



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Vidensyntese om blå biomasse

Potentialer for ny og bæredygtig anvendelse af havets biologiske ressourcer

Jens Kjerulf Petersen, Annette Bruhn, Jane W. Behrens, Jørgen Dalskov,
Erling Larsen, Marianne Thomsen og Morten Vinther

DTU Aqua-rapport nr. 387-2021





AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Vidensyntese om blå biomasse

Potentialer for ny og bæredygtig anvendelse af havets biologiske ressourcer

Jens Kjerulf Petersen¹, Annette Bruhn^{2,3}, Jane W. Behrens¹, Jørgen Dalskov¹, Erling Larsen¹, Marianne Thomsen^{2,3} og Morten Vinther¹

¹ DTU Aqua, Danmarks Tekniske Universitet

² Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE), Aarhus Universitet

³ Center for Cirkulær Bioøkonomi (CBIO), Aarhus Universitet

DTU Aqua-rapport nr. 387-2021

Kolofon

Titel:	Vidensyntese om blå biomasse. Potentialer for ny og bæredygtig anvendelse af havets biologiske ressourcer
Forfattere:	Jens Kjerulf Petersen ¹ , Annette Bruhn ^{2,3} , Jane W. Behrens ¹ , Jørgen Dalskov ¹ , Erling Larsen ¹ , Marianne Thomsen ^{2,3} og Morten Vinther ¹ ¹ DTU Aqua, Danmarks Tekniske Universitet ² Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet ³ Center for Cirkulær Bioøkonomi, Aarhus Universitet
DTU Aqua-rapport nr.:	387-2021
År:	Rapporten er udgivet juni 2021
Reference:	Petersen, J.K., Bruhn, A., Behrens, J.W., Dalskov, J., Larsen, E., Thomsen, M. & Vinther, M. (2021). Vidensyntese om blå biomasse. Potentialer for ny og bæredygtig anvendelse af havets biologiske ressourcer. DTU Aqua-rapport nr. 387-2021. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 62 pp.
Kvalitetssikring:	Rapporten er fagfællebedømt af videnskabeligt personale på DTU Aqua, AU og DCE, som ikke har deltaget i projektgruppens arbejde.
Forsidefoto:	Colourbox.
Udgivet af:	Institut for Akvatiske Ressourcer, Kemitorvet, 2800 Kgs. Lyngby
Download:	www.aqua.dtu.dk/publikationer
ISSN:	1395-8216
ISBN:	978-87-7481-310-1

Forord

Ressourcerne i verdens have er på mange måder i en presset situation, med bl.a. problemer med overfiskeri, forurening og ændringer i havmiljøets naturgivne forhold som følge af klimaforandringer. I en sådan kontekst kan det virke paradoksalt at kaste lys på mulighederne for øget og nye anvendelser af havets biologiske ressourcer og akvakulturproduktion. Men der er muligheder for at anvende havets biologiske ressourcer på en bæredygtig vis, som samtidig kan medvirke til at reducere vores samlede miljø- og klimaaftryk og i mange tilfælde skabe reelle forbedringer i havmiljøet.

Det Nationale Bioøkonomipanel anbefalede i 2016, at der blev udarbejdet en vidensyntese om blå biomasse, med afsæt i en opdatering af videnssyntesen fra 2010 kaldet "Havet – en uudnyttet ressource" (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri 2010). Panelet blev revideret og genstartet i ny form i 2017. Det reviderede bioøkonomipanel anbefalede i 2018 som en del af deres proteinanbefalinger, at der gennemføres forsknings- og udviklingsindsatser, der kan afdekke både de samfundsøkonomiske og erhvervsøkonomiske potentialer for fangst og produktion af nye akvatiske proteinkilder, herunder tang og alger. DTU Aqua udarbejdede en rapport om muslinger og tang i 2016, som blev anvendt som baggrundsdokument for bioøkonomipanellets anbefalinger samme år.

Nærværende rapport er et resultat af et ønske om en vidensyntese igangsat af Kontor for Bæredygtigt Fiskeri i Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, til opfølgning af styrelsens målsætning om øget forskningsbaseret dokumentation på området.

En gruppe forskere fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE)/Center for Cirkulær Bioøkonomi (CBIO) på Aarhus Universitet (AU) og Institut for Akvatiske Ressourcer på Danmarks Tekniske Universitet (DTU Aqua) – nævnt i alfabetisk rækkefølge efter de to hovedforfattere fra hhv. DTU Aqua og DCE/AU – har her samlet den eksisterende viden om potentialerne i produktion af blå biomasse i danske farvande.

Denne rapport har været sendt til kommentering i ministeriet og er efterfølgende fagfællebedømt af Dennis Lisbjerg fra DTU Aqua, Michael Bo Rasmussen fra AU og Anja Skjoldborg fra DCE.

Nykøbing Mors, maj 2021

Jens Kjerulf Petersen
Professor

Indhold

1.	Indledning	5
1.1	Hvorfor blå biomasse?	5
1.2	Definitioner og afgrænsninger	5
2.	Lavtrofisk akvakultur	7
2.1	Opdræt af blåmuslinger	7
2.2	Opdræt af andre muslingearter	10
2.3	Andre dyrearter	11
2.4	Tang	13
2.5	Mikroalger	17
3.	Nye arter i fiskeriet	19
3.1	Ikke kvotebelagte arter	19
3.2	Nye arter, som ikke er fisk	21
3.3	Invasive arter	27
3.4	Bedre kvoteudnyttelse	31
3.5	Discard/ny anvendelse	32
4.	Økosystemtjenester	37
4.1	I relation til opnåelse af Vandramme-, Habitat- og Havstrategidirektivet	37
4.2	I relation til klimamål	38
4.3	Som naturgenopretning	39
5.	Forvaltningsmæssige rammer	40
5.1	Licenser til opdræt af lavtrofiske arter, herunder kompensations- opdræt	40
5.2	Fiskeri af andre arter i relation til miljø- og naturmål	40
5.3	Discard-problemstillingen	40
5.4	Anvendelse af kystzonen	41
5.5	Fødevarer sikkerhed, økologi og novel food	42
6.	Udvikling af blå biomasse	44
6.1	F&U behov	46
6.2	Incitamentsstrukturer	46
7.	Sammenfatning, perspektivering og vision	48
7.1	Sammenfatning	48
7.2	Perspektiv og vision	51
	Referencer	55

1. Indledning

1.1 Hvorfor blå biomasse?

Verdens befolkning forventes at ramme 9,8 milliarder mennesker i 2050. Både globalt og nationalt er der stort fokus på nødvendigheden af at omlægge fødevarereproduktionen for at øge folkesundheden, og reducere de menneskeskabte negative effekter på miljø og klima (Bruno m.fl. 2019; Willett m.fl. 2019). I begge sammenhænge kan en øget produktion af fødevarer fra havet bidrage med en del af løsningen. Fødevarereproduktionen i havet har større potentiale for at kunne øges end fødevarereproduktionen på land, som allerede er under pres (Costello m.fl. 2020). Med en stigende verdensbefolkning og krav om stadigt højere levestandard forventes produktionen af fødevarer på land at øges med 15% i det kommende årti (OECD/FAO 2019). Det skaber et stigende pres på i forvejen begrænsede ressourcer som dyrkbar jord, ferskvand og fosfor. I Danmark bruges allerede mere end 60% af landjorden på landbrugsproduktion, og den terrestriske biodiversitet er presset. Den nuværende udnyttelse af havets ressourcer i form af fisk og skaldyr bidrager kun med hvad der svarer til 17% af den globale kødproduktion (Costello m.fl. 2020). Af den årlige produktion på 179 mio. ton (t) fisk og skaldyr er 46% produceret i akvakultur (FAO 2020). Dertil kommer 32 mio. t alger, hvoraf 97% er produceret i akvakultur (FAO 2020). Med en verdensbefolkning, hvor en stor del er under- og fejlernæret, er fisk og andre marine organismer ernæringsmæssigt vigtige, bl.a. fordi de både har et højt proteinindhold og et højt indhold af de vigtige omega-3 fedtsyrer (Geu Gómez 2018; Willer & Aldridge 2020). På grund af overfiskeri af naturlige fiskebestande på internationalt plan, og øget fokus på de skader, som fiskeriet udøver på marine økosystemer, er akvakultur på globalt plan i vækst med en vækst rate på 7,5% siden 1970, som et mere kontrollerbart og bæredygtigt alternativ til fiskeri (FAO 2020). Samtidig ligger der uudnyttede potentialer i en højere grad af produktion og udnyttelse af både discard og sidestrømme fra fiskeri og fiskeproduktion, samt i produktion af lavtrofiske marine arter.

I Danmark er de fleste kommercielt relevante fiskebestande forvaltet, så fiskeritrykket ikke overstiger MSY (Maximun Sustainable Yield). Der er dog en lang række bestande af fisk egnet som menneskeføde, som stort set ikke bliver udnyttet. Akvakultur i havet er heller ikke udnyttet i særlig stor grad. Der er således potentielt en meget stor fraktion af blå biomasse i danske farvande, der ikke udnyttes.

1.2 Definitioner og afgrænsninger

Blå biomasse kan i princippet defineres som alt organisk materiale, der udvindes af havet. I denne syntese har vi begrænset blå biomasse til at omfatte stort set alle typer biomasse, som ikke er omfattet af det kvoterede fiskeri eller akvakultur af fisk. Derudover er opgaven afgrænset til udelukkende at omfatte havets blå biomasse og dermed ikke alle akvatiske ressourcer. Udbredelsesmæssigt er der undersøgt muligheder inden for den danske økonomiske zone EEZ fra havbunden (men ikke i havbunden) til overfladen. I overordnede grupper omfatter analysen således:

- Lavtrofisk akvakultur (LTA), dvs. opdræt af forskellige muslingearter og andre invertebrater, forskellige tangarter samt mikroalger.
- Ikke kvotebelagte fiskearter som pt ikke benyttes i væsentligt omfang og som vil være nationalt reguleret.

- Invasive arter som kan være både tang, invertebrater og fisk og som dels ikke er omfattet af restriktioner/regulering, dels er omfattet af en forpligtelse om bekæmpelse som minimum i beskyttede områder.
- Ikke udnyttede arter af invertebrater og makroalger.
- Discard fra fiskeri af fisk.

Med dette indhold er den del af havets ressourcer som relaterer til bioprospektering ikke omfattet af analysen. Bioprospektering er udvinding af sjældne eller helt nye bio-aktive stoffer fra f.eks. specielle eller sjældne marine dyr og planter til brug inden for medicin, kosmetik, overfladebehandling mm. Dette område vil uanset evt. økonomiske potentialer ikke udgøre væsentlige biomasser. For mere detaljeret beskrivelse af muligheder ved bioprospektering henvises til en rapport om havets uudnyttede ressourcer (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri 2010).

2. Lavtrofisk akvakultur

Lavtrofisk akvakultur er defineret som opdræt af organismer, der ikke kræver fodring i størstedelen af deres livscyklus. Lavtrofisk akvakultur omfatter typisk opdræt af muslinge- og tangarter, men kan i princippet inkludere andre arter f.eks. abelone eller søpølser. Encellede mikroalger hører også til i kategorien lavtrofisk akvakultur, selvom mikroalgedyrkning foregår på land med tilsætning af næringsstoffer til dyrkningsmediet.

Store dele af de indre danske farvande er velegnede til lavtrofisk akvakultur, fordi de - som følge af stor afstrømning af næringsstoffer fra land - er næringsrige. Afstrømningen af næringsstoffer fra land repræsenterer ikke bare et tab af værdifulde næringsstoffer, men den store tilgængelighed af næringsstoffer i de danske farvande forårsager også miljøproblemer (Riemann m.fl. 2015). Ved at dyrke tang og muslinger bindes næringsstofferne i værdifuldt biologisk materiale, som kan bringes tilbage til land i form af fødevarer af høj sundhedsmæssig værdi eller som kilde til værdifulde ingredienser. Men de danske kystnære farvande er ikke begrænset til næringsrigdom. Danske kystnære farvande har en bemærkelsesværdig høj hygiejnisk standard, som gør dem ideelle til lavtrofisk akvakultur. Dertil kommer, at der langs en stor del af de indre farvande er muligheder for produktion i læ for fysisk påvirkning som høj strømhastighed og kraftig bølgepåvirkning. Det største potentiale ligger pt. i de indre farvande, men i takt med den teknologiske udvikling af dyrkningsteknikker, øget efterspørgsel efter produkterne og f.eks. fiskale incitamentsstrukturer, der fremmer produkter med lavt CO₂ aftryk, vil også de åbne farvande kunne udnyttes. Dermed øges mulighederne for at inddrage endog meget store havarealer til produktion af blå biomasse. I denne sammenhæng vil sam-lokalisering mellem energianlæg til søs og lavtrofisk akvakultur være en oplagt mulighed, der pt. hverken er rentabel eller teknologisk færdig udviklet.

2.1 Opdræt af blåmuslinger

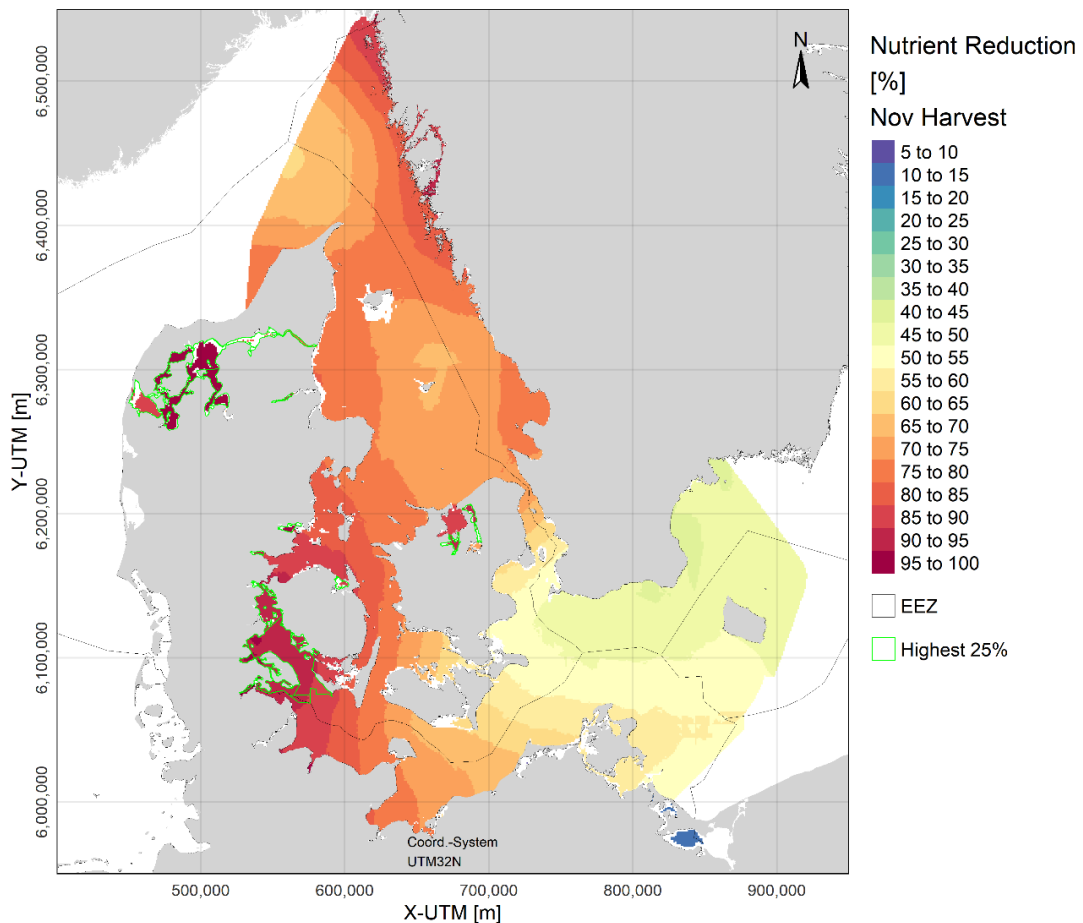
Opdræt af blåmuslinger (*Mytilus edulis*) kan finde sted ved saltholdigheder >10-12 PSU med størst effektivitet ved saltholdigheder >16-20 PSU. Størstedelen af de kystnære danske farvande er generelt set yderst velegnede til opdræt af muslinger, fordi der her ikke er alt for eksponeret for bølger og vind. Det generelt høje næringsniveau i kystvandene giver yderst favorable biologiske betingelser for opdræt. Samtidig er den hygiejniske standard af de kystnære farvande meget høj som følge af den udbyggede kloakering og spildevandsrensning. Der kan således opdrættes muslinger af høj kvalitet på kort tid i kystnære, danske farvande.

Opdræt af muslinger er en relativ ny produktionsform i danske farvande, der for alvor startede omkring 2002 i forbindelse med etableringen af Dansk Skaldyrcenter (DSC) i Nykøbing Mors og den dertilhørende række af udviklingsprojekter. Frem til finanskrisen var der en konstant stigning i produktion med en top i 2009 på omkring 2.500 t. I kølvandet på finanskrisen stoppede mange af de mindre producenter og i dag er produktionen koncentreret på få firmaer. Der var i 2020 fire større virksomheder, men flere er på vej. Til gengæld er produktionen steget støt, så den i 2019 var på ca. 8.800 t/år. Der er gennem de senere år sket en diversificering af erhvervet, så hvor alle tidligere udelukkende brugte langliner og strømper til produktionen, vælger flere og flere at udvide med rør+net-opdræt eller laver kombinationsopdræt, hvor opdrætteren enten søger om at få kulturbanker eller allierer sig med en fisker, hvorefter de driver opdræt, hvor yngelfang og første vækst foregår i vandsøjlen (fortrinsvis på net) og slutvæksten sker på bunden.

Muslingerne anvendes til fersk konsum eller som kogt økologisk muslingekød. Den største del (<80%) af produktionen eksporteres, men hjemmemarkedet for ferske muslinger er i vækst. Dansk muslingeopdræt er generelt set en lønsom forretning (Frost m.fl. 2015).

Opdræt af muslinger kan også fungere som et marint virkemiddel til opnåelse af bedre miljøtilstand i vandområderne under Vandrammedirektivet. Dette er nærmere beskrevet i "Marine virkemidler - beskrivelse af virkemidlernes effekter og status for vidensgrundlag" (Bruhn m.fl. 2020a), hvor produktionspotentialer er beregnet for alle indre danske farvande (figur 2.1.1). Det blev antaget, at ved produktion alene som virkemiddel kan produktionseffektiviteten pr standardanlæg (ca. 19 ha) nå op på max. 1.500 t for langlinesystemer og ca. 2.500 t for rør+net-systemer ved høst i de mest produktive områder inden jul samme år, som anlæggene sættes i søen. Disse værdier gælder for produktion med henblik på fjernelse af næringsstoffer. Ved produktion med henblik på konsum til mennesker vil produktionskapaciteten være betydeligt mindre. Figur 2.1.1 kan bruges til en vurdering af egnede områder uden, at der hermed er taget højde for, hvor stort et areal i hvert vandområde, der rent faktisk kan anvendes til produktionen, og hvor stor bæreevnen i hvert område er. Det er tidligere vurderet, at det samlede produktionspotentialer for blåmuslinger i indre danske farvande er 300.000 t årligt (Petersen m.fl. 2016). Ved at inddrage arealer i de åbne dele, f.eks. i havvindmølleparker, vil produktionen kunne øges betydeligt, men det vil kræve teknologisk udvikling for at producere off-coast eller off-shore rentabelt. I hvilket omfang potentialer i indre farvande kan realiseres, vil afhænge af flere forhold, herunder især tilgængeligt areal. En anden vigtig faktor er, om opdræt af blåmuslinger vil blive brugt som marint virkemiddel og der i den forbindelse findes en model for betaling til opdrætteren for de økosystemtjenesteydelser, som opdrættet medfører i form af binding og fjernelse af næringsstoffer. Hvis en sådan model findes og implementeres helt eller delvist i løbet af 3. vandplanperiode, er det sandsynligt, at en stor del af potentialer kan realiseres. Hvis muslingeproduktion således implementeres som marint virkemiddel til opnåelse af 4,5% af N reduktionsmålet, og 5% af arealer udlagt til produktion af vindenergi i indre danske farvande samtidig udlægges til muslingeproduktion vil det årlige produktionspotentialer kunne øges til 275.000 t (Gylling m.fl. 2021). Skal produktionen udelukkende afsættes på kommercielle vilkår, er det ikke sandsynligt, at potentialer kan indfries inden for det kommende årti. Inkluderes kombinationsformer og alle former for opdræt, vil muslingeopdræt uden betalingsmodeller for økosystemtjenester kunne stige til 20-70.000 t inden for en periode på 4-7 år.

Relative Nutrient Reduction



Figur 2.1.1. Potentiale for produktion af blåmuslinger som marint virkemiddel med høst i november, i figuren vist som potentiale for fjernelse af kvælstof. For produktionsvolumen svarer 100% til ca. 1.500 t for langline-systemer og ca. 3.000 t pr anlæg (ca. 19 ha) for rør+net-systemer. Disse værdier vil ikke gælde for produktion til konsum.

Anvendelse af de opdrættede muslinger til konsum er kendt i form af fersk eller som kogt muslingekød. Anvendelse af muslinger opdrættet som et marint virkemiddel vil kun i mindre omfang resultere i produkter til konsum – i størrelsesordenen 10-30% - resten vil skulle bruges som f.eks. foderingrediens. Den optimale metode til produktion af muslingemel er endnu ikke udviklet og vil afhænge af slutproduktets anvendelse. Til hønsefoder kan en højere grad af skalfraktioner tolereres i slutproduktet, hvilket ikke er tilfældet for anvendelse til grise- eller fiskefoder. Der findes metoder til fuldstændig adskillelse af skal og kød inden tørring, men disse er pt ikke konkurrencedygtige med andre marine proteinkilder som foderingrediens, heller ikke for økologisk husdyrfoder. Metoder er aktuelt (2021) tæt på udvikling og der er industriel vilje til at investere i anlæg til forarbejdning, så længe der kan gives garanti for, at industrien kan tilstrækkelige mængder.

Barrierer for muslingeopdræt er flere:

- Der er en stigende lokal modstand mod opdrætsanlæg og især rør+net-systemer, primært fordi de opfattes som værende grimme og tiltrækker måger. Det vurderes dog

som realistisk, at der kan udvikles systemer der i større eller mindre omfang kan under-sænkes og der arbejdes pt. i et GUDP-projekt med udvikling af metoder til undersænking af disse systemer.

