



INTEGRERET AKVAKULTUR I GRØNLAND OG PÅ FÆRØERNE

Undersøgelse af potentialet for dyrkning af tang og muligt grønlandsk fiskeopdræt

Sustainable production and utilization of marine resources in the Arctic, fish and seaweed (SPUMA)

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 82

2013



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

INTEGRERET AKVAKULTUR I GRØNLAND OG PÅ FÆRØERNE

Undersøgelse af potentialet for dyrkning af tang og muligt grønlandsk fiskeopdræt

Sustainable production and utilization of marine resources in the Arctic, fish and seaweed (SPUMA)

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 82

2013

Susse Wegeberg¹

Agnes Mols-Mortensen²

Kirsten Engell-Sørensen³

¹ Aarhus Universitet, Institut for Bioscience

² Tari - Faroe Seaweed

³ FishLab, DK



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

- Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 82
- Titel: Integreret akvakultur i Grønland og på Færøerne
Undertitel: Undersøgelse af potentialet for dyrkning af tang og muligt grønlandsk fiskeopdræt
Subtitle (UK): Sustainable production and utilization of marine resources in the Arctic, fish and seaweed (SPUMA)
- Forfattere: Susse Wegeberg¹, Agnes Mols-Mortensen² & Kirsten Engell-Sørensen³
Institutioner: ¹Aarhus Universitet, Institut for Bioscience, ²Tari - Faroe Seaweed, ³FishLab, Danmark
- Udgiver: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL: <http://dce.au.dk>
- Udgivelsesår: December 2013
Redaktion afsluttet: December 2013
Faglig kommentering: Internt review: Annette Bruhn, Michael Bo Rasmussen
Eksternt review: Ole Geertz-Hansen, Grønlands Naturinstitut, Jan Ove Evjemo, Sintef
- Finansiel støtte: Nordisk Råd. Arktisk Samarbejdsprogram
- Bedes citeret: Wegeberg, S., Mols-Mortensen, A. & Engell-Sørensen, K. 2013. Integreret akvakultur i Grønland og på Færøerne. Undersøgelse af potentialet for dyrkning af tang og muligt grønlandsk fiskeopdræt. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 48 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 82. <http://dce2.au.dk/pub/SR82.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: Denne redegørelse er udarbejdet med henblik på at analysere de erhvervsmæssige vilkår for integrerede akvakultursystemer i Grønland, herunder valg af fiskearter, markedsanalyse m.m. Endvidere er der udarbejdet en erhvervsmæssig redegørelse for potentialet i dyrkning af tang på Færøerne samt udarbejdet en analyse af potentialet for dyrkning af tang i Grønland
- Emneord: IMTA, akvakultur, tang, helleflynde, arktis, Grønland, Færøerne
- Layout: Grafisk Værksted, AU-Silkeborg
Foto forside: Susse Wegeberg
- ISBN: 978-87-7156-048-0
ISSN (elektronisk): 2244-9981
- Sideantal: 48
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som <http://dce2.au.dk/pub/SR82.pdf>

Indhold

Konklusioner og anbefalinger	5
1 Nordisk samarbejde	6
2 Baggrund	7
2.1 Særlig kommerciel værdi af makroalger	8
2.2 Referencer	9
3 Potential of macroalgal cultivation in the Faroe Islands	10
3.1 Main conclusions and recommendations	10
3.2 Introduction	10
3.3 Assessment of macroalgal cultivation potential in the Faroe Islands	11
3.4 Assessment of potential species for cultivation in the Faroe Islands	13
3.5 Conclusion	18
3.6 References	18
4 Opdræt af fiskeyngel i Grønland på forsøgsplan	21
4.1 Konklusioner og anbefalinger	21
4.2 Baggrund	21
4.3 Valg af fiskeart	21
4.4 Hvorfor er Grønland et velegnet sted til opdræt af helleflynder yngel?	25
4.5 Opdrætsteknik af helleflynderyngel i Grønland	25
4.6 Eksempler på eksisterende kompetencer og faciliteter i Grønland	31
4.7 Konklusion	33
4.8 Referencer	33
5 Forsøgsdyrkning af makroalger i Grønland samt identifikation af lokalitetskrav	35
5.1 Konklusioner og anbefalinger	35
5.2 Baggrund	35
5.3 Makroalgevegetationen i Vestgrønland med fokus på Davis Stræde-området samt Sydgrønland	37
5.4 Vurdering af potentielle arter til dyrkning i Grønland	38
5.5 Identifikation af egnede lokaliteter	41
5.6 Konklusion	44
5.7 Referencer	44

[Tom side]

Konklusioner og anbefalinger

I de forløbne år er det erkendt at implementering af integreret akvakultur (Integrated Multitrophic Aquaculture, IMTA) i Grønland og på Færøerne må tænkes langsigtet og udviklingen i andre relevante lande må følges tæt. Vi anbefaler derfor:

- at IMTA-komponenterne indledningsvis undersøges separat inden de samles i et IMTA-koncept
- at der i forbindelse med fiskeopdræt sættes på opdræt af højpris arter og indledningsvis kun yngel, og der peges helt konkret på opdræt af helleflynderyngel med henblik på salg til Norge
- det vurderes, at dyrkning af makroalger på Færøerne har stort potentiale, og der peges konkret på 5 arter, som vurderes at have kommercielt potentiale på Færøerne, brunalgerne *Alaria esculenta*, *Laminaria digitata* og *Saccharina latissima* samt rødalgerne *Palmaria palmata* og *Porphyra umbilicalis*
- som led i en vurdering af potentialet af kommerciel makroalgeudnyttelse i Grønland anbefales det, at dyrkning af tang testes, herunder vurdering og identifikation af egnede lokaliteter, og det anbefales, at man indledningsvis forsøgsdyrker brunalgerne *Alaria esculenta*, *Laminaria nigripes* og *Saccharina latissima* samt rødalgen *Palmaria palmata*, men vurderes at følgende arter, som er unikke for Grønland i nordisk sammenhæng, kunne have dyrkningspotentiale: brunalgerne *Agarum clathratum* og *Sacchorhiza dermatodea* samt rødalgen *Turnerella pennyi*.

1 Nordisk samarbejde

Det arbejde, der nu er udført i SPUMA regi, har styrket det nordiske samarbejde omkring akvakultur, og særligt med henblik på dyrkning af tang i Norden:

Der er udviklet projekter, som knytter grønlandsk arbejde sammen med det færøske omkring dyrkning af tang og udvikling af IMTA-konceptet

Kontakt og udveksling af viden mellem danske og norske fiskeopdrætseksperter er styrket gennem SPUMA

Udveksling af grønlandsk og dansk ekspertise på makroalgeområdet er styrket ved udvikling af fælles projekter bl.a. forankret i Naturinstituttet, Nuuk

Der er knyttet kontakt til grønlandske myndigheder, som er relevante for makroalgedyrkning i Grønland

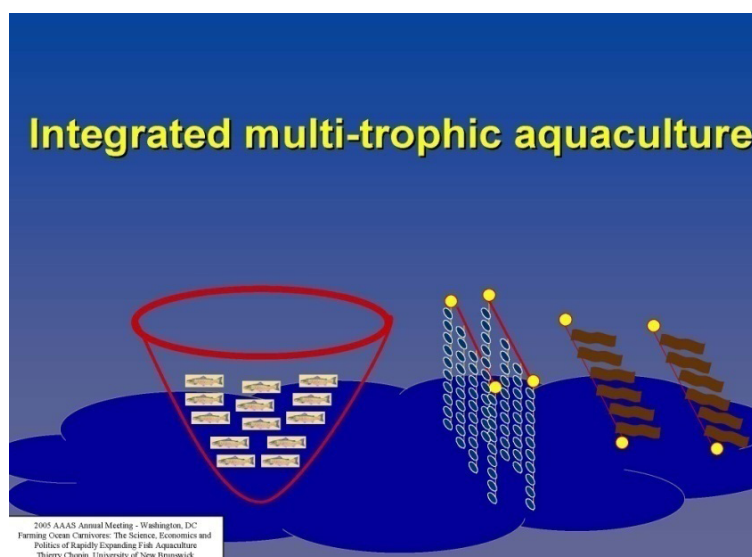
Makroalgeundersøgelser i Grønland, på Færøerne og Island suppleret af danske og norske kolleger har ført til synergi og udvikling af projektideer og helt konkret nye projekter på makroalgeområdet.

2 Baggrund

Ved at integrere opdræt af forskellige marine organismer kan man opnå en synergi i form af mere miljøneutrale opdræt og bedre udnyttelse af restprodukter og dermed opnå flere produktioner, som er økologiske og økonomiske bæredygtige (Chopin et al. 2008):

Opdræt af fisk vil resultere i produktion af partikulært materiale i form af foderrester og andet organisk materiale. Som en miljøvenlig foranstaltning, og for at opnå bedre udnyttelse af fodermængder, kan muslinger, anbragt tæt på fiskeanlæggene frafiltrere en andel af det organiske materiale. Muslingerne omsætter det frafiltrerede materiale, vokser og reducerer dermed belastningen til miljøet og kan udnyttes til konsum. Makroalgerne optager næringssalte udskilt af både fisk og muslinger. Herved opnås bedre miljø samt to biproduktioner ved fiskeopdrættet (Fig. 1). Der er endvidere mulighed for bedre økonomi i disse produkter pga. en evt. økologisk certificering. I forbindelse med et EU-projekt er der i gangsar udvikling af procedurer og protokoller for økologisk certificering af produkter fra bæredygtig, marin akvakultur (ECOSMA – Ecological Certification of Products from Sustainable Marine Aquaculture).

Figur 1. Konceptet for IMTA; en fodret komponent (fisk), en organisk ekstraktionskomponent (muslinger) og en uorganisk ekstraktionskomponent (makroalge-arter). Efter Chopin (2005).



Der er behov for akvakulturprodukter. Verdens ressourcer af konsumfisk er stærkt overfiskede og interessen for fødevarer fra akvakulturanlæg er stigende og har derfor fået større og større økonomisk betydning. På verdensplan udgør værdien af disse produkter nu omkring 30 % af den totale omsætning af fiskeriprodukter. Der eksisterer også allerede nu et stort marked for tang, og nye undersøgelser tyder på, at der er store ressourcer gemt i den grønlandske havbund i form af makroalger (Wegeberg 2007), hvilket ligger grund for et stort potentiale i dyrkning af makroalger til en styret produktion.

Makroalgerne kan, ligesom fisk og muslinger, anvendes direkte til konsum, men makroalgeekstrakter kan også anvendes i industrien for funktionelle fødevarerprodukter, kosmetik og både alger og muslinger kan anvendes som gødning. Endvidere er der i øjeblikket en omsiggribende interesse for at anvende marin, primærproduktion til bioenergi.

Nedgangen i det traditionelle fiskeri har medført nedgang i indtægter og arbejdspladser for mange nordatlantiske lokalsamfund. En igangsætning af bæredygtige former for akvakulturer vil på sigt kunne skabe nye indtægtsmuligheder og dermed fremme den økonomiske udvikling ved erhvervsudvikling, innovation samt kompetenceopbygning på flere af de steder, der ellers kan være truet af nedlukning og affolkning.

Der er nu tiltag både lovmæssigt og aktivt i Danmark for at indføre integreret akvakultur, og også Norge forsker i konceptet. Vi forventer således, at det inden for en årrække kan blive aktuelt i Grønland og på Færøerne. Men integreret akvakultur er en forholdsvis ny teknologi, som stadig på verdensplan er på forsøgsstadiet, og der er flere led i konceptet, som endnu ikke er forsøgt i Arktis.

Projektet ønsker derfor, at analysere den eksisterende viden for de enkelte komponenter som udgangspunkt for udvikling af projekter til forsøg til en egentlig integreret produktion kan iværksættes. En integreret produktion vil omfatte yngelproduktion af en udvalgt marin fiskeart og dyrkning af udvalgte makroalgearter på havanlæg i Grønland og på Færøerne, som der i de senere år har været stor interesse om dels i Norden, men dels også i verden generelt. Der er omfattende praktisk erfaring med opdræt af fisk på Færøerne, og muslinger har været forsøgt dyrket på Færøerne og i Grønland, hvorfor disse komponenter ikke er inddraget i denne analyse.

Der er ved tidligere udvikling af IMTA-projekt i Grønland udarbejdet overslag for anlægsudgifter, driftsbudget og forretningsplan for fælles opdræt med helleflynderyngel og tangarten *Alaria esculenta* (Wegeberg & Engell-Sørensen 2008).

Som knopskydning på IMTA-konceptet er der i nærværende projekts regi et projekt under udvikling, hvor de dyrkede alger kan anvendes til monitoring omkring fiskeopdrættet ved analyse af stabile isotoper i tangplanterne. Projektet forventes ansøgt hos Det Færøske Forskningsråd 2013.

2.1 Særlig kommerciel værdi af makroalger

Efterhånden er anvendelse af makroalger ved at være almindeligt kendt. De fleste kender og har smagt sushi, hvor makirullerne især er kendetegnet ved laget af nori, som består af rødalgen purpurhinde. I takt med berømmelsen af det nordiske køkken, hvor tang også er blevet en del af menuen, er det blevet mere udbredt, at tang er en bestanddel, eller krydderi, af et måltid, også hjemme i vores egne køkkener. Bøger af især Ole G. Mouritsen (2006, 2009) har skubbet denne udvikling fremad.

Men udover at algerne kan spises direkte, friske eller i tørret tilstand, så hentes der også specifikke indholdsstoffer ud af algerne, som også kan indgå i vores fødevarer. I de senere år er produktionen af pektiner som fortykningsmidler og "nutraceuticals" blevet mere og mere vigtig.

Også interessen for at anvende tangbiomasse til bioenergi er steget voldsomt de seneste år, hvor tangens indhold af forskellige sukkerstoffer, gør dem mest velegnede til bioethanol-produktion.

Endvidere kan makroalger og deres indholdsstoffer anvendes i medicin og kosmetik, til gødning og dyrefoder.

En introduktion til alger / tang er udarbejdet af Wegeberg & Felby (2010).



2.2 Referencer

Chopin T, Shea R, Sawhney M, Campbell E, Belyea E, Bastarache S, Armstrong W, Sewuster J, Ugarte R, Watson P, Wilcox T, Szemerda M, Marvin R, Powell F, Holland M, Reid GK, Robinson SMC, Ridler N, Page F, Haya K, Burrige L, Boyne-Travis S. 2008. The Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) concept and its development in the Bay of Fundy, Canada. Program & Abstracts 50. XI International Conference on Applied Phycology, Galway, Irland, 21.-27. juni 2008.

Chopin T. 2005. Presentation. 18. International Seaweed Symposium, Bergen, Norway.

Mouritsen GM. 2006. Sushi. Lidenskab, Videnskab og sundhed. Jepsen & Co. 330 pp.

Mouritsen GM. 2009. Tang. Grøntsager fra havet. Nyt Nordisk Forlag, Arnold busck. 284 pp.

Wegeberg S, Engell-Sørensen K 2008. Miljøneutral akvakultur i Grønland. Projektansøgning, Integreret produktion af fisk, muslinger og tang: Bæredygtigt opdræt af helleflynder til bestandsophjælpning og kommercielproduktion i Grønland, til NORA.

Wegeberg S & Feldby C. 2010. Introduktion til Alger. http://www.fuel.life.ku.dk/Nyheder/2009/~//media/Fuel/docs/pdf/Wegeberg_Felby_Introduktion_til_Alger_jan2009.ashx.

