



Klimapåvirkningen fra dansk akvakultur: Kortlægning af aktuel belastning fra energiforbrug og katalog over tekniske virkemidler til reduktion af påvirkningen

Pedersen, Per Bovbjerg; Petersen, Jens Kjerulf

Publication date:
2023

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):

Pedersen, P. B., & Petersen, J. K. (2023). *Klimapåvirkningen fra dansk akvakultur: Kortlægning af aktuel belastning fra energiforbrug og katalog over tekniske virkemidler til reduktion af påvirkningen*. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 424-2023

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Klimapåvirkningen fra dansk akvakultur: Kortlægning af aktuel belastning fra energiforbrug og katalog over tekniske virkemidler til reduktion af påvirkningen

Per Bovbjerg Pedersen og Jens Kjerulf Petersen

DTU Aqua-rapport nr. 424-2023



Klimapåvirkningen fra dansk akvakultur: Kortlægning af aktuel belastning fra energiforbrug og katalog over tekniske virkemidler til reduktion af påvirkningen

Per Bovbjerg Pedersen og Jens Kjerulf Petersen

DTU Aqua-rapport nr. 424-2023

Kolofon

Titel:	Klimapåvirkningen fra dansk akvakultur: Kortlægning af aktuel belastning fra energiforbrug og katalog over tekniske virkemidler til reduktion af påvirkningen
Forfattere:	Per Bovbjerg Pedersen og Jens Kjerulf Petersen
DTU Aqua-rapport nr.:	424-2023
År:	Maj 2023 Ny version med opdatering af forordet er udgivet i juni 2023
Reference:	Pedersen, P.B. & Petersen, J.K. (2023). Klimapåvirkningen fra dansk akvakultur: Kortlægning af aktuel belastning fra energiforbrug og katalog over tekniske virkemidler til reduktion af påvirkningen. DTU Aqua-rapport nr. 424-2023. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 14 pp.
Forsidefoto:	Akvakulturanlæg. Foto: Peter Skov
Udgivet af:	Institut for Akvatiske Ressourcer, Kemitovet, 2800 Kgs. Lyngby
Download:	www.aqua.dtu.dk/publikationer
ISSN:	1395-8216
ISBN:	978-87-7481-356-9

DTU Aqua-rapporter er afrapportering fra forskningsprojekter, oversigtsrapporter over faglige emner, redegørelser til myndigheder o.l. Medmindre det fremgår af kolofonen, er rapporterne ikke fagfællebedømt (peer reviewed), hvilket betyder, at indholdet ikke er gennemgået af forskere uden for projektgruppen.

Indhold

1.	Introduktion og formål.....	4
2.	Akvakultur – fiskeopdræt.....	6
2.1	Kortlægning af energiforbrug og CO2-aftryk	6
2.1.1	Anlægstyper, forbrug og forbrugsmønstre	6
2.2	Reduktion af energiforbrug og CO2-aftryk fra fiskefoder	7
2.2.1	Alternative råvarer	7
2.2.2	Fremstillingsprocessen	7
2.2.3	Foderudnyttelse og retention	7
2.3	Tekniske virkemidler til reduktion af energiforbrug og CO2-aftryk fra det primære opdræt	8
2.3.1	Anlægstyper	8
2.3.2	Energi-effektivitet	8
2.3.3	Driftsoptimering.....	8
2.3.4	Forbedret fiskehelse og -velfærd	8
2.3.5	Ressource-effektivitet og cirkulær økonomi	9
2.3.6	Teknologiudvikling	9
3.	Lavtrofisk akvakultur (LTA)	10
3.1	Generelle udfordringer	10
3.2	Specifikke udfordringer – blåmuslinger	11
3.3	Specifikke udfordringer – østers og andre muslingearter	11
3.4	Specifikke udfordringer – tang.....	11
3.5	Multitrofisk akvakultur.....	12
3.6	Opsummering (mest effekt for pengene).....	12
	Referencer	14

1. Introduktion og formål

Formålet med denne rapport er at adressere klimabelastningen fra de forskellige dele af dansk akvakultur. Akvakultur af fisk har et CO₂-aftryk på forskellige niveauer afhængigt af produktionsform, men generelt for alle former gælder det, at foder udgør størstedelen af CO₂-aftrykket. Derudover er der en særlig kategori i form af lavtrofisk akvakultur – dvs. organismer, der ikke fodres – hvor energiforbruget generelt er lavt, fordi der ikke er energiforbrug til foderfremstilling og kun et lavt energiforbrug til pasning af anlæggene, der typisk er placeret i kystvandene.