- Der er opstået en bekymring for at miljøforholdene under opdrætsanlæggene forværres. Det skal dog påpeges, at muslingeopdræt netto fjerner næringsstoffer og kulstof fra de marine områder og at effekter af anlæggene på havbunden ikke er entydige.
- Afsætningen til fersk konsum er til stadighed afhængig af udviklingen på det europæiske ferskemarked. Her er der på kort sigt en mulighed, fordi BREXIT har vanskeliggjort eksport af muslinger fra de britiske øer til EU. Der er en stigende indenlandsk efterspørgsel, men hovedafsætningen foregår på det europæiske marked.
- Hvis produktionen skal stige betydeligt vil det kræve, at opdrætterne bliver betalt for de økosystemtjenester opdrættet leverer, dvs. muslingeopdræt skal indgå som virkemiddel i 3. generations vandplaner. Dette vil kunne medføre en betydelig produktionsforøgelse.
- Der skal udarbejdes mere effektive forarbejdningsmetoder til produktion af muslingemel uden eller med en meget begrænset fraktion af skalmateriale.

2.2 Opdræt af andre muslingearter

Af andre muslingearter er det især opdræt af flad europæisk østers (*Ostrea edulis*), der i 2020 har nået et stadie, hvor der reelt kan etableres produktion, og hvor der er aktive virksomheder. Hjertemusling (*Cerastoderma edule*) kan udvikles til opdræt. Der er her ikke behandlet opdræt af Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*), fordi denne art er invasiv, og der derfor hersker tvivl, om der kan etableres opdræt, selv af triploide (forventeligt sterile) versioner, i danske farvande.



Figur 2.2.1. Europæisk østers – moderøsters til konditionering (tv) og yngel klar til grow-out på fjorden (th).

2.2.1 Europæisk østers

Der findes én virksomhed i Danmark, der har opdræt af europæisk østers som sit primære indsatsområde, derudover er der en række mindre opdrætsvirksomheder, som gerne vil udvide deres opdræt med østersproduktion eller har igangsat østersopdræt.

Der har været gjort forsøg med opsamling af østers på yngelfang i f.eks. Limfjorden, men som forretningsmodel har det ikke vist sig at give tilstrækkelig med produktionsmateriale til at drive

en lønsom produktion. Østersproduktionen er derfor afhængig af leverance af yngel fra et klækkeri. Yngel fra klækkerier leveres i forskellige størrelser fra omkring 5 mm til 2-3 cm. De mindste kommer direkte fra klækkeriet, mens større størrelser kræver adgang til nurseries eller andre former for mellemfaser, inden ynglen kommer til slutvækst i det marine miljø. Europæisk østers har optimal vækst ved saltholdigheder >20 PSU, men kan gro ned til ca. 15 PSU. Slutvæksten tager mellem 2-3 år afhængigt af produktionsmiljøets saltholdighed, vandtemperatur og fødekonzentration. Der arbejdes aktuelt med forskellige former for systemer til slutvækst i havet (grow-out), og der forestår stadig udviklingsarbejde med at finde de optimale systemer, der dels er skånsomme overfor ynglen, dels ikke fordrer meget manuelt arbejde.

Det er vurderet, at der aktuelt er et marked alene i Europa på op til 3.000 t europæisk østers om året (Nielsen & Holm 2016). Dertil kommer uopdyrkede markeder i primært Østeuropa. Med et årligt fiskeri af <1.000 t årligt vurderes det, at der er et stort markedspotentiale, som kan generere omsætning og lokale arbejdspladser.

Barrierer for produktion af europæisk østers:

- Manglende klækkerikapacitet til produktion af yngel (nyt klækkeri i Nykøbing Mors forventes klart medio 2021).
- Udvikling af omkostningseffektive metoder til slutvækst i havet.
- Yderligere spredning af parasitten *Bonamia sp.*
- Levedygtige produktionsvirksomheder (dog vil muslingeopdrættere kunne udvide produktionen med østers, da deres infrastruktur vil være egnet til østersproduktion).

2.2.2 Hjertemusling

Hjertemuslinger har de sidst ca. 10 år været en stor og stigende eksportvare fra især Limfjorden, men også fra Vadehavet, og produktionen var i 2019 på ca. 7.000 t. Hjertemuslinger produceres i dag i Danmark udelukkende ved fiskeri med muslingeskraber (Limfjorden) eller "suction dredge" (Vadehavet), men i andre lande er der udviklet de første versioner af opdræt af hjertemuslinger. Hjertemuslinge yngel produceres i klækkeri og udplantes efterfølgende på tidevandsflader, hvor de efterfølgende håndteres og høstes manuelt ved lavvande. En sådan produktionsform er af flere årsager endnu ikke mulig i danske farvande.

Det vil være muligt at udvikle teknikker til produktion af yngel i klækkerier også i Danmark, om end det ikke har været afprøvet endnu. En mulighed for slutvækst i danske farvande er på kulturbanker, hvor muslingerne fiskes efter slutvækst på bankerne. Kulturbankedyrkning af hjertemuslinger kan blive et alternativ til fiskeri på vilde bestande, som erfaringsmæssigt – fra andre europæiske lande – kan være voldsomt fluktuerende. Der er forventeligt et marked for minimum 15.000 t årligt.

2.3 Andre dyrearter

Der er enten delvist udviklede metoder eller metoder under vejs til opdræt af danske arter af søpunge, søpølser og hummer, og der vil forventeligt kunne udvikles metoder til opdræt af andre muslingearter som kammuslinger, knivmusling og andre infaunale arter. For de sidstnævnte gælder, at der for en del er udviklet metoder og produktionsformer for arter, der er primært hjemmehørende i andre europæiske farvande, men hvor det kan forventes, at der kan udvikles metoder for danske hjemmehørende arter eller udvikles lønsomt opdræt af f.eks. kammusling offshore. For alle disse arter gælder, at et første vigtigt skridt vil være etablering af et klækkeri,

der kan stå for udvikling af metoder til produktion af yngel/udplantningsmateriale. Dernæst skal der udvikles systemer til slutvækst i det marine miljø. Det vil kræve langsigtede investeringer i forskning og udvikling af lavtrofisk akvakultur, hvilket på den anden side vil kunne bibringe sunde fødevarer med lavt CO₂ og miljømæssigt fodaftryk.

Det er i et svensk projekt vurderet, at søpungen *Ciona intestinalis* har potentiale som opdrætsorganisme til produktion af biogas og ekstraktion af udvalgte indholdsstoffer. Der blev i forbindelse med projektet udviklet dyrkningsmanualer for produktion af søpunge-yngel i klækkeri hos DTU Aqua. Udviklingsarbejdet resulterede i manualer, der kan lede til klækkeri-produktion af udplantningsmateriale af søpungen i pilotskala, svarende til et TRL-niveau (Technological Readiness Level, https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf) på 3-4. Næste skridt vil være at opskalere til et niveau, hvor der kan foregå overførsel til slutvækst i det marine miljø samt finde en anvendelse, der er kommercielt rentabel.

I både Norge og Sverige har der gennem de seneste år været gjort forsøg på at udvikle opdrætsmanualer for hjemmehørende arter af søpølser og især arten *Parastichopus tremulus*. Søpølser er en højt skattet spise i Asien og kan potentielt sælges som højpris-produkter. Der er således et potentielt marked, men der mangler i Danmark både producenter og videre udvikling af egnede metoder.

Der er en stigende forekomst af og et stigende fiskeri efter hummer i kystnære farvande som Limfjorden og senest også langs den jyske østkyst. Dermed er behov for udvikling af opdrætsprogrammer blevet mindre aktuelt, fordi disse ikke vil kunne konkurrere omkostningsmæssigt med fiskeri. Opdræt af hummer foregår ved at klække yngel i et klækkeri og derefter sætte dem ud på udvalgte lokaliteter, hvorefter de kan fiskes efter nogle år, hvis de bliver i området. Denne form for produktion kaldes også "sea ranching" og er ikke afprøvet i danske farvande. Der er gjort forsøg i Norge, hvor der kan etableres områder, der er fysisk afgrænsede, så det kan forventes, at de udsatte hummere bliver i området. I en dansk kontekst kan udsætning af hummer på et tidspunkt blive interessant som et middel til bestandspleje, hvis fiskeritrykket bliver for stort.

2.4 Tang

Tang er overordnet opdelt i tre grupper: Brunalger, rødalger og grønalger. Inden for alle tre grupper findes en dansk produktion i udvikling, både på anlæg i havet og i landbaserede anlæg.

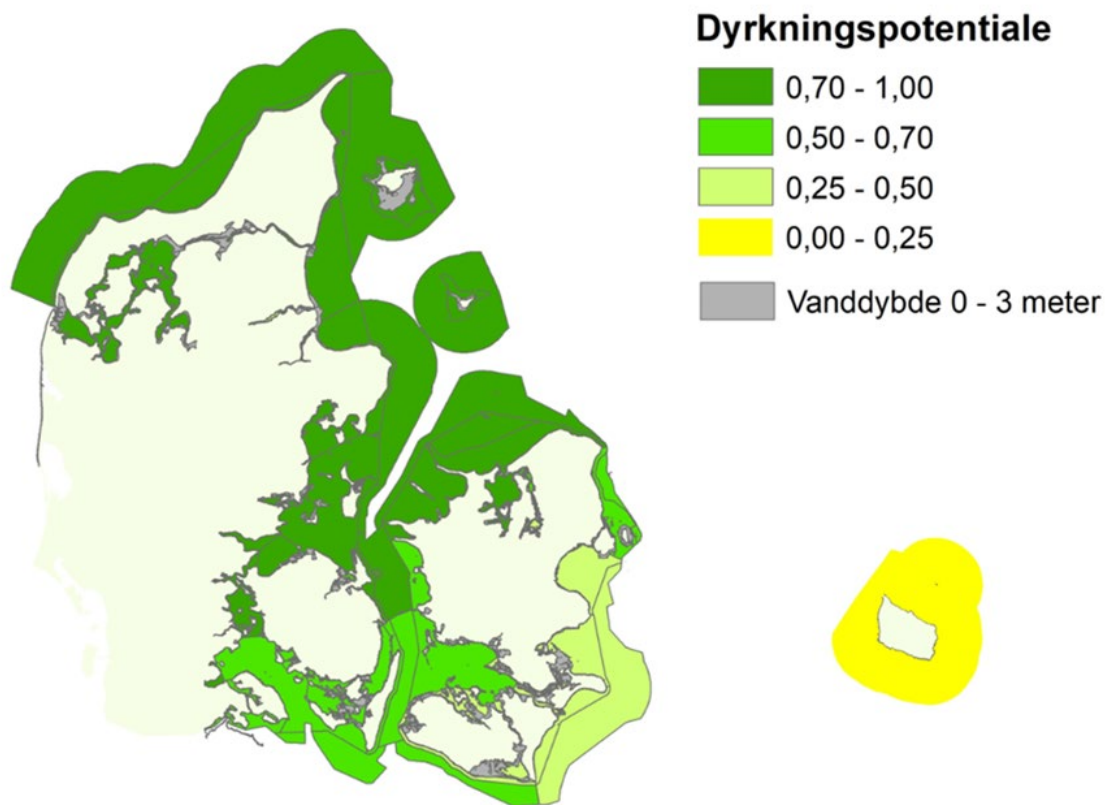


Figur 2.4.1. Dansk produktion af sukkertang på liner, her i Horsens fjord (Foto: Teis Boderskov).

2.4.1 Brunalger

Sukkertang (*Saccharina latissima*) er den tangart, der dyrkes mest og flest steder i Europa, med en samlet årlig volumen på ca. 375 t frisk tang (Araújo m.fl. 2021). Dyrkningsteknologi og -protokoller er udviklet og tilpasset forskellige typer af farvande (Bak m.fl. 2018; Forbord m.fl. 2018). I Danmark er der i de seneste år produceret op til 16 t (vådvægt) årligt (dog 166 t, hvis produktionen på Færøerne inkluderes).

Sukkertang kan dyrkes ved saltholdigheder over 16 PSU, men vokser optimalt ved saltholdigheder over 25 PSU (Broch m.fl. 2019). Sukkertang trives i områder med god vandudskiftning, men ikke for voldsom bølgeeksponering (Kerrison m.fl. 2015), og kan dyrkes både i næringsrige og næringsfattige områder (Boderskov m.fl. 2021). Store dele af danske farvande er således velegnede/egnede til dyrkning af sukkertang (figur 2.4.2).



Figur 2.4.2. Potentiale for dyrkning af tang i danske farvande i forhold til saliniteten, som er den væsentligste begrænsende faktor. Skalaen fra 0-1 svarer til 0-100% af optimal vækst (Petersen m.fl. 2021).

De gode hygiejniske standarder i kystnære danske farvande bevirker, at den mikrobiologiske kvalitet af tang høstet i danske farvande generelt er i orden (Fødevarestyrelsen, 2017). Sukkertang er dyrket kommercielt i Danmark siden 2008, hvor en pioner startede dyrkning syd for Århus. Siden har en række forsknings- og udviklingsprojekter i samarbejde med kommercielle aktører drevet udviklingen fremad. For nuværende er der to kommercielle producenter i Danmark, hvoraf det største er placeret ved Horsens Fjord med et dyrkningsområde på 100 hektar, som dog pt ikke er fuldt udnyttet. Her er produktionen økologisk, og der er høstet op til 16 t frisk sukkertang årligt (Boderskov m.fl. 2021; Marinho m.fl. 2015). Det andet kommercielle anlæg er et mindre kystnært anlæg på 0,4 hektar i Isefjorden. Her startede produktion i 2019. Derudover dyrkes sukkertang i forskningsmæssigt øjemed i Limfjorden (DTU Aqua, 4 ha) og i Kattegat udfor Grenå (Aarhus Universitet, 20 ha) samt i havhaver rundt om i landet. På Færøerne findes en af Europas førende tangproducenter, der primært producerer sukkertang, men også fingertang og vingetang, i størrelsesordenen totalt 150 t frisk tang om året, men med målet om 500 t frisk tang om året fra 2021.

Dyrkning af sukkertang kan fungere som et marint virkemiddel til optag og fjernelse af kvælstof og fosfor fra havmiljøet, for herigennem at opnå en bedre miljøtilstand i danske havområder (Bruhn m.fl. 2020a). Udbyttet i danske farvande er, ud fra dyrkningsforsøg udført siden 2011, estimeret til at ligge på 12 t pr ha pr år i gennemsnit ved Horsens Fjord og lidt lavere både i Limfjorden og i det åbne Kattegat. Under optimale forhold kan udbyttet dog fordobles til op til 25 t pr ha pr år (Bruhn m.fl. 2020a). Til sammenligning er de gennemsnitlige arealudbytter af f.eks.

græs og majs til ensilage henholdsvis 13,8 og 44,5 t pr ha pr år (Danmarks Statistik). Den relativt højere effektivitet ved tangproduktion i forhold til græs kan bl.a. tilskrives, at der i højere grad kan dyrkes i 3 dimensioner i havet. Teknologien er fortsat i udvikling og mekanisering af processer til udsætning, høst og forarbejdning forventes at blive udviklet i de kommende år. Dyrkning af sukkertang er testet i flere forskellige danske havområder, men der foreligger for nuværende ikke estimater for den potentielle samlede produktion af sukkertang i danske farvande. En model til estimering af produktionspotentiale er under udvikling.

Den dansk-dyrkede sukkertang anvendes aktuelt primært til fødevarer og foder. For fødevarer er markedet etableret for både tørrede produkter (hel og pulveriseret tang), fermenterede produkter som nordisk tangsalat, tørret tang som ingrediens i forarbejdede fødevarer som pesto, sennep, øl, brød eller mel, og i begrænset omfang som friskt produkt til restauranter. Sukkertang anvendes også som bioaktiv ingrediens i pro-biotisk svinefoder, hvor raps og sukkertang fermenteres med specifikke mælkesyre kulturer af en dansk virksomhed. Her ligger et stort marked på flere tusinde tons tang årligt, som pt ikke kan imødekommes af danske producenter. Alene hos foderproducenten Fermentation Experts er opkøbt og forarbejdet 450 t sukkertang i 2020 fra norske og færøske producenter. I forsknings- og udviklingsprojekter arbejdes der på udnyttelse af sukkertang til bl.a. antioxidanter, fucoidan, højkvalitets protein og energi (bioethanol, butanol). Her ligger det primære fokus på kaskadeudnyttelse for at maksimere den totale værdi af de samlede down-stream produkter (Zhang & Thomsen 2019).

Der er også kommercielt fokus på andre brunalger end sukkertang, bl.a. fingertang (*Laminaria digitata*) og blæretang (*Fucus vesiculosus*) eller andre beslægtede arter af klørtang (*Fucus*). Fingertang kan dyrkes på samme måde som sukkertang, men vokser langsommere og har derfor givet meget lave eller intet udbytte i dyrkningsforsøg. Blæretang og andre *Fucus*-arter er eftertragtede til fødevarer, som ingrediens til produktion af chips (SeaMan Chips) og til ekstraktion af fucoidan, som kan anvendes i medicinalindustrien (Bilal & Iqbal 2020; Bruhn m.fl. 2017). Blæretang og andre *Fucus*-arter kan pt ikke dyrkes, og høstes derfor fra naturlige kystnære populationer. Danske farvande rummer store bestande af *Fucus*-arter, bl.a. er bestanden i Kattegat alene anslået til ca. 82.000 t biomasse (Riemann m.fl. 2020). Høsten af *Fucus* er pt kun reguleret for høst af økologisk tang, som kræver en godkendelse fra Kystdirektoratet. Dette kan potentielt blive problematisk for de kystnære marine økosystemer, hvor *Fucus*-arter udgør vigtige nøglearter.

Barrierer for produktion af sukkertang:

- Tilladelser til oprettelse af dyrkningsanlæg, primært som konsekvens af manglende viden om miljøeffekter ved dyrkning i stor-skala.
- Adgang til kvalificeret arbejdskraft. Pt findes få kommercielle aktører, og viden og praktisk erfaring er stadig fortrinsvis forankret på vidensinstitutioner som AU og DTU. Flere anlæg vil kunne varetages af centrale aktører, hvilket vil kunne nedbringe drifts- og anlægskostninger.
- Adgang til podede sporelinier. Et centralt, specialiseret klækkeri vil kunne varetage flere producenters behov og nedbringe omkostninger og risici ved decentral sporlineproduktion.
- Dyrkningsteknologi og mekanisering af håndtering ved udsætning og høst. Udvikling af maskinelt håndterbare systemer med stor arealeffektivitet og stabilitet til produktion i eksponerede miljøer skal udvikles.

- Afsætning og konkurrence. Da tang har et højt vandindhold og tørring er ressourcekrævende, er håndtering og forarbejdning af den friskhøstede tang til lagerstabilitet en udfordring. Samtidig leverer udenlandske producenter aktuelt sukkertang til priser, som er vanskelige at matche for danske producenter.
- Der er en stigende lokal modstand mod opdrætsanlæg på havet, og for visuelle gener gælder samme forhold for sukkertang som for blåmuslinger.
- Skal produktionen stige betydeligt vil det kræve, at tangdyrkere bliver betalt for de økosystemtjenester produktionen leverer, dvs. tangdyrkning skal indgå som virkemiddel i 3. generations vandplaner eller som et instrument til Carbon Capture and Utilisation. Dette vil kunne give incitament til en betydelig produktionsforøgelse.

2.4.2 Rødalger

Aktuelt er der ingen rødalger i kommerciel produktion i Danmark. Der arbejdes intensivt på at optimere dyrkning af rødalgen søl (*Palmaria palmata*). Forsknings- og udviklingsaktiviteter er orienteret omkring optimering af både de tidlige stadier i søls livscyklus (Schmedes & Nielsen, 2020; Schmedes et al., 2019) og grow-out enten i hav eller i forbindelse med landbaseret akvakultur (Levinsen 2020). En enkelt virksomhed er i gang med at starte en produktion af søl fra anlæg i havet, og en anden virksomhed høster og sælger pt. rødalger fra naturlige forekomster i mindre skala: Søl, carrageentang (*Chondrus crispus*), blodrød ribbeblad (*Delesseria sanguinea*) og gracilariatang (*Gracilaria vermiculophylla*). Sidstnævnte er en invasiv art (Thomsen et al., 2007a). En væsentlig barriere for udvidet produktion er udviklede metoder til produktion af sporeliner eller kapacitet i klækkerier.

Der er et voksende marked for søl som fødevarer. Arten sælges tørret og fermenteret/rehydreret, og markedsføres som 'havet bacon'. En nordisk tangsalat baseret på Gracilariatang er under udvikling hos en dansk virksomhed.

2.4.3 Grønalger

Søsalat (*Ulva* sp.) er en hurtigt voksende grøn makroalge. Der findes mange arter af søsalat i Danmark, og de kan ikke altid skelnes uden brug af DNA metoder (Steinhagen m.fl. 2019). Søsalat er ikke pt i kommerciel produktion i Danmark, men et dansk firma arbejder på at udvikle systemer til en omkostningseffektiv produktion i anlæg på land (figur 2.4.3), og en anden dansk virksomhed høster og sælger i begrænset omfang fra naturlige forekomster. I kraft af de høje vækstrater og tolerance overfor varierende saltholdighed er søsalat velegnet til opdræt i næringsrige spildevandskilder fra f.eks. fiskeopdræt (Msuya & Neori 2008; Neori m.fl. 2003; Nielsen m.fl. 2012; Sode m.fl. 2013). I bl.a. Portugal dyrkes søsalat kommercielt i landbaserede anlæg til integreret multitrofisk akvakultur (IMTA), hvor søsalaten udnytter næringsstofferne i det næringsrige spildevand fra fiskeopdræt. På europæisk plan produceres ca. 50 t årligt i landbaserede anlæg, mens godt 200 t høstes fra naturen, bl.a. fra eutrofieringsbetingede masseforekomster, de såkaldte 'green tides' (Araújo m.fl. 2021). Green tides forekommer også i Danmark, og mulighederne for at høste og anvende søsalat fra eutrofieringsbetingede masseforekomster undersøges i øjeblikket. Dette er beskrevet under afsnit 3 – nye arter i fiskeriet. Søsalat af god kvalitet anvendes primært til fødevarer og markedsføres som både saltet og tørret produkt. Øvrige eksisterende anvendelser er dyrefoder eller biostimulanter til planteproduktion.

Ny international forskning dokumenterer, at tilsætning af specifikke tang-arter til kvægfoder kan reducere udledningen af metan fra drøvtyggere med op til 98% (Kinley m.fl. 2020; Machado

m.fl. 2014). I projektet Climate Feed (Innovationsfonden) screenes op til 30 arter af nordiske brun-, rød- og grønalger for effekt på kvægs metanproduktion. Anvendelse og produktion af tang som 'zooteknisk foder tilsætning' med metanreducerende effekt kan inden for få år skabe stor efterspørgsel på tang i Danmark til produktion af kvægfoder.