3 Potential of macroalgal cultivation in the Faroe Islands

Agnes Mols-Mortensen

3.1 Main conclusions and recommendations

Macroalgal cultivation is found to be highly potential in the ocean area surrounding the Faroe Islands, mainly due to nutrient (nitrate) levels and relatively stable temperatures. Of the ten macroalgal species that were assessed for cultivation potential in the Faroe Islands, five were assessed to have a high potential.

Recommended macroalgal species for cultivation in the Faroe Islands:

Alaria esculenta
Laminaria digitata
Saccharina latissima
Palmaria palmata
Porphyra umbilicalis.

Himanthalia elongata and *Laminaria hyperborea* are also potential cultivation candidates, but cultivation protocols for *H. elongata* are not readily available and *L. hyperborea* is a more slow-growing species compared to the other kelps.

Chondrus crispus, *Mastocarpus stellatus* and *Ulva* sp. are not recommended as cultivation candidates, because they are better suited for land based tank systems than for ocean cultivation.

3.2 Introduction

The Faroe Islands is an archipelago of 18 islands extending approximately 120 km from north to south and 75 km from west to east covering a land area of 1,396 km² and ocean area of 274,000 km² (www.hagstova.fo). Geographically the Faroe Islands are situated between 61°33' and 62°40'N, and 6°25' and 7°68'W, with Iceland 450 km in a north western direction and the Shetland islands 300 km in a southeastern direction (Tittley et al. 2005). To the west and south is the North Atlantic Sea and to the east and north is the Northern Sea, which is comprised of the Norwegian Sea, Icelandic Sea and the Greenlandic Sea (Hansen 2000). The North Atlantic current, which originates from the warm Gulf Current runs past the Faroe Islands and brings warm water to the area (Hansen 2000). Because of the warm North Atlantic Current the sea surrounding the islands does not freeze and there is little fluctuation in the sea temperature during the year. The mean temperature in the surface seawater is 5-7°C in winter and 9.5-11°C in summer (Tittley et al. 2005) and the salinity is between 35-36‰ (Hansen 2000).

The economy of the Faroe Islands is primarily based on fisheries and aquaculture. The GNP in 2011 had 15% coming from fisheries, aqua- and agriculture (www.hagstova.fo). Apart from a few cultivation experiments with cod (*Gadus morhua* Linnaeus), blue mussel (*Mytilus edulis* Linnaeus) and the brown algal species *Alaria esculenta*, salmon (*Salmo salar* Linnaeus) is current-

ly the only cultivated marine species in the Faroe Islands, and the production is well established. Salmon is temperature sensitive (Jobling 1981) and the stable sea temperature conditions in the Faroe Islands have been found beneficial to the fish aquaculture. Kolbeinshavn *et al.* (2012) mention that the small temperature variation and the 8°C mean temperature seems very appropriate for cod farming in the Faroe Islands.

3.3 Assessment of macroalgal cultivation potential in the Faroe Islands

The macroalgal flora of the Faroe Islands has been the subject of several scientific studies, and the most recent comprehensive work was carried out between 1994 and 1997. The work was part of the BIOFAR project, which was initiated in 1987 (Nørrevang *et al.* 1994) and reported a total of 261 macroalgal species (Nielsen & Gunnarsson 2001). Special accounts were made on the corraline red algae of the Faroe Islands (Wegeberg *et al.* 2001), on the Bangiophyte species (Brodie *et al.* 2001) and on Bangiales species (Brodie & Nielsen 2005; Mols-Mortensen *et al.* 2012).

Macroalgae are autotrophic organisms that produce their energy through photosynthesis. Light and nutrients are crucial factors for their survival and growth. The macroalgae take up inorganic nutrients (nitrate, ammonium and phosphate) from the surroundings. The PAR (Photosynthetically Active Radiation) irradiance measured in the Faroe Islands during 1996-1997 showed that the light intensity, measured at noon at the surface, reached 100 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ or more for approximately 50% of the year (Eliassen & Hansen 2003). It is thus assessed that light conditions when cultivating in the sea surface will assure light saturated photosynthesis. Nutrients, especially nitrate are crucial for macroalgal growth, and concentration levels of 3 μM are the minimum requirements for growth in the brown algal species *Saccharina laticissima* (Chapman *et al.* 1978). Nitrate levels measured on the continental shelf since 1995 by the Marine Research Institute (Havstovan), showed concentrations of c. 12 μM through winter and autumn and a concentration drop during spring and summer. Only three times since 1995 was the nitrate concentration observed to drop below 3 μM (www.hav.fo). Gaard *et al.* (2011) reported winter nitrate concentrations of 11-12 μM at all depths in a fjord in the Faroe Islands, and a spring concentration in the upper layer of 0 μM . The deeper layers in the fjord however, were observed to have a concentration between 5 and 8 μM . From these data the very surface layer should be avoided for cultivation unless sufficient water motion is present for avoiding water column stratification.

Macroalgae have traditionally been utilized on a small scale in the Faroe Islands. The brown algal species *Laminaria hyperborea* (tonglatari) was commonly used as fertilizers (vardin.fo). However with artificial fertilizers so readily available, this practice has nearly disappeared. Debes (1673) mentioned 'black salt' (svartasalt), which was salt made from seaweed by burning, and used as a substitute for salt. Black salt was also used and produced on Læsø in Denmark (Mouritsen 2009). Seaweeds are mentioned both in the Viking sagas and their laws, and it is likely that the Vikings brought dried seaweed on their voyages as supplies (Mouritsen 2009). It is therefore also likely that the people who settled in the Faroe Islands were used to eating seaweeds. Today seaweeds are not commonly used for eating, and in fact seaweeds have a rather poor reputation among the Faroese people. 'He died with a piece of seaweed in his mouth' is a well known Faroese saying, and

the seaweeds have probably earned their poor reputation by being a last resort food source during periods of severe hunger.

In 1980 an alginate extraction factory was established in the Faroe Islands. The factory extracted alginates from *Laminaria hyperborea* and *Laminaria digitata*, and the biomass was harvested from wild populations around the islands. The factory was not successful in extracting the levels of alginate that they had expected and therefore it had to close down the activities after only a couple of years (J. Mørkøre pers. com.). Since the closure of the alginate extraction factory in the early 1980's, very little focus has been on utilizing macroalgal biomass in the Faroe Islands.

Two cultivation experiments have been carried out in the Faroe Islands with the brown algal species *Alaria esculenta* (Fig. 2) (Mols-Mortensen & Wegeberg 2007; Mols-Mortensen & Wegeberg unpublished). Both experiments were carried out with great success (Fig. 3). Another cultivation experiment is currently ongoing at the Faroese Aquaculture Research Station (Fiskaaling). The scope of this project is to do a large scale seeding and cultivation of the two brown algal species *Saccharina latissima* and *Laminaria hyperborea*.


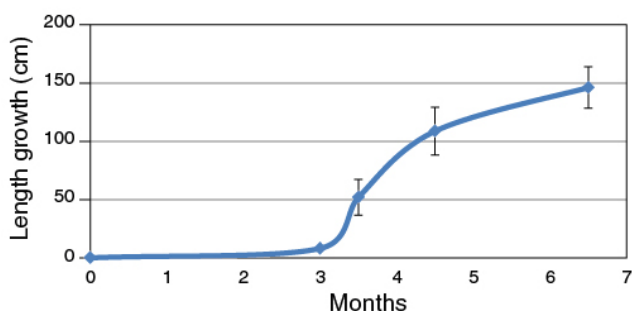
Figure 2. The Faroe Islands. The location for the cultivation experiments are indicated with 



Figure 3. Cultivation of *Alaria esculenta* in the Faroe Islands, 2004-2005. Graph and photo shows growth in sea from February to June. From Mols-Mortensen & Wegeberg (2007).



3.4 Assessment of potential species for cultivation in the Faroe Islands

Ten species (see below), five brown, three red and one green algal species, have been selected for the assessment of the cultivation potential for macroalgal species in the Faroe Islands. The nutritional analysis information referred to here, were reported in Morrissey *et al.* (2001) and Rhatigan (2009).

3.4.1 Brown algae

Alaria esculenta (Linnaeus) Greville

The species is commonly found on exposed shores in the extreme low intertidal to the upper subtidal. The blade is long and narrow, and can easily reach a length of 2 m.

Cultivation techniques: Well developed. Cultivation of *A. esculenta* has been successfully tested in the Faroe Islands (Mols-Mortensen & Wegeberg, 2007). During a cultivation period of 5-6 month a total length of 1.5-3 m are obtained in e.g. the Faroe Islands and Norway (Fig. 2, Mols-Mortensen & Wegeber 2007, SINTEF 2010). A Canadian strain of the species was cultivated to 45 kg m⁻¹ rope, but in Ireland the yield obtained was 7 kg m⁻¹ rope (Stefan Kraan, per. comm.).

Nutrition: Protein: 9-20%, carbohydrates: 46-51%, lipid: 1-2%. The species is high in calcium, B vitamins and many trace elements.

Potential markets: The species is tasty and especially the mid rib is sweet. *Alaria esculenta* is sold for human consumption under the name Atlantic Wakame, because it bears close biological and nutritional similarities to the Japanese Wakame (*Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar). The species could be used for bioethanol production, due to its high levels of carbohydrate. The relatively high protein level in *A. esculenta* compared to the other kelp

species could be valuable for animal feed, which is considered a high value added product.

Cultivation recommendations: High potential. We consider the cultivation potential of *A. esculenta* in the Faroe Islands to be high because it has already been successfully tested, and the species also has several market potentials.

***Himanthalia elongata* (Linnaeus) S.F.Gray**

The species is commonly found in the low intertidal on semi- to exposed shores. The fronds are narrow (c. 1-2 cm) and strap-like, and can easily be 2 m in length.

Cultivation techniques: Not well developed

Nutrition: Protein: 6-11%, carbohydrates: 61%, lipid: 0.5%. The species has a good balance of minerals, vitamins and trace elements, and is considered to be a good source of calcium and magnesium.

Potential markets: The species is very tasty, especially the young fronds. Chefs in the Faroe Islands have showed a special interest in this species. *Himanthalia elongata* is commonly known as sea spaghetti.

Cultivation recommendations: Medium potential. We consider the cultivation potential of *H. elongata* in the Faroe Islands to be medium due to its market potentials within human consumption. Cultivation techniques are however, not well developed, and that will be a challenge.

***Laminaria hyperborea* (Gunnerus) Foslie**

The species is commonly found in the upper subtidal and is the largest species in the macroalgal flora of the Faroe Islands. It has a long and rough stipe and the blade is split. It commonly reaches a length of 1-3 m.

Cultivation techniques: Developed. *Laminaria hyperborea* grows slower than the other kelp species e.g. *L. digitata*, *S. latissima* and *A. esculenta*. Cultivation experiments are currently ongoing with *L. hyperborea* in the Faroe Islands (pers. obs.).

Nutrition: Protein: 8-14%, carbohydrates: 48%, lipid: 1%. The species contains a wide range of minerals, vitamins and trace elements, especially high iodine levels. The mannitol (polyhydroxyalcohol) level can reach 25% in the spring.

Potential markets: *Laminaria hyperborea* is an important species in the hydrocolloid industry, and alginates (E400-E405) are extracted from it. It has also been used for fertilizer in the Faroe Islands (vardin.fo) and Ireland (Morrissey et al. 2001).

Cultivation recommendations: Medium potential. We consider the cultivation potential of *L. hyperborea* in the Faroe Islands to be medium due to its many market potentials. The species is however, relatively slow growing compared to other kelp species.

***Laminaria digitata* (Hudson) J.V.Lamouroux**

The species is commonly found in the extreme low intertidal to the upper subtidal. The stipe is long and flexible and the blade is large and split. It is 1-2 m in length.

Cultivation techniques: Well developed (Edwards & Watson 2011). Cultivation experiments are currently ongoing with *L. digitata* in Denmark (M.B. Rasmussen & A. Bruhn pers. com.). The biomass obtained in Ireland for trials performed in the years 2009-2011 reached 7-8 kg m⁻¹ rope (Edwards & Watson 2011).

Nutrition: Protein: 8-14%, carbohydrates: 48%, lipid: 1%. The species contains a wide range of minerals, vitamins and trace elements, especially high iodine levels.

Potential markets: *Laminaria digitata* is as *L. hyperborea* used in the hydrocolloid industry, and alginates (E400-E405) are extracted from it. *Laminaria digitata* is a valued sea-vegetable and is sold under the name Atlantic Kombu. The species is also considered to be a good candidate for production of bioethanol.

Cultivation recommendations: High potential. We consider the cultivation potential of *L. digitata* in the Faroe Islands to be high due to its many market potentials and faster growth compared to *L. hyperborea*.

***Saccharina latissima* (Linnaeus) C.E.Lane, C.Mayers, Druhl & G.W.Saunders**

The species grows on the lower shore in semi-exposed areas. The stipe is often short and the blade is long with undulated edges. It can be 1-4 m long.

Cultivation techniques: Well developed. *Saccharina latissima* has been successfully cultivated in several areas of the world e.g. Denmark (Wegeberg 2010). Cultivation experiments are currently ongoing in the Faroe Islands (pers. obs.). The yield obtained in Norway reached 10 kg m⁻¹ rope in an IM-TA system (SINTEF 2010), but up to three-fold higher biomasses are reported (Druhl 2010).

Nutrition: Protein: 6-11%, carbohydrates: 61%, lipid: 0.5%. The species contains a wide range of minerals, vitamins and trace elements, especially high levels of iodine. *Saccharina latissima* also contains high levels of mannitol (polyhydroxyalcohol).

Potential markets: *Saccharina latissima* is a sweet and delicious sea-vegetable, and is sold under the name Royal Kombu. *Saccharina latissima* is currently regarded as an important candidate in the bioethanol industry.

Cultivation recommendations: High potential. We consider the cultivation potential of *S. latissima* in the Faroe Islands to be high due to its many market potentials and its well developed cultivation techniques.

3.4.2 Red algae

***Chondrus crispus* Stackhouse**

The species grows in the mid to low intertidal and can also be found in the subtidal. The thallus is bushy and rarely exceeds 15 cm in height. *Chondrus*

crispus is not very abundant in the Faroe Islands compared to e.g. the coast of New Hampshire and Maine, USA (pers. obs.)

Cultivation techniques: Well developed. The species is however, mostly cultivated in tanks on land and experiments with cultivation in the ocean have had different rates of success (Bruhn *et al.* 2008, Zertuche-Gonzalez *et al.* 2001). Bruhn *et al.* (2010) presented a tank production of 30 t dry weight year⁻¹ ha⁻¹ in Denmark.

Nutrition: Protein: 11-18%, carbohydrates: 55-66%, lipid: 1-3%. The species has a good balance of minerals, vitamins and trace elements and is particularly high in magnesium.

Potential markets: *Chondrus crispus* together with *Mastocarpus stellatus* are known as Irish moss, and are sold as sea-vegetables. Carrageenan (E407) is an important and valuable hydrocolloid and is extracted from *C. crispus*. Rhatigan (2009) mentions that Irish moss has anti-viral properties and is used in cough mixtures around the world from Canada to New Zealand.

Cultivation recommendations: Low potential. We consider the cultivation potential of *C. crispus* in the Faroe Islands to be low. Even though cultivation techniques are well developed for the species is not considered to be a good candidate for ocean cultivation.