Rapporten er målrettet Fiskeristyrelsen til brug ved udmøntningen af kommende ordninger under det Europæiske Hav-, Fiskeri- og Akvakulturprogram (EHFAF). DTU Aquas arbejde med rapporten er finansieret af ydelsesaftalen om fiskeri og akvakultur mellem Fødevareministeriet og DTU Aqua.

Kort introduktion til baggrunden for rapporten

I marts 2021 indgik regeringen (Socialdemokratiet) og Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Nye Borgerlige, Liberal Alliance og Alternativet om Hav-, Fiskeri- og Akvakulturprogrammet (EHFAF) for perioden 2021-2023.

EHFAF er det finansielle instrument til at gennemføre EU's fælles fiskeripolitik og maritime politik og understøtter målsætningerne i den fælles fiskeripolitik om økonomisk udvikling og en langsigtet bæredygtig hav-, fiskeri- og akvakulturforvaltning. Aftaleparterne er enige om at udmønte midlerne inden for 4 hovedområder: 1) grøn omstilling, 2) bæredygtig fiskeriforvaltning baseret på biologisk rådgivning, 3) udvikling på land og i kystnære områder og kystfiskeri, herunder skånsomt kystfiskeri og 4) fremme af afsætning.

Med hovedområdet "grøn omstilling" tages der markante skridt for at sikre, at dansk fiskeri- og akvakultur kan bevæge sig ambitiøst fremad på den grønne dagsorden under hensyntagen til natur og miljø. Aftalen fokuserer på støtteberettigede aktiviteter, der understøtter den grønne omstilling, en styrket forskningsindsats og brug af biologisk rådgivning.

Med grøn omstilling er det ambitionen at være førende inden for den grønne omstilling, som tilsiger, at der i de danske fiskeri- og akvakulturerhverv udvikles og afprøves grønne teknologier, der kan understøtte den nationale klimamålsætning om at reducere CO₂-udledningerne med 70 % frem mod 2030.

Aftaleparterne har besluttet at afsætte 138,3 mio. kr. i perioden til demonstrations- og afprøvningsprojekter i grøn omstilling af fiskerflåden og akvakulturerhvervet. Midlerne skal bruges til at styrke udviklingen af kommercielle løsninger, der har en effekt i fiskeri- og akvakulturerhvervet, og målrettes derfor projekter med potentiale for markedsintroduktion og potentiale for udbredelse. Der stilles krav om, at erhvervsprojekter skal demonstrere udvikling for at få del i midlerne. Herved øger tilskuddet incitamentet til at foretage risikofyldte grønne investeringer, der ellers ikke ville være foretaget. Der er derfor ikke fokus på at understøtte investeringer, hvor der allerede er dokumenteret gevinster eller positive omsætningseffekter.

Der er under puljen til grøn omstilling af akvakultursektoren også støtte til udvikling af lavtrofisk akvakultur, herunder udvikling af skaldyrsopdræt til f.eks. muslinger og østers. Aftaleparterne er desuden

enige om at afsætte en særskilt pulje på 5,1 mio. kr. over aftaleperioden til udvikling af erhvervsmæssig tangproduktion.

Nærværende rapport beskriver udfordringer og muligheder for grøn omstilling i akvakulturerhvervene. Grøn omstilling i fiskerierhvervene er angivet i særskilt rapport.

2. Akvakultur – fiskeopdræt

Akvakultur forventes at bidrage til den grønne omstilling på flere måder. De nye kostråd fra Fødevarerministeriet (<https://altomkost.dk/raad-og-anbefalinger/de-officielle-kostraad/>) anbefaler, at danskerne skal spise mindre kød og mere fisk og skaldyr. Det anbefales specifikt, at danskerne skal øge forbruget af fisk og skaldyr med 66 %. Da EU Kommissionen og Ministerrådet samtidigt ønsker at reducere EU's store afhængighed af import af fisk og skaldyr, må det forventes, at der vil ske en massiv stigning i forbruget af fisk produceret i (dansk) akvakultur.

Akvakultur kan således allerede bidrage til miljø- og klimahensyn af vores kost, da fiskeopdræt generelt har et væsentligt mindre aftryk end andre animalske produktioner. Desuagtet vil en forøget indsats for at reducere udledningerne af såvel næringsstoffer som klimagasser per produceret kg fisk være vigtige for yderligere at bidrage til den grønne omstilling.