Figur 2.4.3. Produktion af søsalat i landbaserede systemer

2.5 Mikroalger

Mikroalger har en alsidig metabolisme, og vokser enten autotrofisk ved at omdanne solenergi og atmosfærisk CO₂ til biomasse eller heterotrofisk ved hjælp af reducerede kulstofkilder som glukose opnået f.eks. fra uudnyttede industrielle sidestrømme. Nogle arter er mixotrofe, og kan både leve auto- og heterotrofisk. Heterotrofisk dyrkning tillader op til 25 gange højere udbytte end fototrofisk dyrkning, og hører til den nye portefølje af kulstoffangst- og udnyttelsesteknologier (Carbon Capture and Utilisation Technologies), der omdanner CO₂-emission til biobaserede produkter (Barros m.fl. 2019; European Commission 2018; Singh & Dhar 2019; Scottish Enterprise 2019). Produktion på landbrugsskala er således mulig uden brug af landbrugsjord (Cassidy m.fl. 2013). Trods det store potentiale for produktion af bæredygtigt højværdi-protein til erstatning af f.eks. importeret sojaprotein findes der kun et mindre antal firmaer i Danmark, som producerer mikroalger til foder hhv. superfoods i Danmark (Biotrino). BioMar har produceret foder indeholdende AlgaPrimeDHA siden begyndelsen af 2016 og investerer fortsat i udvikling af optimalt foder, som kan sænke presset på de marine ressourcer og medvirke til at sikre, at tilgængeligheden af den vigtige omega-3 fedtsyre fra havet ikke længere begrænser udviklingen inden for akvakultur (Biomar 2016). Flere forsknings- og innovationsprojekter udvikler stadig på optimering af produktion og anvendelse af mikroalger som proteinkilde til foder- og fødevarerproduktion. Der er hidtil beskrevet en produktion på 8-19 t protein pr ha pr år, og et proteinindhold i mikroalgebio masse på 47-57% i åbne og lukkede systemer fra Danmark og Holland, henholdsvis (Gylling & Hermansen 2018). I projektet ReMAPP (Resource Efficient Microalgae Protein

Production) finansieret fra Innovationsfonden tester man f.eks. areal- og kosteffektiv dyrkning af mikroalger i lange plastikposer. Ideen er at benytte lavkvalitets jord og sidestrømme fra bl.a. biogasproduktion til en dansk produktion af foderprotein på store algemarkeder i fremtiden. Indtil videre viser forsøgene, at der kan etableres en årlig produktion af 40 t biomasse pr ha med 50% protein indhold. Udbyttet forventes at stige yderligere efterhånden som teknologien udvikles (pers. komm. Jesper Mazanti Aaslyng, Teknologisk Institut). Mikroalgedyrkning sker flere steder med det formål at fremstille højværdistoffer. ReMAPP projektet fokuserer modsat på at etablere en produktion, der kan sikre dansk fremstillet foderprotein og samtidig medvirke til at udnytte både CO₂ og næringsstrømme fra biogasindustrien og andre industrier med overskud af CO₂, varme og næringsstoffer.

3. Nye arter i fiskeriet

3.1 Ikke kvotebelagte arter

Det danske fiskeri har i mange år fanget fisk fra bestande, som ikke er underlagt kvoteregulering, idet nogle bestande er forvaltet uden kvoter, da de har en lille økonomisk værdi og ofte bliver fanget som (uønsket) bifangst. Kvoter er for disse bifangstarter vurderet som værende ikke nødvendige under antagelse af, at hvis målarterne er fisket forsvarligt, vil den uønskede bifangst også være minimal. Den manglende kvoteregulering for enkelte bestande med et mere målrettet fiskeri synes sværere at forklare ud fra andet end et ønske om ikke at belaste rådgivnings/forvaltningssystemet i forhold til fiskeriet yderligere. Enkelte bifangstbestande som f.eks. skrubber og ising i Nordsøen var tidligere under kvoteregulering, men denne er nu ophævet fordi målarterne i fiskerierne har kvoteregulering og bestandsstørrelsen af bifangstbestandene er stabile.

Fiskeri af bestande, der ikke er underlagt kvoteregulering, udgør omkring 1% af den totale danske landingsvægt og 2,7% af landingsværdien for årene 2015-2019. Den største landingsmængde er fra ising og skrubbe fra alle danske farvande (tabel 3.1.1). Den største landingsværdi er for kulso (stenbider med rogn) og fra pighvar fra indre danske farvande. Landinger og deres værdi for en række udvalgte arter er vist i tabel 3.1.1.

Overordnet kan denne gruppe af ukvoterede fisk grupperes efter deres værdi. Lavværdiarter som f.eks. håising, ising og grå knurhane fanges i større mængder som bifangst, men landes kun i ringe grad, da det ikke er rentabelt på grund af den lave afregningspris som funktion af markedets manglende præference for den enkelte art og størrelse og deraf manglende aftagning/forarbejdningsmulighed. Desuden landes visse fisk direkte til produktion af fiskemel og – olie. Det betyder, at hvis disse arter – som potentielt kan indgå som en del af indtjeningsgrundlaget i kystfiskeriet – skal udnyttes bedre og skabe værdi, skal der gøres en indsats for at opdyrke forbrugerpræferencer. Flere af arterne kan anses for at være særdeles velegnede som spisefisk og det er derfor alene en kulturel barriere, der forhindrer deres udnyttelse. Der var et målrettet dansk fiskeri efter grå knurhane i 1987-1992, hvor der blev landet større mængder (omkring 40.000 t rapporteret i 1987) til industribrug. Fiskeriet stoppede efter nogle få år, tilsyneladende på grund af bifangst af andre kvoterede og regulerede bestande. Netop bifangst af kvoterede arter kan være et problem for udvikling af fiskeri af nye arter.

Tilstanden for de typiske bifangstarter med lav økonomisk værdi følger udviklingen i fiskeritrykket for de målrettede fiskerier. Med et generelt fald i fiskeriindsatsen gennem de sidste 10-15 år er tilstanden for disse bestande blevet bedre og enkelte bestande kan måske tåle et højere fiskeritryk. ICES vurderede f.eks., at fiskeritrykket for ising i Østersøen er under F_{MSY} (ICES 2020a) og at ising i Nordsøen, Skagerrak og Kattegat udnyttes indenfor rammerne af MSY (ICES 2019a). Grå knurhane i Nordsøen fiskes ligeledes med en fiskeridødelighed under F_{MSY} (ICES 2020b).

Tabel 3.1.1. Gennemsnits landingsvægt og værdi for årene 2015-2019 for ukvoterede bestande fra det danske fiskeri. Oversigten indeholder ikke alle arter. Data fra Fiskeristyrelsen.

Art	Landingsvægt (t)	Landingsværdi (1000 DKK)	Pris pr kg
Multe	2,4	111	46,85
Hundestejle	5,4	10	1,77
Sølvtorsk	7,1	14	1,92
Kutling	13,7	50	3,61
Strømsild	13,9	25	1,83
Strømsildarter	20,2	37	1,83
Slimål	21,9	40	1,82
Rød Knurhane	66,1	664	10,05
Slethvarre	78,6	3340	42,50
Stenbider	94,5	440	4,65
Håising	84,0	154	1,84
Helleflynder	140	8580	61,25
Hornfisk	203	1276	6,29
Blæksprutte	240	4986	20,70
Pighvar	242	13210	54,49
Havkat	433	9565	22,09
Kulso	483	26183	54,24
Knurhane	1110	1773	1,60
Sardin	1481	2463	1,66
Skrubbe	1486	6820	4,59
Ising	2036	14268	7,01

Enkelte ikke-kvoterede bestande er højværdiarter. De tages som bifangst eller i et mere eller mindre målrettet fiskeri, enten med standardredskaber og med et målrettet valg af fiskeplads, f.eks. trawlfiskeri efter skærising i områder med helleflynder, eller med redskaber målrettet arten, f.eks. garnfiskeri efter stenbider. Andre bestande som f.eks. pighvar i Østersøen tages nu hovedsageligt som bifangst og blev tidligere også fanget i større omfang i et målrettet garnfiskeri. Arter som f.eks. havkat og rød knurhane fanges som bifangst typisk i trawlfiskerier og kan afsættes som konsumfisk med en vis økonomisk værdi. Flere arter af blæksprutter kan også opnå en høj kilopris og fanges sporadisk som bifangst i trawlfiskerier, men der er så vidt vides ikke et målrettet dansk fiskeri, hvilket ellers er tilfældet for enkelte andre nationer omkring Nord-søen. De fleste ukvoterede bestande med høj værdi er blevet udnyttet gennem mange år og da højværdiarterne ofte er langlivede og med en sen reproduktion, har et målrettet fiskeri af denne gruppe betydet, at bestandene generelt er overudnyttet i dag. Dermed vil der heller ikke være et større uudnyttet potentiale. Pighvar i Kattegat og Skagerrak er i modsætning hurtigt voksende og er ifølge seneste ICES rådgivning (ICES 2020c) fisket med en fiskeridødelighed i overensstemmelse med MSY-tilgangen.

Arter med en mindre kropslængde som f.eks. rød knurhane, fjæsing og rød mulle har en vis økonomisk værdi, men fanges normalt kun i mindre mængder med de større masker anvendt i

konsumfiskeriet. Større mængder kan kun fanges i et målrettet fiskeri med maskevidde tilpasset den enkelte art. For f.eks. fjæsing har der været flere forsøgsfiskerier i Kattegat, hvor dele af fangsten blev afsat til konsum. Problemet med fangst af denne gruppe fisk i et målrettet fiskeri er, at den anvendte maskestørrelse kan medføre en stor bifangst af uønskede og regulerede arter. I den forbindelse skal det nævnes, at tekniske regler¹ (EU 2019) kan være en hindring for at anvende det optimale redskab eller maskestørrelse for at fange arter som f.eks. fjæsing eller grå knurhane. Desuden er der stor usikkerhed om bestandenes størrelse og dermed om fiskeritrykket er bæredygtigt. Hornfisk fanges hovedsagelig i bundgarnsfiskerier og en pris på omkring 6 kr. pr kg indikerer en pt. beskeden efterspørgsel. ICES vurderer ikke tilstanden for havkat, hornfisk og fjæsing, men DTU Aqua vurderer, at bestanden af havkat er overudnyttet. Data for rød knurhane (ICES 2019b) og rød mulle (ICES 2019c) er for begrænset til, at ICES kan vurdere bestandens tilstand.

Enkelte pelagiske arter som ansjos og sardin er ukvoterede og fanges af danske fiskere med omkring 1.000 t pr år per bestand, typisk i den sydlige Nordsø og Engelske Kanal. Omkring 20% af landingerne af ansjos landes til human konsum, mens sardin kun landes til industriformål og deraf lav pris. Denne fangst kan blive påvirket af BREXIT-aftalerne.

For ukvoterede arter er der således et uudnyttet potentiale i den forstand, at arterne af kulturelle årsager ikke er interessante på markedet og derfor ikke opnår den pris, som de "er værd" som spisebærende. Lave priser og ringe efterspørgsel forhindrer drivkraft i en udvikling, hvor fiskene kan blive fanget målrettet. Derved afskæres muligheden for en ikke ubetydelig indtægtskilde for mindre både i små havne. Den væsentligste barriere er således markedet. Potentialet i form af landet biomasse af fisk kan forventes at være i størrelsesordenen 1,5-2 gange de nuværende landinger – dvs. ca. 14-16.000 t årligt - og værdien vil afhænge af anvendelsen.

3.2 Nye arter, som ikke er fisk

En række nye arter – enten invertebrater eller tang – har vundet større interesse gennem de senere år. Interessen har enten været forbundet med store forekomster af arterne, der som store forekomster af invasive arter også kan være forbundet med problemer for enten fiskeriet eller miljøet, eller har været en interesse for en art med relativ høj værdi på eksportmarkedet. For begge grupper gælder, at der er rapporteret store eller stigende forekomster, men der er ikke foretaget bestandsopgørelser. De store forekomster har åbnet for en potentiel udnyttelse, som ikke tidligere har været aktuel. Generelt set er der en række ensartede begrænsninger for udnyttelse af disse nye biomasser. En central udfordring er at finde en anvendelse eller et stabilt eksportmarked, der gør det rentabelt at fiske/indsamle biomassen. En anden udfordring kan være at finde den bedst egnede og mest omkostningseffektive metode til at fiske/indsamle biomassen, samt dokumentere, at udnyttelsen ikke skader miljøet eller artens udbredelse. I tabel 3.2.1 er vist de gennemsnitlige landinger af 4 udvalgte arter i perioden 2015-19.

¹ Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) 2019/1241 af 20. juni 2019 om bevarelse af fiskeressourcerne og beskyttelse af marine økosystemer ved hjælp af tekniske foranstaltninger, om ændring af Rådets forordning (EF) nr. 2019/2006 og (EF) nr. 1224/2009 og Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) nr. 1380/2013, (EU) 2016/1139, (EU) 2018/973, (EU) 2019/472 og (EU) 2019/1022 og om ophævelse af Rådets forordning (EF) nr. 894/97, (EF) nr. 850/98, (EF) nr. 2549/2000, (EF) nr. 254/2002, (EF) nr. 812/2004 og (EF) nr. 2187/2005.

Tabel 3.2.1. Gennemsnits landingsvægt og værdi for årene 2015-2019 for nye arter, som ikke er fisk. Data fra Fiskeristyrelsen.

Art	Landingsvægt (t)	Landingsværdi (1000 DKK)	Pris pr kg (DKK)
Søstjerne	988	613	0,62
Strandkrabbe	102	1.023	10
Konk	175	733	4,19
Taskekrabbe	489	10.215	21

3.2.1 Søstjerner

Siden midten af 00'erne har der været store forekomster af den almindelige søstjerne (*Asterias rubens*) i flere indre danske farvande, men især i Limfjorden med tætheder på op til 50 pr m² (Petersen m.fl. 2016). Søstjernerne er dels - som funktion af tidligere tiders fiskeri efter søstjerner fra ca. 2. verdenskrig til 1980'erne - set som en ressource (Holtegaard m.fl. 2008) og dels som et problem for muslingefiskeriet i Limfjorden og specielt den del af fiskeriet, der benytter sig af omplantning eller genudlægning af muslinger i bundkulturer eller kulturbanker.

I løbet af de sidste år er der med udgangspunkt i en række udviklingsprojekter genetableret et søstjernefiskeri med et modificeret søstjernetrawl med meget begrænset bundpåvirkning (Petersen m.fl. 2016). Søstjernerne fiskes i vinterhalvåret frem til april, hvor der sker en opbygning af gonadevæv. I denne periode har søstjernerne et proteinindhold, som gør dem egnede som foderingrediens til høns og grise. Søstjernerne forarbejdes til mel på en nyetableret fabrik i Skive. Målet er et fiskeri på 10.000 t, men landingerne de seneste 5 år har været varierende, bl.a. som følge af indkøringsproblemer i relation til fabrikken. Største barriere for udnyttelse af ressourcen er variationer i bestandens størrelse og navnlig, hvor den findes, altså om søstjernerne findes i tætheder, der gør det muligt at fiske dem rentabelt og i områder, hvor fiskeriet er forhindret af fiskeforbud eller begrænsninger i kumuleret bundpåvirkning. Bestanden i den vestlige del af Limfjorden er estimeret til at være på min. 25.000-52.000 t, men fordelingen er ganske klumpet med stor forekomst i nogle bredninger og ringe eller ingen forekomst i andre områder (Petersen m.fl. 2016). Der er muligheder for fiskeri af søstjerner i andre farvandsområder, men det vil være en forudsætning, at de forekommer i tilstrækkeligt store tætheder til, at fiskeriet bliver lønsomt. Der foreligger ikke pt. opgørelser over søstjerneforekomster udenfor Limfjorden, men det kan antages, at et fiskeri kan starte, hvis der dokumenteres tilstrækkeligt tætte forekomster.



Figur 3.2.1. Søstjerner i skyllekar til rensning for sand og småsten.

3.2.2 Strandkrabber

Selvom der ikke er foretaget systematiske bestandsopgørelser, er det en alment accepteret opfattelse, at bestanden af strandkrabber (*Carcinus maenas*) er meget stor og stigende i mange kystområder. Dette fremgår af klager fra mange kystfiskere og fritidsfiskere. I en undersøgelse fra 2004 blev det vurderet, at der i danske farvande er en bestand på 50-100.000 t (Fischer m.fl. 2004), mens et opfølgende pilotprojekt demonstrerede, at der over en kort periode på blot én fangstplads kunne fanges 4-5 t krabber pr døgn uden mærkbar nedgang i fangstraten (Fischer m.fl. 2015). En række faglige rapporter fra DTU Aqua har endvidere indikeret, at der dels er mange strandkrabber i danske farvande, f.eks. op til 56.000 t alene i Kattegat, dels at bestandene er i stigning. En meget stor bestand af strandkrabber medfører betydelige géner i kyst- og fritidsfiskeriet. Krabberne fylder simpelthen de faste redskaber i en grad, så der ikke er plads til målarter som fisk og hummer. Endvidere æder krabberne af målarterne, og de mange krabber resulterer i betydelige håndteringsproblemer, når redskaberne skal tømmes. Endelig præderer strandkrabben på en lang række økonomisk og økologisk værdifulde organismer, f.eks. muslingeyngel, hvorved de begrænser rekrutteringen til bestanden, ligesom det er vist, at strandkrabber påvirker ålegræsset og især spirende ålegræsblade ved at klippe dem af (Garbary m.fl. 2014; Infantes m.fl. 2016). Dette kan potentielt påvirke ålegræssets udbredelse og dermed forsinke opnåelse af god miljøtilstand i danske farvande.

Strandkrabber kan fiskes i ruser eller tejner og der findes veletablerede metoder til at fange strandkrabber. Der er ikke et målrettet fiskeri efter strandkrabber og de strandkrabber, der landes, er typisk bifangster fra andet kystnært fiskeri med faste redskaber. Der pågår aktuelt en række aktiviteter for at stimulere udnyttelse af strandkrabber som en ressource. Kendte anvendelser af strandkrabber er at bruge dem til at lave fond/suppe/smagsforstærker. Til dette formål

bruges der i Danmark fortrinsvis friske strandkrabber, mens der i Frankrig bruges frosne krabber. Der er aktuelt som minimum én virksomhed i Danmark, der producerer fond af strandkrabber. Ifølge denne virksomhed udgør markedet den væsentligste barriere for udvidelse af produktionen, idet det ikke aftager tilstrækkelige mængder. En anden kendt anvendelse er at bruge strandkrabber som agn. Der er ligeledes en dansk virksomhed, der producerer agn af strandkrabber. Denne virksomhed modtager frosne krabber til sin produktion. Omkostningstung logistik og opbevaring som f.eks. nedfrysning er en barriere for lønsomheden ved en sådan anvendelse, fordi kiloprisen i forvejen er lav. Aktuelt afsættes der i størrelsesordenen op til 100 t årligt. En anden mulighed er at forarbejde krabberne til mel (Fisher m.fl. 2015), hvilket vil øge efterspørgslen. Dertil kommer, at krabber indeholder en række værdifulde indholdsstoffer som calcium (kosttilskud), kitin, kitosan og collagen.

Der er potentiale for et fiskeri af strandkrabber på min. 15-20.000 t årligt i indre danske farvande. Den primære barriere er anvendelse af krabberne, der vil gøre fiskeriet rentabelt. En yderligere barriere er opbevaring af strandkrabberne i de små havne, hvor de flest strandkrabber ville kunne landes.

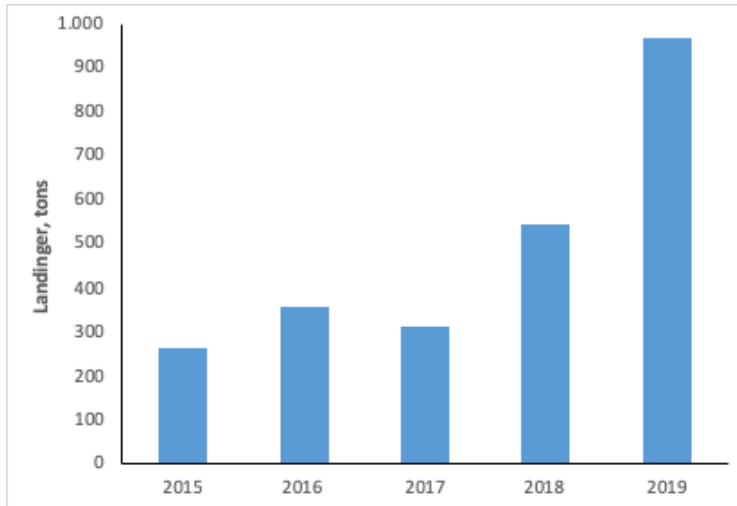
3.2.3 Konksnegle

Konksnegle (*Buccinum undatum*) er meget almindelige i de fleste danske farvande med en saltindholdighed ned til 15 PSU. Konksnegle indgår i både det franske og flere asiatiske køkkener, f.eks. det sydkoreanske, og der er således et marked for konksnegle. Frem til ca. 2015 blev der kun landet meget få konksnegle, men gennem de senere år er der udviklet et fiskeri med forskellige virksomheder i Danmark som aftagere, hvoraf minimum ét selskab aftager en stor del af landingerne og efterspørger større mængder. Hovedparten af konksneglene eksporteres.

Fiskeriet efter konksnegle foregår med tejner lavet af opskårne plastikdunke forsynet med net på den ene side. Tejnerne tilføres agn, før de sættes ud. Ifølge nyheder i Fiskeritidende er der ca. 6-10 fiskere, der aktivt fisker efter konksnegle. Fiskeriet er en udløber af et EHFF-projekt, der mekaniserede fiskeriet efter konksnegle og taskekrabber.

3.2.4 Taskekrabber

Der er sket en stigning i landinger af taskekrabber (*Cancer pagurus*) gennem de seneste år (figur 3.2.2), så der ifølge fiskeristatistikkerne blev landet for ca. 19 mio. kr. i 2019. Det øgede fiskeri er udtryk for stigende interesse blandt specielt kystfiskere, som endda har efterspurgt en dansk producent af taskekrabber, der kunne aftage fangsterne. Baggrunden for interessen er givetvis, at taskekrabber udnyttes i andre lande omkring Nordsøen f.eks. Norge, UK og Irland og at der er et stort marked i både Europa og Kina for taskekrabber. Der er som et resultat af denne interesse blevet etableret en virksomhed i Lemvig som et samarbejde mellem danske og norske forarbejdningsvirksomheder, hvoraf den norske virksomhed er den største forarbejdningsvirksomhed for taskekrabber i Europa. I forhold til taskekrabber er der stadig en del uklarheder omkring anvendelsen og dermed potentielt også landingsstatistikken. Hvor der tidligere – på hjemmemarkedet – stort set kun blev afsat krabbeklør, er forarbejdningsindustrien og de nye markeder interesserede i hele taskekrabber og ikke kun klørerne.



Figur 3.2.2. Landinger af taskekrabber (*Cancer pagurus*) i perioden 2015-19. Data fra Fiskeristyrelsen.

Taskekrabber findes i Kattegat, Skagerrak og Nordsøen, men der er i de senere år observeret stigende forekomster kystnært f.eks. i Limfjorden. Der findes ingen egentlige bestandsopgørelser, men det vurderes, at bestanden kun udnyttes i beskedent omfang, selvom den er forholdsvis let tilgængelig for fiskeri.

Taskekrabber er primært blevet fanget som bifangst i trawl- og garnfiskeri, men der er på det seneste sket en automatisering af et målrettet fiskeri af taskekrabber med tejner, bl.a. i forbindelse med udvikling af konkfiskeriet. Tilsvarende fiskes krabber kystnært også primært i tejner eller ruser. Sæsonen for krabbefiskeriet er primært i perioden maj-december og de fangster, der foretrækkes af forarbejdningsindustrien tages i områder, der ligger 10-50 sømil fra kysten. En del af landingerne til den danske forarbejdning foregår fra polske og engelske både.