***Mastocarpus stellatus* (Stackhouse) Guiry**

The species grows in the low intertidal and in the shallow subtidal. The thallus is bushy and rarely exceeds 15 cm in height. *Mastocarpus stellatus* has a more stiff texture compared to *C. crispus*.

Cultivation techniques: Not well developed. The species is difficult to cultivate due to its heteromorphic life history where the tetrasporophyte is a crust.

Nutrition: Protein: N/A, carbohydrates: N/A, lipid: N/A

Potential markets: See the information on *Chondrus crispus* (above).

Cultivation recommendations: Low potential. We consider the cultivation potential of *M. stellatus* in the Faroe Islands to be low. Cultivation techniques are not developed and the species is not considered to be a good candidate for ocean cultivation.

***Palmaria palmata* (Linnaeus) Weber & Mohr**

The species grows in mid and low intertidal and in the shallow subtidal. It is also common on the stipe of *L. hyperborea*. The thallus is flat and leathery and is often between 10-50 cm in length.

Cultivation techniques: Known. Cultivation experiments have been carried out with *Palmaria palmata* in Scotland and Ireland (Edwards 2007). The yield obtained in Ireland reached 0,5 - 0,75 kg m⁻¹ string (Edwards 2007, Werner & Dring 2011)

Nutrition: Protein: 12-21%, carbohydrates: 46-50%, lipid: 0.7-3%. The species is a good source of minerals, vitamins and trace elements. It is relatively low in sodium and high in potassium.

Potential markets: *Palmaria palmata* is a well known sea-vegetable in Iceland, Ireland, Scotland and Wales, and commonly known as söl, dulse, dillisk or creathnach. Traditionally *Palmaria palmata* has been used as a substitute for chewing tobacco (Rhatigan 2009). Due to its relatively high protein levels *P. palmata* could be a good candidate for animal feed.

Cultivation recommendations: High potential. We consider the cultivation potential of *P. palmata* in the Faroe Islands to be high due to its many market potentials and its well developed cultivation techniques.

***Porphyra umbilicalis* Kützting**

The species grows throughout the intertidal and is often the dominating species in the high intertidal on exposed shores. Thallus is foliose and expands radially from a minute holdfast. It can reach a diameter of c. 30 cm, but is often smaller.

Cultivation techniques: Known. The species can be cultivated both sexually and asexually but cultivation in the North Atlantic is under development.

Nutrition: Protein: 15-37%, carbohydrates: 50-76%, lipid: 0.12-2.48%. The species and foliose Bangiales species in general, are rich in vitamins B, C, E and beta-carotene. Compared to other seaweeds they have high levels of protein. *Porphyra umbilicalis* has a good balance of minerals and trace elements.

Potential markets: *Porphyra umbilicalis* is a highly valued sea-vegetable, commonly known as sleabhac, laver, sleabhcan, sloke. The species is also closely related to the Asian seaweed known as nori. In addition to human consumption *P. umbilicalis* could be a very valuable candidate for animal feed, due to its high protein level.

Cultivation recommendations: High potential. We consider the cultivation potential of *P. umbilicalis* in the Faroe Islands to be high due to its many market potentials.

Green algae

***Ulva* sp.**

The species grows in the low intertidal or in pools on sheltered to moderately exposed shores. Thallus is foliose and often c. 10 cm long, but can be larger.

Cultivation techniques: Known. It grows very fast but can be difficult to cultivate due to spontaneous sporulation where most of the thallus disintegrates (M.B. Rasmussen pers. com.). *Ulva* sp. should be cultured in tanks to prevent *Ulva* blooms as seen in China during the Olympics in 2008. *Ulva* sp. is a fast grower and efficient bioremediator (Bolton *et al.* 2009, Bruhn *et al.* 2011, Nielsen *et al.* 2012, Msuya & Neori 2008). The yield obtained in tank experiments in Denmark reached 45 t year⁻¹ ha⁻¹ (Bruhn *et al.* 2011).

Nutrition: Protein: 15-25%, carbohydrates: 42-46%, lipid: 0.6-1%. *Ulva* sp. has high levels of iron, Vitamin B12, calcium, manganese and magnesium.

Potential markets: *Ulva* sp. is a sea-vegetable commonly known as sea lettuce. It could also be a valuable candidate for animal feed due to its relatively high protein level.

Cultivation recommendations: Medium - Low potential. We consider the cultivation potential of *Ulva* sp. in the Faroe Islands to be low. The species it not considered to be a good candidate for ocean cultivation but it could however, be an interesting bioremediation candidate in land based systems.

3.5 Conclusion

The ocean area surrounding the Faroe Islands is relatively large, and with regard to nitrate levels and stable temperatures throughout the year the area should have a high potential for macroalgal cultivation. Irradiance is however, a limiting factor for macroalgal growth for parts of the year. *Alaria esculenta* is the only species that has been successfully cultivated in the Faroe Islands, but currently there is an ongoing cultivation experiment with *Laminaria hyperborea* and *Saccharina latissima*. Based on available literature and prior experience *A. esculenta*, *L. digitata*, *S. latissima*, *P. palmata* and *P. umbilicalis* were found to be highly potential species to cultivate in the Faroe Islands. *Himanthalia elongata* and *L. hyperborea* were found to have a medium potential. *Chondrus crispus* and *M. stellatus* were found to have a low potential and *Ulva* sp. was found to have a low to medium potential.

3.6 References

- Bolton J J, Robertson-Andersson DV, Shuuluka D, Kandjengo L. 2009. Growing *Ulva* (Chlorophyta) in integrated systems as a commercial crop for abalone feed in South Africa: A SWOT analysis. *Journal of Applied Phycology* 21: 575-583.
- Brodie J, Nielsen R, Gunnarsson K. 2001. The Bangiophyte species of the Faroe Islands. *Fróðskaparrit* 49: 25-36.
- Brodie J, Nielsen R. 2005. The diversity of the Bangiophycidae (Rhodophyta) of the Faroes in the context of the northern Atlantic. *Biofar Proceedings Fróðskaparrit (Annales Societatis Scientiarum Færoensis Supplementum)* XXXXI: 53-62.
- Bruhn A, Rasmussen M B, Olesen B, Worm T. 2008. Kommerciel dyrkning af carrageentang (*Chondrus crispus*) i danske farvande. Report pp 62.
- Bruhn A, Dahl J, Nielsen HB, Nikolaisen L, Rasmussen M B, Markager S, Olesen B, Arias C, Jensen PD. 2011. Bioenergy potential of *Ulva lactuca*: Biomass yield, methane production and combustion. *Bioresource Technology* 102: 2595-2604.
- Chapman ARO, Markham JW, Lüning K .1978. Effects of nitrate concentration on growth and physiology of *Laminaria saccharina* (phaeophyta) in culture. *Journal of Phycology* 14, 195-198.
- Debes L. 1673. Færoæ & Færoa reserata: Det er Færøernis oc færøeske Indbyggeris beskrivelse, udi hvilcken føris til liuset adskillige naturens hemligheder, oc nogle antiqviteter, som her til dags udi mørket hafve været indelugt, oc nu her opladis / alle curieuse til velbehagelighed. Copenhagen.
- Druehl L. 2010 Kelp Farming in British Columbia: ecophysiology, genetics, and technology. Presentation at Seaweeds for Human Consumption, Bioac-

- tive Compounds, and Combating of Diseases An international interdisciplinary symposium, Copenhagen, August 2010.
- Edwards MD. 2007. The cultivation of the edible red alga, *Palmaria palmata* for aquaculture. PhD. Dissertation. The Queen's University of Belfast.
- Edwards M, Watson L. 2011. Cultivating *Laminaria digitata*. *Aquaculture Explained* 26. 72 pp.
- Eliassen SK, Hansen B. 2003. Light in Faroese waters. The Faroese Fisheries Laboratory, Technical report, Tórshavn.
- Gaard E, á Norði G, Simonsen K. 2011. Environmental effects on phytoplankton production in northeast Atlantic fjord, Faore Islands. *Journal of Plankton Research* 33: 947-959.
- Hansen B. 2000. Havið. Føroya Skúlabókagrunnur, Tórshavn.
- Jobling M. 1981. Temperature tolerance and the final preferendum - rapid methods for the assessment of optimum growth temperatures. *Journal of Fish Biology* 19: 439-455.
- Kolbeinshavn AG, Vestergaard P, Patursson Ø, Gislason H. 2012. Rapid growth of farmed cod in sea cages in the Faroe Islands. *Aquaculture*: 224-232.
- Morrissey J, Kraan S, Guiry MD. 2001. A guide to commercially important seaweeds on the Irish coast. Irish Seaweed Centre, Martin Ryan Institute, NUI, Galway.
- Mols-Mortensen A, Wegeberg S. 2007. Forsøgsdyrkning af *Alaria esculenta* på Færøerne. Rapport 12pp.
- Mols-Mortensen A, Neefus CD, Nielsen R, Gunnarsson K, Egilsdóttir S, Pedersen PM, Brodie J. 2012. New insights into the biodiversity and generic relationships of foliose Bangiales (Rhodophyta) in Iceland and the Faroe Islands. *European Journal of Phycology* 47 (2): 146-159.
- Mouritsen OG. 2009. Tang grøntsager fra havet. Nyt Nordisk Forlag, Arnold Busck.
- Msuya FE, Neori A. 2008. Effect of water aeration and nutrient load level on biomass yield, N uptake and protein content of the seaweed *Ulva lactuca* cultured in seawater tanks. [Journal of Applied Phycology](#) 20: 1021-1031.
- Nielsen R, Gunnarsson K. 2001. Seaweeds of the Faroe Islands. An annotated checklist. *Fróðskaparrit* 49: 45-108.
- Nielsen MM, Bruhn A, Rasmussen MB, Olesen B, Larsen MM, Møller HB. 2012. Cultivation of *Ulva lactuca* with manure for simultaneous bioremediation and biomass production. [Journal of Applied Phycology](#) 24: 449-458
- Nørrevang A, Brattegard T, Josefson AB, Sneli JA, Tendal OS. 1994. List of BIOFAR stations. *Sarsia* 79: 165-180.

Rhatigan P. 2009. Irish Seaweed Kitchen. The comprehensive guide to healthy everyday cooking with seaweeds. Booklink.

SINTEF 2010. Cultivation of the seaweed *Alaria esculenta* for Biofuels. SINTEF Fisheries and Aquaculture, Newsletter 5 – 2010.

Tittley I, Nielsen R, Gunnarsson K. 2005. Relationships of algal floras in the North Atlantic islands (Iceland, the Faroes, the Shetlands, the Orkneys). *Biofar Proceedings Fróðskaparrit (Annales Societatis Scientiarum Færoensis Supplementum)* XXXXI: 33-52.

Wegeberg, S. 2010. Cultivation of kelp species in the Limfjord. Report 11 pp.

Wegeberg S, Nielsen R, Gunnarsson K. 2001. Corraline red algae (Corralinales, Rhodophyta) of the Faroe Islands. *Fróðskaparrit* 49: 37-43.

Werner A, Dring M (eds) 2011. Cultivating *Palmaria palmata*. Aquaculture Explained 27. Irish Sea Fisheries Board. 76 pp.

Zertuche-Gonzalez JA, Garcia-Lepe G, Pacheco-Ruiz I, Chee A, Gendrop V, Grumán JM. 2001. Open water *Chondrus crispus* Stackhouse cultivation. [Journal of Applied Phycology](#) 13: 247-251.

Web sites

www.hagstova.fo

www.hav.fo

Personal communication

Annette Bruhn, Department of BioScience, Aarhus University

Jákup Mørkøre

Michael Bo Rasmussen, Department of BioScience, Aarhus University.



4 Opdræt af fiskeyngel i Grønland på forsøgsplan

Kirsten Engell-Sørensen

4.1 Konklusioner og anbefalinger

Mulighederne for at iværksætte en produktion af fisk, evt. sam-opdrættet med muslinger og makroalger, i Grønland er blevet undersøgt, herunder hvilke fiskearter, der er velegnede efter de lokale forhold, og som vurderes til at have tilstrækkeligt økonomisk potentiale. Redegørelsen har inddraget de erhvervsmæssige vilkår for etablering af opdræt i Grønland som led i valg af fiskeart samt produktvalg (yngelopdæt versus konsumopdræt).

Det anbefales således, at man opbygger kompetencer på opdræt af højkvalitets og -værdi fiskearten helleflynder, og indledningsvis retter en forsøgsproduktion mod helleflynderyngel med salg til specielt Norge for øje.

4.2 Baggrund

Der er behov for akvakulturprodukter på verdensmarkedet. Verdens ressourcer af konsumfisk er stærkt overfiskede og interessen for fødevarer fra akvakulturanlæg er stigende og har derfor fået større og større økonomisk betydning. På verdensplan udgør værdien af opdrættede fisk mere end 41 % af den totale omsætning af fisk og globalt er akvakultur den hurtigst voksende fødevareresektor - 6 % fra 2010 til 2011 (FAO 2012).

4.2.1 Produktionsvalg, fiskeyngel eller konsumopdræt

I forbindelse med udarbejdelse af tidligere ansøgninger blev det ret hurtigt klart, at tiden for nuværende ikke er inde til konsumopdræt af marine fisk i Grønland. Der har været forsøgt med opdræt af fjeldørred i Qorlortorsuaq uden succes, hvilket måske har været med til at give fiskeopdræt et dårligt ry i Grønland. Fjeldørred opdrættet strandede på lave europæiske markedspriser på ørred og på høje transportomkostninger fra Grønland ved salg til konsum.

Ved yngelopdræt er der tale om høje priser på levende yngel med en lav vægt, der ofte flytransporteres mellem landsdele, lande og sågar verdensdele pakket ned i isolerede kasser med saltvand og ekstra ilt, så yngelen klarer et ophold på 2 døgn i kasserne. Transporten fra Grønland vil derfor ikke adskille sig væsentligt fra den transport der foregår fra andre yngelproducenter i randområder, hvor opdræt som oftest finder sted.

4.3 Valg af fiskeart

Potentielle fiskearter til opdræt er vurderet ud fra forskellige kriterier, der inkluderer arternes naturlige udbredelse, opnåelige priser og estimerede udgifter i forbindelse med opdrættet.

Torsk (*Gadus morhua*) vurderes ikke til at være egnet pga. en forholdsvis lav og til tider svingende pris på ynglen (5,5-12 kr. pr. stk. i 2005-2008). I de senere år er der blevet produceret mere en 20 millioner stk. yngel i Norge, og

der er ikke udsigt til at prisen vil stige. Desuden har prisen på opdrætstorsk været faldende indenfor de senere år, fordi den naturlige torskebestand i andre dele af verden er voksende.

To andre eksisterende opdrætsarter egner sig imidlertid til arktisk opdræt, nemlig plettet havkat (*Anarhichas minor*) og helleflynder (*Hippoglossus hippoglossus*) (Fig. 4).

Plettet havkat udmærker sig ved at kunne opdrættes uden brug af levende føde i startfasen, i modsætning til alle andre eksisterende marine opdrætsarter. Plettet havkat har en høj vækstrate og kan nå en vægt på 1,6 kg efter 2 år ved 6-14 grader. Vækstraten er højest ved de laveste temperaturer. Mange har peget på havkat som en potentiel opdrætsart (Foss et al. 2004, Imsland 2004, Steinfeldt 2008), og den er pt. anset som en opdrætsart under udvikling af Canadian Aquaculture Industry Alliance (www.aquaculture.ca): "Due to its ability to thrive in cold marine waters, spotted and Atlantic wolf fish are considered very promising candidate species for cold water aquaculture in the North Atlantic. Wolf fish also display remarkable attributes for domestication (tolerance to density, salinity, water quality changes, egg and larval size, no live prey requirements, and farming-friendly behavior) and market potential (excellent flesh and taste characteristics, niche market, price). Research efforts in Canada are aimed at developing domestic wolf fish broodstocks and improving the survival of young wolf fish". Anbefalingerne til trods er der ikke nogen eksisterende konsumproduktion af havkat og det vil formodentligt være usikkert om yngelen kan afsættes på verdensmarkedet.