2.1 Kortlægning af energiforbrug og CO₂-aftryk

For at kunne kvantificere, sammenligne og reducere klimapåvirkningen forudsættes det, at erhvervets aktører (og forbrugerne) har et pålideligt værktøj og metode til at opgøre udledningen af klimagasser per kg produceret fisk. EU har foreslået en metode til fælles EU-tilgang til beregning af klimabelastning, Product Environmental Footprint (PEF), og det kunne foreslås at en sådan tilgang anvendes. Eftersom ovennævnte værktøj endnu ikke er udviklet / anvendeligt til dansk akvakultur, kan en egentlig kvantificering endside sammenligning mellem opdrætsformer og anlægstyper reelt ikke opstilles på et sammenligneligt grundlag.

En af de afgørende parametre er eksempelvis elektricitet og den klimapåvirkning, dette tillægges, hvilket især vil være betydende for den intensive opdræt i recirkuleringsanlæg og også delvist i Modeldambrug type III. Anses al energi af stramme fra kulafbrænding fås et højt aftryk, mens anvendelsen af udelukkende grøn energi (vind, sol, vandkraft) resulterer i et meget lavere aftryk på linje med havbrug og traditionelle gennemstrømningsanlæg (Nielsen & Nielsen, 2020).

Anskuet på linje med den pågående, politisk ønskede, elektrificering af det danske samfund (f.eks. el-biler), forekommer det rimeligt også at betragte el-forbruget i fiskeopdræt som ikke CO₂-udledende, idet dette anses som perspektivet for dansk elektricitet. En sådan tilgang betyder jvnf. Nielsen & Nielsen, 2020, at foderet står for cirka 90 % af CO₂-udslippet, hvilket er på linje med havbrug og traditionelle anlæg.

2.1.1 Anlægstyper, forbrug og forbrugsmønstre

Eksisterende internationale studier af klimabelastningen fra fiskeopdræt er generelt for overordnede og adresserer ikke dansk teknologi-stadie til at de kan anvendes til en opstilling og sammenligning af danske anlægstyper.

Ud over den afgørende fastlæggelse af klimaaftrykket fra elektricitet, er der som anført behov for en detaljeret tilgang og analyse, som inkluderer de forskellige opdrætsmetoder og teknologier, der generelt anvendes i Danmark (traditionelle dambrug, modeldambrug, recirkulerede anlæg og intensive RAS samt havbrug). I beskrivelsen og opgørelsen for anlægstyperne bør indgå såvel forbrug/produk-

tion som effektivitet og forbrugsmønstre. Det er vigtigt, at såvel miljøbelastningen som klimabelastningen indgår, og ligeledes udledningen af drivhusgasser fra fiskenes fordøjelse & vækst samt renseforanstaltninger (mekaniske filtre, biofiltre, plantelaguner, træflisfiltre m.v.).

Uden kvantificering af bidrag og potential effekt af indsats, er der i nedenstående afsnit anført en række praktiske, tekniske muligheder og virkemidler til at opnå reduktioner i klimaaftryk og energiforbrug.

2.2 Reduktion af energiforbrug og CO2-aftryk fra fiskefoder

Foder udgør klart det største element i det samlede CO2-regnskab for fiskeopdræt. Lidt afhængig af opgørelsesmetode og anlægstype angives det til ca. 70 % af det samlede aftryk. Der er derfor brug for måder til at reducere også dette aftryk for at kunne reducere akvakulturens samlede aftryk.

2.2.1 Alternative råvarer

Der er brug for alternative, bæredygtige protein (og olie-) kilder, som fungerer optimalt til fisk og kan anvendes i miljørigtigt opdræt uden at forøge udledningerne. Dette indebærer, at de alternative kilder skal have høj fordøjelighed hos fisk, skal have relevant amino-/fedt-syresammensætning, gerne skal kunne fremstilles regionalt samt, ikke mindst, skal kunne produceres i relevante, store mængder for at være reelt interessante kilder til fiskefoderproduktion.

Flere forskellige kommercielle aktiviteter er allerede under opstart (f.eks. insekter og bakteriebiomasse), men der er behov for en betydelig indsats for at identificere, tilpasse og afprøve mange andre mulige kilder til anvendelse i fiskefoderproduktion for at reducere CO2-belastningen fra råvarerne.