Det vurderes, at væsentlige barrierer for udvikling af fiskeriet er, at der er for få både i fiskeriet og især, at der opnås en godkendelse af taskekrabber fra Danmark på det kinesiske marked, som generelt betaler de bedste priser.

3.2.5 Søsalat

Dyrkning af den hurtigt voksende grønne makroalge søsalat er beskrevet i afsnit 2.4.3, om lavtrofisk akvakultur. Men søsalat er også en potential ny art i fiskeriet, idet søsalat danner masseforekomster i eutrofierede kystnære områder. Disse masseforekomster, eller 'green tides' som er et symptom på eutrofiering og dårlig miljøkvalitet i vandmiljøet, bidrager yderligere til dårlig miljøtilstand, idet de skygger for ålegræs og flerårige makroalger, giver et stort input af organisk materiale til sedimentet og kan forårsage iltvind ved nedbrydning i efteråret. Således kan masseforekomster af søsalat bidrage til en reduceret biodiversitet i sedimentet og det lokale havmiljø generelt. Søsالاتen reducerer samtidig den rekreative værdi i de kystområder, hvor de store masseforekomster findes, særligt ved lugtgener, når søsالاتen rådner på stranden og i det lave vand.

I Danmark ses masseforekomster af søsalat i sommerperioden i flere områder bl.a. Skive Fjord, Mariager Fjord, Nissum Fjord, Odense Fjord og Roskilde Fjord. I både Mariager Fjord og Skive

Fjord forekommer op til mellem 20 og 30 t søsalat pr. hektar (Bruhn m.fl. 2020b). Masseforekomster af søsalat kan høstes med samme maskiner som anvendes til høst af grøde i lavvandede søer (figur 3.2.3). Det anslås, at en maskine kan høste op til 25 t søsalat om dagen (Bruhn m.fl. 2020b). Den høstede søsalat repræsenterer en værdi, idet den både indeholder protein og bioaktive stoffer (bl.a. antioxidanter og polysakkarider), og den kan udnyttes til fødevarer, foder, ekstraktion af protein og højværdistoffer, biogasproduktion og/eller gødning afhængig af biomassens kvalitet (Kazir m.fl. 2019; Bruhn m.fl. 2011; Kidgell m.fl. 2019; Charlier m.fl. 2008; Charlier m.fl. 2007 Wijesekara m.fl. 2011; Dominguez og Loret 2019). Således kan høst af masseforekomster af søsalat både bidrage til et bedre havmiljø, generere en indtægt og understøtte den cirkulære bioøkonomi, i det omfang de opsamlede næringsstoffer bundet i søsalaten kan genanvendes på land (Det Bioøkonomiske Panel 2019). Masseforekomster af søsalat høstes allerede i stor skala, bl.a. i Bretagne i Frankrig (100.000 t pr år) (Charlier m.fl. 2007; Charlier m.fl. 2008), hvor biomassen understøtter en produktion af dyrefoder, biostimulanter til planteproduktion og gødningsprodukter hos kommercielle aktører. Potentialet for værdiskabelse af den høstede danske søsalat til fødevarer eller foder bliver vurderet i flere danske projekter, bl.a. SeaSusProtein (GUDP), der udvikler af ekstraktion af højværdi-protein fra søsalat til bl.a. plantefars og Climate Feed (Innovationsfonden), der undersøger potentialet for reduktion af metanproduktion hos kvæg, idet denne effekt hos søsalat er påvist i et australsk studie (Machado m.fl. 2014). Også den unikke sulfaterede kostfiber, ulvan, som findes i søsalatens cellevægge er i søgelyset for sine bioaktive egenskaber (Kidgell m.fl. 2019).

Søsalat kan, hvis ikke anden anvendelse er mulig, udnyttes til produktion af biogas (Briand og Morand 1997; Bruhn m.fl. 2011). Den afgassede biomasse vil indeholde næringsstoffer, mineraler og langsomt omsættelige kulhydrater og kan efterfølgende anvendes til gødning og jordforbedring.



Figur 3.2.3. Høst af eutrofieringsbetingede masseforekomster af søsalat i næringsrige fjordområder kan gøres skånsomt med høstmaskiner udviklet til grødeskæring i søer. Her høst i Skive Fjord 2019 (Foto: Michael Bo Rasmussen).

I takt med, at miljøtilstanden forbedres i de nu eutfierede fjordområder, vil forekomsten – og dermed biomassepotentiallet - af søsalat forventeligt reduceres.

3.3 Invasive arter

Invasive arter er dyr og planter, der spredes til områder, som de ikke selv ville kunne sprede sig til og bliver i stand til at reproducere sig, og som har en negativ effekt på den oprindelige biodiversitet. Ikke alle ikke-hjemmehørende arter er således nødvendigvis invasive. Invasive arter skal i henhold til internationale forpligtelser bekæmpes, men reelt set bruges der ikke offentlige midler på bekæmpelse af marine invasive arter, når de først er etablerede. Invasive arter kan udover at have negative effekter på værdifulde hjemmehørende arter af betydning for de marine økosystemer struktur og funktion, også have negativ effekt på arter af kommerciel betydning. Således kan f.eks. stillehavsøsters konkurrere med blåmuslinger og flad europæisk østers om plads og føde, som det er set i Vadehavet. Med miljømyndighedernes aktuelle holdning til mulighederne for at bekæmpe marine invasive arter må en begrænsning af disses fortsatte udbredelse basere sig på civile indsatser, enten i form af kommerciel udnyttelse eller ved frivillige indsatser. For en del invasive arter kan det antages, at mængder/voluminer er af en størrelsesorden, så der er en potentiel væsentlig kilde til marin biomasse. Givet ønsket om bekæmpelse af de invasive arters fortsatte udbredelse kan man endvidere forestille sig, at selvom de økosystemtjenesteydelser, der er forbundet med fiskeri/indsamling af de invasive arter, ikke nødvendigvis bliver honoreret af myndighederne, så vil de evt. forvaltningsmæssige begrænsninger nemmere kunne løses.



Figur 3.3.1. Fars af sortmundet kutling (foto Gemba Seafood).

3.3.1 Sortmundet kutling

Sortmundet kutling (*Neogobius melanostomus*) er en bundlevende fisk, som er hjemmehørende i Sortehavsområdet. Den er blevet introduceret gentagne gange med skibes ballastvand til Østersøregionen, og blev første observeret i danske farvande ved Bornholm i 2008 (Azour m.fl. 2015). Herfra har fisken spredt sig langs kysten, og findes nu omkring øerne i Smålandsfarvandet, langs Sjællands sydvest og sydøst kyst (så langt nord som lige nord for København), ved

Langeland, og flere steder ved Fyn. Selvom vi ved fra rapporter fra fiskerne, samt videnskabelige snorkel monitoringer, at sortmundet kutling i nogle kystnære områder forekommer i store tætheder (f.eks. Christoffersen m.fl. 2018), så findes der ikke noget egentligt biomasse estimat af arten i danske farvande. Det største fiskeri efter sortmundet kutling i Østersøregionen finder sted i Letland. Her har man i en årrække haft et målrettet, kommercielt fiskeri efter arten, og der landes op til godt og vel 1.100 t årligt. Fangsterne ved Letlands kyst er hovedsagligt i maj, men med mindre fangster i april og juni også (Kornilovs 2017; personlig kommunikation Didzis Upstups, BIOR). I Danmark er der ikke nogen fangstregistreringer af sortmundet kutling fra kommercielt fiskeri, men bifangst data fra Guldborgsund, Kalvehave og Karrebæk viser, at også i vore farvande er maj den måned, hvor fangsterne af sortmundet kutling er højest, efterfulgt af april og juni (Brauer m.fl. 2020). Med andre ord vil man omkring maj kunne opnå den højeste 'catch per unit effort' (CPUE). Det beskrevne fiskeri er med forskellige typer af passive redskaber (ruser, garn mv), hvor der ikke umiddelbart er en betydelig miljøpåvirkning.

I sit naturlige udbredelsesområde er den sortmunde kutling en spisefisk på linje med mange andre mindre fiskearter (Miller 1986), og fangsterne fra Letland eksporteres for en stor del til lande i dette område bl.a. Ukraine. Danske undersøgelser har vist, at fisken har et magert og fast hvidt kød, med et højt protein indhold (sammenligneligt med torsk), samt en favorabel fedtsyresammensætning, med en lav omega-6 til omega-3 ratio (Brauer m.fl. 2020). Fiskefars af arten er et lovende produkt, om end det er en udfordring, at fisken er relativt lille, op til maksimalt 25cm, men i gennemsnit som bifangst kun 10-12 cm. Fiskens rogn er umiddelbar attraktiv med store æg, som er tilgængelige gennem en lang gydesæson, men kvalitet og smag af rognen skal undersøges.

De overordnede barrierer for udvikling af et rentabelt fiskeri efter sortmundet kutling er, at fisken er relativt lille (hvilket sætter begrænsninger for hvilke produkter den kan bruges til), samt at det for nuværende er ukendt, hvor stor en biomasse, som vil kunne fiskes gennem et målrettet fiskeri. Der skal være en kritisk biomasse for at sikre at logistik i forhold til etablering af nedkølingsfaciliteter, samt transportlogistik til videre forarbejdning er mulig. Derudover skal CPUE samt afsætningspris være så høj, at det bliver rentabelt for fiskerne. Dette kræver produktudvikling, såsom videreudvikling af farsprodukt, samt for eksempel test af tørring af de mindre fisk til pet food (høj markedspris) eller fiskesauce, hvor alle størrelser af fisk kan bruges. Redskabsudvikling kunne potentielt både give selektiv fangst af de større individer, som er nemmere at arbejde med i produktudvikling til humankonsum, samt højere CPUE. Undersøgelser af mulighed for højere fangstrater på dybere vand om vinteren er også et aspekt, som bør undersøges.

3.3.2 Stillehavsøsters

Stillehavsøsters har i de sidste ca. 10 år bredt sig voldsomt i danske farvande. Der er opgørelser over bestanden fra Vadehavet, hvor der er vurderet at være ca. 70.000 t (Nielsen m.fl. 2019) samt fra Limfjorden, hvor der estimeret er min. 10.000 t. Stillehavsøsters forekommer fortrinsvis på lavt vand, om end de i Limfjorden findes på ud til 8 m dybde, hvor de kan forekomme enten i tætte sammenhængende rev eller som enkeltforekomster. Eksempler på forekomster i tætte sammenhængende rev finder man omkring Rømmø i Vadehavet, på lavt vand ved Agger Tange og flere steder på kortere kyststrækninger i den vestlige del af Limfjorden. De kan også findes som spredte forekomster, f.eks. iblandet banker af blåmuslinger i f.eks. Ho Bugt og de dybere dele af Løgstør Bredning.

Stillehavsosters kan fiskes med traditionelle redskaber til muslinge- og østersfiskeri på vanddybder større end 3 m, hvor de kan gå ind til i f.eks. Limfjorden. Der er i Vadehavet udviklet et sorteringsapparat, der kan adskille stillehavsosters fra blåmuslinger, når der fiskes i blandede bestande. På lavere vanddybder, hvor der er store forekomster, kan der enten brejles, håndindsamles eller fiskes med en ny nedskaleret østersskraber, der kan trækkes fra små både (figur 3.3.2). Endelig er der afprøvet brug af en såkaldt "sumpgravemaskine", der med hjælp af forskellige former for grabs kan opsamle stillehavsosters på helt lavt vand. Metoden - herunder påvirkning af bunden - er pt under evaluering. Fiskede stillehavsosters består af to fraktioner. En ofte mindre fraktion bestående østers i den rette størrelse og form til salg som fersk konsum samt en ofte større fraktion bestående af østers i sammenvoksede klumper eller af ukurant størrelse (typisk for store), der ikke egner sig til humankonsum. Da stillehavsosters er en invasiv art, skal alle indfangede østers bringes i land og denne fraktion kan således potentielt udgøre et affaldsproblem, hvis ikke anden anvendelse bringes i spil.



Figur 3.3.2. Sumpgravemaskine fjerner østers ved Nykøbing Mors.

Der findes et eksisterende marked for danske stillehavsosters i den rette størrelse. Størrelsen af markedet er ikke stabilt, fordi der ikke er stabile leverancer af østers i den rette størrelse. Der har i Limfjorden siden 2017 været fisket mellem 10-30 t om året, mens der i Vadehavet er fisket ca. 2 t om året i 2019-20. Det er en generel vurdering i erhvervet, at udvikles der ikke metoder til anvendelse af den resterende fraktion, vil et fiskeri alene drevet på kommercielle vilkår ikke pt være lønsomt. Der er arbejdet med udvikling af forskellige metoder til udnyttelse af den resterende del af fangsten. Det er således testet om de ukurante østers kan åbnes under tryk – hvilket er muligt – for derved at få kødklumpen ud med henblik på anvendelse til østerssauce eller dyrefoder. Yderligere forsøg er desuden under forberedelse.

Den primære barriere for udvikling af et lønsomt fiskeri i Vadehavet er tilladelse til at skrabe stillehavsosters. Det må anses for kommercielt mest lønsomt at fiske på bestandene i Ho Bugt,

selv hvis fiskeriet gøres betinget af genudlægning af blåmuslinger til sikring af fødegrundlag for muslingespisende fuglearter. For udnyttelse af de meget tætte bestande omkring Rømø er det ligeledes en barriere at der endnu ikke er lønsomme anvendelser af de ukurante størrelsesfraktioner. I Limfjorden og andre indre danske farvande er det dels en barriere, at store dele af forekomsterne findes på lavt vand, hvor der normalt ikke er adgang for fiskeri med bundpåvirkende redskaber, dels er det en barriere, at de udviklede redskaber skal gøres effektive og ikke alt for udfordrende arbejdsmiljømæssigt. Endelig er det en barriere, at der endnu ikke er udviklet metoder til forarbejdning af den del af fangsten, som ikke er egnet til fersk konsum.

3.3.3 Gracilariatang

Den invasive rødalge brunlig gracilariatang (*Gracilaria vermiculophylla*) er formentlig indført fra Øst- og Sydøstasien, og blev første gang observeret i Horsens Fjord i 2003. Siden har arten bredt sig i indre danske farvande, og er nu også observeret i Limfjorden, Vejle Fjord, det nordlige Bælthav, Odense Fjord og Isefjorden, hvor den danner store tætte populationer (Nejrup m.fl. 2013; Thomsen m.fl. 2007a). Der findes ikke et overblik over den høstbare volumen af gracilariatang, men et dansk firma høster gracilariatang til fødevarer. Det er her en udfordring, at gracilariatang vokser fasthæftet til ganske små sten og skaller, som forårsager problemer i forarbejdningen af tangen til salat.



Figur 3.3.3. Gracilariatang og angsalat lavet med gracilariatang (Foto: Dansk Tang).

3.3.4 Sargassotang

Butblæret sargassotang (*Sargassum muticum*) er ligeledes en invasiv art, som siden 1984 har bredt sig i indre danske farvande, hvor den nu er den hyppigst forekommende ikke-hjemmehørende makroalge (Thomsen m.fl. 2007b). Sargassotang er en dominerende makroalge i Limfjorden, og vokser også i store områder af Kattegat (Stæhr m.fl. 2019). Der findes ikke et overblik over den høstbare volumen af sargassotang. Arter af sargassotang er en yndet spise i Asien, hvor de går under navnet *hijiki*. Sargassotang har dog generelt et højt indhold af arsen, og arten er derfor ikke oplagt til direkte udnyttelse som hverken fødevare eller foder (Yokoi & Konomi 2012). Det er dog muligt, at man vil kunne undgå for høje koncentrationer af arsen i fødevarer eller foder ved en bioraffineringsproces, hvor man specifikt udvinder protein eller højværdistoffer fra Sargassotang. Nye undersøgelser peger bl.a. på, at sargassotang kan være virksomt imod Alzheimers sygdom, og således kan denne art udgøre et bioprospekting potentiale (Bogie m.fl. 2019).

3.4 Bedre kvoteudnyttelse

Med udtrykket kvoteudnyttelsen menes, hvor stor en andel de faktisk landede mængder udgjorde af den samlede danske kvote inklusive kvotebytter med andre EU-lande. Denne opgøres ultimo hvert år. Da der i forhold til regelsættet for den fælles fiskeripolitik for flere af bestandene er mulighed for år til år fleksibilitet, hvor typisk 10%, men i visse tilfælde op til 25% af de ikke udnyttede mængder overføres til det efterfølgende år, kan det at fokusere på kvoteudnyttelsen i enkelte år dog give misvisende billede.

Danmark er et af de medlemslande i EU, der er mest aktive, hvad angår gennemførelse af internationale kvotebytter. Danmark gennemfører i størrelsesordenen op til ca. 150 kvotebytter om året, hvoraf mange af bytterne omfatter flere arter/bestande. Disse kvotebytter er i høj grad med til at optimere de danske fiskeres fiskerimuligheder, da bytterne typisk tilfører Danmark mængder af arter, hvor vi har en høj udnyttelse, så som makrel, sild, blåhvilling, mørksej, torsk i Nordøen.

Industrifiskeriet er baseret på udnyttelse af kortlivede arter med høj naturlig dødelighed og meget varierende udsving i rekrutteringen. Det resulterer i store bestandsudsving fra år til år og dermed også varierende kvoter. Samlet set er kvoteudnyttelse for industrifiskeriet ca. 90% med varierende udnyttelse for de enkelte arter.

Kvoteudnyttelse i konsumfiskeriet har ifølge Fiskeristyrelsens fiskeristatistik igennem de seneste 10 år ligget på over 80%. Som for industrifiskeriarterne varierer udnyttelse mellem arterne. For de pelagiske arter som sild, makrel og blåhvilling i gennemsnit over 90%, mens udnyttelse for de demersale (bundlevende) arter er noget mere varierende.

Der kan være flere mulige årsager til lav kvoteudnyttelse såsom:

- Naturlige udsving i fiskerimulighederne herunder ugunstige vind og vejrforhold i perioder, hvor de enkelte arter er tilgængelige, som lave fisketætheder som gør fiskeriet urentabelt.
- Flådekapacitet og økonomi herunder muligheder for at fange arter af større økonomisk værdi i samspil med driftsomkostninger kan føre til manglende udnyttelse af visse arter.
- Prisen på at leje fangstrettighederne til industrifisk eller konsumfisk kan være en årsag til at kvoterne sidst på året ikke er udnyttet
- Et uigennemskueligt marked for køb, salg og bytte af kvoter kan være en hindring for at kvoterne i højere grad udnyttes.
- Manglende vilje til at udleje kvoter til interesserede fiskere.
- Fiskemelsfabrikkernes begrænsede kapacitet ved spidsbelastning kan sammen med afregningsprisen være en hindring for bedre kvoteudnyttelse af industriarterne.
- Afregningsprisernes volatilitet og niveauet være en afgørende faktor, når fiskerne skal planlægge og prioritere deres fiskeri gennem året.
- Regulering af fiskeriet såsom krav til redskaber og redskabsvalg kan have indflydelse på fiskernes muligheder for at udnytte kvoterne.
- Bifangstkvoter som på sild kan være en begrænsende faktor for udnyttelsen af især brisling og sperling kvoterne.

Hvis kvoteudnyttelse skal optimeres, vil det kræve, at alle mulige årsager til hindringer undersøges. Det betyder, at fiskeriforvaltningen, det danske forvaltningssystem og alle led i kæden fra fiskere til forbrugere undersøges. Med den relativt høje kvoteudnyttelse er det ikke sandsynligt,

at en sådan undersøgelse vil resultere i store nye ressourcer, men en optimering kan tilstræbes. Samlet vurderes det, at der er en uudnyttet ressource på omkring 75.000 t industriarter og 50.000 t konsumerter.

3.5 Discard/ny anvendelse

Discard blev et stigende problem for det politiske system i 2010'erne, kulminerende med gennemførelsen af discardforbuddet fra 1. januar 2015 og endeligt gennemført 1. januar 2019, som en del af Den Fælles Fiskeripolitik (Rådets forordning 1380/2013, artikel 15). Reglerne for gennemførelsen gav anledning til en række problemer, der er søgt løst med efterfølgende beslutninger, der har givet undtagelser for grupper af fisk og ændret opfattelse af de enkelte arters mulighed for overlevelse ved genudsætning.

Det har vist sig i forbindelse med landingsforpligtelsen (discard forbuddet), at fisk der var kvotebelagt og under referencemålet (mindstemålet), ikke må anvendes til konsum, dvs. ikke kunne forarbejdes til fødevarer. Der kan være mange årsager til denne beslutning, hvoraf især frygten for, at der ville blive etableret et direkte fiskeri på små kvoterede fisk under referencemålet, var det mest fremtrædende. Der er en tradition for at anvende meget små fisk i primært Middelhavsområdet, hvor opfattelsen er, at disse giver mere velsmagende retter. Der bliver landet relativt store mængder af små udrensede fisk, der sælges indenfor 24 timer fra fangsttidspunktet. I de koldere nordligere dele af EU er dette ikke tilfældet.

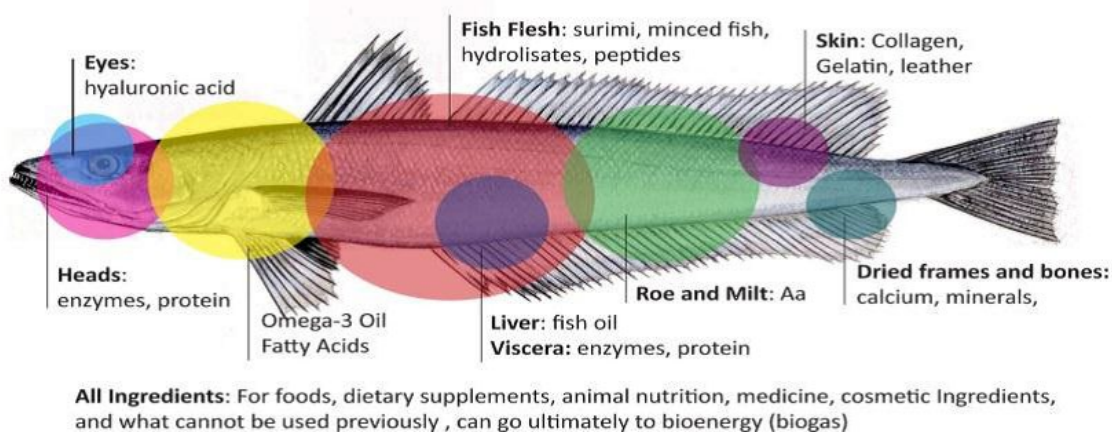
Der er mange undtagelser i forhold til landingsforpligtelsen. Det gør, at visse arter må discardes på trods af, de er kvoterede. Da det med de nuværende kontrolmuligheder ikke er muligt at kontrollere overholdelse af landingsforpligtelsen, bliver der stadig discarded betydelige mængder. Samlet blev der i de fiskerier, DTU Aqua monitorer gennem et observatørprogram, i 2019 estimeret et udsmid på 14.000 t. Det er primært fisk under mindste referencestørrelsen, fisk hvor kvoten er opbrugt og inden for gruppen af bruskfisk – hajer og rokker. Et eksempel kunne være rødspættefiskeriet i Norske Rende området, hvor der i perioder kan være op til 50% af den samlede fangst, der udgøres af tærber, der ikke må landes. Der landes i Danmark mindre end 1 kasse "discard" fisk per fangstrejse (mindre end 40 kg). Det samme resultat ses i andre EU-lande som Irland, Belgien, Estland, Finland, Tyskland og Letland (Waseabi undersøgelse 2020).

