijk minimaliseren, of bedrijven hun werknemers eerlijk betalen en behandelen, en of bedrijven een goede buurman vormen voor omringende stakeholders.

De ASC is trechtervormig opgebouwd. Alles bij elkaar heet de ASC-standaard. Deze standaard bestaat uit meerdere principes. De principes sorteren de criteria op basis van thema. Als laatst bestaan de criteria uit indicatoren. Indicatoren zijn aspecten die te controleren zijn, zodat er aan de criteria voldaan kan worden. De beoordeling voor al deze criteria wordt gedaan met 'compliant' als alles in orde is, of een 'NC' als er een probleem is. NC staat voor 'non-compliance' en is opgedeeld in een minor non-compliance en een major non-compliance. Minor NC's kunnen nog veranderen in major NC's als aan deze minor NC de volgende audit nog steeds niet voldaan is.

Er zijn verschillende criteria voor verschillende soorten kwekerijen, en moet Seafarm voldoen aan de criteria voor platvis kwekerijen. Het is Seafarm gelukt om de eerste ASC-geverifieerde platvis kwekerij te zijn. De criteria die van toepassing zijn op dit project zullen in de methode in dieper detail beschreven worden.

Materiaal & methode

Dit onderzoek bestaat eigenlijk uit drie verschillende fases. Als eerste was de onderzoeksfase, die in het hoofdstuk hiervoor behandeld is. Dit bevat de theoretische achtergrond die gebruikt is bij de interpretatie van de resultaten en de discussie. Hierna volgt het verzamelen van de nodige data. De methode hiervoor zal in dit hoofdstuk beschreven worden. Als laatste komen het analyseren en het interpreteren van de verzamelde data. De analyse zal hier ook beschreven worden, maar de interpretatie volgt in het volgende hoofdstuk.

Data verzameling

Het idee van dit project is om te kijken naar de huidige bodembedekkingen en dichtheden waar de vissen op dit moment in leven. Dit zal gedaan worden door eerst uit negen verschillende batches, elke met een andere maatklasse, 50 vissen te wegen op een weegschaal met een witte ondergrond. Het gewicht hiervan wordt op een briefje geschreven en bij de vis op de witte ondergrond gelegd. Daarna wordt er een lineaal bijgelegd om als schaal te dienen voor het programma wat later gebruikt wordt voor data analyse, en er wordt een foto van gemaakt. Een voorbeeld hiervan is te zien in Figure 6. Nadat de vissen gewogen zijn, worden ze van de weegschaal gehaald en in een tub met water gelegd die belucht wordt met een zuurstofsteen, of worden ze meteen in bakken weggebracht naar de juiste bakken door werknemers van Seafarm. Uit de volgende batches met bijbehorende maatsklasse is de tarbot gehaald:

- Tar2023/04 (100-200g)
- Tar2023/01 (200-300g)
- Tar2022/07 (300-400g)
- Tar2022/04 (400-500g)
- Tar2021/02 (500-600g)
- Tar2021/07 (600-700g)
- Tar2021/07 (700-800g)
- Tar2021/02 (800-900g)
- Tar2021/10 (900-1000g)

Batchnamen bestaan uit het 'Tar' gedeelte dat staat voor tarbot, en de datum die staat voor de datum wanneer de tarbot binnengekomen is bij Seafarm vanuit Frymarine. De tarbot wordt niet alle 50 in één keer uit de bak gehaald en in een kist gelegd. Ze worden er per rond de 20 uitgehaald, zodat ze niet te gestresst worden doordat ze met te veel op elkaar liggen. Er wordt uit negen verschillende maatsklassen tarbot gepakt omdat er verwacht wordt dat niet elke maat vis tegen dezelfde bodembedekking en dichtheid kan. Ook resulteert dit later in een formule die gebruikt is voor de data-analyse.



Figure 6: Voorbeeld van een foto van de tarbot (eigen foto)

De foto's moeten wel aan een aantal voorwaarden voldoen voordat ze gebruikt kunnen worden in ImageJ. Ten eerste moet er een exacte lengte bekend zijn waar we de vis naast gelegd wordt. Het licht is een andere factor waar op gelet moet worden. De foto mag niet te donker zijn, maar er mag ook niet te veel licht opvallen. Er moet dus een goede balans in het licht zijn zodat dit zo neutraal mogelijk is. Ook moet het onderwerp, in dit geval de tarbot, goed te zien zijn op de ondergrond. Hiervoor is een witte plastic ondergrond gebruikt, die in sterk contrast staat met de donker gekleurde vissen. Als laatste moet ervoor gezorgd worden dat het toestel waar de foto's mee genomen worden zo horizontaal mogelijk wordt gehouden.

Nadat deze handelingen verricht zijn, worden de gewichten in een Excel bestand gezet. Zodra alle foto's zijn geüpload en alle data is ingevoerd kan er gewerkt worden met ImageJ.

Data analyse

De resultaten zijn geanalyseerd in deze fase. Dit is ten eerste gedaan via 'imageJ', een foto verwerkings- en analyseprogramma. Hiermee kunnen de foto's van de tarbot geanalyseerd worden. Met behulp van de schaal met een bekende afmeting, kan imageJ de oppervlakte van de vissen bepalen (Merino, Conklin, & Piedrahita, 2022). Met behulp van een intern protocol kunnen de volgende stappen hiervoor gevolgd worden:

1. Laad de foto van de tarbot in ImageJ
2. Bepaal de schaal door een lijn langs de lineaal te trekken met de "lines" knop en vervolgens op "Analyze" → "Set scale" te klikken. Vervolgens kan bij "Known distance" de lengte van de lineaal ingevoerd worden en bij "Unit" de eenheid die gebruikt wordt. In dit project is dat cm.
3. Zorg ervoor dat de vis één kleur is. Dit kan gedaan worden door naar "Image" → "Adjust" → "Color threshold" te navigeren. Er opent een menu met meerdere opties die bepalen hoe de vis gekleurd wordt, zoals helderheid en saturatie. Er zijn hiervoor geen exacte waarden aangezien elke vis anders gekleurd heeft en elke foto een andere belichting, dus deze moeten voor elke foto veranderd worden.
4. Selecteer de gekleurde tarbot. Dit kan door met de "Tracing tool" te dubbel klikken. Er is een gele omtrek te zien om de tarbot.
5. Verkrijg de resultaten via "Analyze" → "Measure". Een voorbeeld van het eindresultaat is hieronder te zien.

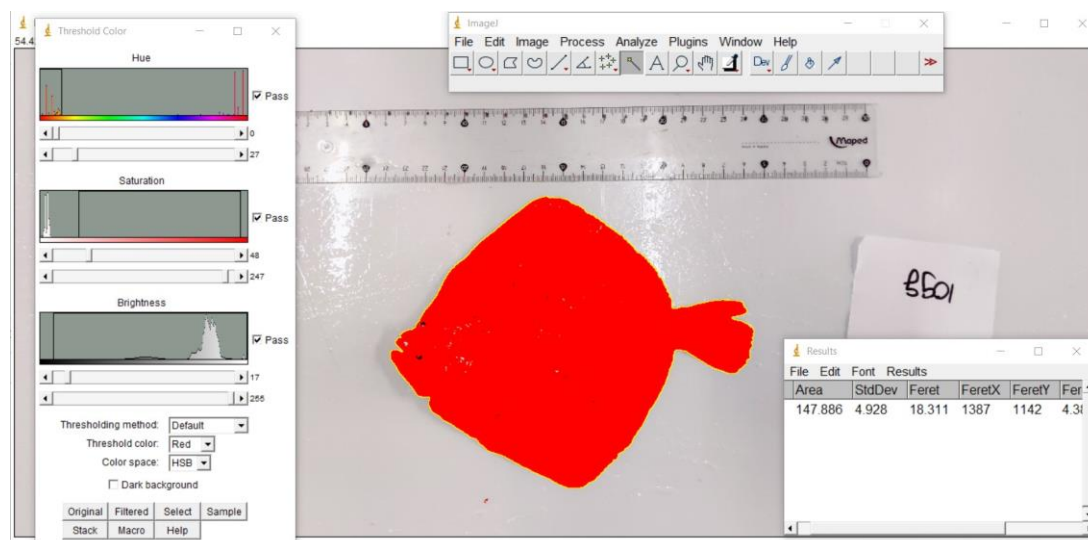


Figure 7: Voorbeeld analyse in ImageJ

Uit de analyse wordt niet alleen de oppervlakte bekend, maar ook de “Feret”. Dit refereert naar de Feret diameter, de diameter tussen twee parallel lopende raaklijnen van een deeltje of object (Zhang, Wang, & Luo, 2022) zoals te zien in Figure 8 (LOURENÇO, WOCHE, BACHMANN, & SAULICK, 2015). Het programma gaat dus kijken naar elke pixel in de omtrek, en naar de raaklijnen van deze punten. Dan worden deze raaklijnen met elkaar vergeleken en gekeken of er een andere raaklijn is die parallel loopt hieraan. Als dit bij meerdere pixelparen het geval is, wordt er gekeken welke raaklijnen hiervan het verst uit elkaar liggen. Normaal is er een minimum en maximum Feret diameter, maar in ImageJ staat alleen de maximum gegeven. Hiermee zal de lengte bepaald worden.