Helleflynder udmærker sig derimod ved meget stabile afsætningsmuligheder for yngelen og ved en meget høj stk. pris. Dette vurderes at være af stor betydning, da yngelen ved salg skal flyves fra Grønland og dermed logistisk er omkostningsfuldt, hvilket kompenseres ved høj stk. pris. Ydermere er opdrætteknikken for helleflynderyngel kendt både i Norge, Island og Canada og det vil være muligt at indhente ekspertbistand fra alle 3 lande, når opdrættet skal etableres.

Figur 4. Plettet havkat og helleflynder.



Helleflynder forventes således at spille en stor rolle i fremtidig norsk marin akvakultur (Steenfeldt, 2008). The Canadian Aquaculture Industry Alliance (CAIA) (www.aquaculture.ca), der repræsenterer de canadiske akvakulturaktører betragter helleflynder som fisk med stort markeds potentiale, omend det er en art der ved konsumopdræt kræver stor kapital: "Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) is a marine, cold-water flat fish that is currently being developed as a commercial aquaculture species. It is a white-fleshed fish with high market value and demand, is an excellent species to complement diversify the aquaculture industry. Atlantic halibut are farmed in New Brunswick and Nova Scotia. Canada's first commercial-sized farmed halibut were harvested from sites in the Bay of Fundy a couple of years ago, and show excellent market acceptance. Juveniles are produced in Nova Scotia at

present and sold overseas. Development and commercialization of the industry in Canada requires significant capital for further expansion”

Sammenligner man data for yngelopdræt og konsumopdræt af helleflynder og havkat (Tabel 1) vil man se, at helleflynderopdræt udgør en større potentiel indtægtskilde end opdræt af havkat, både når det gælder yngel- og konsumopdræt. Yngel af både helleflynder og plettet havkat vil kunne være genstand for salg 6-7 måneder efter strygning af stamfisk. Begge arter forekommer i Grønland. Ifølge fiskere fra Nanortalik og Paamiut er plettet havkat almindelig i fangster fra Sydvestgrønland og helleflynder bliver af og til fanget på banker ud for den sydvestgrønlandske kyst.

Tabel 1. Sammenlignende data for torsk, havkat og helleflynder ved yngelopdræt. *Pris er afhængig af succes i eget klækkeri eller evt. pris på indkøbte larver.

	Torsk	Havkat	Helleflynder
Kendt opdrætsteknik	Ja	Ja	Ja
Yngelpris pr. stk. (Salg til opdræt)	5,5-12 kr. (svingende)	10 kr? Afsætning usikker	Meget god, >25 kr. siden 2004.
Vilde stamfisk i Grønland	Ja	Ja	Ja
Temp. regime i yngelopdræt	4-14 grader C	2-10 grader C	4-12 (5-6 grader C)
Levende foder i larvefasen	Ja (1-2 mdr.)	Nej	Ja (2-3 mdr.)
Tid i klækkeri	1-2 uger	5 mdr.	2-3 uger
Anslået prod. pris pr. stk.*	8-10 kr.	6-8 kr.	10-15 kr.

I og med at helleflynderlarver har brug for levende føde, der også skal produceres for at opdrættet skal lykkes, eksisterer der en forholdsvis større risiko ved opdræt af helleflynderlarver end ved opdræt af havkatlarver. Til gengæld er risikoen i forbindelse med klækning af de befrugtede æg forholdsvis høj for havkat idet æggene opholder sig i klækkeriet adskillige måneder, hvor der dels kan ske tekniske fejl, dels kan udvikles begroning og patogener i og på æggene. Klækning af helleflynder foregår over få uger.

Efterspørgslen på helleflynderyngel har i mange år oversteget udbuddet. Derfor har helleflynder gennem de sidste 10 år haft en forholdsvis høj pris. Der er forskellige årsager til hvorfor opdræt af helleflynderyngel vil kunne være en god forretning i Grønland, herunder dels en god markedspris, forbedrede opdrætsteknikker samt en lav salgsvægt (3-5 gram pr. stk.), hvilket betyder forholdsvis lave omkostninger til transport ved salg.

Norge er verdens største producent af helleflynder til konsum, 7 yngelproducenter producerer helleflynderyngel og desuden indkøber norske helleflynderopdrættere yngel fra Island og Canada. I Norge er der over 100 licenser til konsumopdræt af helleflynder, men siden 1998 er antallet af farme blevet reduceret fra 35 til under 10. I 2008 svarede den totale produktion til 1.700 tons pr år, målt i hele tons slagtede fisk (tons wfe). Pga. Norges dominans på markedet tager nedenstående simple markedsanalyse udgangspunkt i den norske produktion af helleflynder. Udover Norge producerer Canada og Skotland også helleflynder til konsum (<http://www.seafoodsource.com/newsarticledetail.aspx?id=4294967691> Published: Tuesday, July 14, 2009) (Tabel 2 og 3).

I Norge er produktionen af helleflynder yngel steget fra 410.000 yngel år⁻¹ i 1998 til 1.105.000 yngel år⁻¹ i 2008, produceret på 7 klækkerier med licens til at producere helleflynder yngel, så antallet af yngel produceret pr. klækkeri er faktisk relativt lavt. Dette betyder at yngelproduktionen er en flaskehals

for produktionen af helleflynder til konsum. For at kompensere for den lave produktion af yngel har Norge importeret mellem 500.000 and 800.000 stk. yngel fra Island hvert år (først og fremmest fra hovedproducenten Fiskey). Dette er foregået igennem adskillige år. For et par år siden måtte Fiskey lukke, hvorefter Norge importerer yngel fra canadiske og skotske yngel opdrættere. Siden 2006 har den samlede produktion af helleflynderyngel i Norge oversteget 1 mill. stk. yngel årligt.

Yngelen opholder sig normalt 4-5 mdr. i klækkeriet, samt yderligere 3-4 måneder i et sættefisk anlæg til yngelen har transportvægt på minimum 5 gram. I dag tager produktionen af markedsstørrelse helleflynder (5-7 kg) 4-5 år. Tabellen nedenfor viser produktionen af helleflynder til konsum på verdensplan fra 2002 til 2011.

Norges fangst af helleflynder fra vilde populationer ligger på mellem 3.000 og 4.000 tons pr år, hertil kommer den årlige produktion fra akvakultur, der er gennem de senere år har ligget på 1.500-2.300 tons. Kvoten (bifangst) for Grønlands fangst af helleflynder i 2012 var tilsvarende på i alt 3.000 t. Markedet for helleflynder er forholdsvis lille men kunne let udvides til store markeder i Europa, USA og Kina. De største markedsandele i dag er i UK, USA, Kina, Sverige og Danmark, og langt størstedelen af al eksporteret helleflynder er fra Norge.

Tabel 2. Helleflynder yngelopdræt på verdensplan (i tusinde stk) baseret på Jan Ove Evjemo (NTNU, NO) (pers. comm.), Fiskey's hjemmeside (www.fiskey.is) og webbaserede oplysninger fra opdrættere (Marine Harvest ASA, Nordic Seafarms, Scotian Halibut, Kames Fish Farming, m.fl.).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Norge	350	450	350	350	750	850	1105	>1000	>1000	>1000
Canada	200	?	?	?	?	?	?	?	200	200
Island	550	750	350	450	4-700?	4-700?	4-700?	4-700	0	0
Storbritannien	310	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Estimeret for verden	1410	1360	700	900	>1200	>1300	>1500	>1400	>1200	>1200

Tabel 3. Helleflynder konsumopdræt på verdensplan (i tons) baseret på FEAP (<http://www.aquamedia.org>).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Norge	424	426	648	1197	1185	2307	1587	1568	1500	1600
Island	120	95	134	134	100	160	19	34	50	30
Storbritannien	187	187	187	272	233	147	206	189	189	190
Canada							200?	200?	200?	200?
Estimeret verden	731	708	969	1603	1518	2467	2012	1991	1939	2020

Priser på fersk helleflynder sikrer efterspørgsel på helleflynderyngel. I 2011 og 2012 lå gennemsnitsprisen for fersk helleflynder på Hanstholm Fiskeri-auktion således på mellem 50 DKK og 150 DKK kg⁻¹. Gennem det sidste år er der solgt 22.000 ton helleflynder i Hanstholm.

Ifølge Gemba Seafood Consulting (2011) var prisen for frosset helleflyndere i 2006-2010 35 - 40 DKK kg⁻¹ i Norge, Island, Færøerne og Canada. Prisen for frosset helleflyndere i Grønland var 2006-2010 11 DKK kg⁻¹. Danmarks import af frosset helleflynder fra Norge og Færøerne skete til en gennemsnits-

pris på 30-40 DKK kg⁻¹ og fra Grønland til 28 DKK kg⁻¹ i 2010. Ifølge Gemba Seafood Consulting (2011) var prisen for frosset helleflynder til eksport fra Danmark 37 DKK kg⁻¹ i 2010. Til sammenligning var prisen for fersk helleflynder til eksport fra Danmark i 2010 72 DKK kg⁻¹.

Ifølge Gemba, 2011 forventes fangsten af helleflyndere ikke at stige i nær fremtid, derfor forventes udbuddet af helleflyndere på det europæiske marked at være stabilt. Efterspørgslen på helleflyndere er stabil / høj og der vil stadig være stor forskel på prisen på fersk og frosset helleflynder.

Der er derfor al mulig grund til at tro, at prisen på opdrættet helleflynder, der jo kan sælges som fersk helleflynder vil være stabil og høj i nær fremtid. Dette vil smitte af på efterspørgsel efter helleflynderyngel.

Priser på helleflynderyngel er vanskelig at opgøre, da yngelen som oftest omsættes internt i konsortier og mellem datterselskaber, endvidere er prisen afhængig af kvaliteten. Men prisen på helleflynder yngel (3-5g) har ligget på mere end 25 NOK siden 2005, og i nogle tilfælde har yngel kostet mere end det dobbelte. F.eks. oplyste Kames Fish Farming in Argyll, Scotland en pris på 8,74 Euro (63 NOK) i 2009.

4.4 Hvorfor er Grønland et velegnet sted til opdræt af helleflynder yngel?

Vandkvaliteten og kvaliteten af byttedyr er af uhyre stor betydning ved opdræt af helleflynderyngel. Vandkvaliteten i Sydøstgrønland er generelt god, da det oceaniske vand har et lavt bakterietryk og et lavt indhold af organisk stof. Herudover har en forundersøgelse af zooplanktonet i Sydøstgrønland vist en stor andel af arter af vandlopper indenfor slægten *Acartia*. Disse vandlopper er velegnede til opdræt af marine fiskelarver, dels fordi vandlopper er fiskelarvernes naturlige fødeemne og indeholder et passende indhold af forskellige fedtsyrer og proteiner, som er vigtige for en fejlfri udvikling af larverne (Engell-Sørensen et al. 2004, Lee et al. 2005), og dels fordi arter af slægten *Acartia* kan holdes i forholdsvis høje tætheder og producerer et højt antal æg pr. hun (Mauchline 1998).

Mht. transportpriser på helleflynderyngel har f.eks. Paamiut og Nanortalik i Sydvestgrønland en nøjagtig lige så god beliggenhed for et klækkeri, som beliggenheden af eksisterende marine klækkerier, der også ofte er placerede logistisk vanskeligt. Det er helt normalt at benytte flytransport ved transport af marin yngel. Yngelen pakkes i isolerede kasser med havvand og ren ilt som luftart, oftest med 100 stk. i hver. Hver kasse vejer ca. 10 kg og kan så transporteres verden over med flytransport. Den samlede transporttid fra klækkeri til konsumopdræt vil normalt kunne holdes indenfor 24 timer, men af hensyn til forsinkelser f.eks. pga. af vejr eller fortoldning vil man normalt pakke yngelen så de vil overleve en transporttid på 24-48 timer. Er det nødvendigt med større sikkerhed vil man kunne pakke færre fisk i hver kasse. Prisen for transporten vil normalt ligge på 1-2 DKK pr stk. yngel, i Grønland vil prisen nok ligge tæt på 2 DKK pr stk. Men set i forhold til en pris på 25-50 NOK pr stk. betyder transportprisen ikke ret meget.

4.5 Opdrætsteknik af helleflynderyngel i Grønland

Det skal nok indledningsvis gøres helt klart at storskalaproduktion af helleflynderyngel er specialistarbejde der kræver stor erfaring og at der stadig

kræves metodeudvikling og lokal tilpasning. Derfor følger der et afsnit om opdræsteknikken og fokuseres på pilotopdræt for at teste teknikken og oparbejde kompetencerne i Grønland samt vurdere opstartsfasens længde.

Siden 2003 har det meste af helleflynderproduktionen i Norge været baseret på kontrolleret intensiv larvefasen, idet yngelen opfostres på berigede *Artemia* (saltsøkrebs) i perioden hvor de behøver levende føde, før de tilvænnes til kommercielt tørfoder. Der er stadig store problemer forbundet med pigmentering, metamorfose og øjemigration. Dette har betydning for prisen, men klækkerierne oplyser, at kun yngel med normal udvikling, pigmentering og komplet øjemigration bliver brugt til videre produktion.

Der har i de senere år vist sig muligheder for at forbedre produktionsmetoden af yngel: I august 2007 annoncerede Institute of Marine Research i Bergen (IMR) et gennembrud i opdrættet af helleflynder. Gennem en ikke-kontinueret fodring med levende føde og perioder med mørke kunne de halvere andelen af fejl i øjemigration. Når der fodres med de levende føde hjuldyr og *Artemia* bruges der olieholdige berigningsprodukter til den levende føde med deraf følgende høj overfladehinde og bakterietryk i opdrætskarrene. For nogle få år siden blev det konstateret, at brugen af fint ler i klækkerierne kunne forbedre vandkvaliteten i disse anlæg idet bakterietrykket blev mindsket. Leret er dog især vigtigt for at mindske lysgennemslugtigheden, hvilken har gavnlige effekt på larverne. Ved at inkludere disse to gennembrud i den planlagte produktion af helleflynder i Grønland vil det blive mindre vanskeligt at opnå en høj overlevelse i larvefasen og en god kvalitet af yngel.

Senest har der indenfor marin akvakultur på verdensplan været fokus på muligheden af intensiv produktion af vandlopper som levende føde til opdræt af marine larver. Både i Norge, Danmark og de fleste andre europæiske lande er der fokus på denne problemstilling i disse år.

Monosex production, opdræt udelukkende af fx helleflynder hunner, der fremelskes fordi de vokser hurtigere og kan sælges til konsum før de bliver kønsmodne, er et andet tiltag, der er gjort i de senere år for at fremme rentabiliteten i helleflynderopdræt.

Helleflynderopdræt kan opdeles i følgende faser:

1. Indsamling og hold af stamfisk
2. Strygning af stamfisk
3. Klækning af æg
4. First Feeding. Næsten alle marine fisk har brug for levende føde i den første periode af deres liv - helleflynder har brug for levende føde i mindst 1 måned
5. Weaning - tilvænning til tørfoder - havkat starter direkte på denne fase efter klækning
6. Ongrow – videre opvækst – enten til yngelen er så stor den kan transporteres til andre anlæg eller til fisken er så stor den kan sælges til konsum.