Et andet uafklaret spørgsmål er anvendelsen af discard-fraktionen til ensilage. Det er vist i mange tidligere forsøg, at råvaren, der skal ensileres, helst skal være så homogen/findelt som muligt, så derfor vil det være optimalt at anvende en maskine, der kan findele råvaren – normalt en såkaldt "hurtighakker". Når denne operation er udført, og råvaren er tilført syre, så vil det være umuligt at kvantificere råvaregrundlaget fordi:

- der kan snydes med råvaren, f.eks. kan der anvendes fisk, der skal afskrives på kvoten, men det er umuligt at se, hvad der kommer fra store eller små fisk.
- ensilering kan anvendes ved "high grading", hvor kun de dyre store fisk fra en kvoteret råvare tages fra til salg, medens resten enten discardes eller ender i fiskeensilagen.
- det er uklart, hvad der stammer fra rensningen af konsumfangsten (mave, tarme og andre indvolde).

Normalt vil kvantificeringen foregå ved en DNA-test, der kan påvise de enkelte arter, men ikke hvor stor mængden vil være. Der er gennemført forsøg med ensilering på danske fiskefartøjer, men alle er i dag indstillet på grund af manglende økonomisk afkast (DiscardLess projektet

2019). I forbindelse med arbejdet i DiscardLess projektet blev der udarbejdet et katalog over anvendelsesmuligheder for de enkelte arter, der ville blive omfattet af landingsforpligtelsen. Dette katalog gennemgår hvilke processer, der vil være nødvendige for at kunne udnytte disse råvarer, og hvilke priser for henholdsvis råvare og færdigvare, der kan opnås. Det er et inspirationskatalog, der peger på muligheder, men ikke forholder sig til råvare mængder (<http://www.discardless.eu/deliverables/entry/validation-of-final-solutions-for-best-use-of-unavoidable-unwanted-catches> DiscardLess 2019).



Figur 3.5.1. Potentiel anvendelse af forskellige dele af en fisk, der ellers ville blive discarded.

For at kunne vurdere, hvor lang tid det tager for at udvikle nye strategier og anvendelsesområder for discard fraktionen og anden ikke ønsket bifangst, blev Island brugt som eksempel. Island gennemførte i 1977 sit første forbud mod discard, og det kan konkluderes, at udviklingen først de seneste 10 til 15 år rigtig har taget fart. I dag udnyttes f.eks. op mod 80% af den torsk der fanges, hvor torsk i EU-farvand højst udnyttes med 40%. Den mest oplagte udnyttelse er anvendelse af torskeshovedet. Der kan skæres "kindkød"/kæbemusklen og tungemuskel – det skal helst være på fisk af en vis størrelse. Torskeshovederne kan også tørres, og der er et stort marked i Nigeria for dette produkt, der anvendes til supper. I dag betragter den islandske fiskeindustri al fanget fisk som en ressource, der bør kunne udnyttes. Dette vil ikke være en mulighed i dansk fiskeri, idet torsk og torskefisk sælges med hoved, da gællerne benyttes som kvalitetsindikator, primært i Mellem- og Sydeuropa. Hovedet udnyttes i mange tilberedninger og bør derfor medregnes i udnyttelsesgraden, hvilket ikke sker i dag.

Et andet godt islandsk eksempel er den årlige fangst af stenbider-hunner, hvor rognen udnyttes til det nordiske produkt, der kommercielt kaldes "kaviar" for ikke at forveksle det med stør-rogn, der hedder caviar. Traditionelt er det kun rognen, der udnyttes, og resten af fisken er blevet kastet overbord. Stenbider-hanner er normalt blot discarded. Men på baggrund af et nationalt islandsk forbud mod udsmid af stenbider fra 2010 og en målrettet indsats for at finde et marked for resten af fisken i Kina repræsenterer fisken i dag et mindst lige så værdifuldt produkt som rognen. Det kræver, at fisken er af høj kvalitet og at der er tilstrækkelige mængder, samt at den normale praksis ændres fra slagting ombord på fartøjerne til slagting i modtageindustrien. Dette kunne være et område, der kunne udnyttes i Danmark, men den danske fangst af stenbider-hunner er kun 10% af den samlede islandske fangst på mellem 4.000 til 6.000 t. Dermed vil en eventuel indtjening på at ilandbringe alt, blive "ædt op" af forøgede logistiske omkostninger.

Danske stenbiderfangster landes i mindre havne, hvor der ikke er direkte transport til de områder af landet, hvor de større fiskeindustrier og handelsvirksomheder er placeret (primært Nord- og Vestjylland).



Figur 3.5.2. Kinesisk ret med stenbider baseret på råvarer, der sandsynligvis ellers ville blive discarded (foto Matis, Island).

3.5.1 Forarbejdning og anvendelse

I projektet DiscardLess blev der foretaget en evaluering af anvendelsesmulighederne for discard fraktionen. Det skal bemærkes, at der er geografiske variationer inden for EU og tilgrænsende områder, bl.a. fordi forskellen mellem fiskeri i varme havområder og kolde havområder, giver sig udtryk i antal arter, der fanges. I Middelhavet kan der være 50 forskellige arter på en fangstrejse, medens der i Nordsøen sjældent er mere end 10 arter. Hvis fiskeriet er målrettet pelagiske fiskearter, er artrigdommen meget mindre. Det er sjældent, at der i f.eks. sildefiskeri optræder andre arter end nogle enkelte rovfisk.

Tabel 3.5.1. Muligheder for anvendelse af discard, der er gennemgået i projektet DiscardLess.

Første udvalgte produkter	5 udvalgte produkttyper
- Fish meal and oils	-
- Polyunsaturated fatty acids	-
- Surimi	-
- Protein concentrate	-
- Protein hydrolysate	-
- Collagen.	-
- Gelatin.	-
- Fat-soluble vitamins	- Fish meal and oil
- Calcium	- Protein concentrates
- Sterols	- Proteinhydrolysates, including peptones due to their similarity
- Insulin	- Silating
- Pearl essence	- Calcium
- Hyaluronic acid	
- Proteases and proteolytic enzymes	
- Protamine	
- Biomethanization	
- Fertilizers	
- Compost	

Der blev i første omgang udvalgt følgende produktioner, der kunne være interessante for forarbejdning af den landede discard-fraktion. Erfaringerne er indsamlet fra de medvirkende lande i

DiscardLess. Disse 18 forskellige muligheder fremgår af tabel 3.5.1. Dette antal er senere reduceret til i alt 5 produktioner, der antages at have en rimelig kommerciel mulighed.

Den første mulighed af de 5 udvalgte produkter, der er gennemgået, er anvendelse til fiskemel- og fiskeolie. Det er så absolut den mest udbredte anvendelsesform. Denne anvendelse har fået et meget stabilt og købevenligt marked i akvakultursektoren, der stadig efterspørger fiskemel- og olie selvom andelen i fiskefoderet er faldet drastisk fra 80% til under 20% af foderblandingen. For danske forhold er det den altdominerende anvendelsesmulighed. Der er en række forhold, der har indflydelse på anvendelsen af discard fraktionen til fiskemel/olie:

- Geografisk placering af landings havn.
- Forarbejdningsindustri placering i forhold til landings havn.
- Afstand til potentiel aftager som producerer foder/pet-foder/dyrefoder.
- Nødvendige logiske løsninger og opbevaringsmuligheder for landet discard fraktion.

I Danmark er fiskemel- og olieindustrien koncentreret i Vest- og Nordjylland. Derfor vil der ved landing på Bornholm i Østersøen være meget store transportomkostninger: 500 km på vej og betaling af en færgeoverfart samt betaling til Storebæltsbroen. Dette koster mere end råvaren kan indbringe, når der indregnes kasseleje og is. Det svarer til transportomkostningerne i Frankrig, hvor landinger langs Middelhavskysten skal transporteres til Boulogne sur Meer i det nordlige Frankrig, hvor forarbejdningsindustrien findes.

Afregningspris for råvare til fiskemel- og olie, samt råvare til fremstilling af foderingredienser er bestemt af verdensmarked prisen på de tilgængelige råvarer og her er peruvianske og chilenske produkter prisførende. Hvis der skal opnås en høj afregningspris, så skal råvaren være af en meget høj kvalitet.

Potentielle aftagere til foderindustrien er ligeledes koncentreret i Vest- og Nordjylland. Foder til fjerkræ, fisk og kæledyr er meget påvirkeligt overfor "dårlig" kvalitet af råvarer. Derfor købes der filetafskær fra primært Island, der er indfrosset straks efter forarbejdning. Fiskeafskeer fra de danske forarbejdningsindustrier anvendes som kølet råvare. Eller der bruges brisling fra dagsfiskeri, som er vel iset og derefter indfrosset straks efter landing. Med de lovgivningsmæssige krav der stilles til discard fraktionen vil denne råvare være af for dårlig kvalitet, da den ikke behøver at være iset eller rensat. Dermed nedsættes holdbarheden til en tredjedel af den normale konsumfangsts holdbarhed.

Med hensyn til logistiske løsninger og opbevaring, har de danske fiskeauktioner påtaget sig dette ansvar. En interview-runde med de største danske auktioner viste, at kun Hanstholm Fiskeauktion har indrettet et specielt rum til opbevaring af discard-fraktionen. Dette er sket med støtte fra EU-Kommissionen. Desværre er opbevaringsrummet aldrig rigtigt kommet i anvendelse, da de landede mængder har været alt for små.

Der blev i forbindelse med et møde med fiskeindustrien og de tilknyttede logistiske og forarbejdende industrier i Hanstholm området præsenteret en SWOT-analyse for ingrediensindustrien i Danmark. Denne analyse blev genstand for en samlet diskussion og deltagerne tilsluttede sig analysens resultat. (Værdi i landingsforpligtelsen, 2018).

Med en optimeret anvendelse og fuldstændig implementering af landingsforpligtelsen kan en biomasse på op til 20.000 t discard årligt forventes.

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Logistik: Der findes et fuldt udbygget system af lastbiltransport der dækker det meste af landet.</i> • <i>God kvalitet på råvaren: Det er muligt at levere en god kvalitet, da der er god adgang til kølerumsfaciliteter, is og fiskekasser/containere.</i> • <i>Etableret ingrediensindustri: Der findes både store og små virksomheder der fremstiller ingredienser til fødevarerindustrien etc.</i> • <i>Viden og kompetencer: Ingrediensindustrien støtter sig på solid viden indenfor kemi, fysik og fødevareteknologi, som findes på fx DTU Food, AU Food og TI.</i> 	<p>Svagheder</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Variierende og begrænset råvaretilgang: Der er tydelige sæsonsvinger i råvarelandingerne, hvilket giver problemer i en landbaseret produktion.</i> • <i>Kamp om råvaren: Der vil i perioder med begrænsede tilførsler være konkurrence om råvaren, der vil prissætte denne i forhold til udbud og efterspørgsel.</i> • <i>Knowhow og råvare ikke i samme virksomhed: Da ingrediensindustrien er præget af små virksomheder, findes der højt specialiserede viden, men ikke tilstrækkelig viden tværgående. Fiskemel- og olieindustrien har dog denne mere omfattende viden.</i>
<p>Muligheder</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Merværdi: Hvis der kan etableres en levedygtig ingrediensindustri, kan der ske en værdiforøgelse i alle led – fra fangst til produkt.</i> • <i>Et marked i vækst: Ingredienser, især baseret på naturlige råvarer vil blive efterspurgt. Samtidig er den samlede købekraft globalt set voksende</i> • <i>Sundhedstrends: Der er et stigende behov for sundere råvarer. Dette vil gavne ingrediensindustrien.</i> • <i>Fiskeolie og proteiner: Dette er ikke kun fiskeolie kapsler, men primært som fødekomponent til en lang række husdyr, der anvendes som fødevarer.</i> 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Kort levetid på produkter: Nye produkter har en relativ kort levetid. anbefalinger fra diverse ernæringseksperter kan flytte markedsandele på forbløffende kort tid.</i> • <i>Risikofyldt investering: Investering i ingrediensindustri er kapitalkrævende. Raffineringsprocesser kræver megen produktions udstyr, der stiller krav til forretningen af dette.</i> • <i>Flytning af fiskevirksomheder til lavkostlande: Outsourcing har især ramt den danske konsumfiskeindustri, og dermed er en del af råvaregrundlaget til ingrediensindustrien forsvundet ud af landet. i form af afskær etc.</i>

Figur 3.5.3. SWOT-analyse af den marine ingrediensindustri i Danmark-

4. Økosystemtjenester

Begrebet økosystemtjenester defineres i FN's økosystemvurdering - Millennium Ecosystem Assessment (MEA) fra 2005 som "de fordele (benefits) som mennesker får fra økosystemerne" (MEA 2005). Økosystemtjenester kategoriseres typisk i fire kategorier: 1) Støttende tjenester, der understøtter de øvrige tre kategorier og bl.a. omfatter næringsstofkredsløb, primær produktion og habitatdannelse; 2) Regulerende tjenester, der bl.a. omfatter kulstof binding og klimaregulering, prædation, rensning af vand og luft; 3) Forsyningstjenester, der omfatter produktion af bl.a. fødevarer, foder, energi og materialer; og 4) Kulturelle tjenester, der omfatter rekreative oplevelser, kulturelle, æstetiske og historiske aspekter, samt forskning og uddannelse. Senest er IPBES begyndt at benytte begrebet "Nature's contributions to people" (NCP) dækkende alle positive og negative bidrag til mennesker.

Økosystemtjenester i denne rapport forstås primært i relation til de forsyningstjenester, som er gældende for alle de ovenfor beskrevne former for blå biomasse. Nogle former for blå biomasseproduktion - som f.eks. opdræt af lavtrofiske arter – kan desuden betragtes som konstruerede økosystemtjenester, som bidrager til genoprettelse af miljøkvalitet og klimabalace (Duarte & Krause-Jensen, 2018) gennem binding og fjernelse af næringsstoffer og CO₂, og anses derfor som vigtige tiltag til at genoprette betingelserne for naturlige økosystemtjenester (Ravensbeck m.fl. 2013; Andersen m.fl., 2019; Termansen m.fl., 2015; Thomsen & Zhang, 2020). Helt specifikt er hypotesen, at et øget markedsoptag af biobaserede produkter fra de såkaldte konstruerede regulerende og vedligeholdende økosystemtjenester vil forøge de naturlige økosystemtjenester grundet forbedret vandkvalitet opnået ved menneskeskabt biokonvertering af overskydende næringsstoffer fra vandmiljøet ved dyrkning af lavtrofiske arter som muslinger og tang, henholdsvis fjernelse af CO₂ fra atmosfæren ved dyrkning af tang. Andre former for udnyttelse af blå biomasse – f.eks. høst af invasive arter eller masseforekomster af eutrofieringsbetingede arter o.lign. – vil levere en anden form for økosystem tjenesteydelser, i det de vil medvirke til at genetablere naturligt forekommende bestande af hjemmehørende arter og stoppe forandring/ødelæggelse af eksisterende habitater eller alternativt medvirke til deres genopretning (Bruhn m.fl. 2020b). Etablering eller genopretning af naturlige habitater gennem fjernelse af invasive arter – f.eks. fjernelse af stillehavsøsters fra badestrande – vil desuden øge rekreative værdier, ligesom andre tiltag, der fremmer lokal biodiversitet kan øge den sociale eller kulturelle værdi af lokale kystområder.

4.1 I relation til opnåelse af Vandramme-, Habitat- og Havstrategidirektivet

EU's vandrammedirektiv (VRD) fastsætter mål for miljøkvaliteten af grundvand, vandløb, søer og marine kystområder. De marine vandområder skal som minimum opnå god økologisk tilstand, hvilket fastsættes ud fra tilstanden af biologiske kvalitetselementer. EU's Havstrategidirektiv har det samme mål om god økologisk tilstand i det marine miljø, samtidig med, at en bæredygtig udnyttelse af havets ressourcer muliggøres. Virkemidler til at nå de fastsatte mål udgør grundstenene i de indsatsplaner, som skal sikre opnåelse af god økologisk tilstand. Indsatsplanerne i regi af VRD har primært været fokuseret på terrestriske virkemidler, men de senere år er der kommet et stadigt større fokus på marine virkemidler som redskaber til at modvirke og reducere eutrofiering i marine områder (Duarte & Krause-Jensen 2018; Bruhn m.fl. 2020a). De marine virkemidler er karakteriserede ved at være virkemidler, som er placeret i det marine miljø og

derfor virker i og på det marine miljø. Marine virkemidler kan defineres som konstruerede økosystemtjenester (Duarte & Krause-Jensen 2018). Dyrkning af muslinger og tang karakteriseres som virkemidler, der er operationelle, testede i relevant skala i danske farvande, og derfor klar til at implementere i de kommende vandplaner. Både dyrkning af tang og muslinger binder næringsstoffer (N og P) i den dyrkede biomasse, og nedsætter herved næringsstoffernes turn-over i det marine miljø. Samtidig fjernes næringsstofferne helt fra det marine miljø, når biomassen høstes og indgår i blå værdikæder. Næringsstoffjernelse ved fiskeri af arter som fisk, søstjerner og søsalat regnes ikke som marine virkemidler til fjernelse af næringsstoffer, da disse arter er en del af den eksisterende stående biomasse.

I forhold til EU's Habitatdirektiv (HD) skal de udpegede habitatområder opnå gunstig bevaringsstatus for såvel arter som habitattyper. For habitattyperne gælder, at der i bestemmelse af tilstand/bevaringsstatus - udover et element af fysisk udbredelse - er en vurdering af nøgleelementer i habitattypen. En del af disse nøgleelementer er af samme type som i VRD, da det vurderes, at det væsentligste problem for naturtilstanden i kystnære danske farvande er tilførslen af næringsstoffer. Dermed vil dyrkning af lavtrofiske arter kunne medvirke til at forbedre tilstandsvurderingen. Imidlertid påvirkes tilstanden også af andre faktorer som fiskeri og invasive arter. Ubalancer i de kystnære farvande f.eks. i form af store forekomster af invasive arter som sargassotang eller stillehavsøsters, men også i form af masseforekomster af hjemmehørende arter som f.eks. strandkrabber og søsalat, kan have en negativ indvirkning på vigtige nøgleelementer som ålegræs, fastsiddende makroalger eller hjemmehørende bunddyr som flad østers eller blåmusling. Dermed kan fiskeri/høst af sådanne arter fungere som habitatrestaurerende virkemiddel. Imidlertid kan ikke al fiskeri-udnyttelse af blå biomasse defineres som gavnlig for forbedring af naturtilstanden, da fiskeri med bundslæbende redskaber vil have en negativ påvirkning af havbunden og kan hindre udbredelsen af ålegræs. Der vil således være behov for en konsekvensanalyse af både positive og negative effekter af udnyttelse af blå biomasse, for at kunne afgøre om udnyttelsen vil være positiv for opnåelse af gunstig bevaringsstatus.

4.2 I relation til klimamål

Tang er autotrofe organismer, der ved fotosyntese optager og omdanner CO₂ fra atmosfæren til organisk materiale. Dyrket tang er derfor den vigtigste gruppe af blå biomasse, der opstrøms i værdikæden har effekter i relation til klimamål. Dyrkning af sukkertang bidrager med binding af 1,2 t CO₂ for hvert ton høstet tang (tørstof) (Duarte m.fl. 2017). Samtidig bidrager tangen under væksten til at reducere påvirkninger fra klimaforandringer på lokal skala, idet tangen under fotosyntesen øger pH og derved modvirker forsuring af havet.

For opdræt af muslinger eller andre muslingearter gælder, at som alle andre heterotrofer medfører respirationen en netto frigivelse af CO₂ som overstiger den lagring af CO₂, der sker i skaldele. Frigivelse af CO₂ fra marine heterotrofer kan imidlertid ikke betragtes som en "emission" eller ny produktion af CO₂, da det er en del af den naturlige omsætning af CO₂ i havmiljøet (Filguera m.fl. 2018). I relation til produktion af muslingearter i akvakultur med henblik på at tage hele dyret ud af vandet og anvende kødet til føde/foder og skallerne blive deponeret på land i f.eks. byggematerialer eller lignende stabile substrater, kan optagelsen af CO₂ i skaller betragtes som kulstofbinding (Filguera m.fl. 2018) om end af beskedent omfang sammenlignet med tangopdræt. På verdensplan er det dog estimeret, at det samlede kulstofoptag i muslingeskaller udgør 6,3 x 10⁵ t CO₂ pr år. I modsætning til tangopdræt vil muslingeopdræt - som følge af muslingernes respiration - ikke bidrage positivt til at reducere forsuring af havet.

Ved opsamling af al biologisk materiale, der ellers ville rådne som f.eks. søsalat eller sargassotang, kan man undgå emissioner af klimagasserne metan og lattergas, der frigives, når materialet nedbrydes i vandmiljøet som det er vist for søsalat (Bruhn m.fl. 2020b). Metan og lattergas har henholdsvis 25 og 298 gange stærkere drivhusgaseffekt end CO₂.

Produkter baseret på blå biomasse kan have lavere – eller ligefrem negative – kulstof klimaaftryk nedstøms, sammenlignet med de konventionelle produkter de potentielt erstatter. Eksempelvis erstatning af sojamel, der importeres, med et fodaftryk på 0,5-0,8 kg CO₂ ækvivalenter/kg importeret soja (Thomsen 2019). Nylige studier har vist en økonomisk rentabilitet, målt som netto nutidsværdien af et 15-årigt projekt på 336 mio. €. Anlægget har en behandlingskapacitet på 0,9 kt tørvægt sukkertang om året og en tilbagebetalingstid på 1,1 år. Den årlige indtjening på salg af produkter er på 63 mio. € ved fuld udnyttelse af biomassen (inklusive sidestrømme) med et dertilhørende fodaftryk på 4–11 kg CO₂ ækvivalenter/kg tørvægt sukkertang og virtuelt vandfodaftryk på 0,1–0,2 m³/kg tørvægt sukkertang forarbejdet på anlægget (Zhang & Thomsen 2021).

Det er i de seneste år dokumenteret, at tilsætning af visse tropiske tangarter i kvægfoder reducerer metanudledningen fra foderomsætningen i vommen med op til 98% (Kinley m.fl. 2020; Machado m.fl. 2014). I øjeblikket undersøges 20-30 nordiske tangarter for tilsvarende effekt i projektet ClimateFeed (Innovationsfonden 2019-2023). Målet er at producere et foderadditiv, som kan reducere klimagas-emissionen ved kvægproduktion med 30%. Dette vil bidrage betydeligt til et reduceret klimaaftryk af landbrugets kvægproduktion.