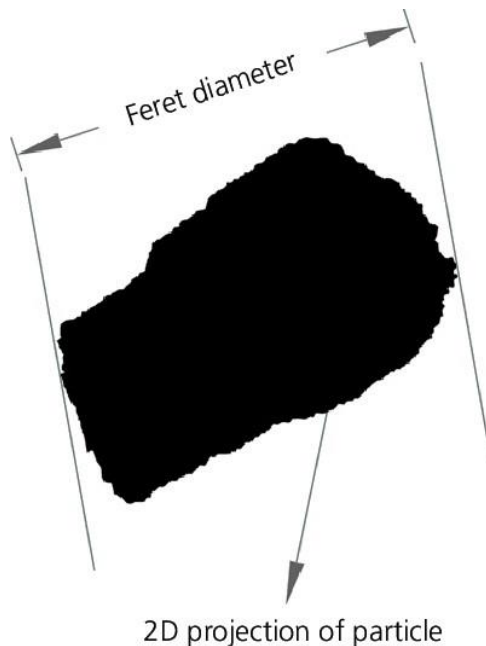


Figure 8: Voorbeeld van een Feret diameter (LOURENÇO, WOCHE, BACHMANN, & SAULICK, 2015)

Zodra de oppervlaktes bekend zijn vanuit ImageJ, kan er een bodembedekking berekend worden met behulp van de totale oppervlakte van de raceways. Aangezien het aantal vis/de biomassa in het systeem staat, kan de volgende reeks formules toegepast worden:

$$k = \frac{A_{gem}}{W_{gem}}$$

Hierbij is k een tussenstap voor het resultaat wat hieruit volgt. A_{gem} is de gemiddelde oppervlakte voor de vis die verkregen is uit ImageJ, en W_{gem} is het gemiddelde gewicht van de vissen die gewogen zijn. De eenheid van k is cm^2/kg .

$$B\% = \frac{k * bm * \frac{1}{10}}{A_r} * 100\%$$

Bij deze formule is B% de bodembedekking uitgedrukt als een percentage. Verder is bm hier de biomassa in kg en A_r de oppervlakte van de raceway in m^2 . Er wordt in het bovenste gedeelte nog vermenigvuldigd met $\frac{1}{10}$ om de cm^2 te verrekenen naar m^2 en de kg naar g.

Deze formules zullen op elke geteste batch toegepast worden, en zullen uitgezet worden op een grafiek.

De 'constante' k kan hierna toegepast worden op data van voorgaande jaren. Wel is belangrijk dat de k van de juiste gewichtsklasse wordt gebruikt. Als deze dan toegepast wordt op de reeds bestaande data van voorgaande jaren, kan er voor elke batch een grafiek geplot worden. Deze grafieken zullen vervolgens een trend geven over hoe de bodembedekking is veranderd.

Hiernaast zal ook nog gekeken worden naar bepaalde factoren die te maken hebben met groei. Hoewel deze beschikbaar zijn van de voorgaande jaren, moeten deze voor de nieuwe batches berekend worden. Het gaat dan om de volgende factoren:

$$\text{Groei } G \text{ (absoluut): } G = m_t - m_0$$

Hierbij is elke eenheid g. W_t is het gemiddelde gewicht van de vis na t aantal dagen, en W_0 is het gemiddelde gewicht van de vis op het begin. De gewichten zullen verzameld worden tijdens de maandelijkse monsterring die wordt gedaan op Seafarm. Hierbij wordt er van elke batch in de kwekerij een sample genomen, en daar een gemiddelde van berekend samen met de SRG en andere factoren die van belang zijn in vergelijking met de voorafgaande bemonsterring.

$$\text{Specific growth rate (SGR): } SGR = \frac{\ln(m_t) - \ln(m_0)}{t} * 100\%$$

De SGR is de groei van de vis per dag over t aantal dagen, weergegeven als percentage. De tijd t is dus in dagen en de SGR in d^{-1} .

$$\text{Mortaliteit } M: M = \frac{N_0 - N_t}{t} * 100\%$$

De mortaliteit geeft een percentuele hoeveelheid dode vis aan over t aantal dagen. Hierbij is N_0 het aantal vissen op het begin en N_t het aantal vis na t dagen.

$$\text{Feed conversion ratio (FCR): } FCR = \frac{F}{G}$$

FCR geeft aan hoeveel voedsel de vis heeft omgezet in energie/groei. F is hier de voedsel dosis in kg en G is de absolute groei van de biomassa, ook in kg. De FCR krijgt dus de eenheid kg/kg (kilogram voer per kilogram vis).

Statistiek

De gegevens zijn in een tabel gezet per tijdseenheid per batch, en kunnen zo vergeleken worden met de bodembedekking en dichtheid. Hier kan een Spearman correlatie berekend mee worden om te kijken of er verband zit tussen de dichtheid en de groei. De Spearman's rangcorrelatie is een methode om nonlineaire statistische significantie te kunnen vinden. Dit wordt gedaan door de data te ordenen in een rangschikking, en de correlatie tussen de rangen van de data te berekenen. De foto's van de vissen worden ook gebruikt om een trend te plotten. De gemeten gewichten worden namelijk uitgezet tegen de oppervlaktes die bepaald zijn via ImageJ. Hieruit ontstaat een trendlijn met een formule. Deze formule kan dan toegepast worden op data van voorafgaande jaren om de oppervlaktes van de tarbot te bepalen op dat moment in tijd.

Enige data zal ook verworpen moeten worden. Zo is gekeken of het aantal vis overeen komt met de mortaliteit van die maand. Dit is gedaan door het verschil tussen het aantal vis aan het einde van de maand af te trekken van het aantal vis aan het begin van de maand min de mortaliteit. Als dit verschil groter dan 100 of lager dan -100 was, is de data verworpen. Verder zijn alle datapunten waar geen begin- of eindwaarde was ook verworpen. Bijvoorbeeld als de biomassa op het begin nul was, en er

aan het eind wel een waarde was. Dit betekent dat er vis verplaatst is, wat geen goede interpretatie voor de SGR zou zijn.

Fultons condition factor

Een andere indicator voor het welzijn van de vis is de relatie tussen het gewicht en de lengte van een vis (Fulton, 1904). Deze relatie is lineair, en het gaat om gewicht m (in gram) en de lengte L (in cm) tot de derde macht, waaruit de volgende formule is opgesteld (Ricker, 1975):

$$k_c = \frac{100m}{L^3}$$

K_c is de factor, en zegt iets over hoe gezond de vis is met betrekking tot de groei. Een $k_c = 1$ zou suggereren dat de vis gezond is, wat dikker als deze hoger dan 1 is en magerder als deze lager dan 1 is (Merino, Conklin, & Piedrahita, 2022). Uit een onderzoek over de lengte-gewicht relatie van meerdere opgeviste vissen uit de zwarte zee is gebleken dat de k_c van tarbot bij 1,62 ligt (DAĞTEKİN, et al., 2022). Voor gekweekte, jonge tarbot (tussen de 7,9 en 53,6 gram) ligt de k_c ongeveer tussen de 1,75 en 2,35 als er op een temperatuur van 18 °C gekweekt wordt (Imsland, Foss, Nævdal, & Stefansson, 2001). Deze waardes zullen als referentiekader gebruikt worden om een conclusie te trekken uit het welzijn van de tarbot wat betreft de relatie tussen gewicht en lengte. De k_c zal ook een deel uitmaken voor de beoordeling met de ASC-criteria.

ASC-scoring

Oorspronkelijk was het de bedoeling dat dit gedeelte ook zou gebeuren tijdens in dit onderzoek. Na overleg met Marten Bosma, stagebegeleider en kwekerijmanager van Seafarm, is echter besloten om dit niet te doen wegens gebrek aan tijd en vanwege wat complicaties met de ASC-criteria van 2025. Er zijn namelijk nog geen concrete grenswaardes opgesteld voor factoren als waterkwaliteit en mortaliteit. Om hier toch een plan voor op te stellen zal voor dit onderdeel uit worden gegaan van de 2023 criteria. Het observatieve deel wat de morfologie en het gedrag betreft zal ook een uitdaging zijn aangezien dit op zich al een heel onderzoek kan zijn. Dit onderdeel zal echter wel in de scriptie gelaten worden zodat ernaar gerefereerd kan worden in de aanbeveling.

Om het welzijn van de vis in te schatten zal er een scoresysteem bedacht moeten worden dat uitgaat van de ASC-criteria. Deze criteria komen in het kort neer op de waterkwaliteit, de mortaliteit, de morfologie en het gedrag. De laatste twee elementen zijn alleen te achterhalen via observatie, dus kunnen niet gebruikt worden voor data uit het verleden, maar de eerste twee zijn gemeten parameters die teruggevonden kunnen worden. Deze cijfers worden dan in dezelfde tabel gezet, en er wordt weer een Spearman correlatie voor berekend. Deze zal echter anders zijn, en zal aangeven of de grootte van de vis ook invloed heeft op welke dichtheid de vissen het liefste hebben.

De waterkwaliteit kan beoordeeld worden met één criterium van de ASC wat relevant is voor dit project, als de ASC-standaard vanaf oktober 2023 wordt aangehouden (Aquaculture Stewardship Council, 2023). Dit is criterium 2.2: Waterkwaliteit in en nabij de plaats van handeling. De indicatoren en vereisten hiervoor staan aangegeven in

Table 1. Zoals hier te zien is, is niet elke indicator van toepassing voor de waterkwaliteit in dit project. Er kan voor dit onderzoek gekeken worden naar 2.2.1, 2.2.2, en de waardes die bij 2.2.3 horen. Een indeling kan gemaakt worden voor de vereisten die bepaalde grenswaardes stellen op basis van hoever de waardes van Seafarm hier boven of onder vallen. Om een beoordeling te bedenken over de metingen zonder grenswaardes, kan er gekeken worden naar gebruikelijke/optimale omstandigheden voor platvis of specifiek tarbot.