For generelle referencer omkring helleflynderopdræt se f.eks. Mangor-Jensen et al., 2004; Lawale, 2005 og Cowen, 2011.

4.5.1 Stamfisk; fangst og opbevaring eller indkøb af helleflynderæg fra Canada / Norge / Skotland.

Fiskeri af helleflynder har tidligere haft stor betydning i Grønland. Fra 1910 startede et søgående linefiskeri og helleflyndere blev henkogt på en grønlandsk fabrik, men allerede i 1930-erne faldt bestanden på grund af lokalt og udenlandsk overfiskeri. I 50-erne var der igen et intensivt fiskeri, men bestanden er aldrig kommet på fode igen og helleflynder tages nu kun som bifangst, eller fiskes på mindre lokaliteter kendt af lokale fiskere. Helt spæd helleflynderyngel er sjælden i grønlandske farvande, sandsynligvis fordi gydningen foregår på dybere vand i Davidstrædet og ved Island.

Gydende helleflynder fanges indimellem på en banke udenfor Frederikshåb (Frederikshåb Banke), hvor fiskerne fra Paamiut af og til fanger helleflynder (½ dags sejllads). Banken ligger på 40-50 meters dybde. Stamfisk vil kunne fanges fra eksisterende krabbefiskerbåde og bør transporteres til Paamiut, hvor de skal opbevares i store kar på 30 m³ under tilførsel af frisk, filtreret og UV behandlet havvand. Stamfiskene opbevares under 8 °C og fodres med tørfoder og frisk fisk.

Helleflynder gyder i februar til maj og producerer mellem 50.000 og 1000.000 æg pr hun alt efter størrelsen, men det kan tage to eller 3 år før de stamfisk der er fanget gyder regelmæssigt og producerer æg af tilstrækkelig høj kvalitet. Det kan derfor i de første år være en mulighed at supplere med befrugtede æg fra andre lande (Canada / Skotland / Norge / Island). Det er nødvendigt at sikre sig, at der med æggene følger et veterinært certifikat, der udelukker overførsel af alle former for sygdomme med æggene.

4.5.2 Stygning af stamfisk og klækkeri

Arbejdet kan inddeles i:

1. Strygning af moderfisk. Hunnerne stryges når de er gydemodne (de gyder gentagne gange gennem produktionssæsonen med korte intervaller), og æggene opsamles i beholdere. Straks herefter stryges hannerne og mælken befrugter æggene. Æggene skylles efter ½-1 time, og flyttes til klækkekegler (Fig. 5). Befrugtningsprocenten kontrolleres, mindst 80-90 % af æggene bør være befrugtede.
2. Klækning af æg. Æggene inkuberes i klækkekegler med en opadgående vandstrøm i mørke ved 4-6 °C og 36 promille salt. Vandet recirkuleres, filtreres gennem et sand / kulfilter, UV behandles og iltet. Efter ca. 2 uger klækker æggene.
3. Opbevaring af blommesækslarver. Blommesæksstadiet varer ca. 1,5 måned ved 5°C, og larverne udvikler hverken en brugbart syn eller en mund før efter 20-30 dage og kræver derfor ikke føde de første uger. Men larverne kræver meget stabile forhold og de opbevares derfor i større tanke. Vandet recirkuleres med en svag strøm, filtreres, iltet og UV behandles og vandet tilføres for neden. Ved mindre portioner æg (normalt gyder en hun mindst 50.000 æg af gangen) kan man evt. benytte mindre beholdere, men stadig stabilisere vandkemien med mikroalger. I karrene er temp- på 5-10°C, mørke og 36 ‰. Normalt overlever over halvdelen af larverne blommesæksstadiet.

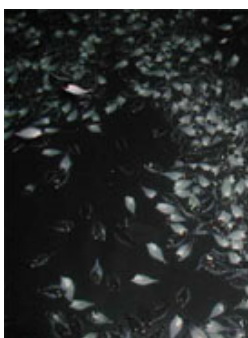
Figur 5. Klækkekegler og helleflynderrogn.



4.5.3 Larveproduktion (måned 1-2) (Fig. 6)

Efter larverne evt. er overført til rene 30 m² store kar, ligeledes med 36 ‰ salt, 5-10 °C og recirkuleret, rensat og desinficeret vand kan man langsomt hæve temperaturen og lystilførslen lidt (op til ca.10 °C). Der tilsættes mikroalger til tankene, da det har vist sig at larverne trives bedst i et vandmiljø med mikroalger for at stabilisere vandkemien. Det har også vist sig at tilsætning af fint ler i begrænset mængde har en gavnlig effekt på larverne.

Larverne fodres med vandlopper (dyrkede eller vildtfangede), dyrkede hjuldyr og klækkede Artemia (saltsøkrebs). Overlevelsen gennem larvefasen varierer meget, og afhænger af timing, fødekvalitet og vandkvalitet. Rutinemæssigt vil overlevelsen i larvefasen formodentligt være omtrent 50 %.

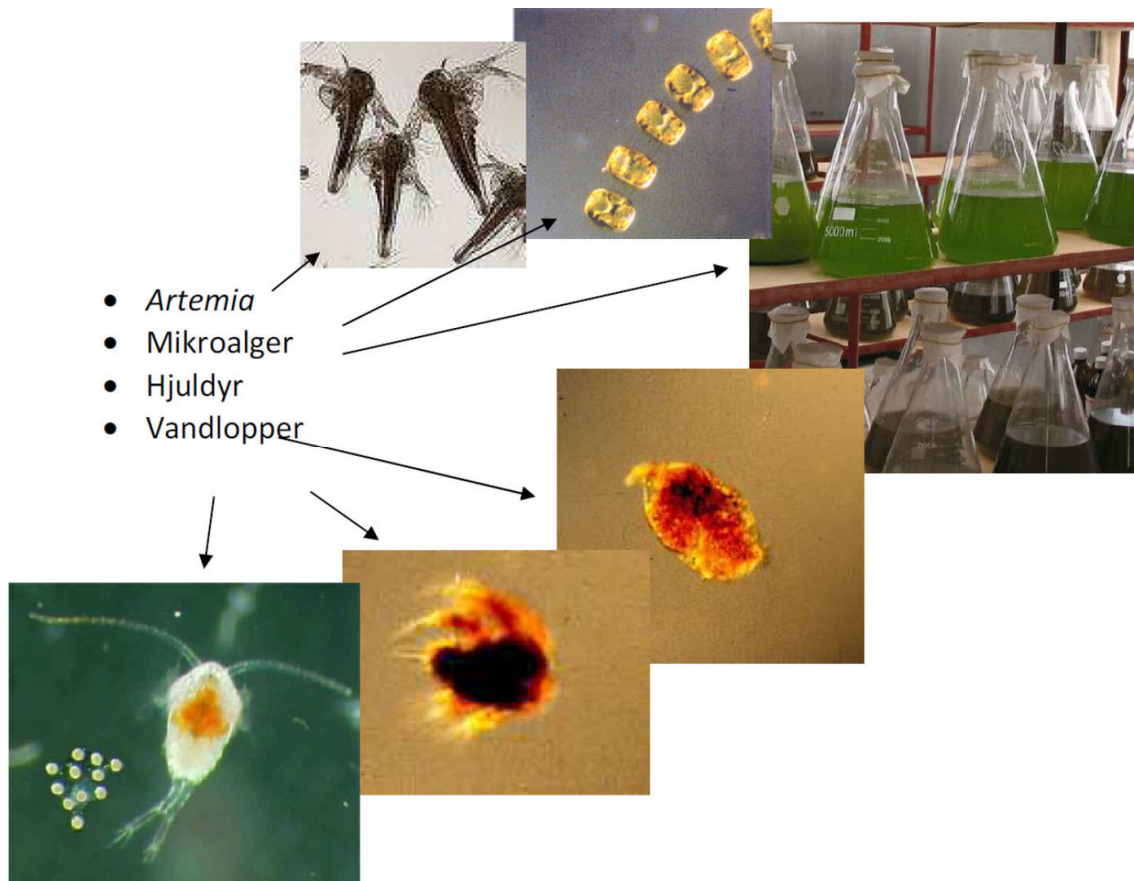


Figur 6. Fiskelarver og faciliteter til larveopdræt.

4.5.4 Produktion af levende føde (Fig. 7)

Fra helleflynder begynder at indtage føde går der 2-3 måneder til den kan begynde at tage tørfoder. I den tid vil larverne blive fodret med forskellige former for levende føde, dels for at dække larvernes næringsbehov, dels for at nedsætte risikoen for mangel på levende føde for larverne.

Larverne har høje krav til byttets næringsindhold, f.eks. indhold af forskellige essentielle fedtsyrer i byttet, dette behov dækkes bedst af larvernes naturlige fødeemne, nemlig planktoniske vandlopper (copepoder). De planktoniske vandlopper kan enten filtreres ind fra havet, eller de kan opdrættes (Lee et al, 2005). Herudover vil føden, mest af hensyn til forsyningsikkerheden blive suppleret med opdrættede hjuldyr (rotatorier) samt klækkede og olieberigede saltsøkrebs (Artemia) (Schwarz 2007, Sorgeloos et al. 2001).



Figur 7. Levende føde til larver af saltvandsfisk.

Uanset hvilket fødeemne der benyttes, er det nødvendigt at dyrke mikroalger, dels som fødeemne for hjuldyr og vandlopper, dels som vandkvalitetsforbedrende foranstaltning i selv larveopdrætsenhederne (såkaldt "greenwater" teknik).

4.5.5 Tilvæning til tørfoder og videreopdræt til salg (3-5g) eller ud-sætning (10g)

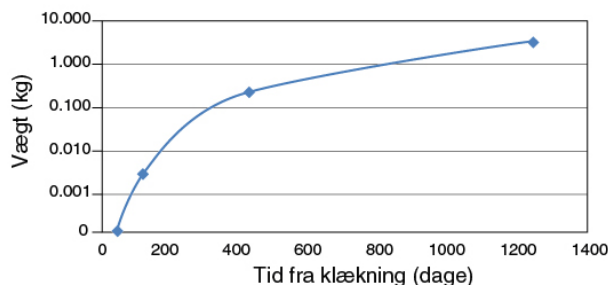
Start på tilvæning til tørfoder sker ved en vægt på ca. 0,2 g. Fiskene tilbydes både tørfoder og levende føde over nogle få dage, men vil herefter kun blive tilbudt tørfoder specielt udviklet til helleflynderyngel.

Optimal temperatur for vækst hos helleflynderyngel varierer med størrelsen. Yngel vokser ikke ved temperatur under 4 °C og større fisk har lav tolerance overfor temperaturer over 14 °C (Englesen 1995). Temperaturer over 18 °C kan slå fiskene ihjel (Forster 1999). Fig. 8 repræsenterer den forventede vækst ved sub-optimale vækstrater, idet der er forsøgt taget højde for, at det til tider vil være svært at holde en optimal temperatur hos fiskene.

Den optimale temperatur for vækst falder med stigende alder, så opdræts-temperaturen bør sænkes efterhånden som helleflynderen vokser (Aune, 1997). Så længe larver og yngel holdes indendørs er det ikke et stort problem at opvarme vandet moderat, idet vandet vil blive recirkuleret. I Qorlortorsuaq vil man kunne udnytte at 5 °C varmt vand fra en sø ovenfor opdrætsanlægget passerer gennem hallen, og vil kunne bruges til opvarmning af saltvand vha. varmevekslere i vinterhalvåret.

Helleflynderyngelen vaccineres for de mest almindelige sygdomme hos helleflynder (f.eks. vibriose, nodavirus og IPN). En fordel ved forholdsvis lave opdræts temperaturer er, at helleflynderen vil være mindre modtagelige overfor sygdomme (Forster, 1999), men op til ca. 10 g er fisken stadig ret modtagelig overfor sygdomme, og vaccinering vil derfor være nødvendig. Hvilke sygdomme der er til stede i Grønlandske farvande er kun meget sporadisk beskrevet.

Figur 8. Vækstens afhængighed af fiskens alder.



4.5.6 Kvalitetskontrol ved produktion af yngel (larver, yngel og konsumfisk)

Indenfor alle akvakulturtyper er infektionssygdomme og fejludviklinger pga. tilstedeværelse af smittekilder, dårligt miljø (temperatur, lys, støj, vandkvalitet), uhensigtsmæssig ernæring og dårlig management begrænsende faktorer. Det har derfor vist sig nødvendigt at føre en nøje overvågning af moderfisk, æg og nyklækket yngel med henblik på at identificere eventuelle problemer og forøge overlevelsen (Buchmann, Larsen & Dalsgaard 1993). I alle faser af opdrættet gælder det, at fysisk-kemiske parametre med betydning for fiskenes velbefindende bør overvåges i anlægget (pH, temperatur, ledningsevne, salinitet, BOD).

Stamfisk kan være bærere af en række infektionssygdomme. Hvis der ved etablering af yngelanlægget opfanges moderfisk, må de underkastes en analyse for diverse infektioner. Specielt vil det blive vurderet, om der forekommer infektioner, der kan overføres til yngel, og derved forringe opdræts resultatet. Standardmetoder vil således blive taget i anvendelse med henblik på at beskrive virusinfektioner, bakterielle infektioner og parasitinfektioner (Buchmann & Bresciani 2001).

Efter befrugtning bør der udtages prøver af æggene med henblik på at følge fosterudviklingen og evt. klarlægge processer, der kan have en uheldig indflydelse på larveudviklingen.

Efter klækning bør der udtages prøver for at følge om larverne udvikles optimalt. Der bør tages prøver til parasitologisk, bakteriologisk og virologisk analyse og efterfølgende bakteriologisk analyse på KU-LIFE eller andet laboratorium. Larver inkuberes i E-MEM med antibiotika med henblik på standardanalyse for virus (CPE; IFAT, ELISA, PCR) på DTU-VET i Århus eller andet laboratorium. Parasitologiske analyser kan foretages på stedet ved hjælp af lysmikroskopi. Eventuelle parasitter fikseres og monteres med henblik på identifikation.

Undersøgelser af moderfisk vil kunne påpege problematiske moderfisk, som eventuelt kan skabe problemer med kvalitet og overlevelse af æg- og yngelbatches fra de pågældende moderfisk.

De løbende undersøgelser af alle de producerede æg- og yndelbatches vil kunne afsløre om der skal iværksættes foranstaltninger for at sikre overlevelse af yngel og forhindre eventuelle problemer ved efterfølgende produktioner. Disse tiltag kan omfatte forbedring af vandkvalitet i yngelsystemer, optimering af uheldig håndtering af yngel med beskadigende effekt på yngel, udrensning af inficerede grupper af yngel, badning af yngel i vitaminbade (ved erkendelse af mangelsygdomme) samt vandbehandling ved tilstedeværelse af uheldige mikroorganismer.