4.3 Som naturgenopretning

Dyrkning af lavtrofiske arter som muslinger og tang har positive effekter på de lokale marine økosystemer. For muslingers vedkommende bidrager produktion af muslinger til fjernelse af planteplankton i vandsøjlen, og derved øget klarhed af vandet (øget sigtddybde, se f.eks. Taylor m.fl. 2021). Mere lys til havbunden giver forbedrede vækstbetingelser for nøglearter og miljøindikatorer, som ålegræs og flerårige makroalger, som igen skaber positiv feedback i form af binding af næringsstoffer og øget biodiversitet. Dyrkning af muslinger og tang i vandsøjlen bidrager med habitat til marine organismer, og derigennem øget biodiversitet, i al fald midlertidigt mens afgrøderne hænger på opdrætsanlæggene. Tang optager uorganiske næringsstoffer fra havvandet i konkurrence med planteplankton, og kan herigennem også have en positiv effekt på vandets klarhed. Da tang lever ved fotosyntese, vil en tangproduktion bidrage med en netto iltproduktion i vandsøjlen, samt med en øgning i vandets pH værdi, som modvirker forsuring. På lokal skala kan dyrkning af lavtrofiske arter have negative miljøeffekter, bl.a. i form øget sedimentation af organisk materiale under muslinge anlæg, eller udskygning af bundvegetation. Velovervejede placering af anlæg vil reducere/eliminere risiko for negative effekter.

Fjernelse af masseforekomster af søsalat og sargassotang giver øget lys til havbunden og derved bedre vilkår for flerårige vegetation som ålegræs og hjemmehørende makroalger. Det reducerer samtidig det årlige input af organisk materiale til sedimentet og giver derigennem potentielt – på længere sigt - øget biodiversitet i den lokale bundfauna (Høgslund m.fl. 2019), hvilket også er en kvalitetsparameter i den marine miljøovervågning (Bruhn m.fl. 2020b). Fjernelse af invasive arter eller arter, der optræder ude af balance i masseforekomster, vil have en effekt på udvikling af habitater og dermed biodiversitet. Aktiv fjernelse af sådanne arter kan dermed blive en del af en aktiv marin naturpleje i lighed med aktiv naturpleje på land.

5. Forvaltningsmæssige rammer

5.1 Licenser til opdræt af lavtrofiske arter, herunder kompensationsopdræt

Tilladelser til opdræt af lavtrofiske arter skal søges under to forskellige instanser: Tilladelser til opdræt af dyr (f.eks. muslinger og østers) skal søges hos Fiskeristyrelsen, mens tilladelser til opdræt af tang skal søges hos Kystdirektoratet. Denne opdeling giver dobbeltarbejde for aktører, der ønsker at opdrætte både muslinger og tang i samme anlæg og derved udnytte fordele ved multitrofisk akvakultur, eller som har kunder til begge typer produkter.

Ansøgninger sendes i høring hos de relevante myndigheder (bl.a. Miljøstyrelsen, Naturstyrelsen, Slots- og Kulturstyrelsen, den pågældende kommune), samt de parter, den ansøgte aktivitet kan påvirke – herunder interesseorganisationer som Danmarks Naturfredningsforening og Danmarks Lystfiskerforening. Ved ansøgninger om anlæg af opdrætsanlæg for lavtrofiske arter lægger henholdsvis Fiskeristyrelsen og Kystdirektoratet vægt på, at de dyrkede arter er hjemmehørende og at anlægget ikke skygger for naturlig vegetation på havbunden – ålegræs eller naturlige tangskove. Tilladelser til kommercielt opdræt tildes typisk på åremål, hvorefter tilladelsen skal genansøges. Derudover skal der stilles en bankgaranti, hvis virksomheden ved f.eks. konkurs ikke er i stand til at rydde op efter anlægget. Hvis anlægget påtænkes anlagt i et Natura 2000 område eller i områder med forekomst af arter, der er beskyttede efter EU's naturforvaltningsdirektiver (Bilag IV arter), skal særlige hensyn tages for at minimere påvirkning af områdets dyr, planter og naturtyper. I den nye danske Havplan, der er sendt i 6 måneders offentlig høring d.30.3.2021, er lagt op til at licenser til opdræt af tang fortsat vil kunne søges i samtlige områder, mens opdræt af skaldyr er begrænset til særligt definerede områder (<https://havplan.dk/da/page/search>). Dette kan hindre sameksistens i nogle områder i fremtiden, som potentielt kan rumme flere aktiviteter samtidig, fx opdræt og vedvarende energi.

5.2 Fiskeri af andre arter i relation til miljø- og naturmål

Opsamling af masseforekomster af søsalat og sargassotang i lavvandede fjorde er pt. ikke reguleret, men kræver godkendelse hos den aktuelle kommune, der vurderer mulige effekter under hensyntagen til lokale fredninger, naturbeskyttelse og øvrige aktiviteter i området. Fiskeri af arter som strandkrabbe og søstjerner er ikke reguleret ud over de begrænsninger, der findes for brug af bundslæbende redskaber.

5.3 Discard-problemstillingen

Med implementeringen af ny fælles fiskeripolitik i EU i 2013 blev der indført en landingsforpligtelse, hvor hele den kvoterede fangst som udgangspunkt landes og modregnes den nationale kvote og i Danmark med individuelle rettigheder i det enkelte fartøjs kvote. Den del af fangsten af kvoterede arter, som er under mindste referencetørrelse (BMS), skal landes, men må ikke gøres til genstand for salg til konsum. I stedet kan denne andel sælges til f.eks. produktion af fiskemel og -olie. Det har dog siden den gradvise indførelse af landingsforpligtelsen ifølge den officielle landingsstatistik registreret landet ganske små mængder BMS (Below Minimum Size) landinger. For fangster i 2018 blev der kun rapporteret små BMS-landinger, typisk under 1% af den tidligere observerede discard. Data fra DTU Aqua's observatørprogrammer viser, at discard af fangster forsætter stort set som før landingspåbuddet blev indført, både for fisk under BMS

og for fisk større end BMS ("highgrading"). Ifølge ICES er situationen tilsvarende for de andre EU-lande omfattet af landingsforpligtelsen.

Undtagelser for landingspligten for specifikke arter i specifikke fiskerier kan opnås gennem de såkaldte discardplaner. En discardplan skal i henhold til den fælles fiskeripolitik grundforordning art. 15, stk. 5, indeholde følgende elementer:

- Specifikke bestemmelser for fiskeri eller arter, omfattet af udsמידsforbuddet.
- Specifikke undtagelser fra udsמידsforbuddet for så vidt angår arter, som ifølge videnskabelig dokumentation udviser en høj overlevelsesrate.
- Bestemmelser om særlige undtagelser ("de minimis").
- Bestemmelser om fangstdokumentation.
- Hvis det er relevant, fastsættelse af bevarelsesmæssige mindstereferencestørrelser.

Ovenstående betyder, at der er undtagelser for landing af alle fangster af kvoterede arter. Hvad angår fangster af ikke kvoterede arter, gælder en række andre forhold. Beskyttede arter skal genudsættes (discarded) umiddelbart efter fangsten er taget ombord. Andre uønskede fangster må discardedes.

5.4 Anvendelse af kystzonen

Kystzonen rummer mange værdifulde naturtyper samtidig med mange rekreative og økonomiske aktiviteter og interesser. Der kan i denne zone være marine beskyttede områder og habitater, som er sårbare, og hvor mængden af påvirkninger skal begrænses. Der vil ofte være rekreative aktiviteter såsom sejlads, dykning, badning, fiskeri, m.m., som er vigtige for de lokale beboere, sommerhusejere og andre gæster. I den forbindelse har det vist sig, at aktiviteter som f.eks. opdræt af muslinger kan påvirke et områdes visuelle udtryk i en grad, så lokale borgere vender sig mod opdrættet. Der kan desuden være vigtige områder for de økonomiske interesser, såsom turisme, erhvervsfiskeri, sejlruiter, havneindløb, men også arealer med ankerforbud, søkabler, rørledninger, råstofindvinding og områder brugt til militærøvelser. De mange aktiviteter og interesser betyder, at der ofte kan være begrænset med plads på havet og, at der kan opstå diverse konflikter både mellem forskellige aktiviteter og interesser og i forhold til miljøet. Hvis der skal ske en forøgelse af blå biomasse, vil det kræve en detaljeret marin rumlig planlægning, hvor der tages hensyn til miljøforhold, anden brug af og andre interesser i området samt mulige påvirkninger af og sameksistens med en ny aktivitet (f.eks. muslinge- eller tangopdræt, nye typer af fiskeri og redskaber, m.m.) (von Thenen m.fl. 2020). Marin rumlig planlægning har som mål at maksimere sameksistensen imellem forskellige slags havbrug, men også at minimere de mulige konflikter imellem flere menneskelige aktiviteter/interesser og miljøet (Ehler & Douvere, 2009). Derfor er det vigtigt med interessentinddragelse i planlægningsprocessen for at finde en løsning, der også tilgodeser de lokale interesser, både økonomisk og velværemæssigt, og som sikrer lokal opbakning til den blå vækst (Gegg & Wells, 2019; Thomas m.fl. 2018).

Søfartsstyrelsen har udarbejdet en national Havplan som er sendt i offentlig høring i marts 2021. Havplanen, som skal gælde frem til 2030, skal udgøre grundlaget for koordineringen af de mange anvendelser af Danmarks havområde på en måde, der kan understøtte betingelserne for bæredygtig beskyttelse og udnyttelse af havarealerne og vækst i de maritime erhverv i Danmark. Lov om maritim fysisk planlægning (havplanloven) gennemfører Europa-Parlamentets og Rådets direktiv om rammerne for maritim fysisk planlægning, EU-direktiv 2014/89. Havplanen har fokus på sameksistens mellem forskellige typer af aktiviteter, og skal fremme en bæredygtig

udvikling af både erhvervs-, samfunds- (turisme og friluftsliv) og miljømæssige forhold Riemann m.fl. 2019).

5.5 Fødevarer, økologi og novel food

Idet blå biomasse dækker over meget forskellige typer af biomasser, er lovgivning omkring fødevarer tilsvarende divers. Generelt skal alle typer biomasse, der skal anvendes til fødevarer eller foder, leve op til EU's standarder for fødevarer, foder eller kosttilskud, der bl.a. fastsætter grænseværdier for tungmetaller og indhold af miljøfremmede stoffer (EU 2013; EU 2008; EU 2002). For produktion af skaldyr gælder derudover, at der føres mikrobiologisk kontrol via Fødevarestyrelsens muslingeovervågning, der fører løbende kontrol med forekomster af giftige alger og patogene mikroorganismer.

For at et produkt kan blive godkendt som fødevarer, skal alle led i produktionskæden være registrerede som fødevarer og håndtere produkterne i overensstemmelse med fødevarerereglerne. På samme vis gælder det, at for at et produkt kan blive til foder, skal involverede virksomheder være registreret som fodervirksomhed og håndtere produkterne i overensstemmelse med foderreglerne. I visse tilfælde kan et produkt, som er produceret af en fødevarer virksomhed, anvendes som foder. Når det drejer sig om animalske produkter, f.eks. fisk, muslinger og søstjerner, er alle produkter, som ikke er klassificeret som fødevarer, automatisk klassificeret som animalske biprodukter. Animalske biprodukter kan ikke omdannes til eller senere klassificeres som fødevarer. Visse animalske biprodukter kan omdannes til eller klassificeres som foder, f.eks. muslinger. Opdrættede muslinger, tang og krebsdyr samt søstjerner kan med den nuværende lovgivning umiddelbart anvendes til både human konsum og foder, hvis opdrættet i øvrigt foregår efter de gældende regler for fødevarer- og foderproduktionen. Der er imidlertid i reguleringen ikke taget hensyn til opdræt med andre formål end human konsum, der potentielt kan have betydning for krav til produktionsområde, prøvetagning for produktets kvalitet eller andre forhold af betydning for produktionen.

Økologimærkning af blå biomasse produkter kan i overvejende grad øge salgsprisen og der er en stigende efterspørgsel på økologiske produkter i både ind- og udland (Pedersen m.fl. 2013). I Danmark foregår en stor del af produktionen af linemuslinger økologisk, ligesom økologisk produktion af sukkertang er etableret hos kommercielle producenter. Forarbejdning af søstjerner fra Limfjorden er ligeledes godkendt til økologisk foderproduktion. Både produktion og forarbejdning af blå biomasse til økologiske fødevarer eller foder skal ske under økologisk kontrol under økologiloven (LBK nr. 39 af 15/01/2020), EU Kommissionens forordninger (EF) Nr. 889/2008 af 5. september 2008 om gennemførelsesbestemmelser til Rådets forordning (EF) nr. 834/2007 om økologisk produktion og mærkning af økologiske produkter, for så vidt angår økologisk produktion, mærkning og kontrol; RÅDETS FORORDNING (EF) Nr. 834/2007 af 28. juni 2007 om økologisk produktion og mærkning af økologiske produkter og om ophævelse af forordning (EØF) nr. 2092/91 Bekendtgørelse nr. 48 af 21. januar 2020 om økologiske fødevarer og økologisk akvakultur m.v. Mere viden kan findes i Faglig rapport fra Dansk Akvakultur: Projekt: "Videreudvikling af dansk økologisk akvakultur" (ØKØ-AKVA-1) og i Fødevarestyrelsen: Vejledning om økologiske fødevarer.

For udnyttelse af blå biomasse til nye produkter inden for fødevarer og fødevarer ingredienser kan EU's forordning om 'novel food' i nogle tilfælde være en udfordring (Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) 2015/2283 af 25. november 2015 om nye fødevarer, om ændring af

Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) nr. 1169/2011 og om ophævelse af Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 258/97 og Kommissionens forordning (EF) nr. 1852/2001). 'Novel food' er en betegnelse for "nye" fødevarer og fødevareingredienser, som ikke er blevet anvendt til konsum i nævneværdigt omfang i EU før den 15. maj 1997, hvor den første forordning om novel food trådte i kraft. Hvis et nyt produkt skal godkendes, skal det enten dokumenteres, at det ikke er en 'novel food', og altså har været anvendt til konsum før 1997, eller det skal godkendes som en novel food til fødevarebrug, hvilket omfatter en udredning af fødevarerens sikkerhed. Begge dele kan betyde en lang og krævende proces for at få godkendt produktet. Fødevarestyrelsen har udarbejdet en vejledning for novel food (https://www.foedevarestyrelsen.dk/SiteCollectionDocuments/Kemi%20og%20foedevarekvalitet/Vejledninger/Vejledning_om_novel_food_2021.pdf).

6. Udvikling af blå biomasse

Udvikling af blå biomasse produktion i danske farvande kræver flere typer af indsatser. Der skal dels være den nødvendige viden og kunnen til rådighed for at udvikle Best Available Technologies til at producere og forarbejde blå biomasse. Samtidig er det væsentligt, at opskalering af produktionen understøttes af viden om effekter på miljø og klima således, at man opnår den nødvendige regenerative produktionsform, der samtidig med at levere blå biomasse, overordnet forbedrer havmiljø og modvirker klimaforandringer. Begge områder kræver en forsknings- og udviklingsindsats. Derudover vil det være nødvendigt forvaltningsmæssigt at sikre muligheder for, at der er produktionsarealer, produktionsmuligheder og afsætningsmuligheder i forhold til anvendelse af den blå biomasse som fødevarer, foderingredienser eller til novel foods og kosttilskud. Disse emner er delvist behandlet ovenfor. Derudover er der et behov for investeringer i sektoren, der er præget af mikro-, små og mellemstore virksomheder med en begrænset kapacitet til større investeringer i nye områder. Denne rapport vil ikke omhandle mulighederne for at stimulere investeringer i produktionen, da dette vil kræve en selvstændig analyse.

I tabel 6.1 er der givet en samlet oversigt over teknologi-niveau (Technological Readiness Level (TRL, https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2019-03/technology_readiness_levels_-_trl.pdf) i både produktion og forarbejdning, anvendelser, og økosystem services for udvalgte blå biomasser i Danmark baseret på afsnit 2-3 ovenfor. Det er ikke alle biomasse typer, der er med i tabel 6.1 da det for flere f.eks. er markedet mere end det er teknologi, der er udfordringen for udnyttelse.

Tabel 6.1. Oversigt over teknologi-niveau (Technological Readiness Level, TRL) i både produktion og forarbejdning, anvendelser, og økosystemtjenester for udvalgte blå biomasser i Danmark. Økosystemtjenester (på engelsk EcoSystem Services) inkluderer her kun regulerende og støttende økosystemtjenester, ikke forsynings- og kulturelle tjenester. LTA står for Lav Trofisk Akvakultur.

Biomasse	Produktionsform	TRL produktion	TRL forarbejdning	Anvendelse(r)	Barrierer produktion	Sekundære barrierer	Økosystemtjenester
Blåmuslinger	LTA	9 7 (undersænkning af rør) 6 (off-shore)	9 (fødevarer) 7 (foder) 6 (olier)	Fødevarer Foder Kosttilskud (olie) Byggematerialer mm (skaller)	NP-virkemiddel accept Prædation Social accept/lokale effekter Havplanen	Kost-effektiv adskillelse af kød og skaller	Fjernelse af næringsstoffer Øger vandets klarhed Øget biodiversitet omkring strukturer
Andre skaldyr Østers Hjertemuslinger	LTA	6-7 5-6	9 9	Fødevarer	Stabil yngelforsyning Yngelforsyning, grow-out	Etablerede virksomheder med fokus på arten	Som for blåmuslinger
Tang Sukkertang Søsalat Søl	LTA	6-9 5-6 (kunstigt lys) 6-7	7-9 5 9	Fødevarer, føde- vareingrediens Foder, foder- tilsætning	NP virkemiddel accept Klækkerifaciliteter Social accept/lokale effekter Dyrkningsteknologier (rødalger, grønalger)	Kost-effektiv lagerstabilisering (tørring/ensilering/konservering)	Fjernelse af næringsstoffer Optager CO ₂ Modvirker forsuring
Andre arter Strandkrabber Søsalat Invasive arter Ikke kvoterede fiskearter	Fiskeri	7-9 8 7-9 7-9	6-7 7 6-8 8-9	Foder (protein og olie) Kosttilskud Plantestimulanter Fødevareprotein Energi	Fiskerimetoder/høstteknologi (maskestørrelse) Bestandsstørrelser Negativ miljøpåvirkning	Forarbejdningsteknologi Opbevaring i lokale havne Logistik Produktudvikling	Reducerer forekomster af uønskede arter Reducerer input af organisk materiale til sedimentet Øger rekreativ værdi Øger biodiversitet
Mikroalger	Opdræt	5-9	9 (fødevarer) 7 (foder)	Fødevarer Foder Højværdistoffer	Høstteknologi Genanvendelse af procesvand Dyrkningssystem der kan genbruges	Driftsøkonomien er stadig usikker Omkostnings-effektiv afvanding og tørring	Optag af næringsstoffer CO ₂ optag (CCU)

6.1 F&U behov

Indenfor lavtrofisk akvakultur (LTA) er der et meget betydeligt F&U-behov i relation til primærproduktionen. For alle arter, hvor dele af produktionen foregår i klækkerier er der behov for udvikling af stabile, omkostningseffektive og sikre metoder til produktion af udsåningsmateriale, som sporeliner til tangproduktion, østersyngel mm. Dette er en meget væsentlig flaskehals for udvikling af sektoren. Derudover er der ligeledes i primærproduktionen et behov for effektive grow-out metoder, der ligeledes er omkostningseffektive i relation til især arbejdsindsats. For LTA-produkter, der ikke skal anvendes som fødevarer, er der et stort behov for udvikling af nye metoder til forarbejdning, mens der ved anvendelse af biomassen til foderingredienser, som kosttilskud eller til bioraffinering er et behov for udvikling af omkostningseffektive forarbejdningsmetoder.

Inden for udnyttelse af nye arter enten gennem fiskeri eller anden form for indsamling/høst af biomasse er der et behov for udvikling af metoder til indsamling f.eks. udvikling af skånsomme, selektive redskaber for nogle (fiske)arter eller modifikation af eksisterende redskaber, så de bliver mere effektive eller lettere at håndtere. Der ligger et stort behov for udvikling af håndterings- og forarbejdningsmetoder. I første instans er der stort behov for metoder til umiddelbar håndtering af fangst/høst/indsamling af biomassen, der kan gøre det muligt at håndtere biomassen så lokalt som muligt i så stort omfang som muligt for dermed at reducere omkostninger til transport, som gør produkterne dyrere og mindre CO₂-venlige. Dernæst er det et stort behov for udvikling af anvendelse og dermed forarbejdningsmetoder.

Der er endvidere behov for yderligere forskning, som kan dokumentere og kvantificere de positive og potentielt negative effekter af vandmiljøforbedrende virkemidler, såvel som habitatrestaurende instrumenter, der kan bidrage til at revitalisere hele den danske akvakultur og fiskerisektor. Ligeledes er analyser af behovet for subsidier langs værdikæder på tværs af sektorer (landbrug og vandbrug) nødvendig for opnåelse af en fremtidig klimaneutral økosystembevarende cirkulær bioøkonomi i Danmark.

6.2 Incitamentsstrukturer

Økonomiske incitamentsstrukturer, som henholdsvis understøtter regenerative dyrkningsformer på havet (Bruhn m.fl. 2020a; 2020b), eller bidrager til Danmarks klima reduktionsmål henholdsvis Paris aftalen ved at virke på hele værdikæder på tværs af sektorer, er vigtige aspekter som ikke er inkluderet i de reguleringsmæssige instrumenter, vi gør brug af i dag. Der mangler incitamentter for virksomheder til at indgå i lokale cirkulære bioøkonomiske partnerskaber som 1) bidrager til at forbedre lokale økosystemers miljøtilstand og 2) specifikt bidrager til landbrugets mål om at nedsætte effekten af tabet af næringsstoffer fra det dyrkede areal og blive en klimaneutral sektor. Symbioser imellem akvakultur, fiskeri og landbrug er oplagt, og en nødvendighed for en dansk regenerativ fødevarer sektor såvel som en regenerativ cirkulær bioøkonomi generelt.

Dyrkning og høst af biomasser hører til de såkaldte emissionsfangst- og konverteringsteknologier (Carbon eller Emission Capture and Utilisation, CCU eller ECU), som netop kendetegnes ved at bidrage til regenerering af økosystemers sundhedstilstand ved deres produktion og høst. Den høstede biomasse er input til produktionen af biobaserede højværdistoffer samt proteiner fra klimavenlige og miljøgenoprettende symbioser. Brug af tang som foder supplement er et eksempel, som udløser en reduktion i emissioner fra kvægproduktionen, og et andet eksempel er substitution af import af emissionsintensivt sojaprotein med muslinge- eller søstjernemel.