Table 1: Indicatoren voor ASC-criterium 2.2: Waterkwaliteit in en nabij de plaats van handeling

Indicator	Vereiste
2.2.1 Wekelijkse gemiddelde saturatie-% van opgelost zuurstof (DO) op de kwekerij	≥70%
2.2.2 Maximum percentage van de wekelijkse monsters voor 2.2.1 die onder de 2 mg/L DO vallen	5%
2.2.3 Opname van TAN (totaal ammonium stikstof), NO₃, en TP (totaal fosfor) op de kwekerij en een referentieplaats per kwartaal	Vereist
2.2.4 Bewijs dat eventuele biocides toegestaan zijn volgens de wetgeving in de EU, de Verenigde Staten, Australië, of Japan	Ja
2.2.5 Bewijs dat chemicaliën die met de effluent worden geloosd zijn opgenomen en gekwantificeerd	Ja
2.2.6 Jaarlijkse mediane concentratie van TSS (totaal opgeloste vaste stof) in de effluent vergeleken met de influent gemeten in de uitstroom	<5 mg/L
2.2.7 Jaarlijkse mediane concentratie van TAN in effluent	<0.6 mg/L

Mortaliteit is ook een belangrijke factor bij het welzijn van een vispopulatie. Deze wordt besproken in ASC-criterium 5.3: Overleving van gekweekte vis. Volgens dit criterium is het van uiterst belang dat mortaliteiten worden vastgelegd door kwekerijen. De belangrijkste indicator is 5.3.3, waar een grenswaarde gesteld wordt. De volledige tabel voor de indicatoren van criterium 5.3 is hieronder te zien.

Table 2: Indicatoren voor ASC-criterium 5.3: Overleving van gekweekte vis

Indicator	Vereiste
5.3.1 Elke gevonden mortaliteit wordt verwijderd en wordt weggegooid op een verantwoorde wijze.	Ja
5.3.2 Klassificatie van mortaliteiten.	Elke gevonden mortaliteit is opgenomen en geklassificeerd op doodsoorzaak.
5.3.3 Wanneer onverklaarbare mortaliteit ≥0,5%/dag is worden er monsters opgestuurd voor analyse door de dierenarts of een gezondheidsexpert voor vis.	Ja

5.3.4 Bewijs van een kwekerij-specifiek programma voor de reductie van mortaliteiten, inclusief gedefiniëerde jaarlijkse doelen voor de reductie van (onverklaarbare) mortaliteiten.	Ja
---	----

Resultaten

In dit hoofdstuk zullen de verkregen resultaten besproken worden. Eerst zullen de grafieken worden besproken waar de gewichten uitgezet staan tegen de oppervlaktes en zal Fultons condition factor besproken worden. Hierna zal worden uitgebreid naar het toepassen van de verkregen formules uit de grafieken op de oude beschikbare data uit Aquamanager. Deze worden in een tabel geplaatst met de scores die gevormd zijn met behulp van de ASC-criteria. Als laatste zijn er Spearman's correlatie toetsen toegepast om toeval uit te sluiten en te bewijzen of bepaalde waardes wel of niet invloed op elkaar hebben.

Algemene blik

Er is een duidelijk verband te zien tussen het gewicht van de vis en de oppervlakte. In Figure 9 is te zien dat hoe hoger het gewicht van de vis wordt, hoe minder snel de oppervlakte van de vis toeneemt. Dit komt overeen met de grafieken van de individuele maatklassen, te zien in Appendix 3: Excel bestand voor dataverzameling. De rechte lijnen die hier uitkomen krijgen een steeds lagere richtingscoëfficiënt, met uitzondering van de Frymarine lijn (5EO 7B9/0C0), wat betekent dat er steeds minder stijging is in de oppervlakte naarmate de tarbot zwaarder wordt. Om de lijn zo goed mogelijk overeen te laten komen met de punten is er gekozen voor een 2^e-graads polynomiale lijn met $R^2 = 0.9754$. De lijn van alle maatklassen bij elkaar resulteert in de formule $f(x) = -0.0004x^2 + 0.8861x + 30.161$.

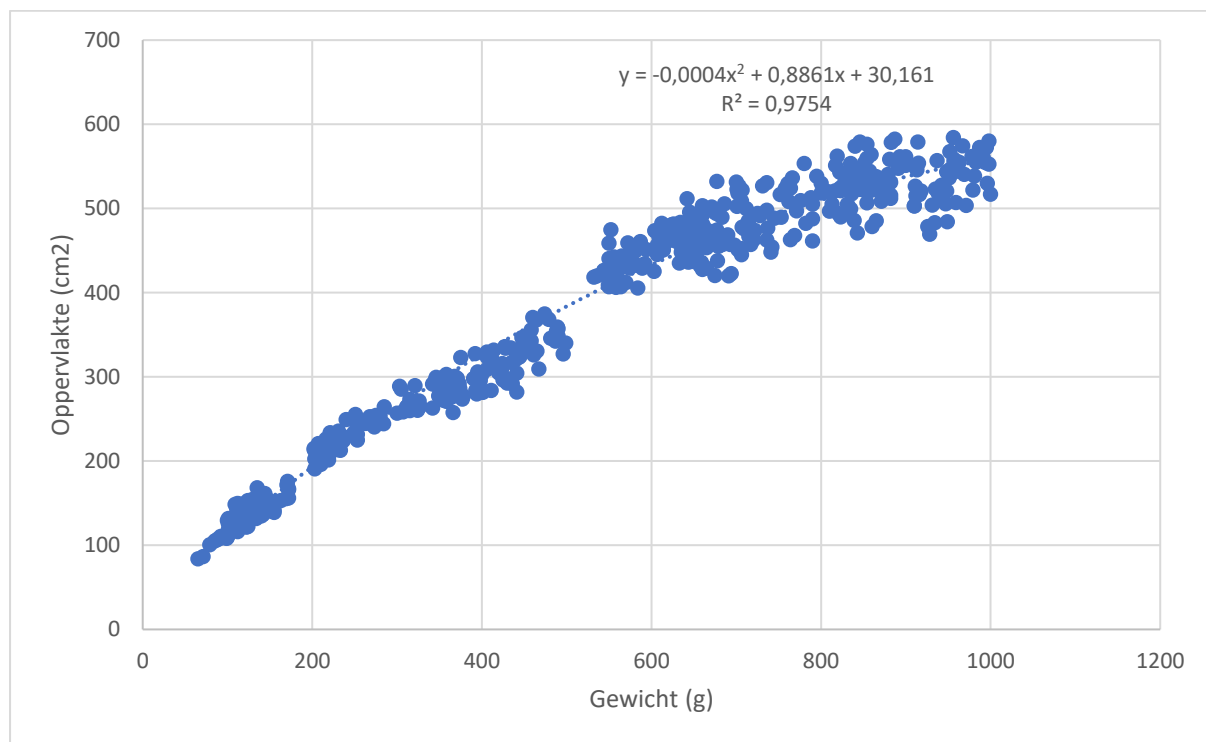


Figure 9: Oppervlakte van de tarbot uitgezet tegen het gewicht

Als deze lijn vergeleken wordt met de lijn van een soortgelijk onderzoek uit 2022, uitgevoerd door een stagiair van Seafarm, kan er geobserveerd worden dat deze grotendeels overeenkomt met de lijn uit dit onderzoek. Hoewel de lijnen erg overeen komen met elkaar, is te zien dat de lijn in dit onderzoek in het begin sterker stijgt, en op het eind afvlakt, dus minder sterk stijgt.

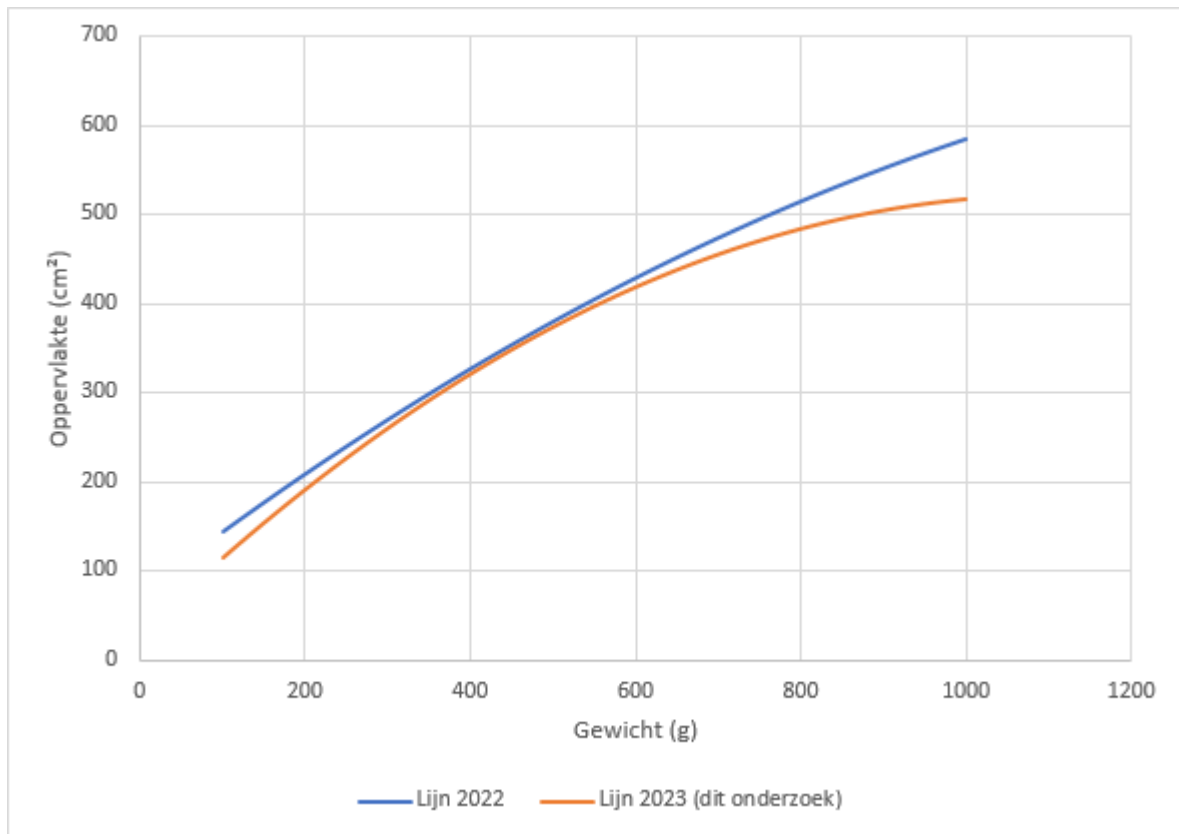


Figure 10: Vergelijking van de twee lijnen uit de onderzoeken. De lijn uit 2022 is bepaald door Liovanna, stagiair bij Seafarm uit Scalda.