4.6 Eksempler på eksisterende kompetencer og faciliteter i Grønland

Helleflynderopdræt vil i princippet kunne etableres i mange grønlandske kommuner, blot der er adgang til rent saltvand og faciliteter hvor yngelopdrættet kan etableres. I næsten alle grønlandske kommuner findes der nedlagte fiskefabrikker, der kan bruges ved etablering af yngelopdræt. To tidligere kommuner, Paamiut og Nanortalik Kommune har imidlertid tidligere vist stor interesse for at etablere integreret opdræt (IMTA) i kommunen. Planlægningen af opdræt i Paamiut og Nanortalik og deres tilhørende bygder kom så langt, at der i 2008 på opfordring af NORA (grænseregional komité under Nordisk Ministerråds regionalpolitiske samarbejdsprogram) blev udarbejdet et notat indeholdende blandt andet markedsanalyse for helleflynderyngel, markedsanalyse for grønlandsk tang, drift- og anlægsbudget, en forretningsplan (Bilag 1, 2 og 3) samt en positiv udtalelse fra WWF omkring projektet.

Det er derfor nærliggende at beskrive et eventuelt helleflynder yngelopdræt med de to sydvestgrønlandske byer som cases.

I Paamiut og Nanortalik og deres bygder eksisterer der allerede forskellige ressourcer, der kan bruges til opdræt af saltvandsfisk. For der første er der de menneskelige ressourcer, hvor fiskere fra bygderne, forskellige faggrupper herunder laboranter og håndværkere samt en tidligere ørredopdrætter fra Qorlortorsuaq ved Nanortalik udgør en samlet stærk menneskelig ressource indenfor det forholdsvis avancerede fag, som marin yngelopdræt og konsumopdræt er.

I Nanortalik og Paamiut er der, pga. faldende fiskeriudbytte i de sidste mange år, en del fiskefabrikker og andre bygninger, der står ledige eller bliver anvendt sporadisk. Herudover eksisterer der et nedlagt ørredopdræt i Qorlortorsuaq, hvor både bygninger og udstyr står klar til afbenyttelse. Fiskefabrikkerne ligger helt ud til kysten, så adgangen til havvand er umiddelbar. Derfor udgør disse faciliteter en velegnet ressource for anlæg til akvatisk produktion.

Paamiut har tidligere tilbudt at lægge lokaler til opbevaring af moderfisk, klækkeri og larveopdræt. Herefter kunne en del af ynglen blive overført til lokaler, der tidligere husede mindre fiskefabrikker i f.eks. bygderne Tasi-usaq (Fig. 9) og Narsamijit samt til det større anlæg i f.eks. Qorlortorsuaq (Fig. 10), der tidligere er blevet benyttet til ørredopdræt og nu står tomt.

Figur 9. Nedlagt fiskefabrik i Tasiusaq, og lokalerne.



I Qorlortorsuaq eksisterer en færdigbygget hal (Fig. 10), der står klar med en del faciliteter inklusive sandfilter til filtrering af indtagsvand, foderautomater mm. Her vil teknikere fra vandkraftværket kunne træde til, hvis der er tekniske problemer, kraftværket vil kunne forsyne opdrættet med el. Herudover vil det være muligt at benytte havvand fra fjorden og varmeveksle vandet med 5 grader varmt vand fra søen ovenfor anlægget.

Det kan godt lade sig gøre at købe helleflynderæg i Island. Mulighederne for en indtjening vil dog være størst, hvis fiskerne selv fanger stamfisk og de stryges og klækkes i kommunen. Alt andet lige vil der også altid eksistere en risiko for at overføre sygdomme, når man indfører æg, larver eller andet fra andre opdrætsanlæg eller havområder. Det er muligt at sælge yngelen til verdensmarkedet uden at gennemføre hele fase 6 (salg og transport er mulig fra ynglen vejer 3-5 gram).

Figur 10. Del af opdrætshal i Qorlortorsuaq.



4.7 Konklusion

Det vurderes således at opdræt af specielt helleflynderyngel i Grønland har et stort potentiale:

Prisen for helleflynderyngel er høj og stabil.

Grønland egner sig til opdræt af helleflynderyngel.

Timing for opstart af helleflynderyngelopdræt er god i forhold til de sidste års udvikling af teknikker indenfor helleflynderopdræt.

Det anbefales derfor at opbygge kompetencer til opdræt af helleflynderyngel i Grønland, og det forventes således at helleflynderyngel med fortjeneste kan opdrættes og afsættes til f.eks. Norge. I det øjeblik de forskellige kompetencer er bygget op, er det naturligvis muligt at inddrage opdræt af andre potentielle arter i de videre planer.

4.8 Referencer

Aune A, Imsland AM, Pittman K. 1997. Growth of juvenile halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.), under a constant and switched temperature regime. *Aquaculture Research* 28 (12), 931–939.

Buchmann K, Bresciani J. 2001. An introduction to parasitic diseases of freshwater trout. DSR-Publishers, Frederiksberg, Denmark

Buchmann K, Dalsgaard I, Larsen JL. 1993. Diseases and injuries associated with mortality of hatchery reared Baltic cod (*Gadus morhua* L.) larvae. *Acta vet. scand.* 34: 385-390

Cowan, ME. 2011. Research and development of stock management strategies to optimise growth potential in on-growing of Atlantic cod, *Gadus morhua*, and Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*. *Aquaculture eTheses*, 28-Feb-2011

Englesen R. 1995. Economical view on halibut on-growing (in Norwegian). In Kveite - fra forskning til næring (Halibut - from R&D to industry). Pitman, K., A.G. Kjørrefjord, L. Berg and R.Englesen, eds), Stiftelsen Havbrukskunnskap, Bergen, pp. 179-198. (cited in Roselund, G. ARC, Nutreco. Internal memo.)

FAO. 2012. The state of world fisheries and aquaculture, 2012. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Food and aquaculture Organization of the United Nations, Rome, 2012

Forster J. 1999. Halibut farming. Its development and likely impact on the market for wild Alaska halibut. A report prepared for the Alaska Department of Commerce and Economic Development, Division of Trade and Development. P.O. Box 110804, Juneau, Alaska.

Foss A, Imsland AK, Falk-Petersen I-B, Øiestad V. 2004. A review of the culture potential of spotted wolffish *Anarhichas minor* Olafsen. Reviews in Fish Biology and Fisheries 14: 277-294.

Gemba Seafood Consulting. 2011. Prisanalyse og prognose for de viktigste fiskearter fra Grønland. Udført for Kalaallit Nunaanni Aalisartut Piniartullu Kattuffiat (KNAPK) af GEMBA Seafood Consulting A/S. Juni 2011. Kontaktperson: Jens Henrik Møller.

Imsland AK. 2004. Sluttrapport for prosjekt nr. 421. "Opdræt – Plettet Havkat" 2003 – 2004. Akvaplan-niva AS. Rapport til NORA NORDISK ATLANTSAMARBEID. November 2004

Lawale ASF. 2005. Genetic Management of the Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). A thesis submitted for the Degree of Doctor of Philosophy Institute of Aquaculture, University of Stirling, August 2005.

Lee C-S, O'Bryen P, Marcus NH. 2005. Copepods in aquaculture. Blackwell Publishing.

Mangor-Jensen, Anders og Holm, Jens Chr. (Red), 2004. Håndbok i kveiteoppdrett ISBN ISBN 82-7461-060-1 37-44.

Schwarz MH. 2007. Intensive Marine Finfish Larviculture. Virginia Cooperative Extension. Publication no. 600-050. www.ext.vt.edu/pubs/seafood/600-050/600-050.pdf.

Sorgeloos P, Dhert P, Candreva P. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp, in marine fish larviculture. Aquaculture, volumen 200, pp147-159. Der eksisterer en mængde litteratur omkring klækning og berigning af *Artemia* (se internettet)

Steenfeldt S. 2008. Produktion af vandlopper til anvendelse ved opdræt af marin fiskeyngel. DTU Aqua-rapport nr. 201-08. ISBN 978-87-7481-092-6. Juli 2008

5 Forsøgsdyrkning af makroalger i Grønland samt identifikation af lokalitetskrav

Susse Wegeberg

5.1 Konklusioner og anbefalinger

Som led i en vurdering af potentialet af kommerciel makroalgeudnyttelse i Grønland anbefales det, at dyrkning af tang testes, herunder vurdering og identifikation af egnede lokaliteter. Det anbefales at man indledningsvis forsøgsdyrker brunalgerne *Alaria esculenta*, *Laminaria nigripes* og *Saccharina latisima* samt rødalgen *Palmaria palmata*. Følgende arter, som er unikke for Grønland i nordisk sammenhæng, kunne derudover have dyrkningspotentiale: brunalgerne *Agarum clathratum* og *Sacchorhiza dermatodea* samt rødalgen *Turnerella pennyi*.

5.2 Baggrund

Der er stigende interesse for udnyttelse af den udbredte makroalgevegetationen i Grønland (Fig. 11). Makroalgerne anerkendes i udbredt grad som en marin ressource, og som del af den "blå biomasse". Makroalger anvendes direkte til konsum, hvilket er velkendt i Grønland, men ekstrakter fra makroalger kan også anvendes i industrien for funktionelle fødevarer, til kosmetik og gødning - endvidere har der de senere år været en omsiggribende interesse for og forskning i at anvende marin primærproduktion til bioenergi (f.eks. Adams et al, 2011; Bruhn et al. 2011, og referencer heri, Wegeberg & Feldby 2010).

På verdensplan ses en stigende interesse for udnyttelse af tang. De primære konsumenter og producenter findes i Asien, men også på de vestlige markeder ses en markant stigning i efterspørgslen og den årlige værdi af den globale handel med makroalgebiomasse anslås at være ca. 40 mia. kroner.

I Grønland findes en lang tradition for at høste naturens levende ressourcer. Hele befolkningen har i princippet fri ret til denne udnyttelse, medmindre der findes konkrete reguleringer til beskyttelse af arter eller naturområder. I den forbindelse er der ikke taget højde for udnyttelse af makroalger, og netop i disse år ses i Grønland en stigende interesse for at udnytte denne ressource.

Der er tidligere udarbejdet artikel / rapporter vedr. høst af tang i Sydgrønland, som dog ikke inkluderer miljøkonsekvenser (Hertz 2007, Wegeberg 2007, Wegeberg et al. 2005, 2007). For at sikre at en evt. udnyttelse af ressourcen i Grønland sker med mindst mulig indvirkning på miljøet, herunder sikring af biodiversitet samt økologisk vigtige og følsomme områder, er der et akut behov for viden, som giver grundlag for at vurdere f.eks. den bæredygtige høstmængde af makroalger fra naturlige populationer.

Figur 11. Grønland med indikation af nogen af hovedbyerne på vestkysten.



Et alternativ til høst af naturlige makroalgeressourcer er dyrkning af makroalger, eksempelvis line-baseret. Her "sås" algesporerne på liner, der sættes ud i havet for den videre vækst af algerne. Algerne høstes fra linerne, når den optimale mængde eller kvalitet af biomasse er opnået. Dette foregår i stor skala i bl.a. Kina og Japan, men er i stor vækst i vestlige lande som Irland, Canada og Norge. Også i Danmark dyrkes bl.a. sukkertang på liner.

Hvorfor dyrke alger i stedet for at høste fra den naturlige bestand i Grønland? Der er flere gode grunde til at teste metoden i Grønland. Blandt andet kan dyrket tang fungere som opsamling af udledte næringsstoffer fra en fiskeproduktion, hvilket er udgangspunktet for denne redegørelse. Man kan, ved dyrkning af tang, også opnå et høj kvalitetsprodukt, fordi man dels kan høste tangen, når den har optimal størrelse og dels kan undgå ovegroning eller slam på bladene. Endvidere er det vist i Norge, at systematisk, men dog bæredygtig, høst af tangskoven (udelukkende *Laminaria hyperborea*) kan have økologiske konsekvenser for f.eks. havfugle, som fouragerer i tangskoven

(Lorentsen et al. 2010), og at der derfor fortsat er brug for yderligere viden til at kortlægge de mulige miljømæssige konsekvenser af systematisk høst. Vegetationen af makroalger er vigtig for de højere trofiske niveauer i fødenettet, idet den fungerer som substrat for fastsiddende dyr, som ly mod prædatorer, beskyttelse mod bølger, strøm og udtørring eller direkte som fødekilde (Bertness et al. 1999, Lippert et al. 2001). Da tangen er samfundsdanner, og således oppebærer et kompliceret økologisk system, er det vanskeligt at kortlægge og forudsige kaskadeeffekter ved både udtynding og fjernelse af tangskoven. Endvidere er der observeret store områder i Vestgrønland, f.eks. ved Uummannaq, Upernavik og Nuuk, hvor tangskoven er forsvundet som følge af store forekomster af søpindsvin (pers. obs, Martin Blicher pers. comm.). På baggrund af store huller i den nuværende viden om dynamikken mellem tangskov og søpindsvin i Grønland er det ikke muligt at vurdere om og hvornår tangskoven genetableres tilsvarende den kortlagte vekselvirkning mellem søpindsvins nedgræsning og genvækst af tangskov som kendes for det vestlige Nordatlanten (Elner & Vadas 1990).

På grund af de potentielle produktionsfordele og, ikke mindst, de mulige og fortsat ikke kendte miljømæssige konsekvenser ved høst (og nedgræsning) af tangskov i Grønland, ligger det derfor lige for at teste line-baseret produktion af makroalger i Grønland, for således at have et bedre vidensgrundlag for anbefaling af den ene eller den anden type tangproduktion. Dyrkning af makroalger til kommercielle formål anses i sig selv ikke for at være miljøforstyrrende, selvom betydningen af konkurrence om lys og næringssalte ikke er kortlagt. Forsøgsdyrkning af makroalger har aldrig været forsøgt i Grønland. Pilotprojekter i Danmark og Færøerne (Mols-Mortensen & Wegeberg 2007, Wegeberg 2010) samt i Nordsøen (Buch et al. 2009) og i Irland (Edwards & Watson, 2011) viser meget forskelligt udbytte og at lokale forhold spiller en betydelig rolle i forhold til valg af art, produktionsmetode, anlæg, etc. Kan makroalger dyrkes i Grønland og kan dyrkning af makroalger være en miljømæssig og økonomisk forsvarlig måde at producere makroalgebiomasse på i Grønland?

Denne redegørelse omhandler indledningsvis, hvilke arter, der kunne være hensigtsmæssige at forsøgsdyrke samt hvilke miljømæssige faktorer, der bør indtænkes i forbindelse med placering af dyrkningsanlæg.

5.3 Makroalgevegetationen i Vestgrønland med fokus på Davis Stræde-området samt Sydgrønland

Den kendte viden om den marine makroalgevegetation langs den Vestgrønlandske kyst er samlet og beskrevet i de strategiske miljøvurderinger udarbejdet af DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, BioScience, Aarhus Universitet (Wegeberg 2011, 2012a, b, c, 2013, Hansen et al. 2013). Her følger en beskrivelse med fokus på strækningen fra Kap Farvel og til Disko Bugten, som antages at være det område, der er bedst egnet til dyrkning i forhold til forekomst af is og lysforhold (se nedenfor).

Marine makroalger findes langs kystlinjer med hårdt og stabilt underlag som f.eks. sten, kampesten og klippekyst. Vegetationen er klart opdelt i zoner, hvilket tydeligst ses i områder med store tidevandsudsving. Nogle arter vokser over højvandegrænsen, den supralitorale zone, hvor havvandet når frem som støv, skumsprøjt eller bølger. I den littorale zone er vegetationen skiftevis under og over vandet og karakteriseret ved klørtangsarter, som indtil Disko omfatter *Ascophyllum nodosum*, *Fucus evanescens* og *F. vesiculosus*.

A. nodosum har nordlig udbredelsesgrænse ved Qeqertarsuaq i Diskobugten, men arten høstes i stor stil i de Nordatlantiske lande, f.eks. Irland og Canada (Kelly et al. 2001. Ugarte & Sharp, 2001).