Opstrøms den blå bioøkonomi vil det især være vigtigt at implementere økonomiske incitamenter for virksomheder i at indgå økoindustrielle produktionssystemer, som tilsammen bidrager til vandrammedirektivets reduktionsmål. Andre virkemidler kan implementeres på enkelt aktør niveau, f.eks. ved at indføre betaling for habitatrestaurerende effekter for at styrke en økonomisk trængt fiskerisektor (betaling for de vandmiljøforbedringer som opnås ved høst af søsalat vil f.eks. kunne udgøre en merindtjening for dansk kystfiskeri).

Incitamenter for innovative teknologier og systemløsninger, som lukker det biologiske næringsstofkredsløb, er altafgørende for opnåelse af klimaneutrale produktionssystemer samt genopretning af vand og jordsystemers sundhedstilstand. Reguleringsmæssige instrumenter som understøtter en sådan regenerativ cirkulær bioøkonomi, er stort set ikke eksisterende.

Hvad angår den blå bioøkonomi, mangler virksomhederne incitamenter til at bidrage til opsamling af overskydende næringsstoffer i vores vandmiljø ved implementering marine virkemidler i form af ekstraktionskulturer. Her foregår biomassedyrkningen på konstruerede habitatstrukturer eller vækstmedier (liner/net/bure) og fører til fjernelse af overskydende næringsstoffer fra vandmiljøet igennem høst. Dermed bidrager de til forbedrede forhold for de naturlige økosystemer f.eks. forbedrede lysforhold for ålegræs (Thomsen & Zhang 2020; Bruhn m.fl. 2020a; Holbach m.fl. 2020; Taylor m.fl. 2021).

Forskning viser, at kaskadeudnyttelse af biomasserne bidrager til en mere miljø- og klimavenlig brug af ressourcer. Nyere undersøgelse viser potentiale for at opnå rentabilitet ved investering i fuldskala bioraffineringsanlæg i Danmark (Zhang & Thomsen 2021), men kapaciteten i primærproduktionen herunder dyrkningstilladelse udgør stadig en barriere. Dansk produktion af blå biomasse, i form af sukkertang, er derudover i hård konkurrence med importeret blå biomasse, idet sukkertang produceret i Norge eller på Færøerne i øjeblikket kan leveres stabilt og til en lavere markedspris end dansk produceret sukkertang. Derfor udgør fraværet af emissionsopsamlings- og emissionsreduktionskreditter en barriere for at booste dansk blå bioøkonomi og dets symbioser til andre grønne sektorer i Danmarks fremtidige mål om en klimaneutral økonomi.

7. Sammenfatning, perspektivering og vision

7.1 Sammenfatning

Udnyttelse af blå biomasse er, som demonstreret ovenfor, ikke begrænset af det naturgivne produktionsgrundlag. Danske farvande er således særdeles velegnede til lavtrofisk akvakultur, der er en meget stor uudnyttet artsrigdom i danske farvande; der er stadig lokale fiskermiljøer, der kan udnytte kystnære ressourcer, og der er en forarbejdningsindustri og danske salgsvirksomheder, der potentielt kan omsætte biomassen. Der er således en række helt basale og helt centrale styrkepositioner at bygge på. "Tingenes tilstand" i sektoren kan dog i sig selv være en svaghed: a) Der er en svag tradition for seafood produkter i de danske husholdninger. Danskerne indtager således ca. 40 gange så mange kødprodukter som seafood-produkter (EU-FOMA) og artsrigdommen på de danske køkkenborde er lav. Dermed er der et hjemmemarked, som det vil tage tid at tilvænne, og åbne for nye produkter; b) Forarbejdningsindustrien er i høj grad gearret til store mængder, som det f.eks. gælder fiskemel. Der er således ikke mange virksomheder, der kan håndtere små biomasser af produkter med særlige forarbejdningskrav på en måde, så produktet bliver lønsomt. Der mangler basalt set erfaring med forarbejdning af nye marine produkter. Dermed bliver råvaren som udgangspunkt værdisat lavere end dens produkt-kvalitet; c) Der er ingen national tværpolitisk strategi for udvikling af blå biomasse. Dermed er der ingen samlet koordinering af alt fra den nødvendige forskning og udvikling til reservation af produktionsområder i havplanerne over indsatser for at øge seafood forbruget i danske husholdninger til implementering og værdisætning af de vigtige økosystemtjenester, som bl.a. lavtrofisk akvakultur kan levere i form af forbedret havmiljø og modvirkning af klimaændringer; d) Blå biomasse indgår forvaltningsmæssigt i flere styrelser og ministerier: Fiskeristyrelsen for fiskeri og tilladelser til skaldyropdræt, Kystdirektoratet for tilladelser til tangopdræt, Søfartsstyrelsen for Havplanen, der sætter grænser for hvor aktiviteter kan foregå, Fødevarestyrelsen der skal godkende nye produkter og Miljøstyrelsen der ville skulle godkende udnyttelse af blå biomasse i nogle områder og evt. implementere lavtrofisk akvakultur som marint virkemiddel. De enkelte styrelsers forvaltning indenfor egen ressort kan komme til at spænde ben for en samlet udvikling. Eksempelvis vil en kraftig udvidelse af muslingeopdræt som et marint virkemiddel eller på længere sigt som aktivitet i vindmølleparker til havs som en del af henholdsvis en miljøindsats eller produktion af marint protein blive begrænset af begrænsninger i arealer udlagt til muslingeproduktionen i Havplanen.

Der findes eksempler på, at ny produktion af blå biomasse kan etableres uden om de rene markeds mekanismer. Et eksempel er udviklingen af opdræt af blåmuslinger. På baggrund af et politisk ønske om på den ene side at fastholde muslingeproduktion i Limfjorden og på den anden side at omlægge til mere skånsomme produktionsmetoder end fiskeri, blev der fra politisk hold investeret i udvikling af opdræt af muslinger. Dette skete gennem satsning på forskning og udvikling i metoder tilpasset danske forhold, samt forvaltningsmæssig understøttelse gennem et let tilgængeligt system for opnåelse af tilladelser til opdræt, og et konstant fokus i forvaltningen på området gennem Muslingeudvalget. Resultatet er en i dag veletableret branche, der stadig vokser, men som dog stadig er langt fra at indfri sit fulde potentiale. De næste skridt vil kræve yderligere indsatser både i relation til F&U og fra den offentlige forvaltning. Et andet eksempel er udviklingen af et søstjernefiskeri. Søstjerner forekommer i meget store mængder i Limfjorden, men har i årtier ikke været udnyttet. Da de store mængder søstjerner var en udfordring for

muslingeproduktion på fjordbunden var der et ønske om at finde metoder til begrænsning af deres forekomst gennem udnyttelse af bestanden. En målrettet F&U indsats kombineret med en stor forvaltningsmæssig indsats for at gøre søstjerner til et godkendt produkt som foderingrediens har resulteret i, at der er etableret et søstjernefiskeri i Limfjorden. Søstjernefiskeriet leverer råvarer til en nyetableret virksomhed som producerer søstjernemel til husdyrproduktion og har med et produktionsapparat skaleret til de relevante fangstmængder. F&U indsatsen dokumenterede endvidere produktionsgrundlaget og fiskeriets miljøaftryk. Disse eksempler viser, at det, der i dag er udfordringer, kan overkommes gennem en målrettet satsning.

Både lavtrofisk akvakultur og udnyttelse af kystnære biomasser tilbyder muligheder for en biomasseproduktion med et lavere drivhusgas og miljømæssigt fodaftryk end de traditionelle seafood produktionssystemer og de terrestriske produktionssystemer til fødevarer. Den blå biomasse har derfor mulighed for at være et væsentligt bidrag til reduktion af fødevarerproduktions klimapåvirkning og miljøbelastning. Dele af produktionen af ny blå biomasse, som f.eks. udnyttelse af invasive arter eller opdræt af skaldyr og tang, leverer væsentlige økosystemtjenesteydelser i tilgift til en biomasseproduktion, og kan således være en del af de naturbaserede løsninger til både forbedring af miljøtilstanden i danske farvande, og reduktion af CO₂ aftrykket af den danske fødevarerproduktion.

Udvikling af f.eks. lavtrofisk akvakultur af muslinger og sukkertang som et marint virkemiddel eller udnyttelse af en tidligere uudnyttet art som søstjerner har bragt Danmark langt frem på den internationale scene for udvikling af nye produktioner af blå biomasse. Der er derfor også muligheder for at gøre Danmark til en F&U front-runner på europæisk niveau, hvilket på kortere sigt vil kunne tiltrække EU-finansiering og dermed potentielt understøtte og styrke de spirende produktioner, og på længere sigt vil kunne muliggøre en global teknologiekспорт. Udvikling af ordninger, hvor der betales for økosystemtjenesteydelser til primærproducenterne og udvikles standardiserede carbon eller nutrient credits, vil ligeledes give Danmark nogle muligheder for at positionere sig på europæisk niveau. Der er i dag betalingsystemer i brug i mindre skala i USA, men ellers er både carbon og nutrient credits et uudviklet område med store muligheder for systemeksport på længere sigt.

Samlet har udvikling af blå biomasse produktion i danske farvande nogle store potentialer og muligheder. Belært af tidligere erfaringer med udvikling af ny produktion er det imidlertid meget sandsynligt, at indfrielse af potentialerne vil fordrø en prioritering, investering og koordinering på nationalt plan. En sådan national indsats vil kræve handling på flere planer:

- Prioritering af F&U-midler til udvikling af blå biomasse.
- Styrkelse af investeringsvilje hos f.eks. institutionelle investorer.
- Støtte til investeringer i den eksisterende forarbejdningsindustri.
- Understøttelse af primærproducenter gennem investeringsstøtte.
- Uddannelse i produktionsteknologier, da flere af produktionsformerne er nye.
- Integrering af blå biomasse produktion i den rumlige forvaltning af havområdet.
- Udarbejdelse af forvaltningsmodeller for betaling eller anden form for standardiseret og akkrediteret belønning af økosystemtjenester.
- Understøttelse af godkendelse af nye fødevarer, foderingredienser og fødetilskud/novel foods.
- Integrering af udnyttelse af blå biomasse i den maritime planlægning herunder Havplanen således, at indfrielse af produktionspotentialer ikke begrænses.

Sker der ikke en form for national tværpolitisk prioritering, der indeholder alle eller de fleste af ovenstående elementer, er truslen at udnyttelsen af den blå biomasse enten langt fra bliver indfriet eller endda vil blive reduceret i omfang, fordi en manglende understøttelse gennem f.eks. udlægning af produktionsområder eller manglende udvikling af produktionsmetoder vil bremse udviklingen eller stoppe den.

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Næringsrige farvande med høj hygiejnisk standard. • Lang kyststrækning med mange områder beskyttede mod eksponering for bølger og strøm og stort havareal. • Mange små havne og dermed kort afstand fra produktionsområde til landingspladser. • Stadig aktive kystfiskermiljøer og aktiv udnyttelse af kystzonen. • Mange potentielt attraktive typer blå biomasse. • Adaptiv forvaltning med hurtig sagsbehandling og lempelige vilkår for tilladelser. • Stærkt F&U miljø funderet i samarbejde mellem forskning, erhverv og myndigheder og med stærk national og international position, og netværk. • Essentiel forskningsinfrastruktur tilgængeligt for forsknings/erhvervssamarbejde f.eks. nyt klækkeri på Mors, dyrkningsfaciliteter til muslinger og tang i stor skala i flere typer vandområder. 	<p>Svagheder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mangel på tværpolitisk strategi, der kan fremme produktion og udnyttelse af blå biomasse som ressource til fødevarer og foder, og som middel til at opnå bedre vandmiljø og reduceret CO₂ aftryk. • Udvidelse af marikultur (fisk) er ikke en mulighed på grund af eutrofiering. • Mangel på kommercielle drivere med mulighed/vilje til investering. • Dominans af små virksomheder med få ansatte og lille produktionsvolumen. • Manglende national efterspørgsel på seafood. • Manglende/svag/utidssvarende lovgivning omkring udnyttelse af ikke-hjemmehørende arter. • Down-stream processer på generelt lavere TRL-niveau end primær produktion. • Manglende investering i og langsigtet strategi for F&U på området. • Ingen betaling for økosystemtjenesteydelser. • Højt omkostningsniveau sammenlignet med andre seafood-producerende lande. • Værdikæder/afsætningskæder for visse blå biomasser er ikke på plads. • Manglende viden/know-how i virksomheder, og mangel på relevante uddannelsesmuligheder
<p>Muligheder</p>	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Begrænset plads i kystzonen.

<ul style="list-style-type: none"> • Øget udnyttelse og produktion af blå biomasse understøtter internationale nøglestrategier for reduceret klima og miljøpåvirkning, sundere og mere bæredygtige fødevarer og cirkulær ressourceforvaltning. • Mulighed for international front-runner position indenfor LTA med international teknologi-eksportpotentiale. • Bidrage til at dække nationalt behov for bæredygtigt producerede fødevarer med lavt CO₂ aftryk og miljøpåvirkning. • Udnyttelse af den blå biomasse kan medvirke til forbedring af miljøtilstanden i det marine miljø, herunder målopfyldelse af EU's Vandrammedirektiv. • Øget produktion og udnyttelse af blå biomasser kan bidrage til reduceret nationalt CO₂ aftryk i relation til 2030-målet om 70% reduktion af CO₂ udledning. • Øget efterspørgsel efter bæredygtige fødevarer og foder. • Nye krav om forbedret terrestrisk biodiversitet vil øge behovet for marine fødevarer/biomasse. • Arealeffektive produktionsformer. • Udvikling af teknologi, herunder udnyttelse af sidestrømme, der som i fiskeakvakultur kan skabe selvstændig eksport. • Arbejdspladser uden for de store byer. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manglende politisk vilje til langsigtet satsning og planlægning. • Manglende social accept af produktionsformer. • Negativ miljøpåvirkning af produktionsformer, f.eks. fiskeri med bundslæbende redskaber. • Konkurrence fra udlandet. • Begrænsninger af udnyttelse af specifikke arter på grund af EU's novel food lovgivning. • Havplanens begrænsning af arealer, der kan bruges til f.eks. muslingeopdræt. • Manglende koordinering mellem forskellige myndigheder med forskelligt ansvarsområde indenfor blå biomasse, f.eks. i relation til brug af marine virkemidler.
--	---

Figur 7.1.1. SWOT af blå biomasse udnyttelse i Danmark.

7.2 Perspektiv og vision

Danmark har et stort potentiale for at lade blå biomasse dække en større del af behovet for sunde fødevarer, substituere importerede produkter med højere CO₂ aftryk og lavere grad af bæredygtighed, understøtte den cirkulære bioøkonomi – og samtidig bidrage til et forbedret havmiljø og klima gennem regenerative produktionsformer for skaldyr og tang. Kort sagt – udvikling af den blå bioøkonomi i Danmark understøtter den grønne omstilling, som der politisk efterspørges i både en dansk og Europæisk kontekst fx gennem en ny strategi for en bæredygtig blå økonomi i EU (EU 2021).

Såfremt det politisk og administrativt besluttes at implementere produktion af muslinger og tang som marine virkemidler, anbefales det – for at optimere produktionsmetoder og økosystemtjenester, samt reducere/undgå utilsigtede negative miljøpåvirkninger - at: 1) Opdræt af muslinger afprøves som en del af vandområdeplanlægningen i fuld forvaltningsskala i flere udvalgte vandområder – f.eks. i Limfjorden og Mariager Fjord, og 2) der gennemføres forsøg i 1-2 vandområder til demonstration opdræt af tang som virkemiddel med stabil produktion i fuld skala og signifikante mængder på hele anlæg over 1-3 sæsoner (Petersen m.fl. 2021). Den årlige samlede produktion af blå biomasse i Danmark forventes i 2030 (Gylling m.fl. 2021) at ligge på ca. 100.000 t biomasse om året (vådvægt) med mindre, der allerede nu prioriteres med en målrettes indsats. En prioriteret indsats kan øge denne mængde betragteligt, hvis 1) eksisterende kvoter udnyttes fuldt, 2) bæredygtig udnyttelse af ikke-kvotebelagte arter, discard, sidestrømme og underudnyttede skaldyr, andre invertebrater og alger udvikles og prioriteres og 3) visionære tværpolitiske tiltag for lavtrodsk akvakultur bliver udmøntet. Eksempel 1: Hvis det besluttes, at marine virkemidler skal bidrage med 5% af Danmarks reduktion af kvælstof i det marine miljø i henhold til EU's vandrammedirektiv (EU 2000), heraf muslingeopdræt med 90% (svarende til 4,5% af det samlede årlige N reduktionsbehov) og opdræt af sukkertang med 10% (svarende til 0,5% af det samlede årlige N reduktionsbehov), så vil produktionen af blå biomasse forøges med 50% til 151.000 t om året. Eksempel 2: Hvis der stiles mod at samproducere vedvarende energi og bæredygtige fødevarer på havet i de områder, der i forvejen er udlagt til energiproduktion, og udlægger blot 10% af arealer for eksisterende og planlagte havvindmølleparker i indre danske farvande til produktion af muslinger (5%) og sukkertang (5%), så vil produktionen af blå biomasse i Danmark kunne firedobles til godt 400.000 t biomasse (vådvægt) årligt, uden at ramme den anslåede øvre grænse for produktion af muslinger på 300.000 t/år. Under antagelse af, at teknologiudvikling før 2050 muliggør LTA i Nordsøen og øget bæredygtig udnyttelse af underudnyttede arter vil produktionspotentialer for blå biomasse i Danmark frem mod 2050 kunne øges til ca. 600.000-2.200.000 t (tabel 7.2.1). Den blå biomasse vil kunne understøtte en foderproduktion, hvor det i endnu højere grad end nu kunne substituere fiskemel og soja, eller protein fra landbaserede afgrøder, hvorved også landbrugsjorder potentielt kunne omlægges til mere klimavenlig produktion (Gylling, 2021). Samtidig vil den lavtrodsk akvakulturs funktion som emission capture and utilisation teknologi gavne havmiljø og klima i kraft af fjernelse og genanvendelse af næringsstoffer og kulstof.

Således vil en visionær politisk tilgang til bæredygtig produktion af blå biomasse kunne understøtte globale, europæiske og nationale strategier og direktiver på tværs af ressourceproduktion, klima og havmiljø og bidrage til at bringe Danmark i førertrøjen på bæredygtige teknologier med potentiale for udbredelse og eksport til resten af verden.

Tabel 7.2.1. Blå biomasse potentialer i Danmark 2050 under antagelse af en udvikling, hvor rentabilitet og samproduktion er muliggjort og understøtter den grønne omstilling, EU's vandrammedirektiv, EU's cirkulære bioøkonomi strategi, samt Danmarks mål om klimaneutralitet i 2050. Der er tale om skøn med udgangspunkt i teksten ovenfor plus forventet udvikling som følge af udvikling af de beskrevne arter.

Biomasse	Type	Volumen 2050 (1000 ton)	Anvendelse(r)	Kommentarer
Fiskeri/høst	Fuld udnyttelse af eksisterende kvoter	125	Fødevarer	
	Ikke kvotebelagte fiskearter	14-16	Fødevarer, eksport	
	Invasive arter	3-10	Fødevarer, foder, ingredienser, eksport	Inkluderer også invasive tangarter. Anerkendelse af fiskeri som habitatrestaurerende virkemiddel vil understøtte teknologiudvikling til høst og forarbejdning
	Invertebrater	20-60	Fødevarer, ingredienser, foder, eksport	Omfatter de beskrevne arter plus forventet udnyttelse af ikke-beskrevne arter
	Tang (primært søsalat)	11	Fødevareingredienser, fodertilsætning, højværdistoffer	Anerkendelse af høst som habitatrestaurerende virkemiddel vil understøtte teknologiudvikling til høst og forarbejdning
	Discard	20	Fodertilsætning, højværdistoffer	
	Side- og reststrømme	6	Fodertilsætning, højværdistoffer	
LTA skaldyr	Blåmuslinger	275-400	Fødevarer, fødevareingrediens, fodertilsætning	275 t er baseret på (Gylling et al 2021), 400 t er baseret på en ekspertvurdering af potentiale ved off-shore produktion på max 1% af EEZ.
	Østers + andre arter	0,5-20	Fødevarer	Inkluderer også forventet udvikling af teknologi for f.eks. hjertemuslinger og kammuslinger samt ikke-skaldyr

fortsætter på næste side ...

Tabel 7.2.1 fortsat

Biomasse	Type	Volumen 2050 (1000 ton)	Anvendelse(r)	Kommentarer
LTA tang	Sukkertang	100-1.500	Fødevarer, fødevareingrediens, fodertilsætning	100 t er baseret på (Gylling et al 2021), 1.500 t er baseret på en ekspertvurdering af potentiale ved off-shore produktion på ca. 1% af EEZ
	Søl	1-5	Fødevarer	Inkluderer kobling i industrielle symbioser til landbaseret fiskeopdræt eller andre næringsrige processtrømme
	Søsalat	5-10	Fødevarer, fødevareingrediens	Inkluderer kobling i industrielle symbioser til landbaseret fiskeopdræt eller andre næringsrige processtrømme
Mikroalger		1-40	Højværdistoffer, fødevarer, ingredienser	
Total	Samlet	581-2233		

Referencer

Araújo, R., Vázquez Calderón, F., Sánchez López, J., Azevedo, I.C., Bruhn, A., Fluch, S., Garcia Tasende, M., Ghaderiardakani, F., Ilmjärv, T., Laurans, M., Mac Monagail, M., Mangini, S., Peteiro, C., Rebours, C., Stefansson, T., Ullmann, J. 2021. Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy. *Frontiers in Marine Science*, **7**(1247).

Azour, F., van Deurs, M., Behrens, J.W., Carl, H., Hüssy, K., Greisen, K., Ebert, R., Møller, P.R. 2015. Invasion rate and population characteristics of the round goby *Neogobius melanostomus*: effects of density and invasion history. *Aquatic Biology* **24**: 41-54.

Bak, U.G., Mols-Mortensen, A., Gregersen, O. 2018. Production method and cost of commercial-scale offshore cultivation of kelp in the Faroe Islands using multiple partial harvesting. *Algal Research*, **33**, 36-47.

Barros, A., Pereira, H., Campos, J., Marques, A., Varela, J., Silva, J. 2019. Heterotrophy as a tool to overcome the long and costly autotrophic scale-up process for large scale production of microalgae. *Scientific Reports*, **9**(1), 13935.

Bilal, M., Iqbal, H.M.N. 2020. Marine Seaweed Polysaccharides-Based Engineered Cues for the Modern Biomedical Sector. *Marine Drugs*, **18**(1), 21.

Biomar 2016. BIOMAR GROUP Corporate Responsibility 2016.
<https://schouw.dk/media/1588/cr-biomar-2017-dan.pdf>.

Boderskov, T., Nielsen, M.M., Rasmussen, M.B., Balsby, T.J.S., Macleod, A., Holdt, S.L., Sloth, J.J., Bruhn, A. 2021. Effects of seeding method, timing and site selection on the production and quality of sugar kelp, *Saccharina latissima*: A Danish case study. *Algal Research*, **53**, 102160.