Fulton

Fultons condition factor geeft een interessant perspectief in de gezondheid van de vis wat de relatie tussen lengte en gewicht betreft. De bevinding is gemaakt dat de tarbot van Frymarine een relatief hogere k_c heeft dan Seafarm. Dit is verder bevestigd door te kijken naar de verhoudingen tussen de lengte en de oppervlakte van beide groepen, die vrijwel gelijk aan elkaar liggen, zoals te zien in figuur Figure 12. Het domein geeft aan binnen welke oppervlaktes gekeken moet worden. Deze is bepaald door te kijken naar de kleinste en grootste oppervlaktes van de gemeten tarbot, die respectievelijk 83 cm^2 en 176 cm^2 zijn. Verder kan er gezegd worden dat de k_c vrij constant is over de maatklassen. Opmerkelijk is dat drie maatklassen wat lager uitvallen (600 – 900 gram), terwijl de grootste

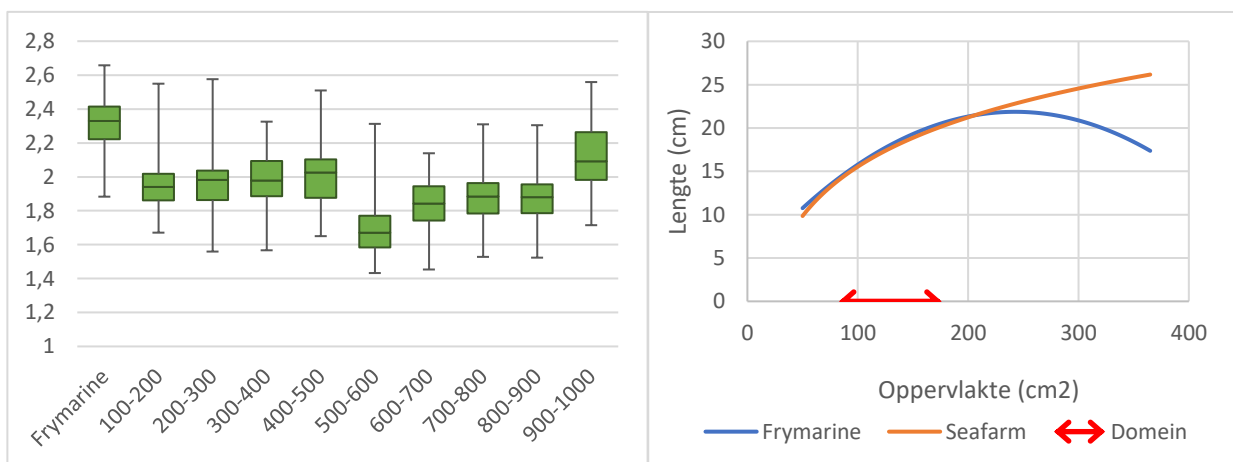


Figure 11: Gemiddelde Fulton's conditie factor per maatklasse

Figure 12: Lengte uitgezet tegen de oppervlakte binnen domein $D_f = [83, 176]$

maatklasse iets hoger uit komt. Ook lijkt er nog een uitschieter te zijn bij de maatklasse van 500 – 600 gram, die een stuk lager is dan alle andere.

Bodembedekking

Om de bodembedekking te kunnen berekenen, was eerst oude data nodig. Er zijn 25 rapporten opgehaald uit aquamanager, teruggaand tot 2021. Hierin staat de data van elke bak waar tarbot in zit of heeft gezeten, en de groei die deze tarbot heeft ondervonden. De groei is gemeten over ongeveer een maand. De cijfers die relevant waren voor dit onderzoek zijn de mortaliteit, de SGR, en de 'FCR bio' en 'FCR econ'. Verder zijn er nog twee extra kolommen bijgezet, namelijk ΔN en Bodembedekking %. Hoewel er een aantal data verworpen zijn zoals eerder genoemd in de methode, waren er nog 480 datapunten waar gebruik van gemaakt kon worden.

De bodembedekking is berekend door de formule van de totaal lijn te combineren met de formule voor B% in de excel. Voor de eerste rij met waardes geldt dan de volgende excel formule:

$$=(-0.0004*H2^2+0.8861*H2+30.161)/H2*I2/12$$

Hierin is H2 de 'closing average weight', ofwel het gemiddelde gewicht na de meting, en is I2 de 'closing biomass', ookwel de biomassa na de meting.

Vervolgens zijn de SGR, mortaliteit, en de FCR's allemaal individueel uitgezet tegenover de bodembedekking. De grafiek van de SGR is hieronder te zien, de andere zijn te vinden in de appendix.

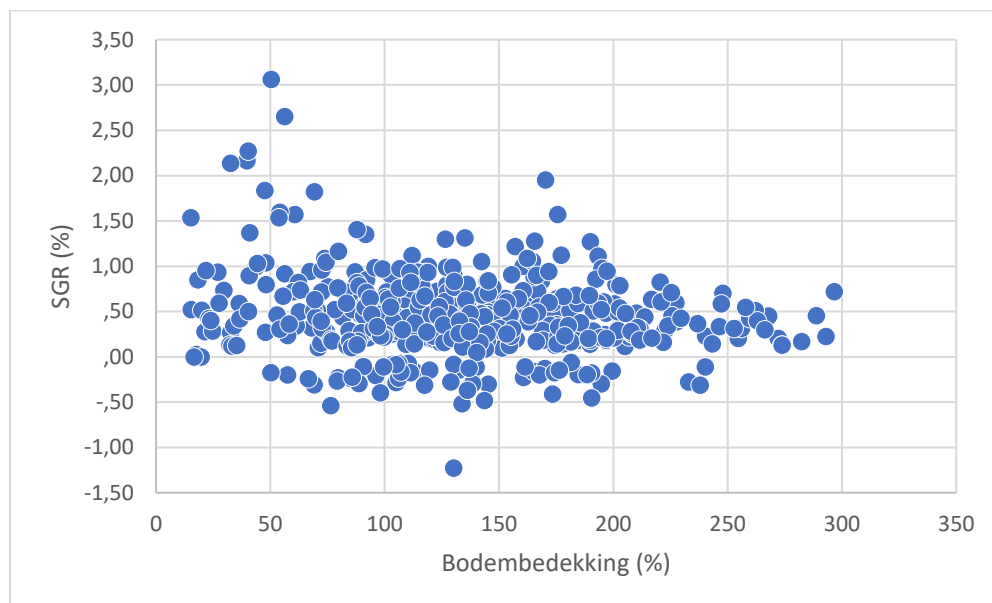


Figure 13: Verstrooiingsgrafiek van de SGR ten opzichte van de bodembedekking.

Op het eerste gezicht lijkt het alsof de lagere bodembedekkingen tot een hogere SGR leiden, maar er zit een piekje tussen de 150 en 200%. Bij de hoogste bodembedekkingen is de SGR het laagst.

Om meer te kunnen zeggen over de data is de bodembedekking verdeeld in klassen. Deze klassen hebben een interval van 15%, en hierover zijn de gemiddeldes van elke factor berekend. De spreiding voor deze klassen is te zien in de figuur Figure 14. Hierin is te zien dat de meeste raceways op Seafarm een bodembedekking tussen de 90 en 150% hebben. Verder zijn er erg weinig raceways die een bodembedekking hoger dan 210% hadden.

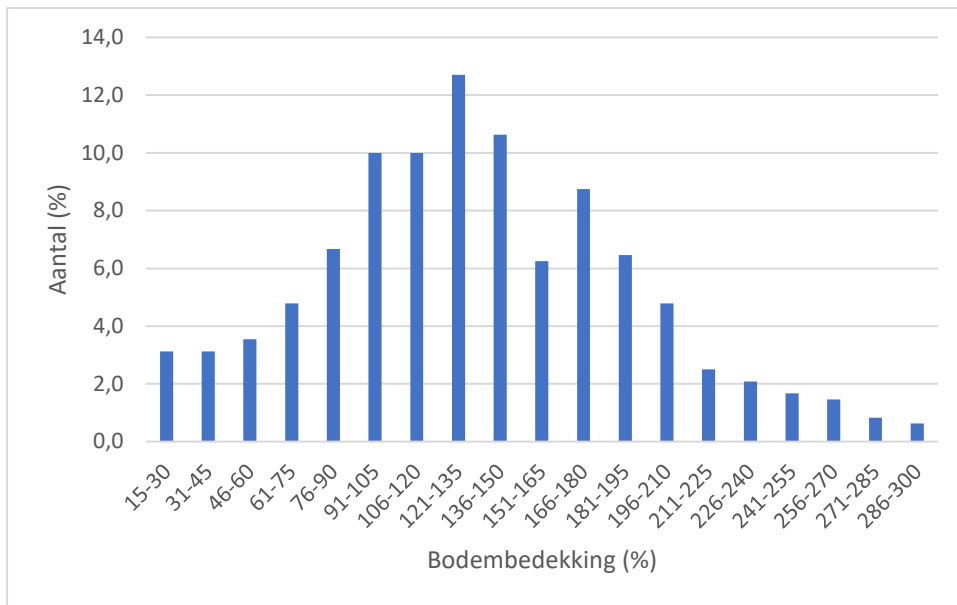


Figure 14: Spreiding van de bodembedekking klassen als percentage

Hoewel deze spreiding interessant is om te kijken waar de gemiddeldes op gebaseerd zijn, zijn de maatklassen zelf niet veelzeggend over de situatie. Daarom is over deze maatklassen ook een gemiddelde bodembedekking berekend. Hierdoor kan er ook daadwerkelijk een waarde ingevoerd worden waar een bijbehorend resultaat uit komt. Deze gemiddelde bodembedekking is uitgezet ten opzichte van de specific growth rate (SGR), de mortaliteit, de biologische feed conversion rate (FCR biol) en de economische feed conversion rate (FCR econ). Voor elk van deze grafieken is een 6^e-graads polynomiale trendlijn genomen om de resultaten te representeren. Zoals te zien in de grafiek van de SGR lijkt het alsof er bij een lage bodembedekking een hogere SGR is, met dezelfde kleine piek tussen de 150 en 200%.