2.2.2 Fremstillingsprocessen

Dagens fiskefoderproduktion, som baseres på tørrede råvarer, der blandes og efterfølgende ekstruderes, hvor foderet produceres under høj temperatur og tryk (og vandtilsætning), samt den efterfølgende tørring af foderet er særdeles energikrævende. Extrudering er generelt indført for at kunne producere høj-energi diæter med højt olie-indhold og kræver samtidigt et vist indhold af kulhydrat for at skabe struktur i pillen og rum til olien. Kulhydrat er ikke en naturlig bestanddel i foder til rovfisk som f.eks. laks og ørred.

Gennem en indsats med fokus på fremstillingsproces, driftsparametre og alternative produktionsmetoder, kunne den aktuelle CO2-belastning fra foder-fremstillingen reduceres.

2.2.3 Foderudnyttelse og retention

En anden afgørende måde at reducere klimapåvirkningen fra akvakultur er gennem forbedret udnyttelse af foderet og tilhørende maksimal retention (af protein, olie, energi) i fisken. En forbedret udnyttelse/forøget retention vil kunne reducere aftrykket per kilo produceret fisk ganske væsentligt og vil formentlig kunne opnås gennem en fokuseret indsats på foderkomponenter, aminosyre-udnyttelse og -timing/tidsmæssig tilgængelighed i fisken koblet med undersøgelser af opdrætsfiskenes kapacitet for foderindtag, vækst og proteinsyntese. Foderudnyttelse kan også optimeres betragtelig ved at forbedre helse og velfærd hos fisken som beskrevet under.

2.3 Tekniske virkemidler til reduktion af energiforbrug og CO2-aftryk fra det primære opdræt

2.3.1 Anlægstyper

Afhængig af anlægstype og opdrætsmetode, vil der være en række tekniske indsatsområder og –virkemidler, der vil kunne reducere energiforbrug, CO2-aftryk og miljøpåvirkning. Nogle virkemidler vil kun have reel effekt på enkelte anlægstyper mens andre vil have (varierende) effekt på de fleste typer anlæg.

2.3.2 Energi-effektivitet

I stort set alle anlægstyper anvendes energiforbrugende udstyr såsom pumper, beluftere, filtre, tromlesigter og køleenheder m.v. En indsats indenfor såvel energieffektivitet på den enkelte komponent som især inden for praktisk anvendelse og drift af disse, herunder også kombinerede effekter, på konkrete anlæg kan udnyttelsen af energi effektiviseres. Dette i særdeleshed hvis indsatsen kan kobles med intelligente systemer til overvågning og styring.

For et antal anlæg vil der endvidere kunne opnås energiøkonomisk effekt ved overgang fra én vand-cirkulationsmetode til en anden. Nye metoder, ny teknologi og pumper, koblet med moderne processtyring og frekvensregulering, kan tilsvarende bidrage til et reduceret energiforbrug og CO2-aftryk fra intensive, landbaserede anlæg.

2.3.3 Driftsoptimering

Gennem optimering af anlæggenes generelle drift, deres vandkvalitet og deres processer kan produktionen optimeres og der opnås derved en reduceret specifik udledning (udledning per kg produceret fisk) af klimagasser. Dette opnås f.eks. gennem forbedret vækst, forbedret foderudnyttelse og reduceret dødelighed. Erfaringen viser, at den relativt nye teknologi med recirkulering og intern vandrensning ikke altid anvendes og drives optimalt, og at en indsats inden for især biofiltrering og vandkvalitet (og styring heraf) samt sygdomsforebyggelse kan forventes at medføre forbedret drift og produktion med reduceret specifik udledning til følge.

2.3.4 Forbedret fiskehelse og -velfærd

Ved produktion af fisk i akvakultur er det helt essentielt at dyrenes helse og velfærd varetages. Sygdomme, både miljøbetingede og sygdomme forårsaget af smitsomme bakterier, virus eller parasitter bidrager til en negativ klimapåvirkning, både ved at nedsætte foderudnyttelsen og ved dødelighed. Fisk som dør som følge af sygdom, har oftest haft en forudgående periode med nedsat appetit og foderudnyttelse, hvilket forårsager at foder enten forbliver uspist og dermed kan føre til dårligere vandkvalitet, eller at foderet spises, med udnyttes dårligt.