I undersøgelsen af makroalgebiomasserne i de littorale og sublittorale zoner i Sydgrønland udgjorde biomassen af *Fucus vesiculosus* og *Ascophyllum nodosum* i gennemsnit 7-8 kg vådvægt m⁻² som de dominerende arter i beskyttede områder nær Qaqortoq. For *F.vesiculosus* varierede de mellem 4 og 7 kg vådvægt m⁻² i to forskellige områder, men kunne nå op på 10 kg vådvægt m⁻² (Wegeberg et al. 2005). I vurderingsområdet Disko Vest fandt Hansen (1999) noget lavere biomasser for *Fucus* spp., i gennemsnit mellem 2 og 4 kg vådvægt m⁻² (beregnet fra fig. 4 i Hansen (1999) ved hjælp af en omregningsfaktor på 5 fra tør- til vådvægt) fra to områder tæt på Udkikken, Qeqertarsuaq. De maksimale værdier nåede 6 og 8 kg vådvægt m⁻². De lavere biomasser i Disko kan udover den mere nordlige placering, skyldes en højere grad af eksponering. I en undersøgelse af *Fucus* spp. langs en eksponeringsgradient (vind, is) i den litorale zone ved Kap farvel og Ydre Kitsissut fandt man et fald i biomasse i forhold vindeksponering (Høgslund et al., subm.).

Størstedelen af makroalgerne vokser dog under lavvandegrænsen på vanddybder med tilstrækkeligt lys, og det er også disse arter, der umiddelbart har den største interesse i forhold til deres dyrkningspotentiale (succesrate, biomasse). Ifølge tangskovsundersøgelser ved Disko (Hansen et al. 2013), Qaqortoq (Wegeberg 2007) og i Kap Farvel området (Wegeberg, in prep.) består tangskoven primært af bladtangarterne *Agarum clathratum*, *Alaria esculenta*, *Laminaria nigripes* og *Saccharina latissima* eller *S. longicuris*. Endvidere findes *Laminaria solidungula* og *Sacchorhiza dermatodea* mere sporadisk.

I den øvre sublitorale zone (≤20 m) lå biomasserne af de store bladtangarter i Qaqortoq-området på gennemsnitligt 3-8 (dog op til 13,5) kg m⁻², med de højeste værdier i områder med relativ høj grad af eksponering (Wegeberg 2007).

En undersøgelse, der skulle indhente sammenlignelige data fra Kap Farvel-området samt data for makroalge-associeret fauna, blev udført i september 2011. Disse data er fortsat under oparbejdelse.

I Arktis er den isfri periodes længde en vigtig bestemmende faktor for, om lys rammer havbunden, og dybden af tangbæltet øges fra nord til syd langs den grønlandske kyst parallelt med den isfri periodes øgede længde (Krause-Jensen et al. 2012). I Nordgrønland findes tangskovarterne ned til omkring 20 m (Krause-Jensen et al 2012), mens arterne kan observeres ved 50 m dybde i Sydgrønland og omkring Disko (Wegeberg et al. 2005, Hansen et al. 2013).

5.4 Vurdering af potentielle arter til dyrkning i Grønland

Der er endnu ikke forsøgt dyrkning af makroalger i Grønland.

Dyrkningsprotokoller for visse arter, der forekommer i Grønland, og som har kommerciel interesse, er allerede udviklet (se Tabel 4). Disse arter vil være velegnede til de indledende forsøgsdyrkinge.

Table 4. Liste over arter forekommende i Grønland med mulig kommerciel interesse og dyrkningspotentiale.

Art	Kommerciel værdi	Protokol
<i>Alaria esculenta</i>	Fødevarer Alginat	Mols-Mortensen & Wegeberg (2007)
<i>Laminaria nigripes</i>	Alginat	For <i>L. digitata</i> : Edwards & Watson (2011) Wegeberg (2009)
<i>Palmaria palmata</i>	Fødevarer	Werner & Dring (2007)
<i>Saccharina latissima / longicruris</i>	Fødevarer Alginat	Wegeberg (2010)
<i>Agarum clathratum</i>	Aktive indholdsstoffer?	Ukendt, meget udbredt art
<i>Sacchorhiza dermatodea</i>	Alginat	For <i>S. polyschides</i> : SAMS
<i>Turnerella pennyi</i>	Ukendt	Ukendt, dybvandsart

Herunder følger en beskrivelse af arter, der endnu ikke er forsøgt dyrket, men som kunne besidde et kommercielt og dyrkningsmæssigt potentiale.

Agarum clathratum

Agarum clathratum (Fig. 12) findes på det dybere vand samt i fjorde påvirket af smeltevand og søpindsvin. I Uummannaq Fjorden og indenfjords i Kap Farvel området var det stort set den eneste bladtangsart. I Sydgrønland udviste tangskoven også et forholdsvis konsistent mønster ved relativt høje eksponeringsgrader. I de øverste ca. 20 m fandtes en blandet tangskov af *Alaria esculenta*, *Laminaria nigripes* og *Saccharina latissima / longicruris*, hvorefter *A. clathratum* blev mere og mere dominerende for at være eneste art fra 30 m og ned til vegetationsgrænsen på ca. 50 m (Linnebjerg et al. In prep, Wegeberg et al., in prep.).

Arten er endvidere kendt for at være den sidste, der bliver ædt af søpindsvin, hvilket tilskrives et højt indhold af aktive stoffer (Gagnon et al. 2005, Hansen et al. 2013).

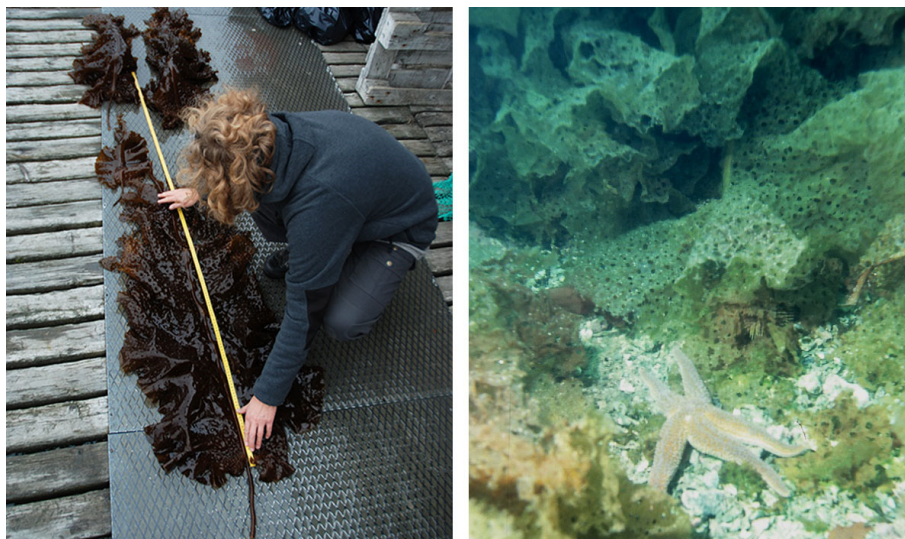
Arten kan blive relativ stor, er interessant mhp potentielt indhold af aktive stoffer til brug i f.eks. kosmetik og farmaceutiske produkter og kan vokse ved lave lysforhold (dybt eller turbid vand) og på beskyttede lokaliteter.

De store bladtangsarter har i deres livshistorie et skifte mellem et mikroskopisk stadie (gametofyt) og det store bladstadie (sporofyt), og således også slægten *Agarum*. Livshistorien og dannelse af reproduktive organer er blevet rapporteret for *Agarum clathratum* fra NW Stillehavet tilbage i 1941 og 1974 (Sasaki et al. 2003, referencer heri). Slægten *Agarum* danner desuden basis for en fylogentisk enhed, som også omfatter slægterne *Costaria*, *Thalassiophyllum*, *Dictyoneurum* og *Dictyoneuropis* (Yoon et al. 2001), og hvor *Costaria* er forsøgsdyrket i Kina (Gang et al. 2010). Fra disse informationer kan man udvikle en dyrkningsprotokol for Grønland, men man må forvente et større omfang af udviklingsarbejdet.

Det vurderes at *A. clathratum* kunne have et stort potentiale som dyrkningssart i Grønland, især måske mhp. høj kvalitetsprodukter til industrien. Dette skal dog også afklares nærmere.

Det er formodentligt også muligt at høste arten i Grønland, hvis der tages tilstrækkeligt hensyn til genvækst og økologiske konsekvenser. Viden om *A. clathratums* vækstrate / genvækst samt betydning som fødekilde og samfundsdanner, foreligger ikke, men da arten på større dybder og under fjordbetingelser stort set er den eneste tangskovdannende art, er dens betydning formodentlig signifikant.

Figur 12. *Agarum clathratum*.



Sacchorhiza dermatodea

Sacchorhiza dermatodea er en én-årig brunalge. Dens livshistorie er ikke kortlagt, men det forventes at den vokser sig til de størrelser, der er vist på Figur 13 på én vækstsæson. En anden mere sydligt udbredt art af slægten *Sacchorhiza*, *S. polyschides*, er forsøgt dyrket i Skotland med gode resultater (Stanley 2010). *S. polyschides* gav således betydeligt større udbytte end de øvrigt testede bladtangarter, *Laminaria hyperborea* og *Saccharina latissima*.

Da protokollen er kortlagt for den nærtstående art, er der således en indgang til muligheden for at forsøgsdyrke *S. dermatodea* på line i Grønland, men et vist omfang af udvikling af dyrkningsprotokol må forventes. Arten vurderes dog umiddelbart til at have et stort potentiale som kommerciel og dyrkningseget art. Arten er kun mødt sporadisk i Sydgrønland, og som opportunistisk art i forbindelse med genbesøg af afhøstede felter ved Qaqortoq (Wegeberg et al. 2005), hvorfor høst vurderes som hverken økonomisk eller økologisk bæredygtigt.

Figur 13. *Sacchorhiza dermatodea*. En én-årig art, der her er fundet ved A. Nanortalik og B, C. Kap Farvel.



Turnerella pennyi

Denne rødalge danner et forholdsvist stort blad på ret dybt vand. Arten kan blive temmelig stor, og er dermed af interesse biomasse-mæssigt. Livshistorien blev kortlagt af South & Hooper (1972), som viste at bladstadiet (sporo-fyten) skifter med et skorpeformet stadie (gametofyten), der tidligere var kendt under navnet *Cruoria arctica*.

For en anden art af slægten *Turnerella*, *T. mertensiana*, er det vist, at den indeholder kappa-karragenan med lavt indhold af 6-O-methylgalactose (Craigie 1990, og referencer heri).

Det vurderes derfor, at *T. pennyi* kunne besidde et potentiale som kommerciel art for Grønland. Da arten findes på forholdsvist dybt vand og kun er sporadisk forekommende, vurderes det, at høst hverken er økonomisk eller økologisk bæredygtig, mens dyrkningspotentialet kunne testes.

5.5 Identifikation af egnede lokaliteter

Herunder behandles de miljømæssige faktorer, der formodes at være drivende for naturlig forekomst og vækst, og dermed bør overvejes i dyrknings-sammenhæng vedr. placering af anlæg.

5.5.1 Is / lys / temperatur

I området fra Paamiut til Sisimiut er der chance for åbent vand hele året, mens for Sydgrønland kan især de ydre kyster ved Kap Farvel-området og op til Qaqortoq være kraftigt påvirket af drivis. Denne is samt de markante sæsonbetingende ændringer i lys og lave vandtemperaturer kræver effektive tilpasningsstrategier. Umiddelbart tyder de biomasseundersøgelser, der er udført i fokusområdet på, at makroalgebiomasserne er sammenlignelig med dem, der ses i tempererede områder. Det skyldes muligvis, at algerne kan opretholde en relativ høj tilvækst pga. højt klorofylindhold og lave respirationsrater (og dermed lave lyskompensationsniveauer) i perioder med dårlige lysforhold. Borum et al. 2002 har vist en sådan tilpasning i et område med vanskelige lysforhold pga. langvarig islægning. Hurtig respons i fotosyntese

til ændrede lysforhold anses desuden for at være en del af en fysiologisk beskyttelsesstrategi i et meget varieret miljø, og en sikring af optimalt lysudnyttelse (Krause-Jensen et al. 2007, Becker et al. 2009). Tilsvarende er der observeret en tilpasning til den høje lys- og UV-indstråling i gennem den arktiske sommer (Aguilera et al. 2002). Det vurderes derfor at dyrkning af makroalger i visse områder i Grønland potentielt kan give et relativt lige så stort udbytte som dyrkede alger andre steder i Norden. Der er imidlertid ikke udført undersøgelser, som belyser makroalgeproduktion og fotosyntese-strategier i Grønland.

Isen udgør en betydelig fysisk faktor i forhold til dels fastgørelse af anlæg, dels indefrysning og isskuring af alger og udstyr. Det er f.eks. velkendt, at skurren forårsaget af flydende isflager forhindrer især flerårige brunalgarter i at etablere sig i den litorale zone, som er den zone, der påvirkes mest af isdynamik.

Derfor bør valget af anlægstype til dyrkningen afspejle de fysiske forhold på den enkelte lokalitet, hvorfor det kan være nødvendigt at benytte forskellige teknologier og løsninger for at opnå de mest optimale betingelser. Det vurderes bl.a., at man bør placere en dyrkningsfacilitet i områder uden drivis / isfjelde, som udgør en betydelig mekanisk kraft, eller - såfremt det er muligt - placere dyrkningsfaciliteterne i en dybde som ikke påvirkes af isens bevægelser. Fra Tyskland er der erfaring med at placere dyrkningslinier ved bunden i Kiel Fjord (www.oceanBASIS.de). Denne metode stiller dog større krav til forankring, evt. dykkerassistance eller udbygning af metoden med et system således, at det er muligt at variere linernes dybdeplacering ved undersønkning, som det kendes fra dyrkning af linemuslinger. Ved placering af dyrkningslinierne ved bunden kan man også undgå påvirkninger fra den etårige overfladeis, der dannes igennem vinteren i f.eks. fjorde. Det bør dog undersøges i hvilken grad denne etårs is overhovedet vil påvirke dyrkningsfaciliteterne i negativ grad. Selve forankringen af dyrkningslinierne bør også tage højde for isforholdene og hvor der er risiko for stor ispåvirkning / skuringer bør denne ske til bunden (udenfor ispåvirkning) for at undgå at linierne ødelægges / skæres over. Endvidere bør de valgte metoder være simple og enkle at opsætte, vedligeholde og høste algerne fra, så det også i de små bygdesamfund med begrænset adgang til udstyr og ressourcer er muligt at anvende. Forsøg som undersøger forskellige istypers påvirkning af dyrkningslinier og forankring bør gennemføres før forsøgsanlæg etableres.

5.5.2 Vindeksponeering

Eksponeeringsgraden, dvs. det niveau af mekaniske kræfter, der indvirker på kyst eller dyrkningsanlæg forårsaget af vind og bølger, er afgørende for algevæksten på en klippekyst. For stor eksponeering fører for nogle arter til, at de ikke kan kolonisere og vokse i pågældende habitat (f.eks. *Fucus*-arter), mens andre arter kan være tilpasset stor bølgedynamik. Stor bølgedynamik øger endvidere effekten af isskuring.