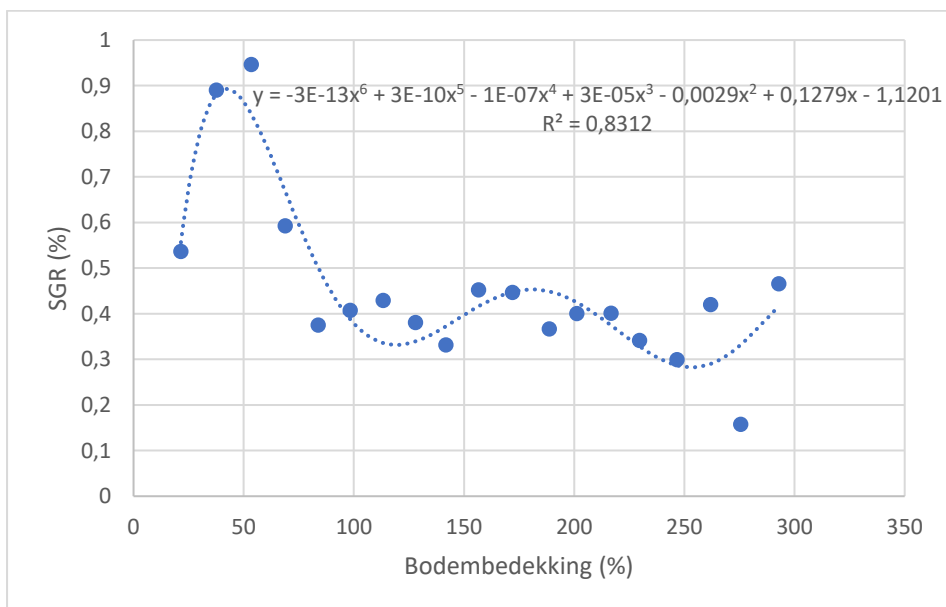


Figure 15: SGR uitgezet tegen de bodembedekking. De punten zijn gebaseerd op de gemiddelde bodembedekking per klasse

Als laatst zijn de vier lijnen die resulteren uit de grafieken waar de factoren zijn uitgezet tegenover de gemiddelde bodembedekkingen in één overlappende grafiek gezet. Hiermee kan bepaald worden waar de optimale bodembedekking voor elke factor ligt. Deze kunnen dan vergeleken worden, waardoor er een totaal optimum benaderd kan worden.

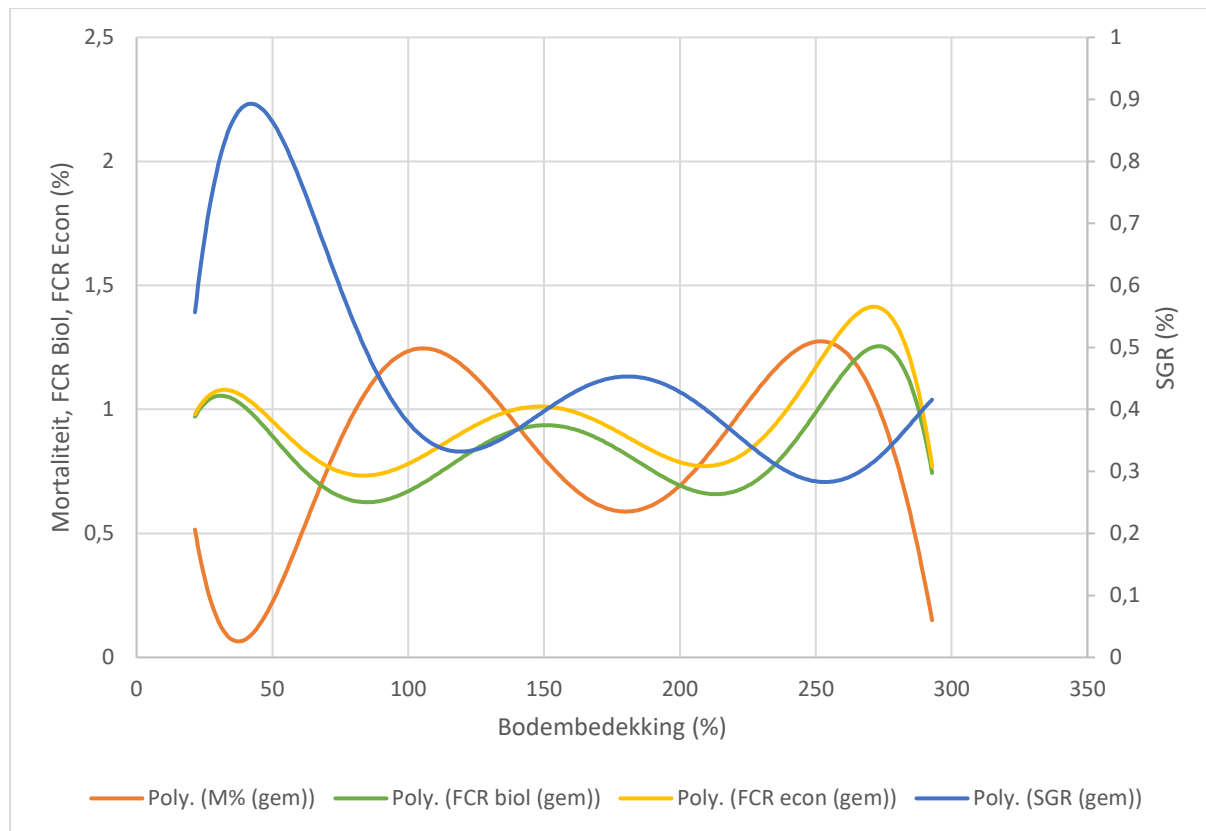


Figure 16: Overlappingsgrafiek van de vier factoren ten opzichte van de bodembedekking. Hierin zijn de vier factoren de specific growth rate (SGR), mortaliteit, biologische feed conversion rate (FCR biol), en economische feed conversion rate (FCR Econ). De SGR is op een tweede y-as gezet om duidelijker in het beeld te passen en het optimum beter af te kunnen lezen.

In de figuur hierboven zijn twee optimum scenario's te herkennen. Eentje bij een bodembedekking van rond de 40% wat de SGR en mortaliteit betreft, en eentje bij de 180%. Hier zijn de SGR en mortaliteit wat kleiner dan de grootste optimums, maar zijn de FCR's wel beter dan bij de 40%.

Statistische toets

Om de resultaten te kunnen valideren moeten er statistische toetsen gedaan worden. Dit is gedaan met Spearman's rangcorrelatie. De resultaten hiervan zijn in de tabel hieronder te zien.

Table 3: Resultaten van de Spearman test

	SGR	M%	FCR biol	FCR econ
Spearman	-0.5456	0.1211	-0.0456	0.0474
n	19	19	19	19
df	17	17	17	17
t	2.6844	0.5028	0.1883	0.1955
t-crit	2.1098	2.1098	2.1098	2.1098
p	0.0157	0.6215	0.8529	0.8473

Hiermee is te zien dat de SGR statistisch erg significant is voor de bodembedekking ($p < 0.05$), terwijl de andere niet statistisch relevant zijn ($p > 0.05$). Verder geeft de Spearman correlatie (r_s) bij de SGR aan dat er een redelijke inverse correlatie aanwezig is.

Discussie & conclusie

Bemonstering

Het onderzoek zelf is uitgevoerd over een periode van ongeveer twee maanden. Aangezien de tarbot uit de raceways gehaald moesten worden door iemand met een heftruckcertificaat, was het soms lastig om aan het rooster van de Seafarm medewerkers aan te passen. De eerste vier raceways zijn in de eerste 3 weken uitgevoerd, maar door een erg drukke periode door een grote verkoop en een collega die op vakantie was, was de werkdruk erg hoog en konden de grotere tarbot monsteringen niet plaatsvinden tot later in de onderzoeksperiode. Dit heeft ervoor gezorgd dat er erg veel van de grotere tarbot verkocht was, waardoor er minder beschikbaar was voor de monstering. Daarom zijn er voor de maatklasse 900 – 1000 ook maar 46 monsters genomen in plaats van de origineel geplande 50.

Verder zijn er ook regelmatig bemonsteringen gedaan tijdens het oogstproces zodat het paste met de planning van de Seafarm medewerkers. Er zijn dan tarbots apart gehouden tijdens het sorteren om gefotografeerd te worden. Deze zijn allemaal gebruikt, waardoor er op deze momenten meer monsters waren dan gepland (66 monsters bij 500 – 600 gram en 62 monsters bij 800 – 900 gram). Een ander gevolg dat volgt uit het doen van een bemonstering tijdens het oogstproces is dat er een gat in de data kan ontstaan. Het ondergewicht wat ingevoerd wordt in de sorteerband is namelijk het minimum gewicht +5%. Dit is het geval geweest bij de 500 – 600 gram, waar de laagste waarde 530 was. Er is dus een gat te zien tussen de 500 en de 530 gram.

Het laatste wat de bemonsteringen betreft gaat over de batches. Uiteindelijk zijn er voor de hogere maatklassen uit andere batches vis gehaald dan gepland was. Dit komt ook door de eerder benoemde overmacht van oprakende tarbot met hoger gewicht. Oorspronkelijk was het zo verdeeld dat de hoogste maatklassen uit de oudste vis zouden bestaan. In grote lijnen is dit nog steeds zo, maar er zijn grote maatklassen die uit een jongere batch komen dan kleinere maatklassen.