Forebyggelse af sygdomme og tidlig detektion af sygdomme er derfor et potentielt virkemiddel til begrænsning af klimabelastningen. Det er ikke på nuværende tidspunkt muligt at estimere klimabelastningen som følge af sygdomsforebyggelse under danske forhold. Men det er fra andre lande rapporteret om dødeligheder på 15-20% gennem en produktionscyklus, så det forventes at der er et stort potentiale for forbedring her. Sygdomsforebyggelse kan i nogen grad ske gennem vaccination og stimulering af fiskens immunforsvar. Herunder også gennem forbedring af vandkvalitet og fiskenes velfærd.

2.3.5 Ressource-effektivitet og cirkulær økonomi

Det samlede klimaaftryk fra fiskeopdræt kan reduceres gennem fokus på ressource-effektivitet og cirkulær økonomi. Der er f.eks. brug for at betragte slam som en ressource, der eksempelvis kan fungere som fosfor-kilde, kan anvendes til biogas, kan binde organisk CO₂ gennem pyrolyse, kan bruges til jordforbedring, og kan anvendes som intern kulstof-kilde til kvælstoffjernelse (denitrifikation) i erstatning for indkøbte, eksterne kulstofkilder.

Udvikling og praktisk demonstration af optimerede metoder til binding, koagulering, fældning, fjernelse og genanvendelse af især fosfor og organisk stof vil kunne bidrage afgørende til denne ressource-betragtning.

En fokuseret indsats på slut-rensning (End-Of-Pipe rensning) og såvel simple som avancerede og kommende teknologier vil således kunne bidrage centralt til forbedret ressource-effektivitet og reduceret CO₂-aftryk samtidigt med en betydeligt reduceret udledning af næringsstoffer. Dermed kan indsatsen formentlig levere det største bidrag til den grønne omstilling fra recirkulerede anlæg som modeldambrug og lukkede, landbaserede RAS-anlæg.

2.3.6 Teknologiudvikling

Der forskes løbende i nye teknologier og rensemetoder til anvendelse i fiskeopdræt. En række nye og lovende teknologier er under udvikling, og udover forbedret næringsstoffjernelse kan disse også bidrage til et reduceret CO₂-aftryk fra fiskeopdræt.

3. Lavtrofisk akvakultur (LTA)

Et nøgleelement i den grønne omstilling af fiskeri og akvakultur er udvikling af lavtrofisk akvakultur (LTA), fordi LTA-produktion har et meget lavt miljø- og klimamæssigt fodaftryk (Nature Conservancy 2022). LTA kan defineres som opdræt af organismer, der ikke kræver fodring. LTA omfatter typisk opdræt af muslinge- og tangarter, men kan i princippet også inkludere andre arter. Fordi der ikke fodres, er LTA ekstraktive kulturer, dvs. de medfører en netto fjernelse af organisk materiale og næringsstoffer fra det marine miljø. Da der i LTA ikke skal bruges energi og ressourcer på produktion af foder og fordi produktionsapparatet ikke kræver energi til f.eks. opvarmning, har LTA et lavt – eller for tangdyrkning negativt – klimamæssigt aftryk. For sukkertang er det estimeret, at i anlæg til dyrkning af sukkertang, bindes der i størrelsesordenen 0,6 tons CO₂ pr ha. LTA dyrkningsstrukturer som f.eks. langliner repræsenterer dels et substrat for epibiontiske organismer, dels en fourageringsplads for mobile arter (f.eks. fisk) og LTA-anlæg har derfor en relativ høj biodiversitet.

Indre danske farvande er velegnede til LTA, 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 også et af de største miljøproblemer i kystvandene. 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 til anvendelse i fødevarerbranchen eller som foder. Anvendelse til energiproduktion har endnu ikke vist sig at være energetisk effektivt. Det største produktionspotentiale ligger pt. i de indre farvande, men i takt med den teknologiske udvikling, øget efterspørgsel efter produkterne og f.eks. fiskale incitamentsstrukturer, der fremmer produkter med lavt CO₂-aftryk, vil også de åbne farvande kunne udnyttes.

LTA i Danmark omfatter aktuelt blåmusling, flad europæisk østers, sukkertang, søl og søsalat. Der gennemføres endvidere i mindre omfang af testmæssig karakter opdræt af stillehavsøsters, men arten er invasiv, og selvom der kan dyrkes sterile arter (triploider), der reducerer spredningen, er det uafklaret, om man skal skubbe yderligere på spredning af arten gennem udvidet opdræt.