Fordelen ved relativ stor bølgedynamik er dog, at det sikrer høj grad af vandudskiftning, og dermed øger tilgængeligheden af næringssalte. Det er således testet for nogle grønlandske arter, hvordan deres biomasse er fordelt i forhold til eksponeeringsgrad ved Qaqortoq (Wegeberg 2007). I Tabel 5 kan det ses, at *Agarum clathratum* har en signifikant negativ korrelation til eksponeeringsgrad, hvilket også passer med at den ofte findes dominerende i fjorde og på dybt vand, hvor turbulensen fra bølgedynamikken er aftaget (Wege-

berg, ikke-publ. data). Derimod har *Alaria esculenta* og *Laminaria nigripes* en signifikant positiv korrelation til eksponeringsgrad, hvilket er i overensstemmelse med, at arterne generelt er observeret på yderkysten og i den øverste del af tangskoven (fra 0 til 20-25 m's dybde) (Wegeberg 2007, Wegeberg et al. In prep.).

Tabel 5. Artsspecifik biomasse korreleret til eksponeringsgrad. Fra Wegeberg (2007).

Art	Korrelation til eksponeringsgrad	p
<i>Agarum clathratum</i>	Negativ	<0.005
<i>Alaria esculenta</i>	Positiv	<0.001
<i>Laminaria nigripes</i>	Positiv	<0.001
<i>Saccharina latissima</i>	Ingen	<0.898

Af hensyn til art og anlæg er det derfor afgørende at finde en lokalitet med tilpas eksponeringsgrad, dvs. en eksponeringsgrad, der sikrer tilpas vandudskiftning omkring algerne, men også forhindrer at anlægget bliver ødelagt.

Der er derfor i SPUMA-regi udviklet et projekt, der skal dels identificere egnede dyrkningslokaliteter og dels lokalitetskrav for makroalgedyrkning. Projektet skal også beskrive lokaliteter i forhold til eksponeringsgrad ud fra lokale forekomster af alger i litoralzonen for at kunne identificere egnede lokaliteter på feltbasis. Disse observationer skal sammenholdes med en mere overordnet beregning af eksponeringsgrad, således at man på sigt også kan udpege egnede lokaliteter på detaljerede kort. Hos DCE er der således udarbejdet et værktøj til beregning af fetch, som relativ bølgeeksponerings index (REI) ved Cordula Göke efter Fonseca et al. (2002). I REI tages der højde for den gennemsnitlige månedlige maksimale vindhastighed fra 8 kompasretninger indregnet hyppigheden af den pågældende vindretning i forhold til afstand til land i de 8 kompasretninger (altså den distance, hvor fetchen kan blive samlet op).

5.5.3 Salinitet / turbiditet / næringssaltsforhold

Vand med lavt saltindhold eller ferskvand (hyposaline forhold) kan påvirke makroalgevegetationen, især i den littorale zone, når den udsættes for regn og sne ved lavvande, og når havvandet blandes med fersk- og smeltvand i perioder med stor afstrømning af vand fra land. Lav tolerance overfor hyposaline forhold kan medføre øget dødelighed eller blegning (stort tab af pigmenter), hvilket tyder på, at hyposalinitet kan påvirke det fotosyntetiske system som påvist for tangarter ved Spitsbergen (Karsten 2007). Det er derfor ikke hensigtsmæssigt at placere dyrkning af makroalger i et område med stort tilløb af ferskvand, f.eks. ved elvudløb eller i område med stor gletsjer-afsmeltning.

Stort afløb af ferskvand fra gletcher-afsmeltning har også den uheldige effekt på makroalgerne, at vandet bliver meget uigennemtrængeligt for lys pga. opslemmede partikler. Disse partikler kan også sedimentere på makroalger-nes bladoverflade, og dermed have en direkte skyggeeffekt.

I undervandsvideoer fra flere steder langs den vestgrønlandske kyst ses tydelig denne effekt, f.eks. inde i Kap Farvel området i Sydgrønland og i Uummannaq Fjorden, som har mange gletsjere. Her finder man stort set kun *Agarum clathratum* som tangskovsdanner (Wegeberg, in prep.).

Samtidig sikrer ferskvandsafløb fra land tilførsel af næringsalte, som kan være vigtige for optimal vækst og tilstrækkeligt dyrkningsudbytte.

En optimal dyrkningslokalitet vurderes således at være i krydspunktet for:

- åbent vand uden is
- fjordbetingelser i forhold til tilløb af næringsalte fra landjord, dog uden at salinitet og lysgennemtrængelighed nedsættes kritisk
- max. eksponeringsgrad i forhold til vandudskiftning, men samtidig under fysiske forhold der ikke ødelægger dyrkningsanlæg.

At finde disse egnede dyrkningsforhold vil bero på teori, lokalt kendskab samt forsøg.

5.6 Konklusion

Som led i en vurdering af potentialet af kommerciel makroalgeudnyttelse i Grønland anbefales det at dyrkning af tang testes, herunder vurdering og identifikation af egnede lokaliteter, hvor især forekomst af is kan være en grønlandsk udfordring. Ud fra tilgængelig litteratur vurderes det, at produktionen og dermed udbyttet ved algedyrkning kan tangere udbyttet i de øvrige nordiske lande. Det anbefales, at man starter med at forsøgsdyrke brunalgerne *Alaria esculenta*, *Laminaria nigripes* og *Saccharina latissima* samt rødalgen *Palmaria palmata*, hvor dyrkningsprotokol er udviklet og hvor den kommercielle efterspørgsel er kendt (dog for andre *Laminaria*-arter end *L. nigripes*, som er arktisk). Det vurderes endvidere at følgende arter, som er unikke for Grønland i nordisk sammenhæng, kunne have dyrkningspotentiale: brunalgerne *Agarum clathratum* og *Sacchorhiza dermatodea* samt rødalgen *Turnerella pennyi*. For disse arter foreligger der dog et fremtidigt omfattende arbejde med udvikling af dyrkningsprotokoller.

5.7 Referencer

- Adams, J.M.M., Toop, T.A., Donnison, I.S., Gallagher, J.A. 2011. Seasonal variation in *Laminaria digitata* and its impact on biochemical conversion routes to biofuels. [Bioresource Technology](#) **102**: 9976–9984.
- Aguilera A, Souza-Egipsy V, Amils R. 2012. Chapter 13. Photosynthesis in Extreme Environments. In: Najafpour MM (ed.) *Artificial Photosynthesis*: 271-288.
- Becker, S., Walter, B. & Bischof, K. 2009. Freezing tolerance and photosynthetic performance of polar seaweeds at low temperatures. *Botanica Marina* **52**: 609-616.
- Bertness, M. D., Leonard, G. H., Levine, J. M., Schmidt, P. R. & Ingraham, A. O. 1999. Teating the relative contribution of positive and negative interactions in rocky intertidal communities. *Ecology* **80**: 2711-2726.
- Borum, J., Pedersen, M. F., Krause-Jensen, D., Christensen, P. B. & Nielsen, K. 2002. Biomass, photosynthesis and growth of *Laminaria saccharina* in a high-arctic fjord, NE Greenland. *Marine Biology* **141**: 11-19.
- Bruhn, A., Dahl, J., Nielsen, H. B., Nikolaisen, L., Rasmussen, M. B., Markager, S., Olesen, B., Arias, C. and Jensen, P. D. 2011. Bioenergy potential of

Ulva lactuca: Biomass yield, methane production and combustion. *Bioresource Technology* 102: 2595-2604.

Buch BH. 2009. Presentation at WSA; International Workshop on Offshore Algae for Biofuels & Beyond, Maribo; Denmark, in April.

Craigie, JS, 1990. Cell Walls. In KM Cole & RG Sheath. *Biology of the red algae*. Cambridge University Press.

Edwards M, Watson L. 2011. Cultivating *Laminaria digitata*. *Aquaculture Explained* 26. 72 pp.

Elnor RW, Vadas R. 1990. Inference in Ecology: The Sea Urchin Phenomenon in the Northwestern Atlantic. *Marine Sciences Faculty Scholarship* 60. http://digitalcommons.library.umaine.edu/sms_facpub/60.

Fonseca, M., Whitfield, P.E., Kelly, N. M., Bell, S. S. 2002. Modeling seagrass landscape pattern and associated ecological attributes in *Ecological Applications*, pp. 218–237, the Ecological Society of America.

Gagnong P, Johnson LE, Himmelman JH. 2003. Kelp patch dynamics in the face of intense herbivory: stability of *Agarum clathratum* (Phaeophyta) stands and associated flora on urchin barrens. *Journal of Phycology* 41: 498-505.

Gang F, Jidong L, Gaoge W, Jianting Y, Xiuliang W, Delin D. 2010. Early development of *Costaria costata* (C. Agardh) Saunders and cultivation trials. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 28: 731-737.

Hansen L. 1999. The intertidal macrofauna and macroalgae at five Arctic localities (Disko, West Greenland). In: Brandt A, Thomsen HA, Heide-Jørgensen MP, Kristensen RM, Ruhberg H (ed) *The 1998 Daish-German excursion to Disko Islands, West Greenland*, Alfred Wegener Institut für Polar und Meeresforschung, Bremerhaven: 92-110.

Hansen JLS, Hjorth M, Rasmussen MB, Bruhn A, Christensen PB, Pedersen PM. 2013. Mapping of macroalgae in the Disko West coastal zone. In: Boertmann DM, Mosbech A. *Disko West. A strategic environmental impact assessment of hydrocarbon activities*. DCE- Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Reports, No. 71: 71-74.

Hertz, O. 2007. Rapport vedrørende Nordic Seaweed Projects arbejde 2003-07. Arctic Ecological research. 30 pp.

Høgslund S, Wiktor J, Blicher ME, Sejr MK, Wegeberg S. Intertidal community composition along rocky shores in South-west Greenland: A quantitative approach. Submitted to *Polar Biology* November 2013.

Karsten, U. 2007. Salinity tolerance of Arctic kelps from Spitsbergen. *Phycological Research* 55: 257-262.

Krause-Jensen D, Marbà N, Olesen B, Sejr M, Christensen PB, Rodrigues J, Balsby TJS, Rysgaard S . 2012. Seasonal sea ice cover as principal driver of spatial and temporal variation in depth extension and annual production of kelp in Greenland. *Global Change Biology* 18: 2981–2994.

- Krause-Jensen D, Kühl M, Christensen PB, Borum J. 2007. Benthic primary production in Young Sound, Northeast Greenland. *Meddelelser om Grønland, Bioscience* 58: 160-173.
- Kelly L, Collier L, Costello MJ, Diver M, McGarvey S, Kraan S, Morrissey J, Giury MD. 2001. Impact Assessment of Hand and Mechanical Harvesting of *Ascophyllum nodosum* on Regeneration and Biodiversity. Marine Resource Series 19, Marine Institute. 51 pp.
- Lippert, H., Iken, K., Rachor, E. & Wiencke, C. 2001. Macrofauna associated with macroalgae in the Kongsfjord (Spitsbergen). *Polar Biol* 24: 512-522.
- Lorentsen, S.-H., Sjøtun, K. & Grémillet, D. 2010. Multi-trophic consequences of kelp harvest. *Biological Conservation* 143: 2054-2062.
- Lünnig K. 1990. Seaweeds. Their environment, biogeography, and ecophysiology. John Wiley & Sons, Inc. New York. 527 pp.
- Mols-Mortensen, A. and Wegeberg, S. 2007. Forsøgsdyrkning af *Alaria esculenta* på Færøerne. Københavns Universitet, 12 pp.
- Sasaki H, Lindstrom SC, Waaland JR, Kawai H. 2003. Occurrence of the gametophyte of *Agarum clathratum* (Laminariales, Phaeophyceae) as an endophyte in *Orculifilum denticulatum* (Gigartinales, Rhodophyceae). *Phycological research* 51: 192-202.
- South GR, Hooper RG. 1972. The life history of *Turnerella pennyi* (Harv.) Schmitz. *British Phycological Journal* 7: 221-233.
- Stanley M. 2010. Energy from seaweed. Presentation from International Algae Congress, 1-2. Dec. 2010.
- Ugarte R, Sharp GJ. 2001. A new approach to seaweed management in Eastern Canada: the case of *Ascophyllum nodosum*. *Cahiers de Biologie Marine* 42: 53-70.
- Wegeberg S. 2007. Er tang en ny marin ressource i Grønland? *Vand & Jord* 3: 117-120.
- Wegeberg, S. 2010. Cultivation of kelp species in the Limfjord. Report 11 pp.
- Wegeberg S. 2013. Benthic flora. In: Boertmann DM, Mosbech A. Disko West. A strategic environmental impact assessment of hydrocarbon activities. DCE- Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Reports, No. 71: 70-80.
- Wegeberg S. 2012a. 3.3. Benthic flora. In: Boertmann DM, Mosbech A. The Western Greenland Sea. A strategic environmental impact assessment of hydrocarbon activities. DCE- Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Reports, No. 22: 48-55.
- Wegeberg S. 2012b. 4.3. Macroalgae. In: Fredriksen M, Boertmann DM, Ugarte F, Mosbech A. South Greenland. A preliminary Strategic Environmental Impact Assessment of hydrocarbon activities in the Greenland sector

of the Labrador Sea and the southeast Davis Strait. DCE- Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Reports, No. 23: 41-45.

Wegeberg S. 2012c. 4.3. Macrophytes. In: Merkel F, Boertmann DM, Mosbech A, Ugarte F. The Davis Strait. A strategic environmental impact assessment of hydrocarbon activities. DCE- Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Reports, No. 15: 74-81.

Wegeberg S. 2011. 4.3. Benthic flora. In: Boertmann DM, Mosbech A. The Eastern Baffin Bay. A strategic environmental impact assessment of hydrocarbon activities. DCE- Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Reports, No. 9: 55-62.

Wegeberg S, Feldby C. 2010. Algae biomass for bioenergy in Denmark. Biological / technical challenges and opportunities. Københavns Universitet. 89 pp.

Wegeberg S, Bangsholt J, Dolmer P, Hertz O, Mols-Mortensen A, Pedersen PM. 2005. Nordic Seaweed Project. Grønland. Resultat-status for 2004. Københavns Universitet. 22 pp.

Wegeberg S, Bangsholt J, Dolmer P, Mols-Mortensen A, Pedersen PM. 2007. Nordic Seaweed Project. Undersøgelse af store brunalgers udbredelse, biomasse og nettotilvækst i Qaqortoq-distriktet, Grønland. Slutrapport. Københavns Universitet. 21 pp.

Werner A, Dring M. 2007. Recommendations for optimal techniques for obtaining spores of *Palmaria palmate*, settling and maintaining them prior to outplanting at sea. Irish Sea Fisheries Board. 8 pp.

Yoon HS, Lee JY, Boo SM, Bhattacharya D. 2001. Phylogeny of Alariaceae, Laminariaceae, and Lessoniaceae (Phaeophyceae) based on plastid-encoded RuBisCo spacer and nuclear-encoded ITS sequence comparisons. Molecular Phylogenetics and Evolution 21: 231-243.

INTEGRERET AKVAKULTUR I GRØNLAND OG PÅ FÆRØERNE

Undersøgelse af potentialet for dyrkning af tang og muligt grønlandsk fiskeopdræt

Denne redegørelse er udarbejdet med henblik på at analysere de erhvervsmæssige vilkår for integrerede akvakultursystemer i Grønland, herunder valg af fiskearter, markedsanalyse m.m. Endvidere er der udarbejdet en erhvervsmæssig redegørelse for potentialet i dyrkning af tang på Færøerne samt udarbejdet en analyse af potentialet for dyrkning af tang i Grønland.