ImageJ

Zonder dit programma zou het onderzoek een stuk moeilijker uitvoerbaar zijn. Desondanks zijn er toch een paar haken en ogen die benoemd mogen worden. Ten eerste zijn alle foto's met de hand genomen. Er kan dus een verschil zitten in belichting, de hoek waarop deze genomen zijn en andere factoren. Er is echter wel aangetoond dat de hoek nauwelijks invloed had op de schaal in de resultaten. Daar zijn namelijk de lengte en de oppervlakte tegen elkaar uitgezet voor twee batches waar de foto's op een andere hoek waren genomen. Hieruit blijkt dat de lijnen binnen het relevante domein $D_f = [83, 176]$ vrijwel gelijk lopen.

De belichting heeft vooral effect op het bewerken van de foto's op ImageJ. Met hoe het programma werkt, is het moeilijk om alle foto's zo aan te passen dat een wat overbelicht deel van de tarbot wordt meegerekend als oppervlak zonder delen van de ondergrond mee te pakken. Om deze zelfde reden was het slijm van de tarbot ook een probleem bij sommige foto's. Als dit midden op de vis zit is het geen probleem, aangezien alleen de contour van de tarbot nodig is om de oppervlakte te bepalen. Zodra dit echter aan de rand van de tarbot zit, kan het meegerekend worden als ondergrond waardoor er oppervlakte ontbreekt in de vis, of er extra oppervlakte is doordat een deel van de achtergrond wordt meegerekend om het slijm proberen te includeren. Andere factoren die hier ook problemen in gaven maar minder vaak waren erg doorzichtige vinnen, lichte of witte pigmenten, en de ogen. Om bij deze foto's een bruikbare contour te krijgen moest er af en toe gecompromitteerd worden door missende oppervlaktes te vullen met extra oppervlak bij bijvoorbeeld schaduwen in de mond of rond de vinnen. Hoewel deze invloeden aanwezig waren, ging dit vaak over erg kleine oppervlaktes, en wordt ervan uitgegaan dat deze minimale invloeden hadden op de resultaten. Alle foto's zijn te zien in Appendix 5: Google drive met de tarbot foto's

Verder moest er ook een schaal bepaald worden om de oppervlakte te kunnen bepalen. Dit is gedaan door een lijn te trekken langs een liniaal waarvan de lengte bekend is (30 cm). De lengte wordt dan omgezet in pixels, die ImageJ gebruikt om de oppervlakte binnen de contour te bepalen. Deze referentie lijn moet met de hand getrokken worden, dus deze kan wat onnauwkeurigheden bevatten. Dit gaat echter om individuele pixels, en zal dus nauwelijks tot geen invloed hebben gehad op de eindresultaten.

Een aantal vissen hadden een soor bobbel op de onderste kaak. Deze lijkt een beetje op een kleine bloemkool, en is een teken van mechanische schade doordat ze met hun onderkaak tegen de rand van de raceway zwemmen (Noble, et al., 2012) (Peters & Watermann, 1979). Hoewel dit zorgt voor een iets groter oppervlak vergeleken met tarbot zonder deze mechanische schade, zou dit vrij weinig effect moeten hebben op Fulton's condition factor.

Data

De resultaten die verkregen zijn in dit onderzoek zijn zo objectief mogelijk verzameld. Hoewel er zoveel mogelijk 'foute data' weg is gefilterd, zijn het toch levende wezens waarmee gewerkt wordt, dus is het vrij moeilijk om consistent goede metingen te krijgen. Er zal eerst gekeken worden naar de totaal lijn. Zoals eerder is aangegeven zit er een gat tussen de 500 en 530 gram, maar over het algemeen lijkt de lijn representatief te zijn voor de waardes die zijn gevonden. Hoewel de punten tussen de 300 en 500 gram wat lager dan de grafiek uitlopen, ligt de rest goed rond de lijn. De lijn in dit onderzoek ligt op het eerste gezicht gunstiger dan de lijn uit het onderzoek dat gedaan is in 2022. Er is namelijk een lagere oppervlakte bij hetzelfde gewicht, wat zou betekenen dat de vis dikker is. Ook vlakt deze eerder af. Hier kan echter wel een andere verklaring voor zijn. In het onderzoek van 2022 zijn er namelijk monsteringen gedaan op tarbot tot 1500 gram, waardoor er meer waardes zijn om een lijn mee te maken. Aangezien voor beide lijnen een 2^e-graads polynomiale functie is gebruikt kan het zijn dat de top van deze grafiek hoger ligt dan die van dit onderzoek, doordat er dus meer waardes zijn die oplopen.

Bij het bepalen van de bodembedekking is uitgegaan van de gegevens uit Aquamanager, de database die gebruikt wordt op Seafarm. Hier wordt elke meting die per dag en per maand wordt gedaan met de hand ingevoerd. Op basis hiervan berekent Aquamanager bepaalde factoren, zoals de FCR, de mortaliteit (%), enzovoort. Voor de dichtheid worden het totaal gemiddelde, het gemiddelde van de grootste 95% tarbot, het gemiddelde van de laagste 95% tarbot, het aantal tarbot in de raceway en de oppervlakte van de raceway meegerekend. Om al deze waardes kloppend te hebben, moeten de metingen consistent en zorgvuldig ingevoerd zijn voor elk meet moment. Dit is echter niet altijd gedaan, vooral bij de oudere metingen. Zo waren er bijvoorbeeld oogstmomenten die niet ingevoerd zijn waardoor een extreem hoge mortaliteit was, of waren er vreemde SGRs en FCRs door storingen of ontbrekende informatie over de omstandigheden op dat moment. Ondanks dat er zorgvuldig is gekeken naar de data en er zo veel mogelijk foutieve of misleidende data is verworpen zoals benoemd in de methode, kunnen er datapunten gemist zijn. Dit zou verholpen kunnen worden door zorgvuldig onderzoek te doen naar elk individueel datapunt, maar dat viel niet binnen de beschikbare tijd voor dit onderzoek.

Er zijn echter ook resultaten waar alles zelf gemeten en berekend is. Dit is het geval geweest bij Fulton's condition factor. Volgens de literatuur die benoemd is in het hoofdstuk "Materiaal & methode" is gebleken dat de k_c voor gekweekte tarbot tussen de 1,75 en 2,35 ligt. In de resultaten van dit onderzoek is te zien dat dit voor de tarbot op Seafarm goed overeen komt. Deze ligt namelijk tussen de 1,58 en 2,26 met uitzondering van de k_c van Frymarine die een maximum van 2,41 heeft. Opmerkelijk is dat de k_c voor de klasse van 500 – 600 gram een stuk lager uitkomt dan de rest. Wellicht

is dat een gevolg van het feit dat er meer datapunten gebruikt zijn en dat er een ondergrens van 525 gram gebruikt is bij het selecteren van de tarbot, waardoor er geen kleinere tarbot tussen zat voor deze maatklasse.

De waarden voor k_c zijn bepaald met het gewicht van de tarbot en de lengte. Zoals eerder benoemd is de lengte echter niet per se de afstand van kop tot staart, maar de Feret diameter. Er is besloten dat de Feret diameter een voldoende goede benadering was om de lengte te bepalen door te kijken naar de coördinaten waar deze lijn begint en onder welke hoek deze valt. In alle gevallen begon deze bij de kop of de staart, afhankelijk van welk deel op links in de foto aanwezig was, en liep de lijn totaan de kop.

Als laatst zijn de bodembedekkingen en de significantie van de geteste factoren ten opzichte van deze bodembedekking besproken. Eén van de duidelijkste resultaten is dat de SGR bij een hele lage bodembedekking het hoogst is. Dit is eigenlijk logisch te verklaren. Er zijn namelijk twee situaties waarbij de bodembedekking laag is: er zit weinig tarbot in de raceway of de tarbot in de raceway is erg klein. In de tweede situatie betekent dat dat de tarbot in deze raceway erg jong is. Verder blijkt uit onderzoek dat jonge tarbot harder groeit dan oudere tarbot (Lugert, Hopkins, Schulz, Schlicht, & Krieter, 2018) (Wang & Ma, 2016). Er kan dus met grote zekerheid gezegd worden dat de eerste hoge piek bij de lage bodembedekking komt omdat de vis daar jong is, en dus van nature harder groeit. Buiten deze piek is er nog een kleinere piek rond de 180%. Er kan dus aangenomen worden dat deze bodembedekking een benadering is om de optimale SGR te krijgen ($p < 0,05$). Bij de lage bodembedekking is de tarbot namelijk of te klein, of is er te weinig, om optimaal te zijn voor de productie.

Hoewel is gebleken dat de SGR statistisch significant was voor de bodembedekking ($p < 0,05$) is dat voor de andere waarden echter niet zo geweest ($p > 0,05$). Dit houdt in dat er met deze waarden eigenlijk geen reëel optimum kan worden bepaald. Bij de mortaliteit zijn de extreemste gevallen verworpen, en voor de FCRs zijn maar waarden binnen een bepaald bereik gebruikt. Deze marge is wat wijder dan wat de gebruikelijke FCR van tarbot is (tussen de 1,2 en 1,8 als verlies van voer en mortaliteit worden meegerekend) (Seafish, n.d.) (FAO, 2009), namelijk tussen factor -2 en 2 voor de hogere gebruikelijke FCR (1,8). Deze hebben ook de laagste slechtste statistieke significantie. Dit is ook duidelijk te zien in de grafieken voor de FCRs. Beide grafieken hebben namelijk een erg grote spreiding, en is er weinig regelmaat en geen patroon te bekennen.

Hetzelfde geldt voor de mortaliteit. Hoewel uit de statistische toets blijkt dat de mortaliteit wel meer significantie heeft dan de FCRs, is dit nog verre van statistisch significant. Ook uit de verstrooiingsgrafieken is dit te zien. De grafiek voor de mortaliteit ziet er minder willekeurig uit dan die van de FCRs, maar er is nog niet te zeggen dat er een duidelijke lijn in te zien is. Dit kan onder andere komen doordat er veel andere oorzaken voor mortaliteit kunnen zijn. Stress door overbevolking kan wel een oorzaak zijn, maar aangezien er wel menselijke handelingen verricht worden op de tarbot, hoe minimaal deze ook geprobeerd worden te houden, kan de tarbot hier ook hogere mortaliteiten door hebben. Zo kunnen ze bijvoorbeeld verstikken als ze iets te lang op de sorteerband hebben gelegen.