3.1 Generelle udfordringer

LTA er på trods af de naturgivne favorable betingelser på europæisk plan relativt svagt udviklet i Danmark og en del af erhvervets generelle og specifikke udfordringer udspringer heraf. En væsentlig udfordring er udvikling af optimale og omkostningseffektive dyrkningsmetoder. For flere arter, især tang, mangler der kommercielt bæredygtige teknologier. I en meget udnyttet kystzone, er der endvidere behov for både dokumentation af faktiske miljøeffekter og redskaber til at planlægge placering og forvaltning af en stigende LTA-produktion. Herunder er der behov for biosecurity analyser, så LTA-produktion ikke resulterer i unødigt spredning af uønskede arter, parasitter og sygdomme. Koncentrering af miljøfremmede stoffer i muslingearter håndteres gennem Skaldyrvandedirektivet og dermed af Vandrammedirektivet, så her bør den løbende kontrol forhindre sundhedsmæssige problemer. For tang er endnu ikke et nationalt program og koncentrering af f.eks. tungmetaller varierer mellem arter. Endelig er der brug for indsatser i relation til social accept af LTA herunder forbrugeraccept af produkterne. En øget produktion vil fordre etablering af et stabilt hjemmemarked, som basis for eksport.

3.2 Specifikke udfordringer – blåmuslinger

Den LTA-produktion, der er har vundet størst udbredelse og som i dag repræsenterer et selvstændigt, økonomisk bæredygtigt erhverv i vækst, er opdræt af blåmuslinger i vandsøjlen. Biologisk er det vurderet, at produktionskapaciteten i danske farvande er på op til 300.000 t årligt (Petersen m.fl. 2021), men den aktuelle årlige produktion er på lige knap 10.000 t. Blåmuslingeproduktionen har pt gunstige betingelser i form af stabile afsætningsmuligheder. Potentialerne for vækst i erhvervet er således stort, men begrænses aktuelt af et midlertidigt stop for udstedelse af opdrætstilladelser. Stoppet er udtryk for bekymring om erhvervets bæredygtighed ved fortsat udvikling. De mest presserende udviklingsbehov er derfor at udvikle en grundig dokumentation af de samlede miljøeffekter og den produktionsmæssige bæreevne af muslingeproduktion i områder med mange opdrætsanlæg som f.eks. Limfjorden. Der er andre udfordringer for opdrættet f.eks. teknologisk udvikling, der kan forbedre arbejdsmiljøet, samt optimering af yngelopsamling i relation til prædatorer.

En anden produktionsform er opdræt i bundkulturer. Her mangler der fortsat udvikling af best practice, der kan sikre en stabil produktion med lavt miljømæssigt fodaftryk. En særsomt problemstilling i denne sammenhæng er flytning af muslinger mellem områder. Her mangler der værktøjer til en hensigtsmæssig risikovurdering i relation til biosecurity generelt. En særlig udfordring ved flytning af muslinger mellem områder er det øgede fokus på naturgenopretning, hvor etablering af biogene rev i områder uden eksisterende banker er i stigning.

3.3 Specifikke udfordringer – østers og andre muslingearter

Produktionen af flad europæisk østers – også kaldet Limfjordsøsters – har de seneste 20 år været baseret på et fiskeri på vilde bestande i den vestlige del af Limfjorden, som har gjort Danmark til en af de største producenter af arten i Europa. Imidlertid har spredning af parasitten *Bonamia* sp. reduceret bestanden så kraftigt, at fiskeriet pt. er stoppet. Der er imidlertid stadig et marked for Limfjordøsters på 3-4.000 t årligt, der kan udfyldes af opdræt af arten. Der er pt. mindre virksomheder, som har investeret i et produktionsapparat til grow out, og der er med etableringen af et stor skala klækkeri på Mors de nødvendige betingelser for levering af den yngel til produktionen. Opdræt af østers kræver nemlig – i modsætning til opdræt af blåmuslinger – tilførsel af yngel produceret centralt i klækkerier eller lignende. De største udfordringer for udvikling af opdræt af østers er en stabil produktion i stor skala af *Bonamia*-fri østersyngel og forbedrede og omkostningseffektive tekniker til grow out.

Danmark har pt også en stor produktion af hjertemuslinger i fiskeriet. Arten kan imidlertid også dyrkes i bundkulturer og udvikling af dyrkningsprotokoller for hjertemuslinger er næste skridt i udvikling af animalsk LTA.