Boderskov, T., Nielsen, M.M., Rasmussen, M.B., Balsby, T.J.S., Macleod, A., Holdt, S.L., Sloth, J.J., Bruhn, A. 2020. Effects of seeding method, timing and site selection on the production and quality of sugar kelp, *Saccharina latissima*: a Danish case study. *Submitted to Algal Research*.

Bogie, J., Hoeks, C., Schepers, M., Tiane, A., Cuypers, A., Leijten, F., Chintapakorn, Y., Suttiyut, T., Pornpakakul, S., Struik, D., Kerksiek, A., Liu, H.-B., Hellings, N., Martinez-Martinez, P., Jonker, J.W., Dewachter, I., Sijbrands, E., Walter, J., Hendriks, J., Groen, A., Staels, B., Lütjohann, D., Vanmierlo, T., Mulder, M. 2019. Dietary *Sargassum fusiforme* improves memory and reduces amyloid plaque load in an Alzheimer's disease mouse model. *Scientific Reports*, **9**(1), 4908.

Brauer, M., Behrens, J.W., Christoffersen, M., Hyldig, G., Jacobsen, C., Björnsdóttir, K.H., van Deurs, M. 2020. Seasonal patterns in round goby (*Neogobius melanostomus*) catch rates, catch composition, and dietary quality. *Fisheries Research* **222**, 105412.

Briand, X., Morand, P. 1997. Anaerobic digestion of *Ulva* sp. 1. Relationship between *Ulva* composition and methanisation. *Journal of Applied Phycology*, **9**(6), 511-524.

- Broch, O.J., Alver, M.O., Bekkby, T., Gundersen, H., Forbord, S., Handå, A., Skjermo, J., Hancke, K. 2019. The Kelp Cultivation Potential in Coastal and Offshore Regions of Norway. **5**(529).
- Bruhn, A., Dahl, J., Nielsen, H.B., Nikolaisen, L.S., Rasmussen, M.B., Markager, S., Olesen, B., Arias, C., Jensen, P.D. 2011. Bioenergy potential of *Ulva lactuca*: growth yield, methane production and combustion. in: *Bioresource Technology*, Vol. 102, pp. 2595-2604.
- Bruhn, A., Flindt, M.R., Hasler, B., Krause-Jensen, D., Larsen, M.M., Maar, M., Petersen, J.K., Timmermann, K. 2020a. Marine virkemidler - Beskrivelse af virkemidlernes effekter og status for vidensgrundlag. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 122. - Videnskabelig rapport nr. 368. <http://dce2.au.dk/pub/SR368.pdf>.
- Bruhn, A., Janicek, T., Manns, D., Nielsen, M.M., Balsby, T.J.S., Meyer, A.S., Rasmussen, M.B., Hou, X., Saake, B., Göke, C., Bjerre, A.B. 2017. Crude fucoidan content in two North Atlantic kelp species, *Saccharina latissima* and *Laminaria digitata*—seasonal variation and impact of environmental factors. *Journal of Applied Phycology*, **29**(6), 3121-3137.
- Bruhn, A., Rasmussen, M.B., Pedersen, H.B., Thomsen, M. 2020b. Høst af eutrofieringsbetingede masseforekomster af søsalat – status på viden om miljøeffekter og økonomi. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 17 s. Notat nr. 2020|20 https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notatet_2020/N2020_20.pdf.
- Bruno, M., Thomsen, M., Pulselli, F.M., Patrizi, N., Marini, M., Caro, D. 2019. The carbon footprint of Danish diets. *Climatic Change*, **156**(4), 489-507.
- Cassidy, E.S., West, P.C., Gerber, J.S., Foley, J.A. 2013. Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. *Environmental Research Letters*, **8**(3), 034015.
- Charlier, R.H., Morand, P., Finkl, C.W. 2008. How Brittany and Florida coasts cope with green tides. *International Journal of Environmental Studies*, **65**(2), 191-208.
- Charlier, R.H., Morand, P., Finkl, C.W., Thys, A.C. 2007. Dealing with green tides on Brittany and Florida coasts. *Progress in Environmental Science and Technology*, Vol 1, 1435-1441.
- Christoffersen, M., Svendsen, J.C., Behrens, J.W., Jepsen, N., van Deurs, M. 2018. Using acoustic telemetry and snorkel surveys to study diel activity and seasonal migration of round goby (*Neogobius melanostomus*) in an estuary of the Western Baltic Sea. *Fisheries Management and Ecology* DOI: 10.1111/fme.12336
- Costello, C., Cao, L., Gelcich, S., Cisneros-Mata, M.Á., Free, C.M., Froehlich, H.E., Golden, C.D., Ishimura, G., Maier, J., Macadam-Somer, I., Mangin, T., Melnychuk, M.C., Miyahara, M., de Moor, C.L., Naylor, R., Nøstbakken, L., Ojea, E., O'Reilly, E., Parma, A.M., Plantinga, A.J., Thilsted, S.H., Lubchenco, J. 2020. The future of food from the sea. *Nature*.
- Dominguez, H., Loret, E.P. 2019. *Ulva lactuca*, A Source of Troubles and Potential Riches. *Marine Drugs*, **17**(6), 357.
- Duarte, C.M., Krause-Jensen, D. 2018. Intervention Options to Accelerate Ecosystem Recovery From Coastal Eutrophication. **5**(470).

Duarte, C.M., Wu, J., Xiao, X., Bruhn, A., Krause-Jensen, D. 2017. Can Seaweed Farming Play a Role in Climate Change Mitigation and Adaptation? , **4**(100).

Ehler, C., Douvère, F. 2009. Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management. *Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6. Paris: UNESCO.*

U 2021. MEDDELELSE FRA KOMMISSIONEN om en ny strategi for en bæredygtig blå økonomi i EU Omstilling af EU's blå økonomi med henblik på en bæredygtig fremtid COM/2021/240 final.

EU 2013. Commission regulation (EU) No 1275/2013 of 6 December 2013 -amending Annex I to Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council as regards maximum levels for arsenic, cadmium, lead, nitrites, volatile mustard oil and harmful botanical impurities. *The European Commission.*

EU 2008. Commission regulation (EC) No 629/2008 of 2 July 2008 amending Regulation (EC) No 1881/2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *The Commission of the European Communities.*

EU 2002. EU directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council of 7th May 2002 on undesirable substances in animal feed.

EU 2000. EU Water Frame Directive (Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy). *OJL 327, 22 December 2000:pp. 1–73. EU (2008) Marine Strategy Framework Directive. 2008/56/EC.*

EU 2019/1241 af 20. juni 2019 om bevarelse af fiskeressourcerne og beskyttelse af marine økosystemer ved hjælp af tekniske foranstaltninger, om ændring af Rådets forordning (EF) nr. 2019/2006 og (EF) nr. 1224/2009 og Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EU) nr. 1380/2013, (EU) 2016/1139, (EU) 2018/973, (EU) 2019/472 og (EU) 2019/1022 og om ophævelse af Rådets forordning (EF) nr. 894/97, (EF) nr. 850/98, (EF) nr. 2549/2000, (EF) nr. 254/2002, (EF) nr. 812/2004 og (EF) nr. 2187/2005.

European Commission. 2018. A Clean Planet for all. A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. . *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN> COM(2018) 773 final.*

FAO 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. *Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.*

Filguera, R., Strohmeier, T., Strand, Ø. 2018. Regulating services of bivalve molluscs in the context of the carbon cycle and implications for ecosystem valuation. In Small, A.C., Ferreira, J.G., Grant, J., Petersen, J.K., Strand, Ø. (eds): Goods and services of marine bivalves. Springer ISBN 978-3-319-96776-9, pp 231-252.

Fischer, K., Rasmussen, O.S., Johansen, N.F., Cold, U., Jørgensen, B.M. 2015. Pilotprojekt for udvikling af fiskeri af strandkrabber til foderproduktion. ISBN: 978-87-93109-17-9.

Fischer, K., O.S., Johansen, N.F., Cold, Larsen, E.P. 2004. Udnyttelse af strandkrabber. DFU rapport 133-04.

Forbord, S., Steinhovden, K.B., Kjølbo, K., Handå, A., Skjermo, J. 2018. Cultivation protocol for *Saccharina latissima*. in: *Protocols for Macroalgae Research*, (Eds.) C. B., W. T., R.C.R. K., Taylor & Francis Group. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 26.

Frost, H.S., Nielsen, R., Petersen, J.K., Larsen, V.B. 2015. Dansk produktion af linemuslinger til konsum, Nr. 030-0006/13-5480, 21 s., mar. 19, 2015. (IFRO Udredning; Nr. 2015_04).

Fødevarestyrelsen. 2017. Prøveresultater - hygiejnisk kvalitet af spiselig tang.

Garbary, D.J., Miller, A.G., m.fl. 2014. Drastic decline of an extensive eelgrass bed in Nova Scotia due to the activity of the invasive green crab (*Carcinus maenas*) *Marine Biology* **161**, 3-15.

Gegg, P., Wells, V. 2019. The development of seaweed-derived fuels in the UK: An analysis of stakeholder issues and public perceptions. *Energy Policy*, **133**, 110924.

Geu Gómez, V.A. 2018. Microalgae in a climate neutral production system. A biorefinery concept comprising omega-3 fatty acid, protein rich biomass and biodiesel production from process water. . *Master thesis, MSc in Biotechnology and Chemical Engineering, School of Engineering, Aarhus University*.

Gylling, M., Olsen, F.L., Jørgensen, U., Mortensen, E.Ø., Nord-Larsen, T., Johannsen, V.K., Bruhn, A., Maar, M., Holbach, A., Thomsen, M., Ambye-Jensen, M. 2021. Alternativ Arealanvendelse og Bioøkonomi. Baggrundsanalyse af effekter ved fremtidig arealanvendelse og alternativ anvendelse af biomasse biomasse. *IFRO udredning Nr. 2021/xx, Frederiksberg. 2021. Under udgivelse*.

Gylling, M., Hermansen, J.E. 2018. Kvantificering af forventede fremtidige proteinmarkeder og kortlægning af potentialer i forskellige nye proteinkilder. *IFRO Udredning, Nr. 2018/08*, 58 s.

Holbach, A., Maar, M., Timmermann, K., Taylor, D. 2020. A spatial model for nutrient mitigation potential of blue mussel farms in the western Baltic Sea. *Science of The Total Environment*, **736**, 139624.

Holtegaard, L.E., Gramkow, M., Petersen, J.K., Dolmer, P. 2008. Biofouling og skadevoldere: Søstjerner. Nykøbing Mors. Dansk Skaldyrcenter, 130 pp (elektronisk).

Høgslund, S., Carstensen, J., Krause-Jensen, D., Hansen, J.L.S. 2019. Sammenhænge i det marine miljø - Betydning af sedimentændringer. *Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi*, 74 s. - *Videnskabelig rapport nr. 323*.

ICES Advice 2019a – dab.27.3a4 – <https://doi.org/10.17895/ices.advice.5641>

ICES Advice 2019b – gur.27.3-8 – <https://doi.org/10.17895/ices.advice.4881>

ICES Advice 2019c – mur.27.3a47d – <https://doi.org/10.17895/ices.advice.4863>

ICES Advice 2020a – dab.27.22-32 – <https://doi.org/10.17895/ices.advice.5776>

ICES Advice 2020b – gug.27.3a47d – <https://doi.org/10.17895/ices.advice.5822>

ICES Advice 2020c – tur.27.3a – <https://doi.org/10.17895/ices.advice.6102>

Infantes, E., Crouzy, C., Moksnes, P.O. 2016. Seed predation by the shore crab *Carcinus maenas*: A positive feed-back preventing recovery of eelgrass *Zostera marina*? *PlosOne* **11**, 1-19.

Kazir, M., Abuhassira, Y., Robin, A., Nahor, O., Luo, J., Israel, A., Golberg, A., Livney, Y.D. 2019. Extraction of proteins from two marine macroalgae, *Ulva* sp. and *Gracilaria* sp., for food application, and evaluating digestibility, amino acid composition and antioxidant properties of the protein concentrates. *Food Hydrocolloids*, **87**, 194-203.

Kerrison, P.D., Stanley, M.S., Edwards, M.D., Black, K.D., Hughes, A.D. 2015. The cultivation of European kelp for bioenergy: Site and species selection. *Biomass and Bioenergy*, **80**, 229-242.

Kidgell, J.T., Magnusson, M., de Nys, R., Glasson, C.R.K. 2019. Ulvan: A systematic review of extraction, composition and function. *Algal Research*, **39**, 101422.

Kinley, R.D., Martinez-Fernandez, G., Matthews, M.K., de Nys, R., Magnusson, M., Tomkins, N.W. 2020. Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed. *Journal of Cleaner Production*, **259**, 120836.

Kornilovs, G. 2017. The state of fish stocks and catch control in the Baltic Sea in 2016-2017 (in Latvian). Latvian Fisheries Yearbook 2017. The Latvian Rural Advisory and Training Centre 185 p.

Levinsen, J.U.G. 2020. Cultivation of *Palmaria palmata* in land-based integrated multi trophic aquaculture systems - From spore to harvestable resource. *Master thesis, National Institute of Aquatic Resources, Technical University of Denmark*.

Machado, L., Magnusson, M., Paul, N.A., de Nys, R., Tomkins, N. 2014. Effects of Marine and Freshwater Macroalgae on In Vitro Total Gas and Methane Production. *PLOS ONE*, **9**(1), e85289.

Marinho, G., Holdt, S., Birkeland, M., Angelidaki, I. 2015. Commercial cultivation and bioremediation potential of sugar kelp, *Saccharina latissima*, in Danish waters. *Journal of Applied Phycology*, **27**(5), 1963-1973.

MEA. 2005. Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. . *Island Press, Washington, DC*.

Miller, P.J. 1986. Gobiidae. In Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J., Tortonese, E. (editors): *Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean*, volume III. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, France.

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri 2010. Havet en uudnyttet ressource. En vidensyntese om danske muligheder indenfor marin bioteknologi og anden udnyttelse af havets ressourcer. ISBN 978-87-7083-1.

- Msuya, F., 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**(6), 1021-1031.
- Nejrup, L.B., Staehr, P.A., Thomsen, M.S. 2013. Temperature- and light-dependent growth and metabolism of the invasive red algae *Gracilaria vermiculophylla* – a comparison with two native macroalgae. *European Journal of Phycology*, **48**(3), 295-308.
- Neori, A., Msuya, F.E., Shauli, L., Schuenhoff, A., Kopel, F., Shpigel, M. 2003. A novel three-stage seaweed (*Ulva lactuca*) biofilter design for integrated mariculture. *Journal of Applied Phycology*, **15**(6), 543-553.
- Nielsen, M.M., Linden-Vørnle, M., Petersen, J.K. 2019. Forvaltningsgrundlag for fiskeri af muslinger i Natura 2000-områderne Horsens Fjord og Lillebælt. DTU Aqua Rapport 343-2019, 34 pp.
- Nielsen, M.M., Bruhn, A., Rasmussen, M.B., Olesen, B., Larsen, M.M., Møller, H.B. 2012. Cultivation of *Ulva lactuca* with manure for simultaneous bioremediation and biomass production. *Journal of Applied Phycology*, **24**(3), 449-458.
- OECD/FAO 2019. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028*, OECD Publishing, Paris
doi:https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en.
- Pedersen, S.F., Meland, M., Rebours, C. 2013. Macroalgae for an increasing organic market. *Bioforsk Focus* 8:337–338.
<https://orprints.org/id/eprint/25545/1/macroalgae%20for%20increasing%20organicmarketfinal.pdf>.
- Petersen, J.K., Bjerre, A.-B., Hasler, B., Thomsen, M., Nielsen, M.M., Nielsen, P. 2016. Blå biomasse – potentialer og udfordringer for opdræt af muslinger og tang. DTU Aqua Rapport 312-2016, 39 pp. <http://l.dtu.dk/akqy>.
- Petersen, J.K., Gislason, H., Fitridge, I., Saurel, C., Degel, H., Nielsen, C.F. 2016. Fiskeri efter søstjerner i Limfjorden. Fagligt grundlag for en forvaltningsplan. DTU Aqua Rapport 308-2016, 35 pp.
- Petersen, J.K., Timmermann, K., Bruhn, A., Rasmussen, M.B., Bøderskov, T., Schou, H.J., Erichsen, A., Thomsen, M., Holbach, A., Tjørnløv, R.S., Canal-Vergés, P., Flindt, M.R. 2021. Marine virkemidler: Potentialer og barrierer. *DTU Aqua-rapport nr. 385-2021*.
- Ravensbeck, L., Andersen, P., Thorsen, B.J., Strange, N. 2013. Økosystemtjenester og deres værdisætning i tilknytning til et landsdækkende grønt naturnetværk i Danmark: eksisterende viden, potentiel anvendelse og vidensbehov. . *Frederiksberg: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Rapport, Nr. 218*.
https://curis.ku.dk/ws/files/45792121/IFRO_rapport_218.pdf.
- Riemann, B., Abay, A.T., Ankjærø, T., Bruhn, A., Dahl, K., Galatius, A., Göke, C., Hasler, B., Jimenez, E.R., Kaae, B.C., Olafsson, A.S., Petersen, I.K., Rasmussen, M.B., Termansen, M., Zandersen, M. 2020. Regional havplan-lægning i det vestlige Kattegat – natur-, erhvervs- og samfundsmæssige forhold og scenarier. *Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 136 s. - Videnskabelig rapport nr. 403*.

- Riemann, B., Carstensen, J., Dahl, K., Fossing, H., Hansen, J., Jakobsen, H., Josefson, A., Krause-Jensen, D., Markager, S., Stæhr, P., Timmermann, K., Windolf, J., Andersen, J. 2015. Recovery of Danish Coastal Ecosystems After Reductions in Nutrient Loading: A Holistic Ecosystem Approach. *Estuaries and Coasts*, 1-16.
- Schmedes, P.S., Nielsen, M.M. 2020. New hatchery methods for efficient spore use and seedling production of *Palmaria palmata* (dulse). *Journal of Applied Phycology*, **32**(4), 2183-2193.
- Schmedes, P.S., Nielsen, M.M., Petersen, J.K. 2019. Improved *Palmaria palmata* hatchery methods for tetraspore release, even settlement and high seedling survival using strong water agitation and macerated propagules. *Algal Research*, **40**, 101494.
- ScottishEnterprise. 2019. Action Plan – Carbon Capture and Utilisation Sector Innovation. . *Interreg. North Sea Region. Northern Connections. European Regional Development Fund. J3124/SE. <https://www.optimat.co.uk/news-and-publications/2019/09/10/supporting-innovation-in-carbon-capture-and-utilisation/>.*
- Singh, J., Dhar, D.W. 2019. Overview of Carbon Capture Technology: Microalgal Biorefinery Concept and State-of-the-Art. *Frontiers in Marine Science*, **6**(29).
- Sode, S., Bruhn, A., Balsby, T.S.J., Larsen, M.M., Gottfredsen, A., Rasmussen, M.B. 2013. Bioremediation of reject water from anaerobically digested waste water sludge with macroalgae (*Ulva lactuca*, Chlorophyta). *Bioresource Technology*, **146**, 426-435.
- Steinhagen, S., Karez, R., Weinberger, F. 2019. Cryptic, alien and lost species: molecular diversity of *Ulva sensu lato* along the German coasts of the North and Baltic Seas. *European Journal of Phycology*, **54**(3), 466-483.
- Stæhr, P.A., Nielsen, M.M., Göke, C., Petersen, J.K. 2019. Andre presfaktorer end næringsstoffer og klimaforandringer - effekter af sargassotang på den øvrige marine vegetation. *DTU Aqua-rapport nr. 353-2019. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 28 pp.*
- Taylor, D., Larsen, J., Buer, A.-L., Friedland, R., Holbach, A., Petersen, J.K., Nielsen, P., Ritzenhofen, L., Saurel, C., Maar, M. 2021. Mechanisms influencing particle depletion in and around mussel farms in different environments. *Ecological Indicators*, **122**, 107304.
- Termansen, M., Levin, G., Hasler, B., Jacobsen, J., Lundhede, T., Thorsen, B.J. 2015. Status for kortlægning af økosystemer, økosystemtjenester og deres værdier i Danmark. . *Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 128 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 147 <http://dce2.au.dk/pub/SR147.pdf>.*
- Thomas, J.-B.E., Nordström, J., Risén, E., Malmström, M.E., Gröndahl, F. 2018. The perception of aquaculture on the Swedish West Coast. *Ambio*, **47**(4), 398-409.
- Thomsen, M., Stæhr, P.A., Nyberg, C., Schwærter, S., Krause-Jensen, D., Silliman, B. 2007a. *Gracilaria vermiculophylla* (Ohmi) Papenfuss, 1967 (Rhodophyta, Gracilariaceae) in northern Europe, with emphasis on Danish conditions, and what to expect in the future. *Aquatic Invasions*, **2**, 83-94.

Thomsen, M., Zhang, X. 2019. Algae aquaculture - Can protein from ocean save land, freshwater and carbon emissions? *Sustainable Energy Week - A Clean Planet for All: the Role of Oceans Conference* Brussels, Belgium. <https://www.eusew.eu/clean-planet-all-role-oceans>.

Thomsen, M., Zhang, X. 2020. Life Cycle Assessment of Macroalgal Eco-industrial Systems. in: *Sustainable seaweed technologies - Cultivation, Biorefinery and Applications*, (Eds.) M.D. Torres, S. Kraan, H. Dominguez, Elsevier, pp. 633-708.

Thomsen, M.S., Wernberg, T., Staehr, P., Krause-Jensen, D., Risgaard-Petersen, N., Silliman, B.R. 2007b. Alien macroalgae in Denmark - a broad-scale national perspective. *Marine Biology Research*, **3**(2), 61-72.

von Thenen, M., Maar, M., Hansen, H.S., Friedland, R., Schiele, K.S. 2020. Applying a combined geospatial and farm scale model to identify suitable locations for mussel farming. *Marine Pollution Bulletin*, **156**, 111254.

Wijesekara, I., Pangestuti, R., Kim, S.K. 2011. Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. *Carbohydrate Polymers*, **84**(1), 14-21.

Willer, D.F., Aldridge, D.C. 2020. Sustainable bivalve farming can deliver food security in the tropics. *Nature Food*, **1**(7), 384-38.

Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Srinath Reddy, K., Narain, S., Nishtar, S., Murray, C.J.L. 2019. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, **393**(10170), 447-492.

Yokoi, K., Konomi, A. 2012. Toxicity of so-called edible hijiki seaweed (*Sargassum fusiforme*) containing inorganic arsenic. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, **63**(2), 291-297.

Zhang, X., Thomsen, M. 2019. Biomolecular Composition and Revenue Explained by Interactions between Extrinsic Factors and Endogenous Rhythms of *Saccharina latissima*. *Marine Drugs*, **17**(2), 107.

Danmarks
Tekniske
Universitet

DTU Aqua
Kemitorvet
2800 Kgs. Lyngby

www.aqua.dtu.dk