Bij al deze resultaten moet wel rekening worden gehouden met de frequentie van de verschillende bodembedekkingen. Zo is er bijvoorbeeld veel meer data beschikbaar voor bodembedekkingen tussen de 90% en 180% dan buiten deze waarden. Vooral voor de hele hoge bodembedekkingen is weinig data beschikbaar. De gemiddelde bodembedekkingen met een hogere frequentie zullen daarom ook een nauwkeuriger beeld schetsen van de situatie dan de gemiddelde bodembedekkingen met een lagere frequentie, wat invloed gehad zou kunnen hebben op de resultaten.

Conclusie

Om de bodembedekking te kunnen benaderen, is er gekeken naar de tarbot die op dit moment in het systeem aanwezig is, en de data die hoort bij de tarbot vanaf 2021. Eerst is de lijn die de verhouding tussen het gewicht en de oppervlakte aangeeft gemaakt door de huidige tarbot te wegen en te meten met ImageJ, waarna deze lijn is toegepast op de oude data. Door dit te vergelijken met factoren die belangrijk zijn voor de groei van de vis, zoals de SGR en FCR, en naar factoren die betrekking hebben tot het welzijn van de vis volgens de ASC, zoals de mortaliteit en FCR, is er een poging gedaan om hieruit een optimale bodembedekking te benaderen. Wat hier uit kwam is dat dit voor de SGR goed mogelijk is, aangezien er sterke statistieke significantie gevonden was. Voor de andere factoren was dit echter niet het geval, dus kon er niet met zekerheid gezegd worden dat de minimums in deze lijnen voor een optimale bodembedekking zorgde. Desondanks is er toch een benadering gedaan. Door de grafieken te overlappen, en te kijken waar de optimums en minimums vallen is bepaald dat de optimale bodembedekking voor de tarbot ongeveer 180% is. Bij deze waarde was de SGR, buitenom de lage bodembedekking, het hoogst en was de mortaliteit het laagst. Aangezien de significantie van de FCRs het slechtst waren, zijn deze minder zwaar meegewogen dan de SGR en mortaliteit. Toch is het gebleken dat ook de FCRs rond deze bodembedekking dalend zijn en niet op een piek liggen.

Dit resultaat is overeenkomend met een meta-analyse die is gepubliceerd in 2021, waaruit is geconcludeerd dat de SGR vaak meer beïnvloed wordt door de dichtheid dan andere factoren (Li, Shen, Yang, Xu, & Li, 2021).

Via deze methode kan er dus een benadering gemaakt worden, maar is deze alleen accuraat voor de SGR. Voor de andere factoren zal er gezogd moeten worden voor een andere methode waaruit wel statistieke significantie resulteert.

Aanbeveling

Om een beter beeld te krijgen van de groei, zou het beter zijn om de tarbot uit één batch te halen over een langere periode. Zo kunnen er bijvoorbeeld twee of drie raceways met identieke situaties gereserveerd worden voor nieuwe tarbot, waarna deze via dezelfde methode als in dit onderzoek gemeten worden. Als dit maandelijks over een langere tijd gedaan wordt, kan er een beter beeld ontstaan over de groei en de verhouding tussen gewicht en oppervlak.

Andere onderzoeken kweken vis op verschillende dichtheden om een benadering te krijgen. Dat zou voor dit onderzoek gedaan kunnen worden, maar dan op verschillende bodembedekkingen. Omdat tarbot minder hard groeit als deze ouder zijn, en de bodembedekking dan stabiel is vanwege de maten, zou er besloten moeten worden vanaf welke maat of leeftijd het best gemeten kan worden, zodat er een zo consistent mogelijke SGR te vinden is. Ook moeten stress situaties zo veel mogelijk voorkomen worden om externe invloeden op de te meten factoren uit te sluiten. Daarom zou het beter zijn om maandelijks te meten in plaats van wekelijks. Dit zorgt ook voor minder werklading voor de medewerkers van Seafarm. Als dit voor een grotere selectie aan bodembedekkingen gedaan wordt, zoals bijvoorbeeld in de maatklassen gebruikt in dit onderzoek, kan er een betere benadering gemaakt worden voor een optimale situatie.

Om meer in lijn met de criteria van het ASC te zijn, zou Fulton's condition factor ook gemeten kunnen worden. Als de vissen een hoge k_c blijken te hebben, maar de FCR is erg hoog, kan bijvoorbeeld geconcludeerd worden dat er wat wordt overgevoerd. Er is namelijk aangetoond dat vissen ook obesitas kunnen krijgen (Roh, et al., 2020).

Ondanks dat er maar één factor was die statistisch significant was, namelijk de specific growth rate, is het toch verstandig om de benoemde bodembedekking hier aan te houden. Hoewel er geen grote gevolgen zullen zijn als de bodembedekking wat minder is dan 180%, zal bij een hogere bodembedekking meer mortaliteit zijn zoals uit eerder genoemde onderzoeken is gebleken. Ook is dit vergelijkbaar met de huidige bodembedekking waar naar gestreefd wordt op Seafarm, namelijk rond de 150%.

Ook is de waterkwaliteit belangrijk om regelmatig te meten. Hoewel dit buiten de scope van dit onderzoek gevallen is, is het van belang dat bepaalde parameters, met name specifieke parameters benoemd door het ASC, consistent gemeten worden. Hierdoor zouden data van mortaliteit uitgesloten kunnen worden zodat er meer significantie zou kunnen ontstaan ten opzichte van de bodembedekking. Een slechte waterkwaliteit kan namelijk zorgen voor hogere mortaliteiten.

Als laatst zouden de factoren voor de ASC criteria benoemd in de methode meegenomen moeten worden. Aangezien er geen tijd voor was in dit onderzoek is dit niet meegenomen in de eindresultaten, en is er nog geen scoresysteem beschikbaar. Het ASC wil echter wel dat er een score systeem komt in 2025. Hoewel de resultaten uit dit onderzoek, met name over de bodembedekking in het algemeen, meegenomen kunnen worden in dit scoresysteem, is het aanbevolen om een andere methode te ontwikkelen voor het bepalen van een score bij de morfologie en het gedrag. Aangezien er enige ervaring en kennis voor nodig is om afwijkend gedrag te kunnen herkennen zou hiervoor het best een expert voor ingehuurd kunnen worden of iemand aangewezen worden die al meerdere jaren kennis en ervaring heeft opgedaan binnen Seafarm..

References

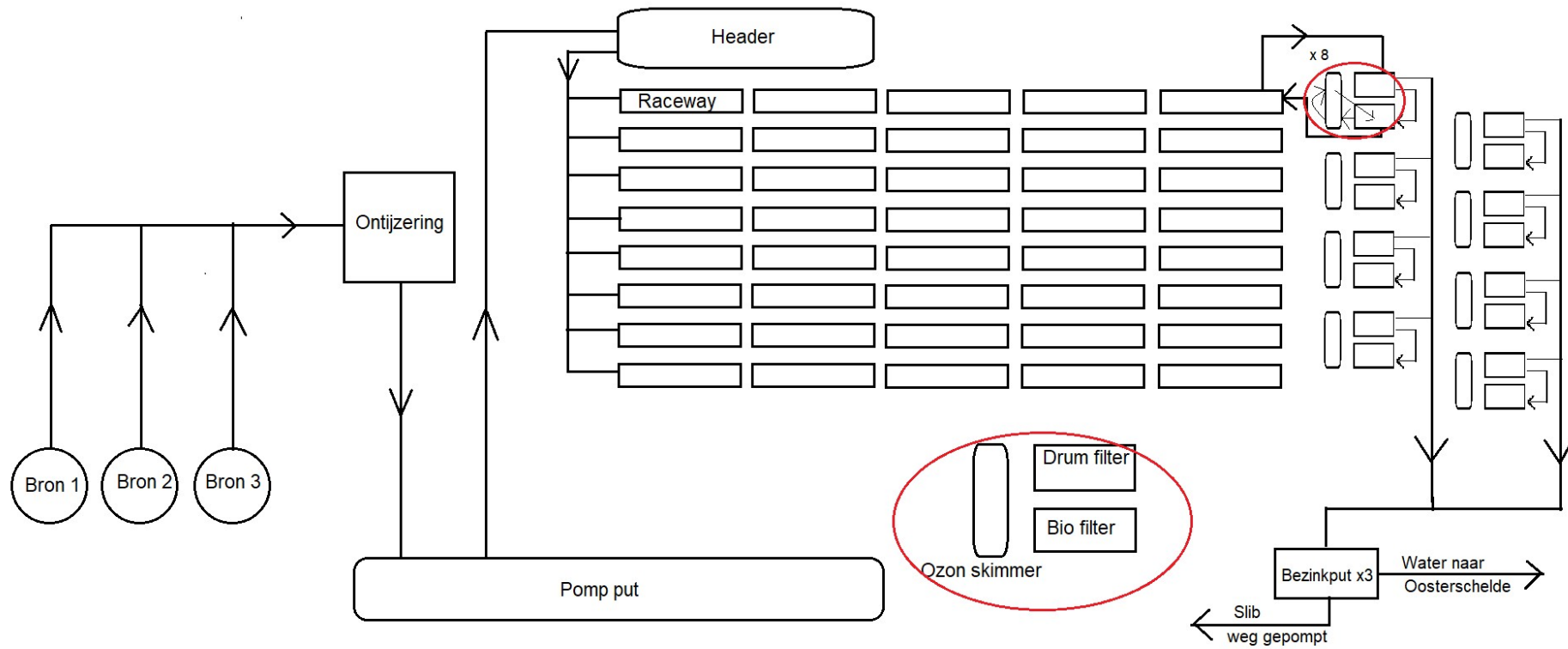
- Aquaculture Stewardship Council. (2023, Juli 14). *ASC Flatfish Standard Version 1.1*. Retrieved from ASC: <https://asc-aqua.org/wp-content/uploads/2023/07/ASC-Flatfish-Standard-V-1.1-Final.pdf>
- Bjørndal, T., & Øiestad, V. (2010). *The Development of a New Farmed Species - Production Technology and Markets for Turbot*. Oslo: SNF.
- Bregnballe, J. (2015). *A Guide to Recirculation Aquaculture*. Retrieved from FAO: <https://www.fao.org/3/i4626e/i4626e.pdf>
- CANDAN, A., KARATAŞ, S., KÜÇÜKTAŞ, H., & OKUMUŞ, I. (2007). *Marine Aquaculture in Turkey*. Istanbul: Turkish Marine Research Foundation.
- DAĞTEKİN, M., GENÇ, Y., KASAPOĞLU, N., ERİK, G., MISIR, D. S., İLHAN, S., . . . ÖZDEMİR, M. D. (2022). Length-weight relationships of 28 fish species caught from demersal trawl survey in the Middle Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 67-73.
- European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products. (2018, April). *Turbot in the EU*. Retrieved from EUMOFA: <https://www.eumofa.eu/documents/20178/114389/Turbot+in+the+EU>
- FAO. (2009). *Cultured aquatic species fact sheets: Psetta maxima*. Retrieved from FAO: https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/l1129m/file/en/en_turbot.htm
- Fernández-González, R., Pérez-Pérez, M. I., & Correia-da-Silva, J. (2022). Production strategies, productivity changes and innovation: An analysis of European turbot culture from 2009 to 2020. *Reviews in Aquaculture*, pp. 610-624.
- Fernández-Montero, A., Torrecillas, S., Tort, L., Ginés, R., Izquierdo, M. S., & Montero, D. (2020, Januari 22). Stress response and skin mucus production of greater amberjack (*Seriola dumerili*) under different rearing conditions. *Aquaculture*.
- Fulton, T. W. (1904). *The Rate of Growth of Fishes*.
- Guardiola, F. A., Cuesta, A., & Esteban, M. Á. (2016). Using skin mucus to evaluate stress in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 323-330.
- Helfrich, L. A., & Libey, G. (1991). *Fish farming in recirculating aquaculture systems*. Virginia Cooperative Extension.
- Imsland, A. K., Foss, A., Nævdal, G., & Stefansson, S. O. (2001). Selection or adaptation: Differences in growth performance of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* Rafinesque) from two close-by localities off Norway. *Sarsia*, 43-51.
- Irwin, S., O'Halloran, J., & FitzGerald, R. D. (1999). Stocking density, growth and growth variation in juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* (Rafinesque). *Aquaculture* 178, 77-88.
- Iwama, G. K. (2006, Februari). Stress in fish. *Annals of the New York Academy of Sciences* 851, pp. 304-310.
- Iwama, G. K., Afonso, L. O., & Vijayan, M. M. (2005). Stress in fishes. In D. H. Evans, & J. B. Clairborne, *The Physiology of Fishes* (pp. 320-342). Boca Raton: CRC Press.