3.4 Specifikke udfordringer – tang

Tang kan opdeles i tre meget forskellige grupper: Brunalger, rødalger og grønalger. For alle grupper er der udviklet lovende teknologier for opdræt enten i havet eller i landbaserede anlæg. Udviklingen har været fokuseret på brunalgen sukkertang, rødalgen søl og grønalgen søsalat. Der er i Danmark flere virksomheder, der er klar til eller i gang med produktion af tang, men indtil videre har produktionsvolumenerne været meget små, bl.a. fordi produktion af sporeliner i klækkerier har været ustabil og dyr. Betingelserne for udvikling af opdræt af tang som bæredygtigt erhverv er til stede, men der mangler nogle meget væsentlige skridt for at indfri bare en del af det biologiske potentiale i danske farvande, som er vurderet til at være >1.000.000 t årligt. Væsentligste udfordring er opskalering af opdrættet til erhvervsmæssig bæredygtighed gennem udvikling af omkostningseffektivitet i sporelineproduktionen

og mekanisering af arbejdsgange både i klækkerier og i grow out fasen. Der er for flere af arterne endvidere behov for forbedrede grow out metoder både i havet og på land. Derudover er der behov for tiltag, der kan fremme afsætningen af tang og dermed skabe stabile markeder. Aktuelt er der afsætning for de producerede mængder, men disse er endnu små.

Fra erhvervet er der endvidere et ønske om diversificering af arter, dvs. udvikling af dyrkningsprotokoller for andre arter end de ovenfor nævnte. Her tiltrækker navnlig arter med dokumenteret effekt på køers metanproduktion sig en særlig interesse.

3.5 Multitrofisk akvakultur

Multitrofisk akvakultur (MTA) er pt ikke aktuelt til marint opdræt. Mulighederne for brug af lavtrofiske arter som blåmuslinger og tang som kompenserende opdræt i relation til tab af næringsstoffer fra fiskeopdræt er blevet suspenderet politisk, og der er ingen af de eksisterende marine fiskeopdræt, som dyrker andre arter i betydende omfang eller i samlokaliserede anlæg.

Heller ikke i landbaserede anlæg har MTA vist sig at være hverken produktionsmæssigt eller økonomisk bæredygtigt. En række praktisk-tekniske årsager gør egentlig MTA vanskelig, men der er flere spirende tiltag til at lave forskellige former for samtidig produktion, hvor ressourcer fra fiskeproduktionen understøtter en sekundær produktion. Langs modeldambrugenes plantelaguner kan der dyrkes energipil eller andre træsorter, der kan flises og anvendes til energi eller i træflis-filtre til fjernelse af kvælstof. Endvidere bidrager plantelaguner i betydeligt omfang til forøget biodiversitet, selv om der ikke sker nogen egentlig dyrkning i dem.

3.6 Opsummering (mest effekt for pengene)

For traditionel akvakultur med opdræt af fisk, er behov for at kunne kvantificere, sammenligne og reducere klimapåvirkningen, at erhvervets aktører og forbrugerne har en metode til at opgøre udledningen af klimagasser per kg produceret fisk. EU har foreslået en metode til fælles EU-tilgang til beregning af klimabelastning, Product Environmental Footprint (PEF) som kunne anvendes. Bidraget fra elektricitet skal præ-defineres og fastlægges på en fast værdi, som ikke er afhængig af det energi-mix, som måtte anvendes på et specifikt sted i et specifikt tidsrum.

En detaljeret tilgang og analyse, som inkluderer de forskellige opdrætsmetoder der generelt anvendes i Danmark bør gennemføres. I beskrivelsen og opgørelsen for anlægstyperne bør indgå såvel forbrug/produktion som effektivitet og forbrugsmønstre. Det er vigtigt, at såvel miljøbelastningen som klimabelastningen indgår, og ligeledes udledningen af drivhusgasser fra fiskenes fordøjelse & vækst samt renseforanstaltninger, herunder mekaniske filtre, biofiltre, plantelaguner, træflisfiltre m.v.

Foder udgør klart det største element i det samlede CO₂-regnskab for fiskeopdræt. Der er derfor brug for måder til at reducere også dette aftryk for at kunne reducere akvakuurens samlede aftryk. For at fremme en mere grøn udvikling, er der behov for at se på elementer som f.eks. alternative råvarer, foderfremstillingsprocessen og foderudnyttelsen. Desuden er der en række tekniske virkemidler til reduktion af energiforbrug og CO₂-aftryk fra det primære fiskeopdræt i forhold til bl.a. anlægstyper, energieffektivitet, driftsoptimering, forbedret fiskehelse og -velfærd samt ressource-effektivitet og cirkulær økonomi.

I forhold til den grønne omstilling af akvakultur, er udvikling af lavtrofisk akvakultur (LTA) en mulighed, fordi LTA-produktion har et meget lavt miljø- og klimamæssigt fodaftryk. LTA kan defineres som opdræt af organismer, der ikke kræver fodring. LTA omfatter typisk opdræt af muslinge- og tangarter, men kan i princippet også inkludere andre arter. Fordi der ikke fodres, er LTA ekstraktive kulturer, dvs. medfører en netto fjernelse af organisk materiale og næringsstoffer fra det marine miljø. LTA et lavt – eller for tangdyrkning negativt – klimamæssigt aftryk, da der ikke bruges energi og ressourcer på produktion af foder og fordi produktionsapparatet ikke kræver energi til f.eks. opvarmning. LTA dyrkningsstrukturer som f.eks. langliner repræsenterer dels et substrat for epibiontiske organismer, dels en fou-rageringsplads for mobile arter (f.eks. fisk) og LTA-anlæg har derfor have en relativ høj biodiversitet.

Der dog stadig udfordringer inden for LTA såsom udvikling af optimale og omkostningseffektive dyrkningsmetoder. For flere arter, især tang, mangler der kommercielt bæredygtige teknologier. I en meget udnyttet kystzone er der endvidere behov for både dokumentation af faktisk miljøeffekter og redskaber til at planlægge placering og forvaltning af en stigende LTA-produktion.

For blåmuslinger, som i dag har vundet størst udbredelse, er det mest presserende udviklingsbehov at udvikle en grundig dokumentation af de samlede miljøeffekter og den produktionsmæssige bæreevne af muslingeproduktion i områder med mange opdrætsanlæg som f.eks. Limfjorden.

Produktionen af flad europæisk østers – også kaldet Limfjordsøsters – har de seneste 20 år været baseret på et fiskeri på vilde bestande i den vestlige del af Limfjorden, som har gjort Danmark til en af de største producenter af arten i Europa. Spredning af parasitten *Bonamia* sp. har reduceret bestanden så kraftigt, at fiskeriet pt. er stoppet. Med etableringen af et stor skala klækkeri på Mors er de nødvendige betingelser for levering af den yngel til produktionen. Opdræt af østers kræver nemlig tilførsel af yngel produceret centralt i klækkerier eller lignende. De største udfordringer for udvikling af opdræt af østers er en stabil produktion i stor skala af *Bonamia*-fri østersyngel og forbedrede og omkostningseffektive teknikker til grow out.

Betingelserne for udvikling af opdræt af tang som bæredygtigt erhverv er til stede, men der mangler nogle meget væsentlige skridt for at indfri bare en del af det biologiske potentiale i danske farvande, som er vurderet til at være >1.000.000 t årligt.

Referencer

Bureau Veritas, 2022. Assessment of Dansk Akvakultur spreadsheet solution for calculation of climate footprint for aquaculture – conformity with EU environmental footprint requirement. Rapport til Dansk Akvakultur, marts 2022.

DTU Aqua, 2010. Opdræt af regnbueørred i Danmark, DTU Aqua-rapport nr. 219-2010.

MacLeod, M.J., Hasan, M.R., Robb, D.H.F & Mamun-Ur-Rashid, M. 2020. Quantifying greenhouse gas emissions from global aquaculture. Scientific Reports volume 10, Article number: 11679 (2020)
Nature Conservancy 2022. <https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-insights/perspectives/restorative-aquaculture-for-nature-and-communities/>

Nature Conservancy 2022. <https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-insights/perspectives/restorative-aquaculture-for-nature-and-communities/>

Nielsen, R. & Nielsen, M. 2020. Klimaaftryk fra fiskeopdræt i akvakultur. IFRO Udredning 2020 / 27.
Petersen JK, Bruhn A, Behrens JW, Dalskov J, Larsen E & Vinther M 2021. Vidensyntese om blå biomasse. Potentialer for ny og bæredygtig anvendelse af havets biologiske ressourcer. DTU Aqua-rapport 387-2021.

Danmarks
Tekniske
Universitet

DTU Aqua
Kemitorvet
2800 Kgs. Lyngby

www.aqua.dtu.dk