- Jia, R., Liu, B.-L., Feng, W.-R., Han, C., Huang, B., & Lei, J.-L. (2016). Stress and immune responses in skin of turbot (*Scophthalmus maximus*) under different stocking densities. *Fish & Shellfish Immunology* 55, 131-139.
- Langlais, B., Reckhow, D. A., & Brink, D. R. (1991). *Ozone in Water Treatment: Application and Engineering*. Boca Raton: CRC Press.
- Lankford, S. E., Adams, T. E., Miller, R. A., & Chec Jr., J. J. (2005, Mei 24). The Cost of Chronic Stress: Impacts of a Nonhabituating Stress Response on Metabolic Variables and Swimming Performance in Sturgeon. *Physiological and Biochemical Zoology*.
- Lenntech. (n.d.). *Moving Bed Biofilm Reactor*. Retrieved from Lenntech: <https://www.lenntech.nl/processes/mbbr.htm>
- Li, L., Shen, Y., Yang, W., Xu, X., & Li, J. (2021). Effect of different stocking densities on fish growth performance: A meta-analysis. *Aquaculture*.
- Lugert, V., Hopkins, K., Schulz, C., Schlicht, K., & Krieter, J. (2018). The Course of Growth, Feed Intake, and Feed Efficiency of Different Turbot (*Scophthalmus maximus*) Strains in Recirculating Aquaculture Systems. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 305-312.
- Merino, G. E., Conklin, D. E., & Piedrahita, R. H. (2022, Januari 30). Allometric relationships and growth patterns for California halibut (*Paralichthys californicus*) under land-base farm-like conditions. *Aquaculture*.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., . . . Troell, M. (2021, Maart 25). A 20-year retrospective view of global aquaculture. *Nature* 591, pp. 551-563.
- Noble, C., Cañon Jones, H. A., Damsgard, B., Flood, M. J., Midling, K. Ø., Roque, A., . . . Cottee, S. Y. (2012). Injuries and deformities in fish: their potential impacts upon aquacultural production and welfare. *Fish Physiol Biochem*, 61-83.
- Person-Le Ruyet, J. (2002). Turbot (*Scophthalmus maximus*) Grow-out in Europe: Practices, Results, and Prospects. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 2, 29-39.
- Peters, N., & Watermann, B. (1979, December 31). Three Types of Skin Papillomas of Flatfishes and Their Causes. *MARINE ECOLOGY - PROGRESS SERIES*, pp. 269-276.
- Ricker, W. E. (1975). Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Population. In Department of the Environment, & Fisheries and Marine Service, *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 191 (pp. 1-382). Ottawa: Crown Copyrights.
- Roh, H., Park, J., Kim, A., Kim, N., Lee, Y., Kim, B., . . . Kim, D.-H. (2020). Overfeeding-Induced Obesity Could Cause Potential Immuno-Physiological Disorders in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Animals*.
- Rurangwa, E., & Poelman, M. (2011). *Hatchery manual for broodstock management and larval production of turbot (Psetta maxima)*. IMARES Wageningen UR.
- Saurabh, S., & Sahoo, P. K. (2008, Januari 24). Lysozyme: an important defence molecule of fish innate immune system. *Aquaculture Research*, pp. 223-239.
- Seafarm. (n.d.). *De oprichter en zijn bedrijven*. Retrieved from Seafarm: <https://www.seafarm.nl/Seafarm-bv/Over-ons>

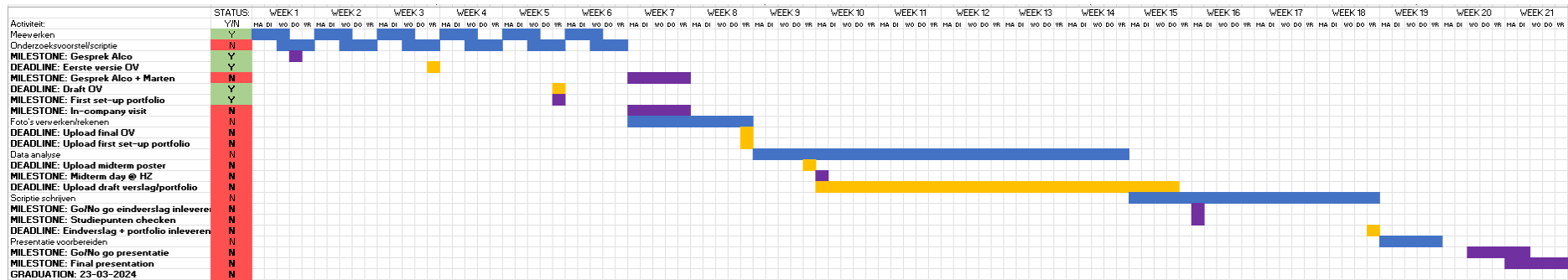
- Seafish. (n.d.). *Turbot: Feed*. Retrieved from Seafish: <https://www.seafish.org/responsible-sourcing/aquaculture-farming-seafood/species-farmed-in-aquaculture/aquaculture-profiles/turbot/feed/>
- Stichting Aquaculture Stewardship Council Foundation. (n.d.). *About Us*. Retrieved from ASC: <https://asc-aqua.org/about-asc/>
- STOWA. (1993). *Handboek stikstofverwijdering*. Utrecht: Hageman Verpakkers BV.
- Svåsand, T., Crosetti, D., García-Vázquez, E., & Verspoor, E. (2007). *Genetic impact of aquaculture activities on native populations*. 6th Framework plan of the European Commission.
- the fish site. (2007, September 18). *Aquaculture gaining in prominence*. Retrieved from the fish site: <https://thefishsite.com/articles/aquaculture-gaining-in-prominence>
- Tyler-Walters, H. (2008). *Turbot (Scophthalmus maximus)*. Retrieved from The Marine Life Information Network: <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1917>
- Wageningen University & Research. (n.d.). *Recirculating Aquaculture Systems (RAS)*. Retrieved from WUR: <https://www.wur.nl/en/research-results/research-programmes/cross-wur-programmes/wageningen-aquaculture-research-education-w-are/recirculating-aquaculture-systems-ras.htm>
- Wang, X., & Ma, A. (2016). Comparison of four nonlinear growth models for effective exploration of growth characteristics of turbot *Scophthalmus maximus* fish strain. *African Journal of Biotechnology*, 2251-2258.
- Zhang, X., Wang, H., & Luo, L. (2022). Comparison Analysis of Calculation Methods for Partical Diameter. *Crystals*.

Appendices

Appendix 1: Schematische tekening van het RAS op Seafarm



Appendix 2: Gantt-planning stage



Appendix 3: Excel bestand voor dataverzameling

[TARBOT GEWICHTEN STAGE LINDEN.xlsx](#)

Appendix 4: Excel bestand voor eindresultaten

[Eindresultaten.xlsx](#)

Appendix 5: Google drive met de tarbot foto's

https://drive.google.com/drive/folders/1EAIAtpXbR9QwfH3tCRi_pKS4ltrlEZ8b?usp=drive_link